



Universidade de Brasília (UnB)  
Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão Pública (FACE)  
Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais (CCA)  
Programa de Pós-graduação em Ciências Contábeis (PPGCont)

CLÉSIO GOMES DE ARAÚJO

***BENCHMARKING DE EFICIÊNCIA TÉCNICA NO SETOR DE ABASTECIMENTO  
DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO BRASILEIRO.***

BRASÍLIA – DF  
2019

CLÉSIO GOMES DE ARAÚJO

***BENCHMARKING DE EFICIÊNCIA TÉCNICA NO SETOR DE ABASTECIMENTO  
DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO BRASILEIRO.***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas da Universidade de Brasília como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Contábeis.

Área de Concentração: Mensuração Contábil.

Linha de Pesquisa: Contabilidade e Mercado Financeiro.

Orientador: Dr. André Nunes

CLÉSIO GOMES DE ARAÚJO

***BENCHMARKING DE EFICIÊNCIA TÉCNICA NO SETOR DE ABASTECIMENTO  
DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO BRASILEIRO.***

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Contábeis do Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Universidade de Brasília.

Data da defesa: 25/02/2019

COMISSÃO EXAMINADORA:

---

**Prof. Dr. André Nunes**  
**Orientador** – PPGCont/CCA/FACE/UNB

---

**Prof. Dr. Marcelo Driemeyer Wilbert**  
PPGCont/CCA/FACE/UNB

---

**Prof. Dra. Mônica Viegas Andrade**  
UFMG

Professora Doutora Márcia Abrahão Moura  
**Reitora da Universidade de Brasília**

Professor Doutor Enrique Huelva Unternbäumen  
**Vice-Reitor da Universidade de Brasília**

Professora Doutora Adalene Moreira Silva  
**Decana de Pós-Graduação**

Professor Doutor Eduardo Tadeu Vieira  
**Diretor da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas  
Públicas**

Professor Doutor Paulo César de Melo Mendes  
**Chefe do Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais**

Professor Doutor César Augusto Tibúrcio Silva  
**Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Gb           Gomes de Araújo, Clesio  
              Benchmarking de eficiência técnica no setor de  
              abastecimento de água e esgotamento sanitário brasileiro. /  
              Clesio Gomes de Araújo; orientador André Nunes. --  
              Brasília, 2019.  
              128 p.

              Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências Contábeis) -  
              Universidade de Brasília, 2019.

              1. Benchmarking. 2. Eficiência técnica. 3. Regulação por  
              comparação. 4. DEA. I. Nunes, André , orient. II. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradecemos a Deus, por iluminar nosso caminho e nos dar ânimo e força para vencer cada um dos desafios que vivenciamos ao longo desta curta, porém, intensa jornada acadêmica.

À família, pela compreensão quanto à nossa ausência em alguns momentos nesse período.

À Diretoria Colegiada da Adasa, que acreditou na importância da realização deste mestrado para nosso crescimento profissional e pessoal. Especialmente ao diretor José Walter Vazquez Filho, que desde nossa primeira conversa sobre o assunto compreendeu a importância e apoiou a realização deste projeto.

Aos colaboradores da secretaria do departamento que sempre nos atenderam com elevada atenção e presteza.

Agradecemos também aos colegas de trabalho da Adasa com os quais tivemos algumas ricas discussões sobre temas relacionados à área contábil.

Aos professores do programa de pós-graduação pela inestimável dedicação à tarefa de formar profissionais e pesquisadores comprometidos em contribuir para o desenvolvimento da Ciência Contábil.

Ao professor Doutor André Nunes, pela orientação na realização deste trabalho.

Por último, agradecemos especialmente aos nossos colegas de mestrado, que marcaram nossa vida e em alguns casos se tornaram grandes amigos.

Dedico este trabalho à minha família, que sempre torceu pelo sucesso na realização deste projeto.

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Relação de pesquisas e variáveis utilizadas para mensuração de eficiência.....	74
<b>Quadro 2</b> - Variáveis utilizados para mensuração dos escores de eficiência técnica.....	77
<b>Quadro 3</b> - Variáveis independentes utilizadas no modelo de regressão .....	82
<b>Quadro 4</b> - Variáveis independentes utilizadas no modelo de regressão Tobit .....	94
<b>Quadro 5</b> – Sumário dos resultados das variáveis explicativas da regressão Tobit .....	102



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Conexões entre os diferentes stakeholders nos serviços de infraestruturas. ....	30
<b>Figura 2</b> - Índice de perdas na distribuição, distribuído por faixas percentuais, por estados da Federação. ....	35
<b>Figura 3</b> - Determinação do nível eficiente de perdas em um sistema de abastecimento de água potável. ....	37
<b>Figura 4</b> - Índice médio de atendimento urbano de coletora de esgotos, por estado, ano base 2016. ....	40
<b>Figura 5</b> - CRS vs. VRS. One input and output, minimisation mode. ....	66

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Atendimento de abastecimento de água ou esgotamento sanitário. ....	39
<b>Tabela 2</b> - Extensão da rede de água por ligação, segundo tipo de prestador de serviços .....	84
<b>Tabela 3</b> - Correlação entre as variáveis utilizadas no modelo DEA .....	87
<b>Tabela 4</b> - Estatística descritiva dos escores de eficiência .....	88
<b>Tabela 5</b> - Escores de eficiência por tipo de controle e abrangência.....	90
<b>Tabela 6</b> - Correlação das variáveis usadas no modelo Tobit .....	95
<b>Tabela 7</b> - Resultados do modelo de regressão Tobit .....	97
<b>Tabela 8</b> - Resultados do teste de <i>Variance Inflation Factor</i> .....	98

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Quantidade de empresas 100% eficientes em cada um dos anos do período de 2003 a 2016 .....	89
<b>Gráfico 2</b> - Eficiência técnica por estado da Federação .....	91
<b>Gráfico 3</b> – Média de Mudança de Produtividade Total dos Fatores (MPTF) no período de 2003 a 2016. ....	92
<b>Gráfico 4</b> - Média de Mudança Tecnológica no período de 2003 a 2016. ....	93
<b>Gráfico 5</b> - Média de Mudança de Eficiência de Escala no período de 2003 a 2016.....	94

## RESUMO

O setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário brasileiro vivencia grandes desafios, principalmente os relacionados à universalização do acesso aos serviços e ao incremento no nível de eficiência dos prestadores de serviços da área. Nesse contexto, a ação regulatória pode contribuir para que esses desafios sejam superados, utilizando-se, por exemplo, a regulação por incentivo de desempenho, valendo-se de processos de *benchmarking* entre os prestadores de serviços. Assim, o objetivo desta pesquisa é mensurar e analisar os escores de eficiência técnica das empresas brasileiras que operam os serviços de abastecimento de água ou esgotamento sanitário e investigar possíveis variáveis que podem contribuir para explicar o nível de eficiência técnica do setor. Para tanto, realizou-se a mensuração da eficiência técnica de entidades brasileiras que operam no setor e investigou-se alguns fatores que podem impactar o nível de eficiência das mesmas. As análises foram realizadas em dois estágios. No primeiro, foi mensurada a eficiência técnica, por meio da *Data Envelopment Analysis* (DEA). Adicionalmente, foi estimado o índice *Malmquist* para avaliar a mudança na produtividade durante o período de análises. No segundo estágio foi estimada uma regressão Tobit, em que o escore mensurado no primeiro estágio foi utilizado como variável dependente na regressão. A amostra da pesquisa é composta por 104 entidades brasileiras que operam no setor de abastecimento de água ou esgotamento sanitário. O período de análises compreende os anos de 2003 a 2016, com dados obtidos em consulta ao SNIS. Os resultados indicaram que fatores relacionados ao ambiente de operação, como a “densidade de economias de água por ligação” e a “extensão da rede de água por ligação” impactaram o desempenho das empresas. Desta forma, foram encontradas evidências no sentido de que os escores de eficiências das empresas, mensurado por meio do DEA, precisam ser ajustados por fatores ambientais relacionados à densidade de economias de água por ligação e à extensão da rede de água por ligação, com objetivo de incorporar, no nível de eficiência técnica reportado pelas entidades que operam no setor, a influência de variáveis não gerenciáveis aos prestadores de serviços, que impactam o desempenho das mesmas.

**Palavras-chave:** *Benchmarking*; Eficiência técnica; Regulação por comparação; DEA.

## ABSTRACT

The Brazilian water supply and sanitary sewage sector faces big challenges, especially those related to the universalization of access to services and to the increase in the efficiency level of service providers in the area. In this context, regulatory action can contribute to overcome these challenges, using, for example, regulation by incentive of performance, using benchmarking processes between service providers. Thus, the objective of this research is to measure and analyze the technical efficiency scores of the Brazilian companies that operate the water supply or sanitary sewage services and investigate possible variables that may contribute to explain the level of technical efficiency of the sector. In order to do so, the technical efficiency of Brazilian entities operating in the sector was measured, and some factors were investigated, which may affect the efficiency level of these entities. The analyzes were performed in two stages. In the first one, the technical efficiency was measured, through Data Envelopment Analysis (DEA). In addition, the Malmquist index was estimated to evaluate the change in productivity during the analysis period. In the second stage, a Tobit regression was estimated, in which the score measured in the first stage was used as a dependent variable in the regression. The research sample is composed of 104 Brazilian entities that operate in the water supply or sanitary sewage sector. The period of analysis comprises the years 2003 to 2016, with data obtained in consultation with the SNIS. The results indicated that factors related to the operating environment, such as the "density of water savings per connection" and the "extension of the water network per connection", impacted the performance of companies. In this way, evidence was found that the company's efficiency scores, measured through the DEA, need to be adjusted by environmental factors related to the density of water savings per connection and the extension of the water network per connection, in order to incorporate in the level of technical efficiency reported by the entities that operate in the sector, the influence of non-manageable variables that impact their performance.

**Keywords:** Benchmarking; Technical efficiency; Yardstick Competition; DEA.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	15
1. INTRODUÇÃO .....	15
1.1 Objetivo geral .....	17
1.2 Objetivos específicos .....	17
1.3 Justificativa da pesquisa.....	18
CAPÍTULO II.....	21
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	21
2.1 Serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário.....	21
2.2 Monopólio natural.....	22
2.3 A regulação de monopólios naturais.....	24
2.4 Assimetria de informações e regulação .....	25
2.5 Regulação do setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário .....	27
2.6 A função das agências reguladoras .....	29
2.7 Marco regulatório do setor de saneamento brasileiro .....	32
2.8 O desempenho do setor de abastecimento de água e esgotamento brasileiro.....	34
2.9 Avaliação de eficiência no setor de abastecimento de água e esgotamento .....	41
2.10 Incentivos regulatórios e eficiência.....	46
2.11 Impacto de fatores não gerenciáveis no nível de desempenho das empresas .....	47
2.12 Modelos de regulação econômica .....	49
2.12.1 Regulação por taxa de remuneração .....	51
2.12.2 Regulação por incentivo de desempenho .....	53
2.12.3 Regulação por comparação ( <i>Yardstick Competition</i> ) .....	54
2.12.4 Regulação <i>price cap</i> .....	56
2.12.5 Regulação por <i>benchmarking</i> .....	59
2.13 <i>Data Envelopment Analysis</i> (DEA).....	62
2.13.1 Retornos de escala no modelo DEA .....	66
2.13.2 Orientação do modelo DEA .....	67
2.14 Segundo estágio em avaliação de eficiência técnica.....	68
2.15 Índice Malmquist.....	70
2.16 Estudos anteriores .....	70
CAPÍTULO III .....	75
3. METODOLOGIA .....	75
3.1 Base de dados da pesquisa .....	76
3.2 Seleção e amostra da pesquisa .....	77

3.3	Primeiro estágio da pesquisa - Mensuração dos escores de eficiência técnica.....	77
3.4	Breve descrição dos inputs e outputs .....	78
3.4.1	Despesas de exploração (DEX).....	78
3.4.2	Extensão da rede de água e de esgotos.....	78
3.4.3	Volume de água consumido .....	79
3.4.4	Volume de esgoto tratado.....	79
3.4.5	Quantidade de economias ativas de água ou esgoto .....	80
3.5	Segundo estágio da pesquisa – Regressão Tobit .....	80
3.5.1	Variáveis utilizadas no modelo de regressão .....	82
3.5.1.1	Densidade de economias de água por ligação .....	82
3.5.1.2	Extensão da rede de água ou de esgotos por ligação.....	83
3.5.1.3	Índice de produtividade de pessoal total (equivalente) .....	84
CAPÍTULO IV .....		86
4.	RESULTADOS E ANÁLISES .....	86
4.1	Primeiro estágio: Resultados e análise dos escores de eficiência técnica e do índice de Malmquist.....	86
4.1.1	Resultado e análise do índice de Malmquist .....	91
4.2	Segundo estágio: Resultados e análises da regressão Tobit .....	94
CAPÍTULO V .....		103
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	103
REFERÊNCIAS .....		106
APÊNDICES .....		118

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Connor e Koncagül (2015), o acesso ao serviço de abastecimento de água de uso doméstico é fundamental para a saúde familiar e a dignidade social, de modo que o abastecimento de água (em quantidade e qualidade) e no local onde o usuário precisa, deve ser confiável e previsível. Na visão dos referidos autores, investir em todos os aspectos da gestão dos recursos hídricos, incluindo a provisão de serviços e de infraestruturas (desenvolvimento, operação e manutenção), pode gerar benefícios sociais e econômicos significativos.

A importância do setor de saneamento também é destacada por Portella, Santos e Borba (2018), ao aduzirem que o uso eficiente dos recursos hídricos, bem como os investimentos no setor de saneamento, vêm sendo discutidos principalmente devido aos efeitos ambientais e sociais que a falta de abastecimento de água e de tratamento dos esgotos podem causar à sociedade.

Não obstante a importância do setor de saneamento, Carvalho (2017) chama a atenção para o fato de que, no Brasil, observa-se uma ineficiência na provisão dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, bem como a falta de investimentos suficientes para que se consiga lograr a universalização do atendimento à população.

De acordo com Carmo (2003), com o estabelecimento de regras claras, estáveis e duradouras, a regulação viabiliza a entrada do setor privado no mercado de serviços de saneamento, tendo o objetivo de assegurar o interesse público. Ainda na avaliação de Carmo (2003), os serviços de saneamento se constituem em atividade econômica organizada em regime de monopólios naturais e com limitados estímulos à eficiência, diferentemente do que ocorre em mercados competitivos.

No caso dos serviços de água (como na maioria dos outros serviços públicos descritos como monopólios naturais), o fator chave para esse ambiente monopolístico é que uma grande fração dos investimentos consiste em *sunk capital costs* (custo de capital afundado) e em razão da presença de elevados custos fixos (JOSKOW, 2007; TUROLLA; OHIRA; LIMA, 2008).

Na avaliação de Cabrera, Estruch-Juana e Molinos-Senante (2018) a regulação é a resposta dos governos e da administração pública para proteger os interesses dos usuários de atividades organizadas sob a forma de monopólios naturais.

Importante observação trazida por Possas, Ponde e Fagundes (1997) é no sentido de que o objetivo central da regulação de atividades econômicas não é promover a concorrência como



um fim em si mesmo, mas aumentar o nível de eficiência econômica dos mercados correspondentes. Melo e Jorge Neto (2010), por sua vez, lembram que em mercados competitivos as empresas buscam naturalmente a eficiência econômica como uma estratégia de sobrevivência.

Por tudo isso, observa-se que a atividade regulatória se insere como um importante mecanismo que pode contribuir para incentivar os prestadores de serviços de atividades reguladas, como é o caso do setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário, a incrementarem continuamente seus níveis de eficiência.

Desta feita, no que tange à necessidade de que haja incentivos adequados para que os operadores dos sistemas incrementem o seu nível de eficiência, torna-se oportuno que sejam desenvolvidos e implementados mecanismos regulatórios capazes de induzir o ganho de eficiência por parte dos prestadores de serviços de abastecimento de água ou esgotamento sanitário brasileiros, e o seu compartilhamento com os usuários.

Desta forma, acredita-se que a utilização de modelos de regulação por incentivos se constitui em um instrumento capaz de contribuir para que os prestadores de serviços se vejam estimulados a melhorarem seus níveis de eficiência técnica.

Destaque-se que o conceito de eficiência técnica está associado a uma medida de capacidade de a entidade minimizar seus *inputs* (insumos) ou maximizar seus *outputs* (produção). Sendo que a eficiência técnica relativa pode ser obtida pela comparação a uma referência, definida por uma fronteira onde se posicionam as entidades *benchmarks*.

Na avaliação de Brunekreeft (2004), a eficiência técnica acontece quando é produzido um resultado máximo a partir de um conjunto de *inputs*, podendo também ser definida como produzir um determinado nível de *outputs* utilizando-se o mínimo de *inputs*. Desta forma, para os fins estabelecidos nesta pesquisa, adota-se como conceito de eficiência técnica a minimização de utilização de *inputs*, dado um determinado nível de *outputs* desejados.

Importante destacar que a mensuração do nível de eficiência técnica das empresas, além de propiciar que se realize *benchmarking* entre os prestadores de serviços, pode contribuir para o aperfeiçoamento do processo regulatório do setor, sobretudo, quando os resultados do desempenho são adequadamente incorporados ao processo de regulação do setor.

Assim, torna-se útil que sejam realizados estudos sobre o nível de desempenho das empresas brasileiras do setor. Pois, dada a imprescindibilidade da prestação adequada dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário para o bem-estar social, para a preservação ambiental e para o desenvolvimento econômico, mostra-se oportuno compreender melhor o nível de eficiência técnica das entidades que operam nesse importante.

Assim, a questão de pesquisa deste trabalho pode ser definida em termos de qual é a eficiência técnica relativa das empresas do setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário brasileiro e se os fatores: Densidade de economias de água por ligação; extensão da rede de água por ligação; extensão da rede de esgoto por ligação; índice de produtividade de pessoal total (equivalente); controle (privado ou público) e abrangência (local, microrregional ou regional) contribuem para explicar o nível de desempenho, e ao mesmo tempo discutir sobre a necessidade de se ajustar os escores de eficiência em virtude do impacto de variáveis não gerenciáveis aos prestadores de serviços.

A presente pesquisa foi desenvolvida em dois estágios, sendo que no primeiro, realizou-se a mensuração da eficiência técnica das empresas, por meio da análise envoltória de dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA). Adicionalmente, foi estimado o índice *Malmquist* para avaliar a mudança na produtividade das empresas no período analisado. No segundo estágio foi realizada uma regressão Tobit, em que o escore mensurado no primeiro estágio foi utilizado como variável dependente no modelo.

A amostra da pesquisa é composta por 104 entidades brasileiras que operam no setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário. O período de análises compreende os anos de 2003 a 2016, tendo sido a base de dados obtida por meio de consultas ao Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS.

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma: Capítulo I: Introdução; Capítulo II: Referencial Teórico; Capítulo III: Metodologia; Capítulo IV: Resultados e análises; e Capítulo V: Considerações Finais.

## **1.1 Objetivo geral**

Analisar o nível de eficiência técnica de empresas brasileiras que operam no setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário e buscar evidências se os fatores selecionados nesta pesquisa contribuem para explicar o nível de desempenho das entidades pesquisadas e também discutir sobre a necessidade de se ajustar, em processos de *benchmarking* regulatório, os escores em decorrência do impacto de variáveis não gerenciáveis aos prestadores de serviços.

## **1.2 Objetivos específicos**

Mensurar e analisar os resultados dos escores de eficiência técnica relativa de empresas brasileiras que prestam serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Mensurar e analisar a mudança no índice de produtividade total das empresas que compõem a amostra da pesquisa.

Analisar se há evidências de que os fatores selecionados nesta pesquisa contribuem para explicar o nível de eficiência técnica das empresas.

Investigar se os escores de eficiência técnica relativa necessitam ser ajustados por fatores não gerenciáveis às empresas.

### 1.3 Justificativa da pesquisa

Conforme já explicitado, a prestação adequada de serviços de saneamento básico é um fator que contribui para a saúde e a dignidade social. Desta forma, torna-se importante que o referido setor busque continuamente melhorar o seu nível de desempenho, logrando, por conseguinte, maior nível de eficiência na realização de suas atividades.

Observa-se que a eficiência, a qualidade, a sustentabilidade ambiental e a universalidade dos serviços de saneamento básico<sup>1</sup> são fundamentais para a qualidade de vida da população, pois os resultados das ações desenvolvidas no setor têm impactos diretos sobre a saúde pública, o meio ambiente e o desenvolvimento econômico e social do país.

Nesse sentido, Brasil (2007), que dispõe sobre as diretrizes nacionais para o saneamento básico elenca, de forma assertiva, dentre os princípios fundamentais dos serviços públicos de saneamento, um que versa sobre a eficiência. Assim, percebe-se que a necessidade de eficiência dos prestadores de serviços é uma questão relevante, de acordo com o atual marco regulatório do país para o respectivo setor.

No mesmo sentido da exigência de eficiência dos prestadores de serviços públicos de saneamento de que trata Brasil (2007), encontramos em Brasil (2010), o seguinte:

Art. 39. São condições de validade dos contratos que tenham por objeto a prestação de serviços públicos de saneamento básico:

(...)

§ 2º É condição de validade para a celebração de contratos de concessão e de programa cujos objetos sejam a prestação de serviços de saneamento básico que as normas mencionadas no inciso III do caput prevejam:

I - autorização para contratação dos serviços, indicando os respectivos prazos e a área a ser atendida;

II - **inclusão, no contrato**, das metas progressivas e graduais de expansão dos serviços, de qualidade, **de eficiência** e de uso racional da água, da energia e de outros recursos naturais, em conformidade com os serviços a serem prestados; (grifos nossos).

---

<sup>1</sup> De acordo com Brasil (2007), o saneamento básico compreende o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: a) abastecimento de água potável, b) esgotamento sanitário, c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Conforme verifica-se pelo disposto no atual marco regulatório do setor de saneamento brasileiro, a existência de metas progressivas de eficiência é uma das condições de validade dos contratos de concessão ou de programa<sup>2</sup>. Nesse sentido, os entes reguladores do setor precisam implementar mecanismos que incentivem a eficiência das empresas e ao mesmo tempo acompanharem o cumprimento das metas estabelecidas nos respectivos contratos.

Conforme asseveram Fried, Lovell e Schmidt (2008), uma situação na qual a mensuração de desempenho permite a quantificação de diferenciais de eficiência ou produtividade, prevista de maneira bastante consistente pela teoria, está na área da regulação econômica.

Destaque-se que a utilização de instrumentos que permitam realizar a comparação entre entidades reguladas pode incrementar a transparência sobre o desempenho dos prestadores de serviços, contribuindo, desta forma, para ampliar o conhecimento sobre os resultados do setor no Brasil.

Corroborando essa visão, Marques (2005) menciona que a ideia-chave de regulação por comparação baseia-se na avaliação dos resultados da performance da entidade regulada em comparação com os de outras entidades do mesmo setor, onde o processo regulatório transforma-se em uma forma artificial de competição entre as entidades reguladas.

Assim, temos que o estudo sobre *benchmarking* de eficiência técnica no setor de saneamento básico brasileiro pode contribuir para o aperfeiçoamento do processo regulatório. Desta forma, acredita-se ser relevante o desenvolvimento de pesquisas que versem sobre o setor, principalmente, quando tragam à baila discussões sobre aspectos relacionados ao nível de eficiência dos prestadores de serviços.

Observa-se que o uso de ferramentas de *benchmarking* no processo de regulação do setor de saneamento brasileiro pode auxiliar na implementação de mecanismos de regulação por incentivos de desempenho, onde os prestadores de serviços que reportem melhores níveis de eficiência técnica podem receber incentivos tarifários compatíveis com os resultados alcançados. Noutro sentido, os prestadores que demonstrarem desempenho insatisfatório poderiam sofrer um ajuste negativo no índice a ser aplicado na correção de suas tarifas.

---

<sup>2</sup> De acordo Brasil (2005) deverão ser constituídas e reguladas por contrato de programa, como condição de sua validade, as obrigações que um ente da Federação constituir para com outro ente da Federação ou para com consórcio público no âmbito de gestão associada em que haja a prestação de serviços públicos ou a transferência total ou parcial de encargos, serviços, pessoal ou de bens necessários à continuidade dos serviços transferidos.

Isso posto, a presente pesquisa visa contribuir com as discussões sobre o uso *benchmarking* de eficiência técnica como um instrumento útil ao processo de regulação por incentivo de desempenho no setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário brasileiro.

Por fim, acredita-se que os resultados da presente pesquisa serão úteis para incrementar o conhecimento sobre a eficiência técnica das empresas brasileiras de abastecimento de água e esgotamento sanitário, e ao mesmo tempo contribuirá com as discussões sobre o uso de escore de eficiência técnica no processo regulatório do setor.

## CAPÍTULO II

### 2. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 2.1 Serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário

A água é um dos mais importantes recursos naturais, cuja falta pode tornar-se fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial. Sendo que sua disponibilidade é uma contínua preocupação em função, principalmente, do crescimento populacional, das incertezas a respeito dos fatores climáticos e da crescente poluição dos mananciais ainda disponíveis. Nesse contexto, todos esses fatores têm exigido grandes esforços no âmbito técnico, organizacional e financeiro para atender à demanda por água de qualidade e o gerenciamento adequado dos esgotos gerados (CHRISTODOULOU, 2011).

No mesmo sentido, Hu, Wang e Yeh (2006) esclarecem que a água é um recurso essencial e finito, constituindo-se em um elemento imprescindível para o desenvolvimento econômico e a vida na Terra, de modo que a eficiência do seu uso deve ser objeto da maior preocupação.

Conforme anotado por Connor e Koncagül (2015), investir nos aspectos da gestão dos recursos hídricos, de provisão de serviços e de infraestrutura (desenvolvimento, operação e manutenção) pode gerar benefícios sociais e econômicos significativos, pois, na área da saúde, os gastos com abastecimento de água potável e esgotamento sanitário são, por si só, altamente rentáveis.

Nesse sentido, constata-se que a realização de investimentos para a gestão eficiente da utilização dos recursos hídricos é algo altamente desejável, tanto do ponto de vista social quanto econômico, pois os resultados que podem ser alcançados com a utilização sustentável de tal recurso natural e com a provisão eficiente dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário contribuem para o desenvolvimento econômico e social das populações.

De acordo com Philippi Júnior e Galvão Júnior (2012), a gestão no desempenho de qualquer atividade econômica, seja ela de natureza pública ou privada, é de capital importância para obtenção de resultados mais eficientes e eficazes. Na visão dos referidos autores, o saneamento básico, como parte integrante de saneamento ambiental, quando não gerido adequadamente, causa externalidades negativas à saúde pública, ao desenvolvimento urbano, aos recursos hídricos e, com maior relevância, ao meio ambiente.

Nesse contexto, importante ressaltar o fato de que, por se constituir em um recurso essencial para o desenvolvimento humano, o acesso a serviços adequados de abastecimento de

água e esgotamento sanitário deve ser uma política pública que merece ser alçada à agenda de prioridades dos gestores públicos.

No entanto, conforme destaca Carvalho (2017), no Brasil, alguns dos problemas críticos do setor de saneamento básico são o relevante *déficit* de acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, a dificuldade dos prestadores de serviços de realizarem investimentos e a presença de ineficiências de operação dos sistemas.

## 2.2 Monopólio natural

Na visão de Besanko e Braeutigam (2014) um mercado é um monopólio natural se, para qualquer nível relevante da produção, o custo total para uma única empresa produtora for menor do que o custo total combinado que duas ou mais empresas incorreriam se dividissem a produção entre si. Assim, de acordo com Besanko e Braeutigam (2014), uma condição necessária para a existência de um monopólio natural é que a curva de custo médio deve diminuir com a produção em algum intervalo relevante. Ou seja, na visão dos referidos autores, os mercados de monopólio natural devem envolver economias de escala.

Para Marques (2005), as características de monopólio natural conduzem que cada mercado, na maioria das situações, possa suportar apenas uma única entidade gestora, reduzindo, por conseguinte, a possibilidade de competição e, desta forma, observa-se a ausência de autorregulação que caracteriza os mercados concorrenciais.

De acordo com Ogus (2004) um "monopólio natural" é um tipo especial de monopólio que exige tratamento muito diferente e que, enquanto as consequências indesejáveis (os bens são superfaturados e subproduzidos em relação ao seu verdadeiro valor social) surgem igualmente em relação aos monopólios naturais, alguma forma de regulação econômica é necessária para controlar essas consequências.

Para Braeutigam (1989) a caracterização de uma indústria como monopólio natural seria o principal argumento econômico para a existência de regulação no setor. Marques (2005), por sua vez, adverte que a regulação dos monopólios se torna necessária à proteção dos interesses dos consumidores, principalmente para o controle dos preços e do nível de qualidade dos serviços.

Andrade e Martins (2017) lembram que quando há monopólio natural, os consumidores não possuem alternativas para a substituição do prestador de serviço, por isso, a intervenção do Estado é necessária para buscar, com a regulação, preço justo e qualidade nos serviços prestados.

Conforme salientam Baldwin, Cave e Lodge (2012) os efeitos do monopólio serão preços mais elevados e transferência de renda de consumidores para os produtores, pois, nos casos monopolistas, os preços são fixados acima do custo marginal, gerando lucros monopolistas e a ausência de competição pode contribuir para a redução nos incentivos à eficiência, estabelecendo-se preços subótimos.

Em termos econômicos, conforme ensina Braeutigam (1989), um conceito mais amplo de monopólio natural se dá pela presença de uma função de custo subaditiva.

Uma função de custos é subaditiva quando uma única empresa pode realizar toda a produção menos dispendiosamente, em termos de recursos, do que qualquer combinação de várias empresas (BAUMOL; BAILEY; WILLING, 1977).

Constata-se que a propriedade de subaditividade proporciona vantagens de custos quando uma única empresa atende toda a demanda de mercado. Assim, uma função de custos tem a propriedade de subaditividade quando o custo total de produção atinge o valor mínimo na hipótese em que uma única empresa atende toda a quantidade demandada pelo mercado.

Nesse sentido, Sharkey (1982) destaca que quando a tecnologia é expressa em termos de função custo, mostrando o valor monetário dos *inputs* (insumos) utilizados para produzir um dado conjunto de *outputs* (produtos), então uma única empresa é mais eficiente que duas ou mais empresas, se e somente se, a função de custos for subaditiva.

Nessas circunstâncias, o monopólio é congruente com a maximização de bem-estar social, pois, se a função de custo for subaditiva, a existência de uma única empresa ofertante é considerada uma solução de mercado eficiente. Corroborando essa visão, Sharkey (2008) afirma que a entrada de empresas em um mercado de monopólio natural poderia reduzir o bem-estar ao aumentar os custos totais de produção do setor.

Apesar de o monopólio natural ser considerado uma solução de mercado eficiente, cabe ressaltar que o comportamento do monopolista pode diminuir o bem-estar econômico dos usuários. Nesse sentido, requer-se que o Estado intervenha, via regulação da atividade, a fim de buscar estabelecer o equilíbrio na relação econômica entre o monopolista e os usuários.

De acordo com Marques (2005), na circunstância de monopólio, a proposição de livre mercado de Adam Smith não é, de forma alguma, a mais oportuna, sendo indispensável uma “mão visível”, de forma que a regulação substitua a “mão invisível”, a fim de promover correção das imperfeições do mercado.

Outrossim, sabe-se que a solução de mercado, no sentido de que as empresas mais adaptadas e mais eficientes têm maior probabilidade de permanecerem na atividade, não tem



aplicação direta no setor de saneamento, pois ao consumidor não é dada a possibilidade de escolher qual empresa irá lhe prestar os serviços.

### **2.3 A regulação de monopólios naturais**

Constata-se que várias teorias têm sido desenvolvidas para explicar o padrão observado de regulação estatal da economia, que incluem, por exemplo, a teoria do interesse público, dos grupos de interesses, da captura e da escolha pública (MATTOS, 2004; MARQUES, 2005; SOARES, 2007).

A teoria da regulação do interesse público argumenta genericamente que a regulação apenas se justifica para defender os consumidores do poder de monopólios e cartéis, sendo que o Estado tende a regular apenas situações de monopólio que ele mesmo cria ou que resultam de condições econômicas, de restrições de custos e de procura (SOARES, 2007).

No mesmo sentido, Cabrera Junior, Estruch-Juan e Molinos-Senante (2018) enfatizam que a regulação é a resposta dos governos e da administração pública para proteger os interesses dos usuários de setores que operam em regime de monopólios naturais.

Segundo Soares (2007), sem intervenção reguladora, o preço de equilíbrio do monopólio natural criaria um fluxo de renda que beneficiaria os produtores a expensas do excedente do consumidor e não haveria mercados para solucionar as externalidades.

Nesse contexto, Melo e Jorge Neto (2010) afirmam que o estabelecimento de tarifas é um instrumento largamente utilizado para evitar o abuso do poder de mercado de empresas que operam sob regime de monopólio.

Na visão de Araújo (2001), a formação de preços é central para a tarefa da regulação, pois concentra as questões sobre o excedente e sua distribuição, onde, dentre as atribuições do regulador, destaca-se a fixação de regras tarifárias que conciliem os interesses dos consumidores e os das firmas reguladas.

A revisão de preços tornou-se um elemento-chave da economia de regulação de indústrias de rede em todo o mundo nos últimos anos. Uma vez a cada 3-5 anos, a agência reguladora responsável pela fixação de preços para empresas monopolistas em telecomunicações, eletricidade, gás, água, ferrovias ou aeroportos delibera quais devem ser os preços máximos desses serviços e os define para o próximo período de revisão (NILLESEN; POLLITT, 2007).

Conforme destaca Salgado (2003), a ação regulatória costuma direcionar sua atenção a aspectos relativos aos preços, à qualidade e às condições de entrada e de saída no setor. Nesse

contexto, de acordo com o autor, incentivos regulatórios comumente utilizados são a introdução de normas específicas sobre a estrutura de mercado, de tarifas e regras sobre interconexão ou acesso aos serviços.

De forma sumarizada, Pires e Piccinini (1999, p. 220-221) informam que, em linhas gerais, os objetivos da missão regulatória são os seguintes:

- buscar a eficiência econômica, garantindo o serviço ao menor custo para o usuário;
- evitar o abuso do poder de monopólio, assegurando a menor diferença entre preços e custos, de forma compatível com os níveis desejados de qualidade do serviço;
- assegurar o serviço universal;
- assegurar a qualidade do serviço prestado;
- estabelecer canais para atender a reclamações dos usuários ou consumidores sobre a prestação dos serviços;
- estimular a inovação (identificar oportunidades de novos serviços, remover obstáculos e promover políticas de incentivo à inovação);
- assegurar a padronização tecnológica e a compatibilidade entre equipamentos; e
- garantir a segurança e proteger o meio ambiente.

No setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário, os objetivos regulatórios elencados por Pires e Piccinini (1999) se apresentam bastante sensíveis, pois o referido setor se destaca pela capacidade de promover externalidades positivas ou negativas à vida e à saúde das populações. Nesse contexto, tem-se que o nível de bem-estar social é fortemente influenciado pela cobertura e pela qualidade dos serviços prestados pelas empresas que operam no setor.

Barbosa, Lima e Brusca (2016) afirmam que, em teoria, a atividade regulatória é baseada em um conjunto de regulamentações que equilibram os interesses dos empresários e da sociedade, em outras palavras, os provedores de serviços e seus usuários. De acordo com o referido autor, a regulação deve fornecer um ambiente baseado em contratos completos em que o desempenho de concessionárias públicas e privadas possa alcançar eficiências semelhantes.

## **2.4 Assimetria de informações e regulação**

Na avaliação de Bogetoft (1997), a ideia da nova economia da regulação é que os problemas regulatórios podem, em parte, ser lançados em uma configuração de agente-principal em que o principal é o Estado ou a instituição reguladora e os agentes são as entidades reguladas.

Em virtude da presença de assimetria de informações, o regulador tende a focar sua atuação nas condutas mais facilmente observáveis do regulado, como a qualidade da água distribuída e a pressão disponível na rede, cuja coleta de dados pode ser realizada diretamente pelo regulador. Essa forma de atuação pode limitar a abrangência da atividade, deixando em segundo plano questões centrais, como a verificação de custos e a definição de tarifas, sobre as

quais os reguladores dependem de informações disponibilizadas pelos prestadores de serviço (JOURAVLEV, 2003; GALVÃO JÚNIOR; PAGANINI, 2009).

Marques (2005) chama atenção para o fato de que, na tentativa de ultrapassar o problema de restrições de informação, não é suficiente que o regulador reúna informações detalhadas sobre as entidades reguladas a partir destas ou dos restantes intervenientes no processo, dado que, numa relação de agência, existirá sempre informação assimétrica, para além do custo crescente de aquisição de informação.

Com objetivo de contornar os possíveis efeitos adversos decorrentes da assimetria de informações existente entre a empresa regulada e o agente regulador, alguns agentes reguladores têm se valido de modelos de regulação que se apropriam de um conjunto de informações externas para subsidiar seus processos decisórios, onde ocorre a implementação, por exemplo, de processos de regulação por comparação.

Nesse contexto, torna-se aconselhável que o processo regulatório lance mão de estratégias que busquem mitigar a vantagem informacional detida pelas entidades reguladas, com vistas a promover a proteção dos usuários contra o potencial poder de mercado dos monopolistas, visando, em especial, maximizar o nível de bem-estar dos consumidores. Desta forma, a comparação de desempenho entre empresas pode se apresentar como uma solução adequada para o aperfeiçoamento do processo regulatório.

No que tange à necessidade de conhecimento sobre aspectos econômicos e financeiros dos prestadores de serviços regulados, Varian (2016) traz à luz que um problema que os reguladores enfrentam é o de conhecer com exatidão os custos da empresa, sendo necessário investigar os verdadeiros custos-médios e estabelecer um preço capaz de cobrir esses mesmos custos.

Entretanto, conforme assevera Soares (2007), em um ambiente de informação assimétrica, uma agência reguladora benevolente maximizadora de bem-estar social não pode confiar na informação reportada pela empresa regulada, pois, nesse ambiente, a empresa regulada, por definição, não fornece a informação relevante que permite à agência determinar a verdadeira estrutura de custos da indústria.

Na avaliação de Bogetoft (1997), quando há incerteza considerável sobre a tecnologia de produção, um plano ideal pode ser o de reembolsar os custos reais das *Decision Making Units* (DMUs), mais uma fração das reduções de custos estimadas pelo uso de *Data Envelopment Analysis* (DEA), pois nesse caso, isto irá induzir as DMUs a minimizarem os custos, e permitirá que elas extraiam o mínimo possível de rendas informacionais.

Por outro lado, de acordo com o que apresenta Aubert e Reynaud (2005), o tamanho do efeito de regras regulatórias é difícil de ser medido na prática, pois a eficiência de custos não é diretamente observável e deve ser inferida a partir dos dados por meio de métodos econométricos.

## **2.5 Regulação do setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário**

Na visão de Turolla, Ohira e Lima (2008) a configuração de monopólio natural observada no setor de saneamento tem origem em razão da presença de elevados custos fixos, associados a investimentos em capital de utilização altamente específica à atividade.

Além do mais, conforme menciona Madeira (2010), a existência de concorrência no setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário é inviável, pois, de acordo com o referido autor, não é eficaz no sentido econômico, tampouco no sentido espacial, a existência de mais de uma empresa atuando no mesmo mercado, com uma duplicação das redes de abastecimento e esgotamento.

Na avaliação de Possas, Ponde e Fagundes (1997), a presença de significativas economias de escala (produção e distribuição) e gerenciais presentes em atividades de infraestrutura inviabiliza a pulverização da estrutura de oferta desses serviços e impõe a necessidade de um regime de regulação, capaz de fixar normas de operação e tarifação e critérios de mensuração de desempenho das atividades.

De acordo com Marques (2005), a regulação de serviços públicos (*public utilities*) está associada à intervenção do Estado em atividades prestadas por entidades públicas ou privadas que, por apresentarem falhas de mercado (*market failures*), não se autorregulam, como ocorre nos mercados concorrenciais.

Interessante notarmos que, na avaliação de Marques (2005), mesmo que a titularidade e a gestão dos serviços estejam em mãos do ente público, faz-se necessário que haja a devida separação entre o Estado produtor e o Estado regulador. Assim, na visão do autor, o depauperamento do próprio Estado (*state failures*) atrai a necessidade de implementação de mecanismos regulatórios.

Dadas as peculiaridades do setor de saneamento, Tupper e Resende (2004) asseguram que o escopo limitado de competição em um setor caracterizado por monopólios naturais regionais não fornece mecanismos disciplinadores para garantir o desempenho eficiente dos serviços públicos.

Não obstante a constatação de que no setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário a operação dos sistemas, em um determinado mercado, por uma única empresa pode resultar em maior eficiência produtiva, observa-se também a necessidade de se implementar mecanismos que visem mitigar as possíveis distorções alocativas que podem advir do poder de monopólio das empresas.

Constata-se que as características presentes no setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário são condizentes com um mercado de monopólio natural, o que atrai a necessidade de regulação estatal da atividade, tanto no que respeita às condições técnicas, quanto econômicas da prestação dos serviços.

De acordo com Carmo (2003), com o estabelecimento de regras claras, estáveis e duradouras, a regulação viabiliza a entrada do setor privado no mercado de serviços de saneamento, tendo o objetivo de assegurar o interesse público.

Galvão Júnior (2008) destaca que no contexto de atuação das agências reguladoras subnacionais, com efeito, é no setor de saneamento básico em que ocorreram os maiores problemas e, conseqüentemente, se situam os maiores desafios, pois a regulação do saneamento básico se desenvolveu em ambiente de forte instabilidade institucional, devido à indefinição da titularidade nos sistemas de interesse comum e à ausência de política nacional para o setor.

Na visão de Galvão Júnior (2008) a regulação do setor de saneamento ocorreu de forma particular em alguns estados e municípios até o início de 2007, quando foi promulgada a Lei nº 11.445/2007, tendo a referida lei trazido significativas repercussões sobre a legislação subnacional existente, sobretudo em aspectos relacionados à regulação da prestação dos serviços.

No entanto, de acordo com Carvalho e Adas (2012), a regulação, que fora praticamente inexistente no setor de saneamento até a edição da Lei nº 11.445/2007, ainda se encontra em fase muito embrionária, em grande parte dos municípios e estados brasileiros.

Como consequência da constatação de que a regulação no setor de saneamento brasileiro ainda se encontra em fase embrionária, observa-se oportunidades de aperfeiçoamento do processo regulatório do setor, visando, sobretudo, o estabelecimento de mecanismos que sejam capazes de contribuir para fomentar o incremento no nível de eficiência dos prestadores dos serviços e, ao mesmo tempo, zelar pela qualidade dos serviços prestados, pelo equilíbrio econômico-financeiro do contrato de concessão e pela modicidade tarifária.

Melo e Jorge Neto (2010, p. 764) chamam atenção para o fato de que a regulação do setor de água se justifica tanto do ponto de vista técnico quanto social. Os autores apontam como justificativas técnicas para regulação do setor:

- (i) necessidade de grandes volumes de investimento, com longos períodos de retorno e com parte significativa desse investimento não-recuperável (*sunk costs*);
- (ii) ausência de informação completa sobre parâmetros de demanda e de oferta da água;
- (iii) baixos níveis de integração vertical e de mobilidade do capital, tanto para entrada como para saída do setor; e
- (iv) custos diferenciados para cada sistema de produção, distribuição, esgotamento e tratamento.

No que se refere à justificativa social para regulação do setor, Melo e Jorge Neto (2010, p. 764) enumeram os seguintes fatores:

- (i) a água é essencial para a satisfação das necessidades básicas humanas;
- (ii) necessidade de considerar os usos alternativos da água ao abastecimento urbano, como irrigação, energia elétrica, entre outros usos múltiplos;
- (iii) contribui significativamente para o bem-estar da população, tanto diretamente pelo seu consumo como pelas externalidades positivas advindas do consumo; e
- (iv) constitui a mais importante infraestrutura de indução do desenvolvimento econômico, quando comparado com uma situação de ausência dos serviços, com impacto sobre todas as atividades socioeconômicas de uma região.

Por tudo isso, percebe-se que a regulação de mercados como o de abastecimento de água e esgotamento sanitário requer o desenvolvimento e a utilização de métodos que permitam, por exemplo, estabelecer parâmetros sobre a qualidade dos serviços ofertados e o nível de preços a ser praticado pela indústria regulada.

De acordo com Brasil (2007), os municípios e o Distrito Federal são os titulares dos serviços públicos de saneamento básico, podendo ser delegada a organização, a regulação, a fiscalização e a prestação desses serviços.

Por outro lado, Brasil (2007) estabelece que os serviços públicos de saneamento básico nas regiões metropolitanas, nas aglomerações urbanas e nas microrregiões serão fiscalizados e regulados por entidade reguladora estadual, distrital, regional ou intermunicipal.

Nesse aspecto, observa-se que a função de regulação e de fiscalização da prestação de serviços de saneamento básico cabem aos municípios e ao Distrito Federal que são, de acordo com o atual marco regulatório, os titulares dos respectivos serviços. Ressalvada, entretanto, as situações de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas ou microrregiões, onde a regulação e a fiscalização deverão ser exercidas por entidade reguladora estadual, distrital, regional ou intermunicipal.

## **2.6 A função das agências reguladoras**

As agências reguladoras desempenham relevante papel na economia e podem influenciar na formulação, implementação e efetivação de políticas públicas, na medida em que estabelecem a regulação de monopólios, fixando regras relacionadas à concorrência no mercado e também realizam a chamada “regulação social”, onde o objetivo primordial não é econômico,

mas, sim, possibilitar a prestação de serviços de maneira universal e com respeito ao meio-ambiente (CUÉLLAR, 2001).

Conforme pode ser constatado pela análise da Figura 1, a entidade reguladora visa equilibrar os interesses dos diversos *stakeholders* (interessados).



**Figura 1** – Conexões entre os diferentes *stakeholders* nos serviços de infraestruturas.  
Fonte: Marques (2005, p. 67 com adaptações)

De acordo com Marques (2005), o processo regulatório deve permitir a participação efetiva de todos os interessados, pois essa participação ajuda e suporta a tomada de decisão, representando um papel fulcral em todo o processo regulatório.

Marques (2005) ressalta, ainda, que além de permitir a obtenção de sugestões, críticas e comentários que podem beneficiar e influenciar o processo regulatório, aumenta-se também a sua transparência e a responsabilização dos intervenientes, contribuindo para sua legitimação, ao mesmo tempo que permite um melhor conhecimento do setor e dos interesses envolvidos.

Nesse contexto, de acordo com Oliveira (2018), as agências reguladoras foram criadas com a finalidade de exercer o papel de agente fiscalizador no seu segmento de atuação. O referido autor cita que, dentre as responsabilidades exercidas pelas agências, destacam-se: a) o controle sobre a geração do lucro, b) a garantia de padrões de qualidade do serviço, e c) o estímulo à eficiência na prestação do serviço.

Ainda, na visão de Oliveira (2018), as agências reguladoras exercem um papel relevante em um cenário econômico sistematizado, em razão de sua autonomia para estabelecer normas, fiscalizar os agentes e, principalmente, por sua competência para estabelecer tarifas remuneratórias que visem o equilíbrio econômico na prestação dos serviços.

Entretanto, para que a atuação das entidades reguladoras possua maior probabilidade de obter sucesso em sua missão é necessário que o ambiente institucional em que estão inseridas lhe propiciem desenvolver suas atividades com eficácia e efetividade. Para tanto, Brasil (2007) estabelece o seguinte:

Art. 21. O exercício da função de regulação atenderá aos seguintes princípios:  
I - independência decisória, incluindo autonomia administrativa, orçamentária e financeira da entidade reguladora;  
II - transparência, tecnicidade, celeridade e objetividade das decisões.

Na avaliação de Marques (2005), as entidades reguladoras evidenciam dois traços distintivos relativos aos institutos públicos tradicionais, sendo eles a independência orgânica e a independência funcional.

Marques (2005) esclarece que a independência orgânica é conferida ao regulador pela inamovibilidade dos seus membros, ou seja, estes são designados por um período fixo e longo, sendo vedada sua destituição do cargo, exceto nos casos previstos na lei; já a independência funcional significa que a entidade reguladora está sujeita à lei e ao controle dos tribunais, não se submetendo à tutela de mérito nem à superintendência governamental.

Impende destacar que não se deve confundir os aspectos citados por Marques (2005) com um possível incentivo para que haja um insulamento das entidades reguladoras. Pois conforme explicitado, visando ampliar a legitimidade de suas ações, é importante que o processo decisório dessas instituições disponha de instrumentos que permitam e estimulem uma efetiva participação dos *stakeholders* no processo regulatório.

No que diz respeito às agências reguladoras federais brasileiras, observa-se que é comum que as decisões que afetem os agentes econômicos sejam tomadas após a realização de consulta e de audiência pública sobre o tema.

Como exemplo de participação social, temos o § 3º, do Art. 3º, da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, que instituiu a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que estabelece o seguinte: “O processo decisório que implicar afetação de direitos dos agentes econômicos do setor elétrico ou dos consumidores, mediante iniciativa de projeto de lei ou, quando possível, por via administrativa, será precedido de audiência pública convocada pela ANEEL.” (BRASIL, 1996).

No âmbito das agências federais, observa-se características institucionais que presumem a existência de requisitos de independência no processo decisório. Nesse sentido, Binenbojm (2005) ressalta que o desenho básico de estrutura das agências reguladoras brasileiras foi guiado pela criação de autarquias, entidades da administração pública indireta, dotadas de independência administrativa e autonomia financeira, cujos dirigentes não são subordinados ao poder central e possuem mandato fixo e estável.

Em relação aos pressupostos para independência regulatória, observa-se, na dicção de Brown, Stern e Tenenbaum (2006, p. 50), o seguinte:



The key characteristic of the independent regulator model is decision making independence. This means that the regulator's decisions are made without the prior approval of any other government entity, and no entity other than a court or a pre-established appellate panel can overrule the regulator's decisions. The institutional building blocks for decision making independence are organizational independence (organizationally separate from existing ministries and departments), financial independence (an earmarked, secure, and adequate source of funding), and management independence (autonomy over internal administration and protection from dismissal without due cause).

Em síntese, constata-se que as características listadas a seguir são encontradas frequentemente na literatura que discorre sobre condições institucionais de independência regulatória: i) independência financeira; ii) autonomia administrativa; iii) não subordinação ao poder central; e iv) existência de mandato fixo e estável de seus dirigentes.

Por fim, cabe mencionar que o exercício de uma independência de fato perpassa pela existência de um adequado nível de governança, a fim de que o ente regulador possa, na prática, exercer suas atribuições com a independência exigida.

## 2.7 Marco regulatório do setor de saneamento brasileiro

O marco regulatório do setor de saneamento nacional, mormente, o que disciplina a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, trouxe ao ordenamento jurídico pátrio uma série de diretrizes que devem ser observadas pelo setor.

Conforme mencionado anteriormente, no Brasil, o saneamento básico envolve o conjunto de atividades e infraestruturas relacionadas aos serviços de abastecimento de água potável, de esgotamento sanitário, de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Em relação aos princípios que regem o setor de saneamento básico no Brasil, vejamos o que preceitua Brasil (2007):

Art. 3º Os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais: (Redação dada pela Medida Provisória nº 868, de 2018)

I - universalização do acesso; (Redação dada pela Medida Provisória nº 868, de 2018)

II - integralidade, compreendida como o conjunto de atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, que propicia à população o acesso de acordo com suas necessidades e maximiza a eficácia das ações e dos resultados; (Redação dada pela Medida Provisória nº 868, de 2018)

III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente; (Redação dada pela Medida Provisória nº 868, de 2018)

(...)

VII - **eficiência e sustentabilidade econômica**; (Redação dada pela Medida Provisória nº 868, de 2018)

VIII - estímulo à pesquisa, ao desenvolvimento e à utilização de tecnologias apropriadas, consideradas a capacidade de pagamento dos usuários, a adoção de soluções graduais e progressivas e a **melhoria da qualidade com ganhos de eficiência e redução dos custos para os usuários**; (Redação dada pela Medida Provisória nº 868, de 2018)

XII-A - integração das infraestruturas e dos serviços com a **gestão eficiente dos recursos hídricos**; e (Incluído pela Medida Provisória nº 868, de 2018)

XIII-A - **combate às perdas de água**, inclusive na distribuição de água tratada, e estímulo à racionalização de seu consumo pelos usuários e **fomento à eficiência energética**, ao reuso de efluentes sanitários e ao aproveitamento de águas de chuva. (Incluído pela Medida Provisória nº 868, de 2018)  
(grifos nossos)

Observa-se que Brasil (2007) elenca, entre os princípios do setor, os que versam sobre a eficiência e a sustentabilidade econômica. Nesse sentido, torna-se salutar que a busca pelo incremento na eficiência dos operadores dos sistemas deve sempre estar presente na formulação e na implementação de políticas públicas para o referido setor.

Ao tratar dos objetivos da regulação, Brasil (2007) estabelece um que diz respeito a definir tarifas que assegurem tanto o equilíbrio econômico-financeiro dos contratos quanto a modicidade tarifária, por meio de mecanismos que induzam a eficiência e a eficácia dos serviços e que permitam o compartilhamento dos ganhos de produtividade com os usuários.

No que tange às atribuições das entidades reguladoras do setor de saneamento nacional, importante destacarmos o que dispõe Brasil (2007):

Art. 23. A entidade reguladora editará normas relativas às dimensões técnica, econômica e social de prestação dos serviços, que abrangerão, pelo menos, os seguintes aspectos:

I - **padrões e indicadores de qualidade da prestação dos serviços**;

II - requisitos operacionais e de manutenção dos sistemas;

III - **as metas progressivas de expansão e de qualidade dos serviços** e os respectivos prazos;

IV - regime, estrutura e níveis tarifários, bem como os procedimentos e prazos de sua fixação, reajuste e revisão;

V - medição, faturamento e cobrança de serviços;

VI - monitoramento dos custos, quando aplicável; (Redação dada pela Medida Provisória nº 868, de 2018)

VII - **avaliação da eficiência e eficácia dos serviços prestados**;

VIII - plano de contas e mecanismos de informação, auditoria e certificação;

IX - subsídios tarifários e não tarifários;

X - padrões de atendimento ao público e mecanismos de participação e informação;

XI - medidas de segurança, de contingência e de emergência, inclusive quanto a racionamento; (Redação dada pela Medida Provisória nº 868, de 2018)

XII - (VETADO).

XIII-A - diretrizes para a redução progressiva da perda de água. (Incluído pela Medida Provisória nº 868, de 2018)

Assim, é patente a preocupação do marco regulatório do setor em estabelecer que a eficiência e a qualidade dos serviços prestados devem ser perseguidas continuamente pelos agentes que operam no setor.

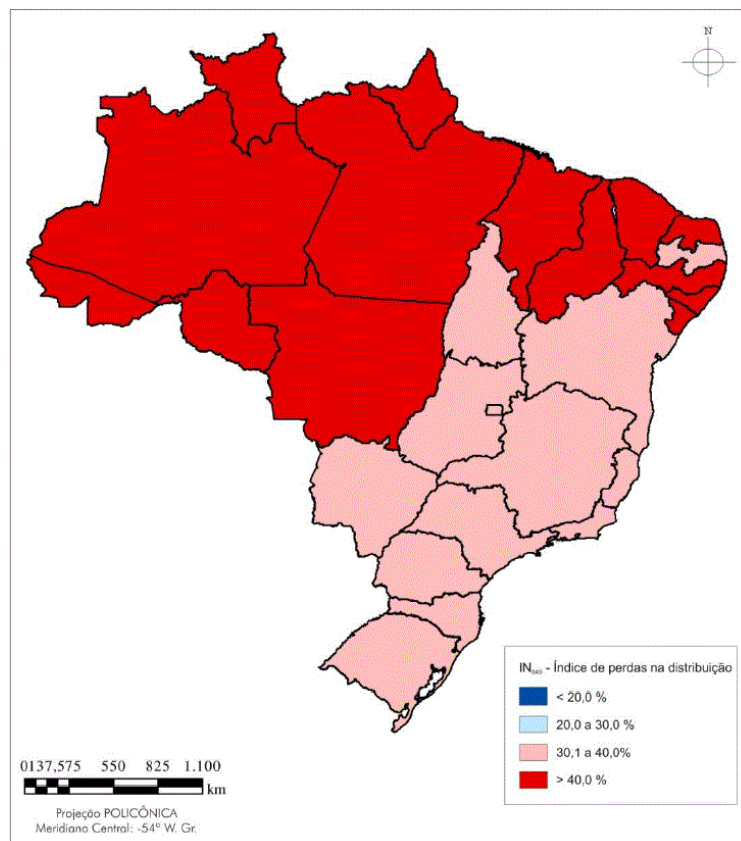
Em adição, observa-se que Brasil (2007) estabelece, ainda, que a instituição das tarifas, preços públicos e taxas para os serviços de saneamento básico observarão a recuperação dos custos incorridos na prestação do serviço, em regime de eficiência, com estímulo ao uso de tecnologias modernas, compatíveis com os níveis exigidos de qualidade, continuidade e segurança na prestação dos serviços e o incentivo à eficiência dos prestadores dos serviços.

Não obstante os princípios estabelecidos em Brasil (2007) demonstrarem uma preocupação dos legisladores em evidenciar a necessidade de que o setor deve operar em regime de eficiência, os resultados dos indicadores de desempenho dos prestadores de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário que operam no Brasil indicam haver um elevado nível de ineficiência do setor.

## **2.8 O desempenho do setor de abastecimento de água e esgotamento brasileiro**

Conforme destacado por Carvalho (2017), no Brasil, observa-se uma ineficiência na provisão dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, aliada a realidade de que os investimentos realizados no setor se mostram insuficientes para que se consiga atingir a universalização do atendimento à população.

No que diz respeito às evidências de um nível de desempenho insatisfatório no setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário brasileiro, podemos observar, por exemplo, que os índices médios de perdas de água na distribuição, conforme evidenciam as informações constantes na Figura 2, apresentam valores expressivos em todas as regiões geográficas do país.



**Figura 2** - Índice de perdas na distribuição, distribuído por faixas percentuais, por estados da Federação.  
 Fonte: Brasil (2018, p. 43).

Conforme se pode verificar pela Figura 2, em regra, todos os estados brasileiros têm índices de perdas de água na distribuição que superam o montante de 30% (trinta por cento).

Vários fatores levam o Brasil a apresentar altos índices de perdas de águas, que em partes das regiões geográficas ultrapassam o percentual de 50%, de modo que estes elevados montantes contribuem para comprometer a eficiência e a sustentabilidade econômica e ambiental da atividade (RIBEIRO; ANDRADE; ZAMBON, 2017).

Ao discorrer sobre o tema, Tardelli Filho (2016) assevera que, basicamente, as “perdas” representam a diferença entre o que se disponibilizou de água tratada à distribuição (macromedição) e o que se mediu nos hidrômetros dos clientes finais (micromedição).

Salutar observação anotada por Tardelli Filho (2016) é no sentido de que é senso comum acreditar que as perdas são motivadas exclusivamente pelos vazamentos nas tubulações, entretanto, há outros fatores que acarretam perdas de água e que não têm nada a ver com vazamentos, tais como: os erros ou submedições nos hidrômetros (e macromedidores) e as fraudes; aqui, portanto, a água é consumida, porém não é contabilizada pelo prestador do serviço.

Assim, observa-se que na mensuração dos volumes de perdas de água na distribuição, inclui-se os volumes consumidos através de ligações clandestinas. Nesse sentido, a gestão de perdas requer, além de investimentos em infraestruturas, ações que visem coibir o consumo não autorizado de água.

Ademais, no que tange à dimensão econômico-financeira do problema, Alegre *et al.* (2005) informam que as perdas de água correspondem à água que não é faturada nem utilizada para outros usos autorizados, mas que é captada, tratada, distribuída em infraestruturas de elevado valor e a custos de operação e manutenção significativos.

Alegre *et al.* (2005) ressaltam que, em relação a outros setores produtivos, verifica-se que são muito poucos os que suportam perder, no processo de transporte e distribuição, parcelas tão significativas de seus produtos.

Conforme assevera Britto (2011), visando promover o uso racional da água e a preservação dos recursos hídricos, destaca-se o controle de perdas de água no sistema de abastecimento, pois, desta forma, a mitigação de perdas permite a postergação de investimentos em ampliação dos sistemas de produção de água e contribui para melhor equacionar os investimentos necessários à universalização do acesso ao serviço.

Isso posto, observa-se a necessidade de que seja realizada uma gestão mais eficiente no setor, para que se possa mitigar os altos volumes de água tratada que são desperdiçados no caminho entre as instalações do prestador de serviços (estações de tratamento de água) e os locais de consumo.

Importante distinção que merece relevo é a que versa sobre a classificação dos tipos de perdas em sistema de distribuição de água e a definição de um padrão para mensurá-la. Desta feita, como uma forma de melhorar as análises e permitir um maior nível de comparabilidade entre o desempenho dos operadores do sistema, a *International Water Association* (IWA) propôs uma estrutura, na forma de balanço hídrico, que busca padronizar os vários usos da água em um sistema e a identificação dos seguintes tipos de perdas: reais e aparentes.

Em relação aos tipos de perdas, Alegre *et al.* (2006) apresentam a seguinte classificação: I) as reais, compostas pelos vazamentos nas tubulações e extravasamentos nos reservatórios e II) as aparentes, compostas pelos erros de medição (submedição nos hidrômetros), fraudes e falhas no sistema comercial das empresas (perdas não físicas ou comerciais).

Assim, observa-se que as perdas reais correspondem ao volume de água produzido, porém, que não chega ao consumidor final devido à ocorrência de vazamentos nos diversos componentes do sistema de abastecimento (reservatórios, adutoras, redes, etc.).

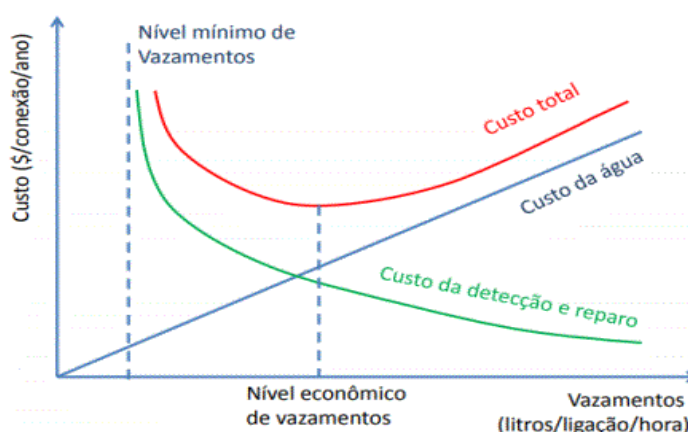
Por outro lado, o conceito de perdas aparentes corresponde ao volume de água consumido, porém não medido, decorrente de fatores relacionados a erros de medição nos hidrômetros, fraudes, ligações clandestinas e falhas no cadastro comercial, sendo que nesses casos a água é efetivamente consumida, porém, não é faturada pelo prestador dos serviços (FREITAS, 2010).

Destarte, observa-se a necessidade de que os prestadores de serviços que atuam no Brasil precisam elevar seus níveis de eficiência, mormente, com ações e iniciativas que visem reduzir os índices de perdas de água, pois estas, além de contribuírem para o aumento no custo de produção das empresas, causam impactos adversos sobre a sustentabilidade ambiental da atividade.

Entretanto, de acordo com o Trata Brasil (2018, p. 13), a *International Water Association* (IWA) propõe o estabelecimento de limites eficientes para a redução de perdas, tendo-se em vista suas características:

- **Limite econômico:** Volume a partir do qual os custos para reduzir as perdas são maiores do que o valor intrínseco dos volumes recuperados (varia de cidade para cidade, em função das disponibilidades hídricas, dos custos de produção, etc.);
- **Limite técnico** ("perdas inevitáveis"): Volume mínimo definido pelo alcance das tecnologias atuais dos materiais, das ferramentas, dos equipamentos e da logística.

Na Figura 3 consta um exemplo ilustrativo de como opera o limite econômico para redução de perdas de água.



**Figura 3** - Determinação do nível eficiente de perdas em um sistema de abastecimento de água potável.

Fonte: Trata Brasil (2018, p. 14).

Importante ter em mente que o limite econômico opera no sentido de que o custo total (custo da água produzida + custo de detecção e reparo de vazamentos) deve se encontrar em

seu valor mínimo. Assim, é possível que, para algum nível de perdas, não seja economicamente viável realizar ações que visem sua redução.

De acordo com Pertel (2014) o objetivo é gerenciar perdas com o melhor custo-benefício, visto que qualquer empresa está sujeita a restrições orçamentárias. Deste modo, o controle de perdas pode ser oneroso, sendo necessário estabelecer um equilíbrio entre os custos econômicos e os benefícios resultantes das ações de controle.

Entretanto, cabe mencionar que as perdas provocam externalidades negativas, tais como os custos ambientais decorrentes da necessidade de um maior nível de captação de água para fazer face ao montante de perdas na distribuição, o que acarreta em diminuição de disponibilidade hídrica para outros usos.

Conforme destaca Trata Brasil (2018, p. 7), o volume de perdas de um sistema de abastecimento de água é um fator chave na avaliação da eficiência das atividades comerciais e de distribuição de um operador de saneamento.

Para Trata Brasil (2018), o diagnóstico da situação das perdas deve ser realizado com base no comportamento do indicador, sendo que níveis de perdas elevados e com tendência de crescimento sinalizam a necessidade de maiores esforços para reduzir possíveis ineficiências no âmbito de planejamento, manutenção, investimentos e atividades operacionais e comerciais.

Além do considerável índice de perdas de água apresentado pelos prestadores de serviços brasileiros, outro dado que chama atenção é o que diz respeito ao *déficit* de cobertura no atendimento dos serviços de esgotamento sanitário.

De acordo com o que assevera Sampaio e Sampaio (2007), a escassez de coleta de esgotos ocasiona em aumento da poluição e acarreta diversos problemas socioeconômicos, assim como as externalidades negativas ocasionadas pela ausência de infraestrutura, em virtude da falta de investimentos no setor, que faz com que haja um aumento significativo nos dispêndios públicos como, por exemplo, os que decorrem do aumento de internamentos hospitalares devido à escassez do serviço de saneamento básico.

De acordo com Brasil (2018), quanto ao tratamento dos esgotos, o índice médio do país chega a 44,9% para a estimativa dos esgotos gerados e 74,9% para os esgotos que são coletados.

Na Tabela 1 encontramos uma síntese sobre o panorama dos índices de atendimento dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nas regiões brasileiras.

**Tabela 1** - Atendimento de abastecimento de água ou esgotamento sanitário.

	Índice de atendimento com rede (%)				Índice de tratamento dos esgotos (%)	
	Água		Coleta de esgotos		Esgotos gerados	Esgotos coletados
Região	Total	Urbano	Total	Urbano	Total	Total
Norte	55,4	67,7	10,5	13,4	18,3	81,0
Nordeste	73,6	89,3	26,8	34,7	36,2	79,7
Sudeste	91,2	96,1	78,6	83,2	48,8	69,0
Sul	89,4	98,4	42,5	49,0	43,9	92,9
Centro-Oeste	89,7	97,7	51,5	56,7	52,6	92,1
Brasil	83,3	93,0	51,9	59,7	44,9	74,9
<b>Média</b>	<b>79,9</b>	<b>89,8</b>	<b>42,0</b>	<b>47,4</b>	<b>40,0</b>	<b>82,9</b>

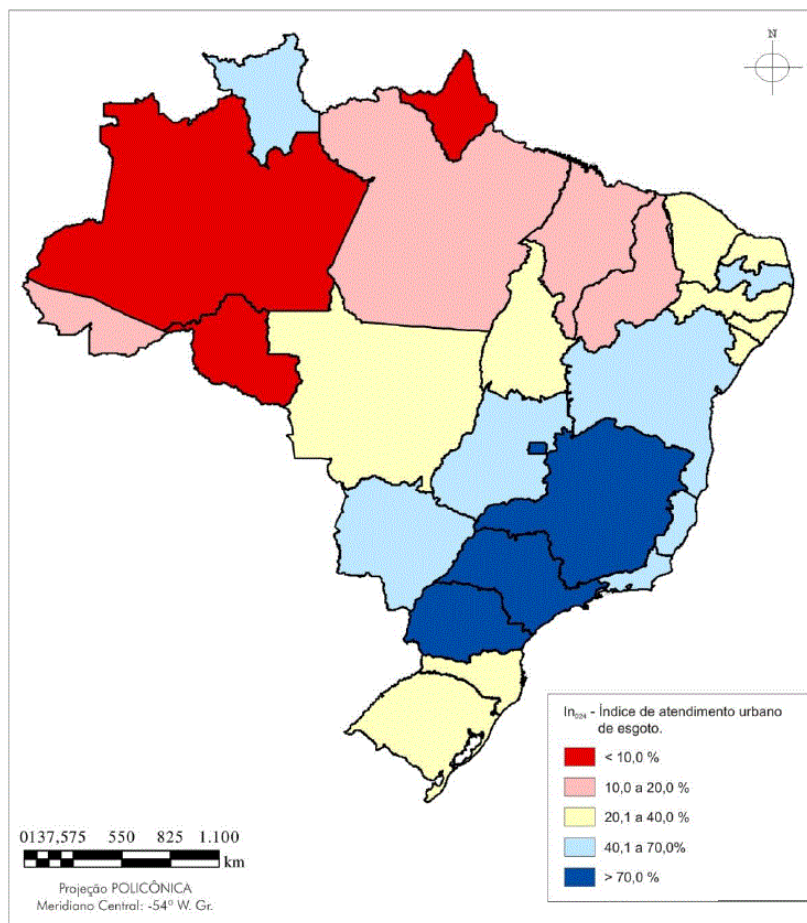
Fonte: Brasil (2018, p. 24, com adaptações).

Os dados constantes na Tabela 1 evidenciam que menos de 45% (quarenta e cinco por cento) do todo o esgoto gerado no país recebe algum tipo de tratamento e que, aproximadamente, 25% (vinte e cinco por cento) do volume de esgoto que é coletado não passa por nenhum tipo de tratamento.

Observa-se, também, que há regiões do país que apresentam índices de tratamento de esgotos em patamar bem inferiores à média, que é de 40% (quarenta por cento). Por exemplo, a região Norte apresenta um índice de tratamento dos esgotos gerados em percentual de 18,30%, o que representa menos da metade da média do país.

Na Figura 4 consta ilustração que evidencia o índice de cobertura urbana dos serviços de esgotamento sanitário nos estados brasileiros.





**Figura 4** - Índice médio de atendimento urbano de coleta de esgotos, por estado, ano base 2016.

Fonte: Brasil (2018, p. 31)

Conforme observa-se pela análise da Figura 4, vários estados das regiões Norte e Nordeste apresentam índices de atendimento urbano de serviços de esgotamento sanitário em percentual inferior a 40% (quarenta por cento). Essa realidade aponta para a necessidade de realização investimentos na expansão dos serviços, principalmente, nessas regiões que apresentam menor nível de cobertura de atendimento.

De acordo com Brasil (2018), 1.589 municípios (28,5% do total do país) responderam que não possuem sistema público de esgotamento sanitário e 11 municípios (0,2% do total do país) que não possuem sistema público de água.

Destarte, constata-se que o atual nível em que se situam os indicadores de cobertura dos serviços de saneamento, principalmente, os de esgotamento sanitário, são preocupantes, pois evidenciam que o país ainda tem muito o que avançar no que concerne à gestão sustentável e à universalização desses serviços.

Marques (2005) lembra que os serviços públicos são essenciais aos cidadãos e constituem-se elementos de coesão econômica e social, exigindo-se, por exemplo, a universalização, a continuidade, a prestação de serviços com qualidade e a preços justos.

Importante ressaltar que, na visão de Melo e Jorge Neto (2010), a necessidade de reajustamento tarifário pode ser significativamente reduzida com o estabelecimento de medidas que diminuam o grau de ineficiência econômica observado no setor de saneamento básico.

Conforme Leoneti, Prado e Oliveira (2011), a reduzida participação do setor privado e se constitui em um dos fatores que contribuem para a escassez de investimentos e, conseqüentemente, a baixa eficiência do setor de saneamento no Brasil.

Para Anwandter e Ozuna (2002) a privatização das empresas públicas de água é cada vez mais vista como uma solução estratégica para a ineficiência observada do setor de água nos países em desenvolvimento. No entanto, os citados autores advertem que a ligação entre propriedade privada e eficiência não é clara no setor de água, dada a natureza monopolista do serviço e a necessidade de regulamentação pública.

## **2.9 Avaliação de eficiência no setor de abastecimento de água e esgotamento**

Hodiernamente, o uso e a gestão eficiente e sustentável dos recursos hídricos tornaram-se foco de um vasto debate, tanto na literatura acadêmica quanto no campo prático e regulatório, devido à importância e à escassez dos recursos hídricos, especialmente em regiões sob estresse hídrico (MARTINEZ-ESPINEIRA; GONZÁLEZ-GÓMEZ, 2015; ROMANO; GUERRINI; VERNIZZI, 2013). Corroborando essa visão, Romano, Salvati e Guerrini (2018) asseguram que os determinantes do desempenho das empresas de água são uma questão atual em todo o mundo.

Nesse contexto, apresenta-se como uma questão atual e relevante compreender como é possível melhorar a eficiência operacional das empresas que prestam serviços de abastecimento de água ou esgotamento sanitário.

Na visão de Soukopová e Malý (2013), definir e medir a eficiência, ou em outras palavras, um processo de usar recursos e sua transformação em produtos e resultados, parece ser um dos maiores problemas da teoria econômica contemporânea.

A eficiência econômica tem componentes técnicos e alocativos. O componente técnico refere-se à capacidade de evitar desperdícios, seja produzindo no nível máximo que a tecnologia e o uso de insumos permitem ou usando-se o mínimo de insumos requeridos pela tecnologia, dado o nível de produção desejado. Assim, a análise da eficiência técnica pode ter uma

orientação ao aumento da produção ou uma orientação para otimização dos insumos (BOENTE, 2016; BRUNEKREEFT, 2004; FRIED; LOVELL; SCHMIDT, 2008).

A eficiência alocativa e a eficiência técnica se complementam, e juntas, se traduzem em eficiência econômica. Esta última envolve a seleção dos níveis e as combinações ótimas de insumos e produtos, baseados nas relações dos preços de mercado (BAUER *et al.*, 1998).

Por outro lado, Fried, Lovell e Schmidt (2008) relatam que é possível definir o melhor em termos do objetivo comportamental do produtor. Nesse caso, a eficiência é medida pela comparação do custo, receita, lucros observados, ou qualquer objetivo que o produtor deseja alcançar, sujeito, é claro, a quaisquer restrições apropriadas sobre quantidades e preços. O referido autor destaca que, nessas comparações, o ótimo é expresso em termos de valor e a eficiência é econômica.

A eficiência técnica não considera os preços dos *inputs* e *outputs*, algo fundamental em uma decisão sobre produção. Nesse sentido, a decisão da empresa em produzir sob eficiência técnica leva ao menor vetor de insumos capaz de produzir certa quantidade de produto, entretanto, desconsidera os efeitos de realocação destes insumos ponderados pelos seus preços (BAUER *et al.*, 1998).

De acordo com Fried, Lovell e Schmidt (2008), por eficiência de um produtor, temos em mente uma comparação entre valores observados e ótimos de seus *outputs* e *inputs*, onde o exercício pode envolver a comparação da saída observada com a saída potencial máxima obtida da entrada ou a comparação da entrada observada com a entrada potencial mínima necessária para produzir a saída, ou uma combinação das duas. Ainda de acordo com Fried, Lovell e Schmidt (2008), nessas duas comparações, o ótimo é definido em termos de possibilidades de produção e a eficiência é técnica.

Não obstante o conceito de eficiência econômica ser mais abrangente que o de eficiência técnica, a dificuldade de se obter informações sobre os preços dos insumos faz com que a eficiência econômica se torne, em muitos casos, de difícil investigação empírica.

De acordo com Boente (2016), a ineficiência ocorre quando a entidade não consegue alcançar o mesmo nível de eficiência em comparação a uma referência, definida por uma fronteira onde se localizam as entidades que adotam as “melhores práticas” (*benchmarking*).

Em uma indústria regulada, como o setor de abastecimento de água, a ineficiência técnica implica que uma empresa está usando uma quantidade excessiva de insumos para produzir os níveis de produção fixos. Ineficiência alocativa, em vez disso, implica que uma empresa pode utilizar uma combinação de insumos economicamente subótima e, portanto, não minimiza os custos. Embora a ineficiência técnica possa ser atribuída a gerentes ineficientes, a

ineficiência alocativa pode ser causada por restrições ambientais externas sob as quais os gerentes operam (ANWANDTER; OZUNA, 2002).

Em vários países, os governos estão obrigando as empresas de serviços de água a melhorarem sua eficiência e produtividade por meio de reformas e ferramentas regulatórias mais rígidas. Assim, apesar das diferentes estratégias e abordagens, os objetivos permanecem os mesmos: tornar todo o setor mais eficiente, reduzir os lucros e a “vida tranquila” das empresas que operam os serviços e repassar os ganhos de produtividade aos usuários por meio de preços reduzidos, proteção ambiental e qualidade dos serviços (CRUZ *et al.*, 2012).

Na avaliação de Carmo (2003), na tendência de identificar soluções para tornar as empresas mais produtivas, o estudo da eficiência é de extrema importância para ajudar na escolha de uma conduta ótima para as empresas e oferecer ao governo meios de regulamentar o setor.

Ao discorrer sobre a existência de vários métodos para avaliação de eficiência, Farsi, Filippini e Greene (2006) advertem que esse problema é especialmente importante porque, na maioria dos casos, não existe um critério claro para a escolha de um método exclusivo entre vários modelos legítimos e que, além disso, as estimativas de eficiência podem ter grandes consequências financeiras para as empresas reguladas e, portanto, sua confiabilidade é algo crucial para um sistema de regulação eficaz.

Destaque-se que, na avaliação de Oliveira (2017), os ganhos de eficiência devem ser apropriados e distribuídos de forma a garantir o equilíbrio econômico-financeiro dos serviços no longo prazo e preços adequados aos usuários e, sendo que, para que sejam aplicados com sucesso, os indicadores (que o regulador utiliza para mensuração de desempenho) devem ser comparados em processo de *benchmarking* composto por prestadores de serviço no âmbito global, dado que uma comparação realizada somente com dados históricos da empresa não envolve adequados incentivos regulatórios.

Por outro lado, Pinheiro (2012) defende que aos incentivos baseados no desempenho de serviços deveriam permitir que uma empresa que fornece maior qualidade em relação às outras empresas seja autorizada a aumentar o seu preço por um valor que reflita o valor social da maior qualidade. Noutro sentido, uma redução do preço seria imposta às empresas de baixo desempenho.

Da mesma forma, Molinos-Senante, Maziotis e Sala-Garrido (2016) advertem que a qualidade do serviço aos clientes é um aspecto que não pode ser ignorado na avaliação de desempenho das empresas de água. Sendo que, hoje em dia, os reguladores da água introduzem

prêmios ou penalidades ao definirem os preços, para incentivar as empresas a melhorarem a qualidade do serviço prestado.

Em contraste, de acordo com Picazo-Tadeo, Sáez-Fernández e González-Gómez (2008), a inclusão de questões de qualidade na medição da eficiência tem sido negligenciada, apesar de sua relevância para os cidadãos, os reguladores e o meio ambiente.

Não obstante o reconhecimento de que a qualidade na prestação dos serviços deve ser levada em conta, Marques (2005), ao discorrer sobre a regulação da qualidade de serviço, chama atenção para o fato de que esta é sempre uma atividade complicada, dadas as suas múltiplas dimensões, acompanhadas de reduzida informação disponível sobre a disposição dos consumidores em pagar pela mesma.

Na percepção de Marques (2005), os mecanismos de controle da qualidade de serviço, em particular nos países menos desenvolvidos, com legislação e normatização mais incipientes, deverão ser contemplados no processo regulatório.

Entretanto, Marques (2005) menciona que poderão ocorrer duas situações antagônicas da variação na qualidade de serviço, que são, por um lado, o decréscimo da qualidade de serviço quando esta não é integrada, pelo menos de modo direto, ao processo regulatório (conhecido com *quality shaving* ou *crowding effect*) e, por outro, a situação contrária, designada por *gold plate*, onde haveria a prestação de um serviço com uma qualidade muito elevada, injustificável ou, no mínimo, dispensável, com custos incompatíveis, com vista ao incremento da sua remuneração.

Desse modo, importante salientar que o ponto central que se deve observar no tratamento da questão inerente à análise e à precificação dos aspectos de qualidade dos serviços regulados, é o fato de que é desejável que o regulador envide esforços no sentido de buscar, de um lado, o equilíbrio entre o nível de qualidade exigido para atender de forma adequada as necessidades e as expectativas dos usuários e, do outro, a disposição dos usuários em pagar pelos respectivos serviços.

Assim, percebe-se a necessidade de que haja incentivos adequados para que os prestadores de serviços de saneamento busquem continuamente elevar o nível de eficiência em que operam, sem, contudo, deixar de zelar para pelo fato de que o nível de preços deve ser compatível com a disposição a pagar dos usuários e que seja observado que a qualidade dos serviços deve ser adequada ao atendimento das necessidades dos mesmos.

Marques (2005), por sua vez, alerta que a promoção da eficiência pode suscitar alguma tensão no seio da regulação, dado que o regulador quer induzir a entidade regulada a ser mais eficiente, mas se encontra limitado pela informação imperfeita disponível.

Na concepção de Ohira e Marques (2012), um dos principais objetivos da regulação, quiçá o principal, consiste em tornar as entidades reguladas eficientes com vistas a fornecerem o adequado *value for money*.

No mesmo sentido, Possas, Ponde e Fagundes (1997) asseveram que o objetivo central da regulação de atividades econômicas não é promover a concorrência como um fim em si mesmo, mas aumentar o nível de eficiência econômica dos mercados correspondentes.

Na avaliação de Souza (2003), quando altos níveis de eficiência são objetivos desejados pelas empresas, torna-se importante definir e realizar sua mensuração de acordo com a teoria econômica. Assim, é possível gerar informações úteis para administradores e formuladores de políticas.

Importante utilidade informacional que se pode obter na mensuração da eficiência das empresas é anotada por Souza (2003, p. 3), da seguinte forma:

A estimativa de eficiência é útil, ainda, para fins estratégicos (comparação com outras empresas), táticos (permitir à gerência controlar o desempenho da empresa pelos resultados técnicos obtidos), de planejamento (comparar os resultados do uso de diferentes combinações de fatores) ou para avaliar o desempenho de fatores relacionados à administração interna.

No entanto, cabe enfatizar que a mensuração de desempenho dos prestadores de serviços regulados precisa ser acompanhada da efetiva utilização dessas informações para subsidiar o processo regulatório do setor.

Em termos práticos, para se mensurar a eficiência de um conjunto de entidades, de acordo com Boente (2016), a medida de eficiência de certa entidade pode ser dada pela mensuração da distância da prática observada em relação à fronteira eficiente, definida por uma função das maiores taxas de conversão de  $x$  insumos em  $y$  produtos, dada uma tecnologia  $T$ .

Por outro lado, Honkapuro (2008) esclarece que os efeitos econômicos da avaliação do desempenho são fortemente dependentes da metodologia que é utilizada para se realizar os cálculos regulatórios.

Nesse cenário, percebe-se que o desempenho e a eficiência dos prestadores de serviços de abastecimento de água ou esgotamento sanitário merecem ser objeto de processo de avaliação sistemática, de forma que os resultados reportados possam contribuir para subsidiar a tomada de decisão dos gestores públicos e das entidades reguladoras do setor.

## 2.10 Incentivos regulatórios e eficiência

De acordo com Aubert e Reynaud (2005), a teoria dos incentivos enfatiza a importância de regras regulatórias sobre o nível de esforço que as empresas empreendem para reduzir seus custos. Sendo que a falta de incentivos resultantes da regulação pela taxa de retorno, comparada com a regulação de preço máximo, é mencionada em livros de referência sobre regulação.

Conforme mencionado anteriormente, as características do setor atraem a necessidade de que o Estado desenvolva mecanismos regulatórios que visem maximizar o bem-estar econômico dos usuários dos serviços, reduzindo, desta forma, as possibilidades de que os prestadores de serviços se apropriem indevidamente do excedente do consumidor.

Na concepção de Salgado (2003), as funções da regulação são as de incentivar os investimentos necessários ao desenvolvimento econômico, promover o bem-estar de consumidores e usuários e propiciar a eficiência econômica.

No contexto de monopólios naturais, a regulação desenvolve mecanismos que incentivam a obtenção de eficiência das empresas, sendo que mais recursos poderão ser canalizados para a expansão da infraestrutura, onde o ganho de eficiência obtido com a regulação é condição fundamental, mas não suficiente para que se tenha maior eficácia social, pois, para além disso, torna-se necessário que os ganhos de eficiência sejam apropriados pela sociedade (GALVÃO JÚNIOR, 2008; MOTTA, 2004).

Comumente, os instrumentos regulatórios visam aumentar a eficiência com que a economia opera. Reconhecendo que replicar um mercado perfeitamente competitivo, neste tipo de estrutura, seja inviável, é possível promover substanciais melhorias que não ocorreriam na ausência da regulação (VISCUSI *et al.*, 2005).

Conforme observa-se, a atividade regulatória visa, em especial, incentivar o ganho de eficiência do setor por meio da introdução de mecanismos que induzam as empresas a buscarem alcançar melhores resultados em seus indicadores de desempenho. Para tanto, é necessário que sejam estabelecidos incentivos adequados capazes de influenciarem o comportamento das empresas do setor.

De acordo com Carmo (2003), com a possível abertura do mercado de abastecimento de água e esgotamento sanitário ao setor privado, surge a necessidade de que o governo adote uma política de regulação que influa no comportamento das empresas, estabelecendo um sistema adequado de incentivos capaz de orientar suas decisões econômicas. Desta feita, na visão de Carmo (2003), a avaliação da eficiência das empresas se torna de fundamental importância, pois pode fornecer elementos para orientação de estudos sobre privatizações.

Destarte, dada a percepção sobre a necessidade de incremento no nível de eficiência das empresas do setor, os órgãos reguladores podem contribuir para melhorar o atual cenário, implementando metas e incentivos para que os operadores dos sistemas busquem elevar seu grau de eficiência.

No entanto, de acordo com Romano, Molinos-Senante e Guerrini (2017) diferentes modelos regulatórios podem ter várias consequências para o desempenho da empresa. Os referidos autores citam que a influência da regulamentação sobre o desempenho das empresas de água foi analisada por estudiosos em todo o mundo para entender, se e como, diferentes modelos regulatórios impactam o desempenho do setor.

Conforme ressaltam Barbosa, Lima e Brusca (2016), é importante reiterar que cada método de regulação econômica deve fornecer recompensas inerentes ao desempenho satisfatório por parte de uma empresa de serviços públicos, para atender a níveis predeterminados de eficiência, produtividade e qualidade do serviço.

Além disso, Barbosa, Lima e Brusca (2016) complementam afirmando que essas recompensas para o setor de água, de acordo com a teoria econômica clássica, são o resultado dos incentivos sugeridos por combinações de teorias de direitos de propriedade, interesse público, arbítrio e escolha pública.

## **2.11 Impacto de fatores não gerenciáveis no nível de desempenho das empresas**

Guerrini, Romano e Campedelli (2013), ao discorrerem sobre eficiência no setor de abastecimento de água, chamam atenção para o fato de que, para atingir a eficiência, as empresas de serviços de água podem adotar várias rotas, sendo que apenas algumas são discricionárias e sob seu controle. Os referidos autores citam como ações controláveis: i) as inovações tecnológicas; ii) o treinamento profissional; iii) as políticas aperfeiçoadas de aquisições; e iv) o desenvolvimento de um sistema de controle interno dedicado a alcançar processos corporativos eficazes e eficientes.

Por outro lado, Guerrini, Romano e Campedelli (2013) esclarecem que outras táticas dependem do contexto em que a concessionária opera, de tal modo que não podem ser totalmente controladas pela empresa, tais como o tamanho da empresa, o grau de diversificação do investimento e a densidade da rede.

Thanassoulis (2000) adverte que fatores ambientais que afetam a eficiência da transformação de insumos controláveis em produtos também devem ser considerados na avaliação de desempenho. Nesse sentido, a inclusão de fatores exógenos na estimativa da



eficiência de estações de tratamento de esgotos foi recentemente abordada em estudos como os de Gómez *et al.* (2017) e Guerrini, Romano e Indipendenza (2017).

Corton e Berg (2009) destacam o fato de que empresas de água com escala similar, medida pelo número de conexões, podem ter custos diferentes devido a diferenças nas características da rede, como o comprimento. Assim, de acordo com Corton e Berg (2009), empresas maiores podem ter custos menores devido a uma grande quantidade de clientes por quilômetro de tubulação, incorrendo em economias de escala originadas da produção total.

Destarte, observa-se a necessidade de que o processo regulatório leve em conta aspectos não gerenciáveis por parte dos prestadores, mas que, no entanto, impactam o seu desempenho e, conseqüentemente, influenciam os custos incorridos na provisão dos serviços de saneamento por eles ofertados.

Desta forma, tendo em mente a percepção de que o ambiente em que operam as empresas pode ter impactos não desprezíveis no desempenho das mesmas, Erbetta e Cave (2007) chamam atenção para o fato de que a eficiência de uma empresa pode ser afetada por condições exógenas que não estão sob o controle direto dos gestores e que esses efeitos precisam ser controlados em uma avaliação de eficiência.

No mesmo sentido, Honkapuro (2008) assevera que o ponto fulcral de avaliação comparativa da eficiência é determinar a eficiência de empresas como a razão entre as saídas que produzem e as entradas que utilizam. Sendo que, além dos insumos e produtos, são necessários alguns parâmetros ambientais para assegurar que os ambientes operacionais diferentes das empresas são tomados em conta no processo de avaliação comparativa.

A literatura destaca a influência sobre o desempenho das entidades do setor de abastecimento de água, de elementos como a densidade populacional ou de clientes, proporção de clientes residenciais, fonte de água e/ou sua qualidade, fator de pico, topografia e clima da região, e as características sociais da região atendida (MARQUES, 2005; RENZETTI; DUPONT, 2009).

Conforme ressaltam Erbetta e Cave (2007), a densidade populacional da água é calculada como a razão entre a população abastecida com água e o comprimento da rede de distribuição de água, sendo que, em geral, o atendimento a uma população mais concentrada é mais barato - por conexão - do que servir uma população dispersa, já que neste último caso são necessários mais desvios da rede, manutenção mais frequente e maior consumo de energia, por exemplo.

Para Nauges e Berg (2008), a medição das economias de densidade de clientes é importante para os países em desenvolvimento, uma vez que muitas famílias ainda não têm

acesso a fontes de água potável e serviços de saneamento. Nesse contexto, se houver evidência de economias de densidade de clientes, novas conexões poderão ser adicionadas a um custo médio decrescente.

Os resultados do estudo de Guerrini, Romano e Campedelli (2013) indicaram a existência de economia de densidade em empresas do setor de abastecimento de água na Itália.

De acordo com Guerrini, Romano e Campedelli (2013, p. 4575):

Outras vantagens de custo se acumulam para empresas que operam em regiões com alta densidade populacional, porque a presença de muitos clientes por quilômetro de rede diminui os custos de fornecimento de um metro cúbico de água, devido aos menores custos unitários de energia e infraestrutura.

Na indústria da água, as economias de densidade pertencem a dois tipos principais: (1) produção ou densidade de produção, que se refere à extensão da mudança no custo se o volume total de água produzida ou tratamento de esgotos aumentar, mantendo o número de clientes e a constante de comprimento da rede e (2) a densidade do cliente, que indica quanto o custo mudaria se o número de clientes aumentasse, com um comprimento de rede constante (NAUGES; BERG, 2008).

Nesse aspecto, Guerrini, Romano e Campedelli (2013) concluem que economias de escala, escopo e densidade podem ser alcançadas apenas parcialmente por meio de decisões do gerente; com maior frequência, decorrem das características da área atendida por uma empresa, dos acordos firmados com os municípios envolvidos na gestão da água e dos marcos normativos do setor.

Carvalho e Marques (2011) ressaltam que o regulador deve levar em conta, nos *benchmarks* definidos em seu processo regulatório, a influência negativa, positiva ou neutra no desempenho de variáveis como o fator de pico, porcentagem de água adquirida, densidade de clientes, porcentagem de clientes domésticos, propriedade, regulação, integração e o percentual de água de superfície fornecido.

## **2.12 Modelos de regulação econômica**

Na avaliação de Pinto Júnior (2007), de acordo com o que preceitua a teoria econômica, a regulação econômica exerce um papel de destaque por ter como objetivo evitar a apropriação de lucros extraordinários por parte da empresa monopolista, onde seus principais objetivos são: a) correção das imperfeições do mercado; b) incentivos à eficiência; c) garantia da qualidade adequada do serviço e d) manutenção do equilíbrio econômico-financeiro da concessão.

Na visão de Guasch e Spiller (1999), a regulação econômica refere-se a restrições de preços, quantidade e condições de entrada e saída para indústrias específicas.

Marques (2005) destaca que são diversos os métodos de regulação econômica utilizados pelo mundo afora, os quais, de acordo com o autor, podem ser divididos em duas classes principais, em conformidade com o estímulo que proporcionam às entidades reguladas para mitigação de seus custos.

Conforme esclarece Marques (2005), o primeiro tipo, de grau de incentivo reduzido, inclui a regulação por taxa de retorno (RTR), enquanto o segundo, de grau de incentivo elevado, inclui a regulação por incentivo de desempenho (RID), esta abarca a regulação por limite de preços (RLP), a regulação por limite de receita (RLR) e a regulação por comparação (RC). De acordo com o referido autor, a RC constitui, comumente, uma variante da RLP ou da RLR, a qual baseia a regulação na análise dos resultados e no desempenho de outras entidades que operam no setor.

Na visão de Bogetoft (1997), esquemas regulatórios baseados no “custo do serviço” ou na “taxa de retorno” não encorajam as empresas a realizarem reduções de custos, pois quando os orçamentos ou os preços os acompanham, as empresas não têm incentivos para minimizarem os custos, exceto no caso de um atraso regulatório. No entanto, Bogetoft (1997) destaca que uma maneira de incentivar a minimização de custos é comprometer-se com um orçamento fixo, um preço fixo ou um *price cap*.

Bontes (2012), por sua vez, ressalta o fato de que a decisão sobre qual modelo de regulação econômica será adotado vai depender da resolução de uma série de aspectos relacionados à visão que será privilegiada no cálculo das tarifas, onde o enfoque poderá recair no passado (taxa de retorno) ou no futuro (*price cap*).

Marques (2005) esclarece que nas circunstâncias onde a taxa de remuneração excede o custo de capital, a entidade regulada não terá incentivos para buscar minimizar os custos de investimentos e será encorajada a gastar mais capital do que em um cenário semelhante, mas sem regulação. Nesse sentido, há uma tendência de que a entidade utilize uma relação ineficiente entre os *inputs*, que neste caso se traduziria em sobreinvestimento, dado o nível de produção em que opera.

No bojo das discussões sobre ineficiência na alocação de *inputs*, Hillman e Braeutigam (1989) asseveram que desde o trabalho seminal de Averch e Johnson (A-J), a ênfase da pesquisa na economia da regulação enfatizou os tipos de ineficiências econômicas criadas pela regulação e que a literatura econômica tem se concentrado em como as restrições regulatórias tradicionais

induzem as empresas maximizadoras de lucros a alocar recursos inadequadamente, ao contrário do objetivo regulador central de replicar as condições competitivas.

De acordo com Fellows (2015), começando com o trabalho seminal de Averch e Johnson (1962), houve um volume substancial de análises empíricas sobre o assunto de distorções de *inputs* sob restrição de taxa de retorno.

Marques (2005, p. 87) informa que o modelo Averch e Johnson pode ser descrito, simplificadamente, da seguinte forma: considere uma empresa monopolista que produza um único produto  $q$  e que utiliza dois *inputs*, a quantidade de capital  $K$  e quantidade de mão de obra  $L$ . A estes correspondem, respectivamente, um custo de capital  $r$  e uma taxa salarial  $w$ . A função de produção é  $q = f(K, L)$  e a função de procura é  $p(q)$ . Assim, o lucro da empresa ( $\pi$ ) é:

$$\pi = p[f(K, L)] \times f(K, L) - wxL - rxK \quad (1)$$

Se a empresa não fosse regulada, os níveis de capital e de mão de obra adotados seriam aqueles que minimizariam o custo total, que pressupõe que a taxa marginal de substituição técnica entre  $f(K) / f(L)$  seja idêntica à relação entre o custo de capital e a taxa salarial  $r / w$ .

Ainda de acordo com Marques (2005, p. 87), “o modelo proposto por Averch e Johnson para uma empresa regulada com uma taxa de remuneração  $s$ , superior ao custo de capital marginal  $r$ , consiste na resolução do seguinte problema”:

Max  $\pi$

s.a.

$$\pi = p[f(K, L)] \times f(K, L) - wxL \leq sxK \quad (2)$$

Nesta situação, a taxa marginal de substituição técnica é corrigida por um fator  $\theta$  [TMST =  $(r - \theta) / w$ ] que traduz o fundamental do arquétipo, como se o custo de capital fosse inferior ao que realmente é, valendo  $r - \theta$ . Este fato significa que a empresa tem um incentivo para sobreutilizar o *input* capital (efeito Averch e Johnson).

### 2.12.1 Regulação por taxa de remuneração

De acordo com Soares (2007), na regulação por taxa de retorno, os preços dos serviços regulados são estabelecidos de modo que o montante total de receita obtido pela empresa exceda os custos suportados no montante exato que lhe permita obter uma taxa de rentabilidade razoável (*fair rate of return*) previamente fixada. Esse método também é conhecido por custo mais (*cost plus*).

Na avaliação de Soares (2007), a regulação por taxa de remuneração (custo do serviço<sup>3</sup>) incentiva a empresa regulada a declarar um montante de custos maior do que aquele que de fato suportou, o que obriga que o regulador dedique muito tempo e esforço em auditar a contabilidade da regulada para assegurar que o lucro obtido seja exatamente o necessário para atingir a taxa de retorno acordada.

Os preços podem, assim, aumentar para garantir que os custos sejam cobertos. Essa ligação direta entre as mudanças nos custos e as mudanças nos preços garante plenamente a empresa contra choques adversos e enfraquece fortemente os incentivos da empresa para buscar eficiência de custos (AUBERT; REYNAUD, 2005).

Conforme pode ser observado, a “*Rate of Return*” é uma abordagem regulatória que dá ampla margem de liberdade de a empresa escolher seu nível de custos, entretanto, é tido como um esquema limitado quando se intenciona incentivar que a empresa busque lograr melhor nível de eficiência alocativa. Corroborando essa visão, Tupper e Resende (2005) afirmam que, de fato, é bem reconhecido que *Rate-of-Return Regulation-ROR* possui propriedades pobres de indução à eficiência.

No mesmo sentido, Pires e Piccinini (1998) destacam que o mais tradicional mecanismo de regulação econômica de monopólio natural, denominado Regulação pelo Custo do Serviço, trata o problema de forma a definir as tarifas a partir dos custos reais observados. Sendo que a grande crítica a este critério regulatório se fundamenta primordialmente na assimetria de informação entre o ente regulador e a entidade regulada, a qual poderia levar à manipulação de dados por parte desta última com objetivo de apropriação de lucros extraordinários.

Na avaliação de Marques (2005), na regulação por taxa de retorno, as entidades não têm, comumente, motivação para a redução dos custos nem para uma alocação eficiente dos recursos, dado que a empresa obtém a mesma remuneração, independente de operar, ou não, de forma eficiente.

Por outro lado, Marques (2005) ressalta que o único incentivo para alguma mitigação de custos seriam os ganhos que pudessem ocorrer entre os períodos de revisão das tarifas nos quais o sistema tarifário está fixado (*residual claimant*), o que, de acordo com o referido autor, não se mostra relevante, pois a regulação por taxa de retorno apresenta períodos, quase sempre, reduzidos.

---

3 De acordo com Marques (2005, p. 99), correntemente, adota-se a designação regulação pelo custo do serviço com o mesmo significado de regulação por taxa de remuneração.

Aubert e Reynaud (2005) informam que na prática os reguladores tendem a fixar preços a custos históricos médios, de modo a garantir uma taxa de retorno adequada e que esses preços são revisados para cima quando os custos se elevam ou quando as condições de demanda pioram.

Soares (2007) esclarece que a aprovação pela agência reguladora dos preços propostos pela regulada supõe um processo encadeado composto por quatro fases: (i) identificação dos ativos elegíveis; (ii) criação de um sistema de cálculo dos custos pertinentes; (iii) determinação da taxa de rentabilidade permitida; e (iv) estabelecimento do conjunto de preços que satisfaça a taxa de rentabilidade permitida.

Observa-se que, no pressuposto da limitação de inventivos ao ganho de eficiência discutido anteriormente, foram surgindo outros desenhos e modelos de regulação, que buscam, em especial, induzir os prestadores de serviços a se posicionarem em um novo patamar de eficiência e visam também mitigar os problemas de assimetria de informações.

### **2.12.2 Regulação por incentivo de desempenho**

De acordo com Marques (2005), a regulação por incentivo de desempenho introduz o componente produtividade associado à redução nos custos como um dos principais objetivos das entidades reguladoras.

Marques (2005) destaca, ainda, que neste método de regulação, as empresas reguladas assumem mais riscos, porém, também podem obter maiores retornos, sendo que a regulação por incentivo de desempenho engloba como subprocessos regulatórios, *inter alia*, a regulação por limite de preços (*Price Cap Regulation*), a regulação por limite de receita (*Revenue Cap Regulation*) e a regulação por comparação (*Yardstick Competition*).

Os resultados de pesquisa realizada por Witte e Marques (2010) sugerem que a regulação por incentivos, no sentido de esquemas de incentivos regulatórios e de *benchmark*, tem um efeito positivo significativo sobre a eficiência. Em suas análises, Witte e Marques (2010) concluíram que, na ausência de incentivos claros e estruturais, a eficiência média das concessionárias cai em comparação com as concessionárias submetidas à regulação por incentivos.

No setor da água, os dois tipos existentes de *yardstick competition* (competição por comparação) são “*price yardstick competition*” e “*sunshine regulation*” (MARQUES, 2006). De acordo com Witte e Marques (2010), o primeiro pretende definir as tarifas e consiste

principalmente em *price cap* ou *revenue cap*, onde o fator X, em seu modelo, é determinado por técnicas de *benchmarking*.

Encontramos também como exemplo de regulação por incentivo, a regulação denominada *sunshine*. Witte e Marques (2010) afirmam que a mesma pretende "embaraçar" as concessionárias que revelam um desempenho inferior por meio de uma discussão pública sobre as pontuações de eficiência, sendo que mesmo que a regulação *sunshine* não seja acionada compulsoriamente (por exemplo, por um regulador setorial específico), a exibição pública dos níveis de eficiência proporciona transparência no setor e gera uma pressão competitiva.

Assim, percebe-se que o método *sunshine* se apresenta como um mecanismo de *accountability*. Nesse sentido, as empresas, ao terem seus resultados publicizados, podem ser incentivadas a melhorarem seu desempenho em relação a seus pares.

### **2.12.3 Regulação por comparação (*Yardstick Competition*)**

De acordo com Bogetoft (1997), um dos remédios que tem sido proposto na literatura econômica e usado na prática regulatória é a *yardstick competition* e as avaliações de desempenho relativas.

Assim, na avaliação Bogetoft (1997), ao comparar empresas semelhantes, o regulador pode usar os custos de outras empresas para inferir o nível de custo atingível de uma determinada empresa e, ao permitir que as empresas recuperem custos estimados em vez de custos reais, o regulador pode incentivar a minimização de custos e mitigar a vantagem informacional das mesmas.

Marques (2005) informa que a ideia-chave da regulação por comparação baseia-se na avaliação dos resultados da performance da entidade regulada em comparação com os de outras entidades do mesmo setor. Ainda na visão de Marques (2005), existe uma reorientação do incentivo da melhoria da eficiência da entidade gestora em análise, através de informações obtidas junto a outras entidades, sendo que o processo regulatório se transforma em uma forma artificial de competição entre as entidades reguladas.

De acordo com Soares (2007), os regimes de incentivos por comparação de desempenho (*yardstick*) utilizam observações das empresas para simular o comportamento competitivo de mercado.

Na avaliação de Soares (2007), a comparação não exige que os parâmetros de desempenho comparados sejam necessariamente idênticos, mas que sejam conhecidas as diferenças relativas nas condições exógenas de operação das empresas comparadas. No mesmo

sentido, Marques (2005) assevera que a heterogeneidade das entidades não limita a aplicação da regulação por comparação, desde que seja possível controlar as características exógenas que afetam os níveis de desempenho, tais como: dimensão, densidade, topografia e clientes.

De acordo com Shleifer (1985) a *Yardstick Competition* trata-se de uma regulação simultânea de firmas idênticas ou semelhantes. Sob este esquema, as recompensas de uma determinada firma dependem de sua posição *vis-à-vis* a uma firma-sombra, construída a partir da média adequada das escolhas de outras firmas do grupo. Em seu trabalho, Shleifer (1985) apresentou o uso de técnicas de regressão para abordar a heterogeneidade das entidades.

O principal desafio da abordagem *Yardstick Competition* é identificar empresas comparáveis, uma vez que parte da ineficiência atribuída a uma empresa pode ser decorrente de fatores que estão fora do controle dela, e não necessariamente devido à falha de gestão (ANEEL, 2013).

Nesse sentido, como forma de promover um processo de “concorrência virtual”, a *Yardstick Competition* é utilizada para simular um ambiente competitivo, onde, por meio de técnicas de *benchmarking*, é possível que as entidades reguladoras estabeleçam os níveis requeridos de eficiência dos prestadores de serviços.

Desta forma, a abordagem *Yardstick Competition* tem sido utilizada em vários setores para definição do nível de custos esperados, a fim de realizar a fixação de preços a serem praticados pela indústria regulada, sendo sua aplicação passível de ser explorada no setor de saneamento brasileiro.

No mesmo sentido, Marques (2005) destaca que o emprego da regulação por comparação, nas suas diferentes vertentes, remete para a aplicação de ferramentas de *benchmarking* (estatísticas, econométricas ou outras) pelo regulador (ou por autorregulação) no estabelecimento de padrões, sejam estes relacionados com a qualidade dos serviços, com o sistema tarifário ou com qualquer outro aspecto de desempenho das entidades que operam no setor.

Albuquerque *et al.* (2013) nos informam que a implantação de uma ferramenta de avaliação comparativa poderia ser extremamente útil, devido a sua capacidade de fornecer pistas importantes a respeito de padrões de competitividade e apontar possíveis fontes de ineficiência. Essas informações podem ser utilizadas para acompanhar a evolução do setor e, em um segundo momento, subsidiar a elaboração de instrumentos de políticas públicas mais eficazes.

Marques (2005) destaca que o modelo de regulação *Yardstick Competition* tem sido aplicado em instituições de vários países como, por exemplo, no Reino Unido, na Austrália, na Holanda na Itália, na Dinamarca, no Chile e na Argentina.



Na avaliação de Soares (2007), a *Yardstick Competition* é atrativa porque o preço (ou receita) do regulado não é determinado pelos seus próprios custos, mas pelo preço de mercado resultante do desempenho das outras empresas que foram objeto de comparação. Na visão de Soares (2007), os riscos exógenos sistemáticos afetam diretamente os custos da indústria, elevando o referencial de comparação, ao passo que a inovação tecnológica reduz esse nível uma vez que tende a reduzir os custos da indústria, fazendo que o fator X seja endogenizado.

Na concepção de Tupper e Resende (2004), a potencial viabilidade de esquemas de medição de eficiência de indução é particularmente importante no caso da indústria de água e esgoto, que é caracterizada por empresas separadas regionalmente com uma tecnologia que muda de forma lenta.

#### **2.12.4 Regulação *price cap***

Uma das inovações em regulação econômica da década de 1980 de mais rápida difusão foi o preço-teto (*price cap*), na sua versão inglesa, batizado como RPI-X (*Retail Price Index Minus X*). Inicialmente aplicado para a British Telecom em 1984, acabou por se expandir para outros setores na Inglaterra (*British Gas, British Airports Authority*, companhias regionais de fornecimento de água e, na distribuição de energia elétrica, o *National Grid Company*), assim como para outros países (ARMSTRONG; COWAN; VICKERS, 1994).

Na regulação de preços da RPI-X, o negócio regulado pode aumentar seus preços em um período específico (ciclo regulatório) pela mudança no índice de preços ao consumidor (RPI menos um fator X). O fator X é geralmente chamado de compensação de produtividade, porque reflete o grau em que o regulador acredita que o negócio pode melhorar sua produtividade (isto é, reduzir seus custos em termos reais), mas o fator X também pode incorporar outras coisas, como uma provisão para os custos extras associados com as melhorias necessárias na qualidade (COELLI; WALDING, 2005).

A *Price Cap Regulation* ou a *Revenue Cap Regulation* fornecem às empresas incentivos para redução de custos e tem como principais objetivos tornar mais transparentes as informações de custos entre as empresas o regulador, atuando de forma a melhorar o problema de assimetria de informação que tipicamente caracteriza a relação entre o regulador e os regulados (ERBETTA; CAVE, 2007; OLIVEIRA, 2017; PIRES; PICCININI, 1998).

Pires e Piccinini (1998) advertem para o fato de que, em termos genéricos, no que se refere à qualidade do serviço, verificou-se que o método *price cap*, ao induzir a redução de

custos através do fator X, não assegura, endogenamente, o aprimoramento do atendimento ao usuário.

Na avaliação de Pires e Piccinini (1998), a sujeição a um preço teto médio faz com que a firma apresente uma tendência ao subinvestimento para melhoria da qualidade dos serviços, visto que este esforço representaria uma elevação do seu nível de custos.

No mesmo sentido, Oliveira (2017) ressalta que, em alguns casos, a qualidade do serviço e o desenvolvimento da infraestrutura podem ser prejudicados devido ao incentivo de redução de custos. No entanto, na avaliação de Oliveira (2017), quando comparado com a regulação por taxa de retorno, o modelo *price cap* apresenta uma menor tendência de que se verifique subinvestimento em infraestrutura.

Não obstante os argumentos trazidos por Pires e Piccinini (1998) e Oliveira (2017), merece relevo destacarmos que o potencial problema presente no modelo *price cap*, no sentido de haver uma tendência de subinvestimento no modelo *price cap*, encontramos exemplos de práticas regulatórias que buscam mitigar esse possível comportamento por parte das empresas reguladas.

Nesse contexto, observa-se que é comum, entre reguladores nacionais, que seja incorporado no processo de definição das tarifas aplicadas ao setor, a recuperação/amortização dos investimentos em infraestrutura (*Capital Expenditure - CAPEX*) que foram realizados pelo prestador dos serviços.

Deste modo, para que a empresa não tenha uma redução futura na parcela de suas tarifas que visam remunerar o capital investido (CAPEX), é necessário que mantenham um nível de investimento igual ou superior aos valores amortizados no período regulatório. Ademais, um nível de investimentos insatisfatório pode contribuir para um incremento nos custos de operação e manutenção (O&M) das empresas reguladas, o que não seria algo economicamente desejável pelos operadores dos sistemas.

Boente (2016) salienta que nos modelos *revenue cap* e *price cap* o regulador define um limite máximo de correção do preço (ou da receita) subtraído de um fator X de produtividade, com o objetivo de compartilhar os ganhos de produtividades entre os consumidores.

Uma das características do *price cap* é que, uma vez que os preços são definidos, se as empresas conseguirem entregar o serviço com um custo médio menor do que o assumido pelo regulador, elas se apropriam dos benefícios resultantes do ganho de eficiência. Nesse sentido, o regulador precisa fornecer incentivo às empresas para aumentarem sua eficiência e, no processo tarifário subsequente, devolver aos clientes parte da economia de custos realizada, por meio da aplicação do Fator X.

Corroborando com essa visão, Baldwin, Cave e Lodge (2012) pontuam que a lógica do *price cap* baseia-se essencialmente em incentivos para cortar custos. Na visão desses autores, se os preços são definidos antecipadamente, a empresa tem um incentivo para se tornar mais eficiente, pois mantém a diferença entre o preço predeterminado e seus custos reais.

Na avaliação de Erbetta e Cave (2007) a regulação *price cap* é considerada como um esquema de incentivo de maior poder do que a regulação pela taxa de retorno. Ainda, conforme anotado por Erbetta e Cave (2007), a tentativa de aumentar a eficiência deve levar a uma redução no uso dos recursos para produzir uma produção específica (ou seja, maior eficiência técnica) e/ou a uma mudança no *mix* de insumos, dados os preços relativos dos insumos, a fim de minimizar custo total (isto é, maior eficiência alocativa).

Não bastando as vantagens apresentadas para utilização do *price cap*, Coelli e Walding (2005) asseveram que a definição do valor do fator X é sempre um assunto de considerável debate nos setores regulados.

Coelli e Walding (2005) salientam, ainda, que o uso de um registro de desempenho de uma empresa para definir um fator X pode criar incentivos para que a empresa não tente melhorar sua taxa de crescimento de produtividade devido ao perigo de levar a um fator X mais alto no próximo período regulatório.

Ainda de acordo com Coelli e Walding (2005), esses tipos de problemas incentivaram alguns reguladores a considerar o uso de *benchmarks* do setor na definição do fator X, e que isso geralmente envolve o cálculo de medidas de crescimento anual médio da produtividade do setor usando dados históricos e/ou o cálculo de medidas de eficiência relativa da empresa, que são mensuradas em relação a uma fronteira de produção estimada, usando um método como análise de envoltória de dados (DEA) ou análise de fronteira estocástica (SFA).

No mesmo sentido, IBNET (2018) afirma que, ao fazer comparações de desempenho por meio de análises de *benchmarking*, o que se objetiva é obter uma medida da eficiência relativa das empresas e que tais informações podem ser usadas para mensurar fatores X na regulação *price cap*, para recompensar (ou punir) empresas, e que o regulador pode querer publicar os *rankings* ou as pontuações de eficiência para fornecer informações ao público, pressionando os gestores de serviços de baixo desempenho a melhorarem o desempenho de suas empresas.

Na avaliação de Coelli e Walding (2005) o DEA ou a SFA têm a vantagem de serem menos invasivos e proporcionarem maiores incentivos para melhorias de eficiência, no entanto, têm a desvantagem de que muitas vezes é difícil capturar todos os aspectos do ambiente

operacional de uma determinada empresa em um único modelo de produção e, portanto, os resultados desses métodos precisam ser usados em conjunto com informações adicionais.

Importante observação realizada por IBNET (2018) é no sentido de que em ambas as metodologias (DEA ou SFA) a precisão e a robustez das estimativas de ineficiência são muito importantes, pois podem ter impactos financeiros ou sociais significativos.

Assim, observa-se que modelos como o *price cap*, que se apoiam na aplicação de mecanismos que visam incentivar as entidades reguladas a incrementarem seus níveis de eficiência e ao mesmo tempo introduzem um fator de ajuste nos preços, enfrentam o desafio de estimar o fator de compartilhamento (fatores X) de forma consistente, transparente e com robustez nos cálculos realizados.

Não obstante o desafio mencionado, o *price cap* é amplamente citado e reconhecido na literatura econômica como um esquema de regulação por incentivo com maior poder que métodos de regulação tradicionais, como é o caso da regulação por taxa de retorno.

Entretanto, cabe destacar que os mecanismos presentes no modelo *price cap* devem ser congruentes com os incentivos para que os regulados invistam continuamente na qualidade dos serviços. Nesse sentido, acredita-se ser importante que o fator X incorpore também elementos que busquem capturar os indicadores de desempenho da qualidade dos serviços prestados.

### **2.12.5 Regulação por *benchmarking***

Bogetoft e Otto (2011) ressaltam que avaliação de desempenho relativo ou - *benchmarking* - usando a terminologia moderna, é a comparação sistemática do desempenho de uma empresa em relação a outras. De acordo com Bogetoft e Otto (2011), a ideia subjacente é comparar entidades que transformam o mesmo tipo de recursos no mesmo tipo de produtos ou serviços, onde as unidades de produção podem ser empresas, organizações, divisões, indústrias, projetos, *decision making units* ou indivíduos.

O *benchmarking* também pode ser - e na maioria das vezes é - usado para fazer comparações interorganizações. Um exemplo de sua aplicação pode envolver as atividades de um regulador buscando induzir eficiência de custos ou evitar o mau uso do poder de monopólio entre um conjunto de empresas que gozam de direitos de monopólios naturais em diferentes regiões (BOGETOFT; OTTO, 2011).

De acordo com Nillesen e Pollitt (2007), uma característica importante da regulação por incentivos é o uso de *benchmarking*, que pode ser amplamente definido como a comparação do

desempenho real de uma empresa com algum desempenho de referência ou uma referência predefinida.

Conforme pode ser constatado, o uso de *benchmarking* se destaca como um instrumento útil ao processo de regulação econômica, pois esse processo permite que sejam realizadas comparações sobre o desempenho operacional ou econômico-financeiro entre entidades. Nesse sentido, os resultados de processos de *benchmarking* podem subsidiar a decisão dos reguladores sobre a definição dos preços a serem praticados pela indústria ou na definição de metas de desempenho dos prestadores de serviços.

Bogetoft e Otto (2011) destacam que, quando várias empresas comparam seu desempenho, o objetivo oficial é muitas vezes apoiar o aprendizado e a melhoria da eficiência, dado que as empresas estão interessadas em saber o quão bem elas estão em relação às outras e com as quais podem aprender.

Ainda na concepção de Bogetoft e Otto (2011), as várias decomposições da eficiência geral podem apontar para meios mais específicos para melhorar a eficiência, por exemplo, mudar a escala de operação ou a combinação de recursos usados se a escala ou eficiência alocativa for baixa. Os referidos autores destacam que as mudanças operacionais necessitarão de um *benchmarking* de processos, que possa, ou não, ser promovido pelas empresas participantes, dado que a concorrência pode, por razões óbvias, limitar o compartilhamento de informações sobre as melhores práticas.

No âmbito dessas discussões, Badin (1997) cita que *benchmarking* é um processo de avaliação de empresas e serviços através de sua comparação com unidades consideradas eficientes, possibilitando o estabelecimento de ações gerenciais efetivas que objetive aprimorar os resultados em termos de redução de custos, aumento de produção, entre outros.

Em Taillard (1993) e Molinos-Senante *et al* (2014) encontramos que o *benchmarking* é uma ferramenta administrativa útil para apoiar o processo de melhoria na eficiência de custos.

Na avaliação de Nillesen e Pollitt (2007), uma vantagem percebida do *benchmarking* tem sido que ele mitiga o problema de assimetria de informação que ocorre na regulação por taxa de retorno (RTR), reduzindo, dessa maneira, a dependência do regulador em relação aos custos reais da empresa.

Os reguladores de serviços públicos privatizados, como água e eletricidade, podem ter a oportunidade de realizar exercícios comparativos de eficiência com o objetivo de avaliar o potencial das empresas reguladas para redução de custos e, portanto, redução de preços. Para avaliar a eficiência relativa de uma empresa dentro de um setor, é necessário um *benchmark* ou uma fronteira de eficiência (CUBBIN; TZANIDAKIS, 1998).

Nesse contexto, o uso de *benchmarking* permite que, no âmbito dos serviços de saneamento, sejam comparados os resultados e desempenhos de diversos prestadores do mesmo tipo de serviço, resultando na possibilidade que de se sejam identificadas oportunidades de melhoria através da aprendizagem das melhores práticas observadas no setor.

No mesmo sentido sentencia Danva (2014), ao aduzir de que o *benchmarking* é uma ferramenta para identificar o desempenho e as oportunidades de processos e métodos de trabalho, aprendendo com as melhores práticas.

Na percepção de Marques (2005), é fundamental que o regulador compare técnicas, processos, custos e desempenho entre as diferentes entidades reguladas do mesmo setor e que, além disso, se necessário, a aplicação de *benchmarking* pode e deve incluir outros setores e outros países, de modo que os problemas de assimetria e de imperfeição de informação possam ser mitigados.

As pontuações de eficiência e os resultados da análise de *benchmarking* de eficiência podem informar aos formuladores de políticas, clientes e outros provedores de recursos sobre a eficácia de diferentes provedores de serviços (BERG; LIN, 2008).

Assim, o *benchmarking* pode ser utilizado pelas entidades reguladoras no processo de tomada de decisão sobre níveis esperados de desempenho operacional ou para o estabelecimento de preços a serem praticados pelas entidades reguladas, mormente, quando se intenciona mitigar os possíveis efeitos adversos que podem decorrer da utilização da vantagem informacional detida pelas entidades que operam no mercado regulado.

Marques (2005), por sua vez, esclarece que os métodos de *benchmarking* ligados à determinação da eficiência (e da produtividade), normalmente utilizados na regulação por comparação, são classificados em métodos paramétricos e em não paramétricos, consoante admitam, ou não, uma forma funcional, definida *a priori*, para a tecnologia de produção que representa o processo produtivo.

Ainda de acordo com Marques (2005), os métodos paramétricos possibilitam a medição do erro, mas introduzem a dificuldade adicional de conhecer a especificação associada ao comportamento admitido, onde entre os métodos mais aplicados, o DEA e os números índices são considerados métodos não paramétricos, ao passo que as fronteiras estocásticas (SFA) e os modelos de regressão (OLS e COLS) são paramétricos.

Honkapuro (2008) salienta que questões relevantes dizem respeito às características da metodologia de *benchmarking* e a implementação dos resultados nos cálculos regulatórios. Destarte, Honkapuro (2008) chama atenção para o fato de que a tarefa de tratar *outliers* e os

efeitos da escala de operação são questões que devem ser enfrentadas na metodologia a ser aplicada nas análises de processos de *benchmarking*.

Como ferramenta para aplicação de *benchmarking*, na avaliação de Anwandter e Ozuna (2002), as medidas de eficiência multidimensional obtidas da *Data Envelopment Analysis* são particularmente adequadas para *benchmarking* competitivo.

Ainda na visão de Anwandter e Ozuna (2002), o fato de o DEA ser baseado em empresas existentes permite a classificação das empresas, bem como a identificação das empresas de referência. Nesse sentido, os referidos autores aludem que pesquisas adicionais sobre o uso de medidas de DEA para a *yardstick competition* são, portanto, encorajadas.

### 2.13 *Data Envelopment Analysis* (DEA)

Utilizando-se das quantidades de *inputs* consumidos e *outputs* produzidos por unidade e, mediante técnica de programação linear, o DEA constrói, a partir da melhor prática observada, a fronteira eficiente de produção, a qual será a base para a avaliação da eficiência das demais unidades tomadoras de decisão (LIGARDA; ÑACCHA, 2006).

Um ponto sobre a fronteira corresponde à quantidade máxima de produto para um dado nível de insumo, ou quantidade mínima de insumo necessária para alcançar um determinado nível de produto. Uma atividade produtiva sobre a fronteira é tida como eficiente, enquanto que aquela que se encontra abaixo da fronteira é considerada uma atividade produtiva ineficiente (SAMPAIO, 2001).

Assim, as Unidades Tomadoras de Decisão (*Decision Making Units* – DMUs) eficientes fazem parte da fronteira e as demais têm seu nível de eficiência medido em relação à sua distância em relação à fronteira de eficiência.

De acordo com Lin e Zhao (2016), o DEA é um método não-paramétrico que pode ser utilizado para estimar a eficiência técnica, medindo a proporção de insumos usados para produtos gerados por cada DMU.

Como a eficiência pode ser considerada como uma relação entre saída/entrada, existem duas maneiras de aumentar a eficiência: minimização de entrada ou maximização de produção (COOPER; SEIFORD; ZHU, 2011),

Corton e Berg (2009) asseveram que a metodologia DEA nos permite considerar uma combinação linear de *outputs* e *inputs* para o processo de produção sem pré-configurar seus pesos. Em vez disso, esses pesos são calculados com relação à combinação desses fatores encontrados nos melhores produtores.

Embora o DEA possa, com razão, ser visto como uma fronteira de produção, deve ser lembrado que, em última análise, o DEA é um método para avaliação de desempenho e *benchmarking* contra as melhores práticas. O DEA pode ser visto como uma ferramenta para problemas de avaliação de múltiplos critérios, onde as DMUs são alternativas e cada DMU é representada por seu desempenho em múltiplos critérios, que são cunhados/classificados como entradas e saídas do DEA (COOK; TONE; ZHU, 2014).

Dadas essas propriedades do modelo, Bogetoft (1997) ressalta que o DEA parece particularmente bem adequado para a prática regulatória, pois, em primeiro lugar, requer muito pouca informação tecnológica *a priori*; em segundo lugar, permite uma modelagem flexível e não paramétrica de processos de produção de múltiplas entradas e saídas, em contraste com os processos tipicamente considerados na literatura sobre incentivos e regulação e, em terceiro lugar, as estimativas de custos baseadas no DEA são conservadoras, pois são baseadas em uma aproximação interna das possibilidades de produção.

A metodologia DEA determina relações simples entre variáveis. Por exemplo, *utilities* que produzem muito menos resultados que outras *utilities*, que usam os mesmos níveis de entrada, são consideradas relativamente ineficientes (CORTON; BERG, 2009).

Ao discorrerem sobre o DEA, Corton e Berg (2009, p. 271) destacam os seguintes aspectos:

Essa metodologia é vista como um método de "ponto extremo" porque compara a produção de cada empresa com os "melhores" produtores. Além de assumir que não há erros de medição na amostra, os resultados de eficiência de uma fronteira do DEA dependem de três fatores principais:

1. A composição (homogeneidade) do conjunto de amostras de empresas a serem analisadas, que é crítico para determinar o conjunto dos melhores produtores a serem comparados com cada empresa.
2. O conjunto de entradas e saídas selecionadas que estabelece os termos de comparação.
3. A qualidade dos dados desde que esta metodologia assuma que não há erros.

Nesse aspecto, torna-se imperativo que as DMUs utilizadas em pesquisas que aplicam a metodologia DEA sejam de fato unidades comparáveis, caso contrário, a mensuração da eficiência relativa e suas análises poderão conduzir a resultados enviesados.

Na avaliação de Anwandter e Ozuna (2002), a principal vantagem da metodologia DEA em relação à econometria é que ela mede a eficiência de cada empresa em relação a uma fronteira feita de uma combinação convexa das empresas existentes, já a econometria se utiliza de uma fronteira fictícia, que depende de uma especificação *ex-ante* de uma determinada forma funcional (por exemplo, Cobb-Douglas ou *Translog*).



Em relação à principal desvantagem da metodologia DEA em comparação com a análise econométrica, Anwandter e Ozuna (2002) ressaltam que no DEA há uma completa dependência dos dados observados, sendo que, devido à falta de um termo de erro aleatório e à natureza determinista da programação linear, medidas de eficiência obtidas pelo DEA serão mais sensíveis à omissão de empresas com características específicas que as obtidas pela econometria.

Assim, importante ressaltar que, ao assumir que não há um termo de erro aleatório, a metodologia DEA acaba por atribuir integralmente o resultado dos escores de eficiência às variáveis utilizadas em sua aplicação. Nesse sentido, a seleção adequada das variáveis (*inputs* e *outputs*) se torna um fator crítico para a validade e a consistência dos resultados de pesquisas que se apoiam na utilização dessa metodologia.

Corroborando essa visão, Corton e Berg (2009) relatam a necessidade de atenção às variáveis utilizadas como *inputs* e *outputs* no processo de mensuração da eficiência relativa entre as DMUs, pois os resultados da metodologia DEA são muito sensíveis às respectivas variáveis utilizadas.

Doutro modo, conforme pondera Molinos-Senante e Guzmán (2018), como a metodologia DEA é uma abordagem determinista, ela não pode explicar *outliers* ou observações atípicas.

No entanto, apesar de o DEA ser sensível a presença de *outliers*, é mais atraente do que técnicas paramétricas devido às suas vantagens, como não definir a forma funcional específica da tecnologia de produção e não exigir informações de preço de entrada/saída, bem como sua capacidade de lidar com a modelagem de múltiplas entradas e saídas (GUERRINI, ROMANO, CAMPEDELLI, 2013; HUANG, JUO, FU, 2015; WANG, ZHANG, ZHANG, 2013).

Na avaliação de Ren, Li e Guo (2016, p. 1) a alocação e o consumo de recursos hídricos envolvem muitos aspectos de um sistema socioeconômico, que possui características de *multi-input*, *multi-output* e *multi-decision*. Nesse sentido, os citados autores ressaltam que a análise envoltória de dados (DEA) tem vantagens óbvias, no sentido de lidar com problemas de múltiplas entradas e múltiplas saídas.

Noutro aspecto, importante observação trazida por Souza (2012) diz respeito ao fato de que o método DEA tem também como uma de suas características a possibilidade de lidar tanto saídas desejáveis quanto indesejáveis.

Em seus estudos, Alsharif *et al.* (2008) usaram o método DEA para avaliar as eficiências relativas dos sistemas de abastecimento de água e para estabelecer *benchmarks* com os quais medir o progresso na gestão dos recursos hídricos.

Na avaliação de Mardani *et al.* (2016), a análise envoltória de dados (DEA) é reconhecida na literatura como um método poderoso, sendo mais adequado para atividades de medição de desempenho do que os métodos econométricos tradicionais.

Dada as propriedades observadas da metodologia DEA, esta pode ser utilizada para estimar a eficiência relativa de empresas reguladas. Nesse contexto, Bogetoft e Nielsen (2003) informam que a análise envoltória de dados constitui uma estrutura ideal para implementação de estratégias de regulação por comparação, pois além de avaliar índices de eficiência para cada concessionária, o modelo identifica os melhores padrões de desempenho (*benchmark*), conferindo maior transparência ao processo regulatório.

Não obstante, no que concerne aos cuidados a serem observados na aplicação do DEA, Golany e Roll (1989) alertam para a importância e o cuidado que se deve ter ao determinar o tamanho da amostra antes da definição das variáveis.

Ainda de acordo com Golany e Roll (1989), uma grande quantidade de DMUs pode diminuir a homogeneidade dentro do conjunto analisado, aumentando a possibilidade de os resultados serem afetados por fatores que foram desconsiderados pelo modelo. Por outro lado, se o tamanho da amostra for menor que a quantidade de *inputs* e *outputs*, a análise pode resultar em que todas as DMUs serão consideradas eficientes.

Nesse contexto, Cook, Tone e Zhu (2014) ressaltam que o grande número de *inputs* e *outputs* em comparação com o número de DMUs, pode diminuir o poder do DEA, e que a "regra de ouro" é que o número das DMUs deve ser pelo menos o dobro da soma do número de *inputs* e *outputs*.

No mesmo sentido, Chambers *et al.* (1998) afirmam que devemos notar que a análise DEA inerentemente tem um problema de "graus-liberdade" no sentido de que, para poder caracterizar efetivamente a tecnologia, o número de observações deve ser grande comparado ao número de entradas e saídas.

Importante observação trazida por Longo *et al.* (2018) é no sentido de que um requisito fundamental do DEA é que as DMUs operem dentro de um ambiente homogêneo. No entanto, os referidos autores afirmam que essa suposição raramente se mantém no setor de águas, no qual a eficiência é influenciada por diversos fatores, além do controle gerencial.

Por derradeiro, cabe destacar que, na visão de Pawsey, Ananda e Hoque (2018), caso a metodologia DEA ou quaisquer outras técnicas de medição de eficiência sejam aplicadas a empresas de água controladas pelo estado e usadas para medir e avaliar o desempenho do serviço, é essencial que os *stakeholders* tenham confiança na veracidade das pontuações e classificações de eficiência resultantes.

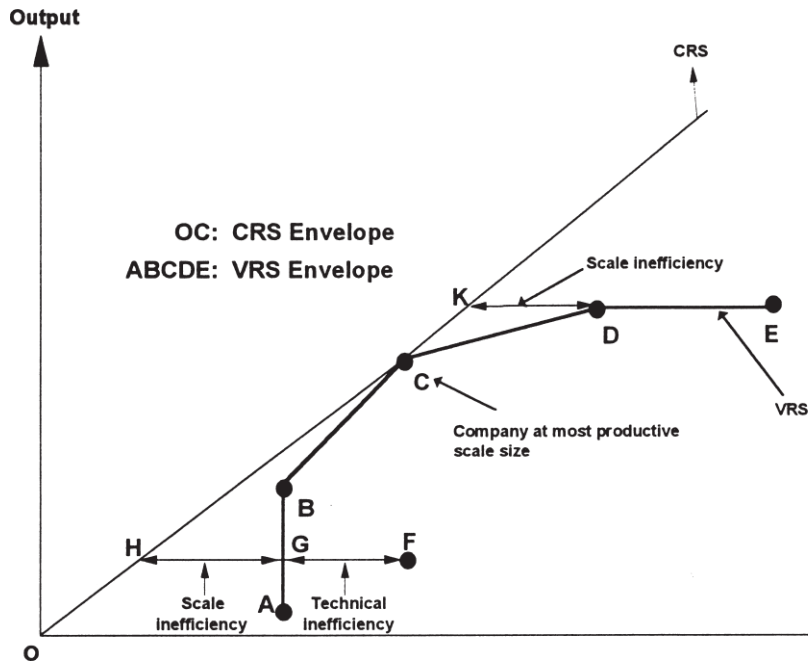
Assim, percebe-se que a existência e a disponibilidade de informações confiáveis são fatores limitantes para a utilização da metodologia DEA, pois informações inexatas ou sua omissão podem contribuir para que ocorram distorções relevantes nos resultados dos escores de eficiência.

### 2.13.1 Retornos de escala no modelo DEA

O conceito de retorno à escala (RTS) refere-se à taxa pela qual o *output* muda se todos os *inputs* forem alterados pelo mesmo fator (BANKER *et al.*, 2011).

As economias de escala referem-se à relação entre *output* e *inputs*, medindo a maneira como as saídas produzidas mudam com um aumento nos insumos. Economias de escala existem quando uma expansão em uma produção pode ser alcançada com um aumento menos que proporcional em todos os insumos (PANZAR; WILLIG, 1981).

De acordo com especificação realizada por Cubbin e Tzanidakis (1998), a diferença entre os retornos constante e variável de escala pode ser ilustrada na forma da Figura 5, usando um exemplo de entrada e saída única.



**Figura 5 - CRS vs. VRS. One input and output, minimisation mode.**

Fonte: Cubbin e Tzanidakis (1998, p. 79).

Na Figura 5, temos uma única saída no eixo vertical e uma única entrada no eixo horizontal. Os pontos A, B, C, D, E e F representam empresas reais com taxas de entrada/saída variáveis. De acordo com a proposta de Cubbin e Tzanidakis (1998), a empresa C tem a taxa

máxima de entrada-saída. Sob CRS (retornos constantes) a fronteira DEA ajustada será o raio OC. No entanto, sob VRS (retornos variáveis) a fronteira DEA ajustada será a linha “envelope” ABCDE.

Segundo Cubbin e Tzanidakis (1998), as empresas abaixo e à esquerda da empresa C estão sujeitas a retornos crescentes, enquanto as localizadas acima e à direita estão sujeitas a retornos decrescentes. Portanto, se uma fronteira de CRS como OC for ajustada, as empresas do ABCDE que não estiverem no OC serão classificadas como ineficientes, em parte devido à ineficiência de escala, de modo que mais empresas provavelmente serão rotuladas como eficientes sob VRS em comparação com o caso CRS.

A suposição de retornos variáveis de escala no setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário implica, por conseguinte, admitir *a priori* a existência de economias de escala na referida indústria (ANWANDTER; OZUNA, 2002).

Por tudo isso, acredita-se que a utilização de VRS para o modelo DEA, a ser aplicado nesta pesquisa, se mostra em consonância com a literatura que trata sobre eficiência no setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

### 2.13.2 Orientação do modelo DEA

Longo *et al.* (2018) advertem que a orientação do modelo é selecionada de acordo com o objetivo da análise. Portanto, se o objetivo é minimizar uma entrada, o modelo DEA seria orientado por *inputs*. Em contraste, nos casos em que o objetivo é maximizar uma produção, como a produção de biogás (ou outro processo de recuperação de recursos), levaria o DEA a ser orientado para *output*.

Gasparini (2000) esclarece que nos serviços públicos costuma-se adotar a orientação para *inputs*, devido a “obrigatoriedade do serviço” imposta ao setor. Assim, as unidades produtivas não controlam sua oferta de serviços, apenas tentam otimizar o seu requerimento de *inputs*.

No mesmo sentido, apregoam Corton e Berg (2009), ao afirmarem que para setores regulamentados uma abordagem de *inputs* é a opção natural, dado que as concessionárias geralmente têm obrigações de serviço para todos os clientes sob uma tarifa pré-fixada. Assim, na avaliação de Corton e Berg (2009), essa abordagem implica que as empresas são totalmente capazes de realocar recursos ao melhorar a eficiência.

Observa-se que os argumentos no sentido de que a orientação do modelo DEA aplicado aos serviços públicos deve ser aos *inputs* se assenta basicamente no fato de que a empresa opera

em um ambiente regulado em que a ela não é dada a faculdade de restringir a oferta. Desta maneira, para que a empresa ganhe eficiência, resta-lhe, por conseguinte, apenas a possibilidade de otimizar o uso de seus insumos.

Tendo em vista os argumentos suscitados anteriormente, na presente pesquisa, será adotada a orientação a *inputs* na aplicação do modelo DEA utilizado para mensurar os escores de eficiência técnica das empresas selecionadas.

## **2.14 Segundo estágio em avaliação de eficiência técnica**

Conforme asseveram Anwandter e Ozuna (2002), ao avaliar as medidas de eficiência obtidas do DEA, é necessário um segundo passo da análise, que seja capaz de realizar controles das diferentes condições operacionais das várias entidades.

Na visão de Renzetti e Dupont (2009), uma característica importante da análise de segundo estágio é que ela identifica o papel de fatores que influenciam a eficiência técnica (e, portanto, as folgas) e que não estão sob o controle do produtor.

Embora estimativas de eficiência corrigidas por viés (obtidas do DEA de dois estágios) sejam comumente percebidas como de melhor qualidade do que as estimativas de eficiência obtidas com DEA de estágio único, a inferência do impacto dos fatores exógenos nas medidas de eficiência tem que ser cuidadosamente conduzida pois, caso contrário, os resultados da análise podem não ser precisos (LONGO *et al*, 2018).

Insta salientar que, dada a constatação de que fatores exógenos podem impactar na eficiência das empresas, é salutar que análises adicionais ao modelo DEA tradicional sejam empreendidas em pesquisas que versem sobre eficiência relativa em setores como o de água e esgotamento sanitário, para que se investigue melhor a influência que tais fatores acarretam no quantum ou no *mix* de *inputs* necessários para cada *output*.

Nessa perspectiva, Carvalho e Marques (2011) ressaltam o fato de que ajustar para o ambiente operacional em estudos de medição de desempenho é muito importante, caso contrário a análise pode levar a pontuações irrealistas, especialmente quando sua influência sobre os custos é alta, como no caso das concessionárias de água.

Assim, acredita-se que a influência de fatores exógenos sobre o desempenho dos prestadores de serviços de abastecimento de água ou esgotamento sanitário não pode ser negligenciada nos processos de avaliação de eficiência relativa operacionalizados por meio da metodologia DEA.

Nesse contexto, Cubbin e Tzanidakis (1998) advertem que a metodologia DEA permite a inclusão não apenas de entradas e saídas, mas também de outras variáveis que descrevem o ambiente operacional de uma empresa (muitas vezes chamado de variáveis não controláveis ou ambientais), permitindo assim comparações “*like for like*”.

Fried, Lovell e Schmidt (2008) chamam atenção para o fato de que um dos problemas mais críticos no *benchmarking* é que a maioria das técnicas avalia o desempenho sem levar em conta o ambiente operacional no qual as unidades de decisão estão trabalhando.

Na avaliação de Carvalho e Marques (2011), não considerar as variáveis ambientais na análise de eficiência pode levar a resultados enviesados, especialmente se as variáveis tiverem uma forte influência no processo de produção, sendo este o caso das concessionárias de água, onde a heterogeneidade realmente importa.

Nesse sentido, é possível que as características ambientais a que estão sujeitas as unidades tomadoras de decisão (nesta pesquisa representadas pelas empresas de abastecimento de água e esgotamento sanitário) influenciem de maneira relevante o desempenho das entidades. Assim, emerge a necessidade de que sejam incorporados, nos modelos de *benchmarking*, fatores que visem homogeneizar as condições ambientais das empresas comparadas.

Segundo Worthington e Dollery (1999), uma alternativa ao DEA tradicional é a utilização dessa abordagem seguida de estimativas econométricas da relação entre os escores de eficiência e seus determinantes.

Em um modelo utilizado por Ray (1991) em sua pesquisa, o DEA foi utilizado no primeiro estágio para mensurar os escores de eficiência, considerando apenas *inputs* discricionários. Já na segunda etapa de análise, foi estimado um modelo econométrico, tendo como variáveis explicativas os escores de eficiência e as variáveis não discricionárias como variáveis explicativas.

Diversas pesquisas sobre performance de atividades produtivas realizaram uma regressão Tobit em um segundo estágio de análise sobre eficiência técnica mensurada por meio do modelo DEA, dado o argumento de que o valor da variável dependente (escore de eficiência) utilizado no modelo de regressão é restrito entre 0 e 1 (GUERRINI; ROMANO; CAMPEDELLI, 2013; TUPPER; RESENDE, 2004).

## 2.15 Índice Malmquist

O índice não paramétrico de Malmquist não requer a maximização do lucro ou a suposição de minimização de custos. Se o praticante estiver usando dados de painel, o Malmquist Productivity Index (DEA-MPI) permite a decomposição de mudanças de produtividade em dois componentes (mudança de eficiência técnica ou recuperação na fronteira, mudanças tecnológicas ou mudanças nas melhores práticas) (FERNANDES; STASINAKIS; BARDAROVA, 2018).

Ainda de acordo com Fernandes, Stasinakis e Bardarova (2018), o DEA-MPI é capaz de derivar as estimativas de eficiência, isolando os esforços das DMUs de alcançar a fronteira (ou seja, mudanças na eficiência técnica - EFFCH) de mudanças na fronteira (ou seja, mudanças tecnológicas - TECHCH).

Na avaliação de Grifell-Tatjé e Lovell (1997), o Índice Malmquist, em comparação aos índices de Tornqvist e Fisher, apresenta as seguintes vantagens: (i) não exige a adoção da hipótese de maximização do lucro ou minimização do custo; (ii) não necessita de informações de preços dos produtos e insumos, o que pode distorcer as análises ou em alguns casos são até mesmo inexistentes, e (iii) permite a decomposição da evolução nos componentes Ganhos de Eficiência (“GE”) e Evolução Técnica (“ET”).

De acordo com Silva (2006), podemos mensurar a evolução tecnológica da indústria ao longo do tempo, o que pode ser representado por um deslocamento da fronteira de eficiência como um todo. Esse deslocamento é chamado de mudança de tecnologia (*Technical Change*) ou mudança da fronteira (*Frontier-Shift*), enquanto que a mudança de eficiência técnica de uma firma, aquela que não resulta de mudança da fronteira, é comumente chamada de *Catch-up*.

## 2.16 Estudos anteriores

Cubbin e Tzanidakis (1998) fizeram uma aplicação simultânea do DEA e de uma análise de regressão em uma comparação de custos para estabelecimento do limite de tarifas, dentro do ambiente de regulação dos serviços de água e esgoto que predomina na Inglaterra e em Gales. O objetivo foi determinar uma fronteira eficiente, de modo a identificar possíveis reduções nos custos de operação que poderiam ser atingidas pelas empresas do setor. A partir daí, seria esperada uma maior redução nos custos daquelas distantes do grupo eficiente e uma menor economia nas localizadas próximas ao grupo eficiente.

Anwandter e Ozuna (2002) realizaram um estudo com objetivo de verificar se as reformas no setor público implementadas no México conseguiram melhorar a eficiência dos serviços públicos de água.

O vetor de variáveis explicativas  $z$  considerado no estudo de Anwandter e Ozuna (2002) incluiu três variáveis *dummy* para as reformas (= 1, se empresa municipal e 0 se empresa estadual; regulador = 1, se o regulador autônomo, 0 se não; corte de água = 1 se o serviço de corte for permitido, 0 se não). Além das variáveis *dummies* citadas, o estudo utilizou as três variáveis a seguir:

1. Perdas de água (por cento = água perdida / água produzida): Onde o nível de perdas pode ser interpretado como uma *proxy* da idade do capital (redes, reservatórios, ...). Supõe-se que uma empresa com um estoque capital mais velho será mais ineficiente do que uma empresa com um estoque de capital novo.

2. Densidade populacional (número de pessoas/hectare): Dada a suposição de existência de economia de densidade na distribuição de água, a densidade populacional deve estar relacionada positivamente com a eficiência.

3. Usuários não residenciais (por cento): Espera-se que uma empresa com maior porcentagem de clientes não residenciais seja mais eficiente do que uma empresa com muitas conexões domésticas.

Os resultados encontrados por Anwandter e Ozuna (2002) evidenciaram que apenas duas variáveis foram significativas ao nível de 10%. Como esperado, a quantidade de perdas de água teve um efeito negativo significativo na eficiência dos *operating inputs*. A porcentagem de usuários não residenciais teve um efeito positivo significativo sobre a eficiência, confirmando a existência de economias de escala no fornecimento de água. Os achados indicaram que a densidade populacional não parece afetar o uso dos *operating inputs*. Foi constatado, ainda, que nenhuma das três variáveis *dummies* que representam as reformas do setor público foi significativa.

Castro (2003) realizou uma pesquisa com objetivo de verificar a aplicabilidade da metodologia DEA ao setor de saneamento, avaliando a eficiência das 71 maiores empresas prestadoras de serviços de água e esgoto no Brasil, segundo o número de ligações ativas de água. Tendo sido constatado que a metodologia pode ser adequadamente empregada para análise do setor e auxiliar as políticas de concessão de financiamentos, oferecendo indicações iniciais para o estabelecimento de metas para melhorias.

Tupper e Resende (2004) realizaram um trabalho em que mensuraram a eficiência relativa das empresas estaduais de água e esgoto que atuam no Brasil, utilizando-se o período



de 1996 a 2000, com uma amostra de 20 empresas. Os escores de eficiência relativa foram obtidos pela análise envoltória de dados. Em adição ao cálculo dos escores, foi realizada uma regressão por meio do modelo Tobit, tendo como variável dependente o escore de eficiência.

Saal e Parker (2000) investigaram os ganhos de produtividade da indústria de água e esgoto privatizada na Inglaterra e País de Gales, no período de 1985 a 1999. Os autores utilizaram índices de produtividade não-paramétricos e estimaram um modelo *translog* para a função custo das firmas.

Os resultados encontrados por Saal e Parker (2000) divergem dependendo do método utilizado para aferir a produtividade do setor. Enquanto a função custo estimada sugere um expressivo ganho de produtividade no setor, especialmente após 1994/1995 com a mudança para *price cap* do modelo de regulação econômica aplicada ao setor, os índices de produtividade calculados (TFP) não apontaram qualquer evidência estatística de ganhos de produtividade no período analisado.

As evidências empíricas encontradas por Saal e Parker (2000) levaram os autores a sugerirem que a privatização do setor não teria um efeito *per se* sobre a produtividade das firmas, mas que ganhos de produtividade poderiam ser esperados na presença de efetiva concorrência ou de um ambiente regulatório tenaz.

Aubert e Reynaud (2005) buscaram medir o impacto da regulação sobre a eficiência, usando uma abordagem de fronteira de custos estocástica que define a eficiência inobservável de uma empresa de abastecimento de água como uma função de variáveis exógenas. Foi utilizado um painel com 211 empresas de fornecimento de água, no período de 1998 a 2000. Os resultados mostraram que os escores de eficiência podem ser parcialmente explicados pelo quadro regulatório a que estão submetidas as empresas.

Erbetta e Cave (2007), utilizando outra base de dados (1994-2005) e outro método (*Data Envelopment Analysis - DEA*), buscam responder a mesma pergunta de Saal e Parker (2000). Entretanto, com o objetivo mais específico de captar qual o real efeito da regulação econômica sobre os coeficientes técnicos e a eficiência de alocação dos fatores na indústria de saneamento básico da Inglaterra e do País de Gales.

Os achados de Erbetta e Cave (2007) sugerem que as evidências empíricas apontam para a importância do modelo de regulação sobre eficiência de alocação dos insumos, auxiliando na redução de distorções iniciais na alocação dos fatores. A imposição de um modelo de *yardstick competition*, em 1999, teria induzido os prestadores a escolherem pontos de combinação de fatores que minimizassem sua função custo. Este modelo regulatório mais restrito teria implicado em ganhos de eficiência técnica e de alocação de fatores.

Byrnes *et al* (2010) examinaram companhias de água da região de *New South Wales* (NSW) e Victoria com objetivo de mensurar a eficiência técnica relativa e a produtividade ao longo do período de 2000 a 2004. O trabalho também mensurou os determinantes da eficiência relativa através de uma série de variáveis exógenas, incluindo os arranjos de governança, as características da rede e a consequência dos recentes instrumentos da política de água urbana.

Scriptore e Toneto Júnior (2012) realizaram uma comparação do desempenho de empresas públicas e privadas na provisão de serviços de saneamento básico no Brasil. O estudo buscou verificar se os incentivos com os quais cada grupo se defronta determinam diferenças em suas atuações, ou seja, se a busca de maior rentabilidade pelas empresas privada reflete em menor custo, maior capacidade de investimento, mas, eventualmente, pior qualidade e menores indicadores de atendimento. Já no caso de empresas públicas do setor, buscou-se verificar se elas possuem menor produtividade (maior pressão para gerar emprego), menores tarifas e maior atendimento das demandas sociais.

Boente (2016) realizou uma pesquisa com uma amostra de 62 distribuidoras de energia elétrica com objetivo de avaliar a eficiência das distribuidoras brasileiras a partir da construção de um modelo estrutural, a fim de tentar identificar uma estrutura de relações entre as variáveis representativas e a eficiência. De acordo com o autor, o resultado do modelo empírico alcançou bons índices de ajustamento e a análise constatou que os constructos Sistema de Informações, Sistema Estrutural, Sistema de Gestão e Sistema Sociocultural influenciam a eficiência das empresas.

A pesquisa de Carvalho (2017) aplicou o modelo DEA *Network* Dinâmico, no período de 2006 a 2015 para uma amostra de 156 prestadores de serviços de água e esgoto que atuam no Brasil. Os resultados, em linhas gerais, indicaram baixos níveis de eficiência global. O trabalho também identificou baixa utilização de metas regulatórias e mecanismos tarifários de indução à eficiência. Entretanto, foi confirmada a hipótese central da pesquisa de que reguladores atuantes, quanto à definição de mecanismos de incentivos, impactam positivamente a eficiência dos prestadores de serviços de água e esgoto brasileiros.

No Quadro 1 consta uma relação contendo variáveis anteriormente utilizadas em pesquisa sobre eficiência no setor de saneamento.

**Quadro 1** - Relação de pesquisas e variáveis utilizadas para mensuração de eficiência.

Variáveis utilizadas	Trabalhos
<i>Operating expenditure</i> (OPEX)	Cubbin e Tzanidakis (1998); Tupper e Resende (2004); Storto (2013); Carvalho e Sampaio (2015); Hon, Boon e Lee (2016) e Barbosa; Lima e Brusca (2016).
Mão de obra (quantidade de empregados ou custo com pessoal)	Carmo (2003); Tupper e Resende (2004); Sampaio e Sampaio (2007); Carvalho e Marques (2011).
Extensão da rede de água.	Cubbin e Tzanidakis (1998); Sampaio e Sampaio (2007); Carmo (2003); Dong <i>et al.</i> (2018); Storto (2013); Hon, Boon e Lee (2016).
Extensão da rede de esgoto.	Sampaio e Sampaio (2007); Dong <i>et al.</i> (2018); Storto (2013); Hon, Boon e Lee (2016).
Volume de água consumido ou faturado.	Cubbin e Tzanidakis (1998); Tupper e Resende (2004); Carvalho e Marques (2011); Dong <i>et al.</i> (2018).
Volume de esgoto tratado.	Tupper e Resende (2004); Motta e Moreira (2006); Carvalho e Marques (2011); Dong <i>et al.</i> (2018).
Densidade de clientes.	Antoniolli e Filippini (2001); Anwandter e Ozuna (2002); Tupper e Resende (2004); Carvalho e Marques (2011); Guerrini, Romano e Campedelli (2013); Hon, Boon e Lee (2016).
Influência da regulação na eficiência.	Aubert e Reynaud (2005); Saal e Parker (2004); Carvalho e Marques (2011) e Barbosa, Lima e Brusca (2016).
Efeito propriedade	Bhattacharyya <i>et al.</i> (1995); Picazo-Tadeo, González-Gómez e Sáez-Fernández (2009); Carvalho e Marques (2011); Romano e Guerrini (2011); Storto (2013); Ferro <i>et al.</i> (2014) e Hon, Boon e Lee (2016).
Abrangência	Ferro <i>et al.</i> (2014).

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para alcançar os objetivos traçados nesta pesquisa envolve, em um primeiro estágio, a mensuração dos escores de eficiência técnica das empresas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, por meio da metodologia DEA (*Data Envelopment Analysis*), com utilização de retornos variáveis de escala e orientação para *inputs*.

Os escores de eficiência variam de 0 a 1, onde o valor 1 representa o grau máximo de eficiência relativa dentro do grupo de empresas analisadas. Adicionalmente, será estimado o índice *Malmquist* para avaliar a mudança na produtividade das empresas.

No segundo estágio de análises, com intuito de investigar a influência de algumas variáveis sobre os escores obtidos por meio da aplicação da metodologia DEA, será realizada uma regressão Tobit em que o escore de eficiência será a variável dependente do modelo.

Anwandter e Ozuna (2002) asseveram que é prática comum na literatura (por exemplo, Ali e Flinn, 1989) regredir as medidas de eficiência obtidas por meio do DEA contra uma série de variáveis explicativas  $z$ . Nesse sentido, a regressão Tobit tem por fito testar uma possível influência das variáveis consideradas no modelo de regressão desta pesquisa sob nível de desempenho das empresas das empresas pesquisadas.

Conforme relatam Anwandter e Ozuna (2002), como na maioria das aplicações na literatura, sua pesquisa assumiu que o termo de erro é distribuído na forma de um modelo de regressão Tobit, ou seja, o mesmo é distribuído de acordo com a distribuição normal, mas sua função de verossimilhança reflete o fato de que a variável dependente é delimitada entre 0 e 1.

De acordo com Guerrini, Romano e Campedelli (2013), a função de regressão Tobit tem a propriedade de descrever a relação entre uma variável dependente não negativa e as variáveis independentes.

As regressões do segundo estágio (*OLS* ou Tobit) com o escore de eficiência como variável dependente também podem ser usadas para testar os efeitos parciais de fatores externos sobre a eficiência da empresa. As empresas não devem ser classificadas como de baixo desempenho se operarem sob condições diferentes das outras, em relação a aspectos como a densidade, a topologia geográfica ou a distância de fontes de água bruta (IBNET, 2018).

Em essência, as variáveis ambientais levam em consideração o impacto das diferentes características (ambientais, sociais, urbanísticas, etc.) da área geográfica ou mercado em que o prestador de serviços opera.

Uma vantagem importante da abordagem de regressão é que existem vários testes estatísticos para investigar a validade da especificação do modelo - testes de significância para a inclusão ou exclusão de fatores, ou para a forma funcional. Outra vantagem da abordagem de regressão é que, se uma variável que não é relevante for incluída, ela terá uma ponderação baixa ou até zero no cálculo, de modo que seu impacto provavelmente será insignificante. Esta é uma diferença importante em relação ao DEA, em que o peso de uma variável é irrestrito e pode ser muito diferente para diferentes observações (CUBBIN; TZANIDAKIS, 1998).

Isto posto, dada a percepção de que os resultados dos escores mensurados pela metodologia DEA precisam ser analisados de forma contextualizada, este trabalho, em consonância com o que se observa na literatura, realizará suas análises em dois estágios, sendo que no primeiro serão calculados os escores de eficiência técnica das empresas, por meio do DEA, e no segundo estágio esses mesmos escores serão utilizados como variável dependente em uma regressão Tobit.

### **3.1 Base de dados da pesquisa**

A base de dados das informações utilizadas na pesquisa provém de consultas ao Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. De acordo com Brasil (2018), o SNIS se constitui no maior e mais importante sistema de informações do setor saneamento no Brasil, apoiando-se em um banco de dados que contém informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico-financeiro, contábil e de qualidade sobre a prestação de serviços de água, de esgotos e de manejo de resíduos sólidos urbanos.

Atualmente o SNIS está dividido em dois componentes: água e esgotos (SNIS-AE) e resíduos sólidos (SNIS-RS). O componente "Água e Esgotos" reúne informações e indicadores, coletados desde 1995, dos prestadores de serviços que responderam ao SNIS em cada ano de referência. São possíveis diversos tipos de agrupamento dos dados como, por exemplo, segundo o conjunto de municípios atendidos por determinado prestador de serviços, a unidade da federação, as regiões metropolitanas ou ainda as macrorregiões do país, dentre outros (BRASIL, 2018).

Nesse sentido, as informações disponibilizadas no SNIS permitem realizar comparações de custos, receitas, desempenho operacional, etc. Entretanto, cabe destacar que, de acordo com o Brasil (2017), o caráter auto declaratório das informações fornecidas pelos prestadores de serviço faz com que não se tenha certeza acerca da confiança e da exatidão destes dados.

Não obstante as restrições causada por esse caráter declaratório das informações constantes no SNIS, o referido sistema se constitui em uma base de dados ampla sobre informações do setor de saneamento, justificando-se sua utilização como fonte informacional para pesquisas na área.

### 3.2 Seleção e amostra da pesquisa

A pesquisa utilizará uma amostra composta por 104 (cento e quatro) prestadores de serviços de abastecimento de água ou esgotamento sanitário brasileiros. Trata-se de uma amostra não aleatória em que a seleção da mesma teve como critério a disponibilidade, no SNIS, de informações sobre as variáveis utilizadas na presente pesquisa. Desta forma, restou o quantitativo de 104 entidades que atenderam ao critério de seleção com base na disponibilidade de informações.

O período de análise compreende uma série histórica que abrange os anos de 2003 a 2016. Este período representa a série histórica contínua mais recente que foi possível obter, dada a disponibilidade de informações, conforme critério mencionado anteriormente.

A relação das empresas que compõem a amostra desta pesquisa se encontra no **Apêndice A**.

### 3.3 Primeiro estágio da pesquisa - Mensuração dos escores de eficiência técnica

No Quadro 2 constam os *inputs* e os *outputs* que serão utilizados para mensuração dos escores de eficiência técnica das empresas selecionadas.

**Quadro 2** - Variáveis utilizados para mensuração dos escores de eficiência técnica

	Unidade de medida	Fonte de informação	Código do Indicador no SNIS
<b><i>Inputs</i></b>			
Despesas de exploração (DEX).	R\$	SNIS	FN015
Extensão da rede de água.	Km	SNIS	AG005
Extensão da rede de esgoto.	Km	SNIS	ES004
<b><i>Outputs</i></b>			
Volume de água consumido.	1.000 m <sup>3</sup> /ano	SNIS	AG010
Volume de esgotos tratado.	1.000 m <sup>3</sup> /ano	SNIS	ES006
Quantidade de economias ativas de água.	Un	SNIS	AG003
Quantidade de economias ativas de esgoto.	Un	SNIS	ES003

Fonte: Elaborado pelo autor com base em informações disponíveis no SNIS.

Para o cálculo da eficiência técnica foi usado o pacote *Benchmarking* proposto por (BOGETOFT; OTTO, 2018) para o *Software R*.

### **3.4 Breve descrição dos inputs e outputs**

A seleção de *inputs* e *outputs* que melhor representam as características das operações da indústria (insumos utilizados e produtos gerados) é uma tarefa que precisa ser realizada de forma bastante criteriosa, pois os resultados reportados pelo modelo DEA são muito sensíveis às variáveis utilizadas.

Assim, a utilização de variáveis distintas das selecionadas neste trabalho pode alterar os resultados encontrados, fazendo com que empresas que se mostraram eficientes possam não reportar resultados semelhantes, quando são alterados os *inputs*, os *outputs* ou o período utilizado para aferição dos escores.

Cabe salientar que os *inputs* e os *outputs* utilizados nesta pesquisa, conforme pode ser observado pela leitura do Quadro 1, são comumente empregados em estudos na área de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

A seguir são apresentadas as definições e descritas as variáveis selecionadas para mensuração dos escores de eficiência técnica.

#### **3.4.1 Despesas de exploração (DEX)**

De acordo com Brasil (2018), as despesas de exploração (DEX) correspondem aos valores referentes às despesas/custos com pessoal próprio (FN010), produtos químicos (FN011), energia elétrica (FN013), serviços de terceiros (FN014), água importada (FN020), esgoto exportado (FN039), despesas fiscais ou tributárias computadas na DEX (FN021), além de outras despesas de exploração (FN027).

A DEX, segundo Brasil (2018, p. 60), alcançou, no ano de 2016, um total de 75,9% da despesa/custo total com os serviços. Desta maneira, sua inclusão como um *input* se mostra adequada, pois a mesma representa uma fração expressiva das despesas ou custos incorridos com a prestação dos serviços.

#### **3.4.2 Extensão da rede de água e de esgotos**

Conforme referenciado anteriormente, sabe-se que os investimentos em redes de distribuição de água e de coleta de esgotos representam uma parcela considerável do custo de

capital empregado para a prestação dos serviços. Nesse contexto, torna-se adequado que os estudos considerem os investimentos em infraestruturas como um dos *inputs* para a mensuração da eficiência técnica.

Em conformidade com essa visão, Corton e Berg (2009) mencionam que a extensão da rede é utilizada na literatura empírica do setor de abastecimento de água como *proxy* para representar o capital investido na atividade. Na avaliação dos mencionados autores, a justificativa para isso é a alta quantidade de capital necessária para estabelecer as tubulações em comparação com as necessidades de capital para o restante da infraestrutura de produção.

No mesmo sentido, Cabrera, Estruch-Juana e Molinos-Senante (2018) informam que, no caso dos serviços de água, os custos de capital correspondem às redes normalmente necessárias para fornecer esses serviços.

Desta forma, considera-se adequada a utilização da extensão das referidas redes como *proxy* dos custos de capital (*Capex*) das empresas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

### **3.4.3 Volume de água consumido**

De acordo com Brasil (2018), esta informação representa o volume anual de água consumido por todos os usuários, compreendendo o volume micromedido (AG008), o volume de consumo estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro ou com hidrômetro inativo, acrescido do volume de água tratada exportado (AG019) para outro prestador de serviços.

Observa-se que o volume de água consumido representa o serviço efetivamente prestado aos usuários. Nesse sentido, tem-se que esta variável pode ser considerada como o principal *output* da atividade de abastecimento de água.

Destaque-se que a opção de utilizar dados referentes ao volume consumido ao invés do volume produzido de água se baseia na noção de que ao se considerar o volume produzido como *output* do modelo, estar-se-ia ignorando as perdas de água na distribuição. Assim, entende-se que o serviço prestado é melhor avaliado com base em dados sobre o volume de água consumido pelos usuários.

### **3.4.4 Volume de esgoto tratado**

De acordo com Brasil (2018), esta informação representa o volume anual de esgoto coletado na área de atuação do prestador de serviços e que foi submetido ao processo de tratamento, medido ou estimado nas entradas das estações de tratamento de esgotos (ETEs).



Não inclui o volume de esgoto bruto importado que foi tratado nas instalações do importador (informação ES014), nem o volume de esgoto bruto exportado que foi tratado nas instalações do importador (ES015).

Disso, observa-se que o volume de esgoto tratado representa o serviço adequado efetivamente prestado aos usuários. Nesse sentido, tal variável pode ser considerada como o principal *output* da atividade de esgotamento sanitário. Ressalte-se que o esgoto pode passar por vários tipos de tratamentos, que acarretam custos distintos e impactam diretamente no nível de qualidade dos efluentes a serem lançados nos corpos hídricos, após o tratamento a que os esgotos foram submetidos.

Nesse contexto, entende-se ser mais adequado que se considere o volume de esgoto tratado e não o coletado, pois do contrário, poder-se-ia enviesar os resultados ao atribuir maior eficiência técnica os prestadores de serviços que não tratam os esgotos coletados e, por decorrência, não incorrerem nos custos de capital referentes às estações de tratamento de esgotos e nos custos operacionais para realização de tratamento dos mesmos.

### **3.4.5 Quantidade de economias ativas de água ou esgoto**

Representa a quantidade de economias ativas de água ou esgotos que estavam em pleno funcionamento no último dia do ano de referência. Importante esclarecer que o termo “economias”, utilizado no SNIS, é sinônimo de “clientes”.

Esta variável representa a quantidade de unidades consumidoras que se encontravam com os serviços de abastecimento de água ou esgotamento sanitário ativos, na data de referência utilizada pela pesquisa do SNIS.

A quantidade de unidades de consumo ativas é um indicador importante para a compreensão da quantidade de usuários efetivos dos serviços. Nesse sentido, justifica-se sua inclusão como um dos *outputs* do modelo desta pesquisa.

## **3.5 Segundo estágio da pesquisa – Regressão Tobit**

No segundo estágio será realizada uma regressão Tobit, com dados em um painel balanceado, onde o escore obtido pela metodologia DEA será utilizado como variável dependente do modelo.

Stock e Watson (2004) afirmam que, dado em painel, também conhecido como dados longitudinais, são dados de diversas entidades em que cada uma delas é observada em dois ou mais períodos.

Na avaliação de Fried, Lovell e Schmidt (2008), qualquer que seja o modelo de estimativa da eficiência, a principal vantagem de ter dados em painel é a capacidade de observar cada produtor mais de uma vez.

Segundo Greene (2008) o modelo de regressão Tobit deve ser utilizado nos casos em que a variável dependente está concentrada em algum dos pontos limites, ou limitada entre faixas de valor. Nesses casos, a aplicação deste modelo pode contornar o problema por meio de estatísticas que possibilitam fazer inferências para toda a população. Sueyoshi, Goto e Omi (2010) consideram a regressão Tobit como um segundo estágio natural do DEA, devido à característica truncada da variável de eficiência.

Para as estimativas do modelo Tobit realizadas nesta pesquisa foi utilizado o pacote *censReg* para o *Software R*, proposto por Henningsen (2017).

Na concepção de Tupper e Resende (2004), a análise econométrica pode fornecer um complemento útil à abordagem da mensuração de eficiência por meio do DEA, constituindo um instrumento conjunto para a implementação de *yardstick schemes*.

De acordo com Witte e Marques (2010), os modelos de dois estágios são os procedimentos aplicados com mais frequência para estimar o impacto do ambiente. Eles envolvem, em primeira fase, a resolução do algoritmo como no caso de DEA, sem as variáveis ambientais (apenas as entradas e saídas tradicionais) e, em uma segunda fase, a aplicação da regressão aos resultados, onde a variável dependente é a eficiência obtida no primeiro estágio e as variáveis independentes são as variáveis ambientais.

No mesmo sentido, Tupper e Resende (2004) asseguram que a metodologia DEA pode ser combinada com a análise econométrica para gerar pontuações de eficiência ajustadas que visam controlar as heterogeneidades regionais.

Na visão de Tupper e Resende (2004), poder-se-ia questionar em que medida as heterogeneidades regionais são importantes em um país grande e complexo como o Brasil. Nesse sentido, os citados autores exploram econometricamente, em seu estudo, alguns fatores regionais que provavelmente interferem na eficiência produtiva das entidades.

O objetivo da análise de regressão, a ser realizada nesta pesquisa, é lançar luz sobre a investigação de possíveis variáveis, principalmente ambientais, que podem contribuir para explicar os escores de eficiência das empresas do setor e ao mesmo tempo discutir sobre a necessidade de se ajustar os escores aos fatores ambientais, pois tais condições se encontram fora do domínio do prestador de serviços.

Desse modo, conhecer esses fatores ambientais é fundamental para que o ente regulador possa considerar, nos processos regulatórios, a influência dessas variáveis sobre o desempenho dos prestadores de serviços e, se for o caso, proceder aos ajustes necessários.

A seguir é apresentado o modelo funcional da regressão linear:

$$\theta_{it} = \alpha_1 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} \dots \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Onde:

$\theta_{it}$  = representa o escore de eficiência da empresa  $i$  no período  $t$ .

$\alpha_1, \beta_1, \beta_2 \dots \beta_k$  = são os coeficientes da regressão.

$X_1, X_2 \dots X_k$  = são as variáveis explicativas utilizadas no modelo.

### 3.5.1 Variáveis utilizadas no modelo de regressão

No Quadro 3 constam as variáveis independentes utilizadas no modelo de regressão da pesquisa.

**Quadro 3** - Variáveis independentes utilizadas no modelo de regressão

Variáveis independentes	Unidade de medida	Fonte de informações
Densidade de economias de água por ligação	economias/ligação	SNIS – IN001
Extensão da rede de água por ligação	metros/ligação	SNIS – IN020
Extensão da rede de esgoto por ligação	metros/ligação	SNIS – IN021
Índice de produtividade de pessoal total (equivalente)	ligações/empregados	SNIS IN102
Abrangência: Local, regional ou microrregional.	variável <i>dummy</i>	SNIS
Controle: Privado ou Público.	variável <i>dummy</i>	SNIS e Pesquisas

Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir é apresentada uma breve descrição das variáveis independentes quantitativas utilizadas no modelo de regressão e tecidas algumas considerações sobre a adequação de sua utilização no presente estudo.

#### 3.5.1.1 Densidade de economias de água por ligação

Esta variável diz respeito ao indicador “IN001 - Densidade de economias de água por ligação” do SNIS. Tal indicador é obtido por meio da relação entre a quantidade de ligações

ativas de água, que estavam em pleno funcionamento no último dia do ano de referência e a quantidade de economias ativas de água, que estavam em pleno funcionamento na mesma data.

O termo “economias” utilizado pelo SNIS diz respeito a cada unidade consumidora dos serviços. A relação entre a quantidade de economias ativas de água e de ligações ativas de água permite calcular a densidade de economias de água por ligação. Tal variável é importante para análise das condições da prestação dos serviços, pois a densidade decorre de condições que estão fora do domínio dos prestadores dos serviços, entretanto, podem impactar o Capex e o Opex incorridos na prestação dos serviços.

Nesse sentido, Coelli e Walding (2005) afirmam que é provável que uma maior densidade de rede reduza os custos associados à distribuição de água, pois é necessário menos infraestrutura de tubulação por conexão.

Desta forma, acredita-se que, devido à economia de densidade, haja uma associação positiva e estatisticamente significativa entre o escore de eficiência técnica e o indicador de densidade de economias de água por ligação, pois um prestador que atue em uma área de maior concentração urbana pode ter menor necessidade de investimentos em rede de distribuição e também incorrer em menores dispêndios associados à manutenção das infraestruturas, considerando-se cada unidade consumidora (economia) atendida pelo serviço de abastecimento de água.

### **3.5.1.2 Extensão da rede de água ou de esgotos por ligação**

De forma similar as justificativas apresentadas para a inclusão da variável “densidade de economias de água por ligação”; os indicadores de “extensão da rede de água por ligação” e de “extensão da rede de esgoto por ligação” visam investigar a existência de economia de densidade no setor.

Sabe-se que o prestador de serviços não tem a opção de escolher operar apenas em regiões de maior densidade de usuários, desta forma, não é razoável que o mesmo seja considerado menos eficiente em virtude da influência da densidade no seu nível de eficiência técnica.

Nesse sentido, a inclusão da variável “extensão da rede de água por ligação” e “extensão da rede de esgotos por ligação” visa buscar evidências sobre uma possível associação entre o escore de eficiência e os referidos indicadores.

De acordo com as informações constantes na Tabela 2 é possível verificarmos que o indicador de extensão da rede de água por ligação nas diversas regiões geográficas apresenta

uma considerável variabilidade, o que demonstra que os diversos prestadores estão sujeitos a diferentes condições de operação.

**Tabela 2** - Extensão da rede de água por ligação, segundo tipo de prestador de serviços

Região	Tipo de prestador de serviços					Total (m/lig.)
	Regional	Microrregional	Local Direito Público	Local Direito Privado	Local Empresa privada	
	(m/lig.)	(m/lig.)	(m/lig.)	(m/lig.)	(m/lig.)	
Norte	14,9	-	15,8	-	8,9	<b>13,9</b>
Nordeste	8,7	-	11,7	6,9	9,2	<b>9,0</b>
Sudeste	9,4	15,9	12,3	13,4	11,8	<b>10,5</b>
Sul	15,0	24,8	21,7	14,3	13,6	<b>16,4</b>
Centro- Oeste	12,6	21,6	14,5	0,0	13,0	<b>13,0</b>
Brasil	10,6	16,8	14,0	12,8	11,7	<b>11,4</b>
Média das Regiões	<b>12,1</b>	<b>20,8</b>	<b>15,2</b>	<b>8,7</b>	<b>11,3</b>	<b>12,6</b>

Fonte: Brasil (2018, p. 16 com adaptações).

Dado o fato de que a densidade populacional é uma variável ambiental relacionada a aspectos geográficos e urbanísticos de cada área de cobertura dos serviços, e a consequente crença de que uma maior densidade pode resultar em vantagens de custos para o prestador dos serviços, justifica-se sua inclusão como uma variável explicativa do modelo de regressão.

Cabe ressaltar que, não obstante ser possível identificarmos a presença de economia de densidade no setor de abastecimento de água e esgotamento, esse fato, por si só, não seria capaz de explicar o escore de eficiência técnica mensurado, pois outros fatores não relacionados aos benefícios esperados de se possuir uma densidade maior podem contribuir para o resultado final.

### 3.5.1.3 Índice de produtividade de pessoal total (equivalente)

O índice de produtividade de pessoal total (equivalente)<sup>4</sup> é obtido pela relação entre a quantidade de ligações ativas de água e a quantidade equivalente de pessoal total. O termo “equivalente” é utilizado em razão de o indicador se tratar de uma estimativa para a quantidade de pessoal.

<sup>4</sup> Para maiores detalhes, consultar o indicador “IN018 - Quantidade equivalente de pessoal total” do Glossário de Indicadores - Água e Esgotos do SNIS. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/glossarios>>

O mencionado indicador representa quantas ligações de água o prestador de serviços atende para cada empregado que possui.

Este indicador é importante para que se possa realizar comparações entre o dimensionamento do quantitativo de empregados das entidades que operam no setor. Assim, um maior valor para o mesmo, indica que o prestador de serviços possui uma relação mais otimizada entre a quantidade de empregados que possui e a quantidade de unidades de consumo que atende.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS E ANÁLISES

#### 4.1 Primeiro estágio: Resultados e análise dos escores de eficiência técnica e do índice de Malmquist.

Os resultados das análises sobre o comportamento nos valores das variáveis utilizadas como *outputs* para mensuração dos escores de eficiência técnica evidenciaram um crescimento médio ao longo dos anos da variável “quantidade de economias ativas de água”, em 48,2%<sup>5</sup>, considerando-se o período de 2003 a 2016, o que evidencia ter ocorrido uma expansão no atendimento do serviço de abastecimento de água.

De modo similar foi observado também crescimento no *output* “volume de água consumido”, sendo este em proporções menores, chegando ao patamar de 24,3% no mesmo período.

Esses resultados indicam que a base de clientes, medida pela quantidade de economias ativas de água, evoluiu em montante proporcionalmente maior que o volume de água consumido, o que permite inferir que, no período analisado, houve uma redução no valor médio de consumo de água por unidade atendida.

No que concerne ao serviço de esgotamento sanitário, observa-se que os *outputs* a ele relacionados: “quantidade de economias ativas de esgoto” e “volume de esgotos tratado” também apresentaram crescimentos médios no período de 2003 a 2016, em montante de 73,5% e 83,3%, respectivamente. Do mesmo modo que no serviço de abastecimento de água, é possível inferir que houve uma expansão no atendimento do serviço de esgotamento sanitário.

Do ponto de vista dos insumos (*inputs*) utilizados na pesquisa para mensuração da eficiência técnica, dentre as variáveis “extensão da rede de água”, “extensão da rede de esgoto” e “despesas de exploração (DEX)”, a que apresentou menor crescimento foi a extensão da rede de água, perfazendo uma variação média de aproximadamente 41%, as demais variaram 71,5% e 78,2%<sup>6</sup>, respectivamente, todas considerando o período de 2003 a 2016.

O crescimento das variáveis “extensão da rede de água” e “extensão da rede de esgoto” demonstra uma expansão proporcionalmente maior na cobertura do serviço de esgotamento

---

<sup>5</sup> % em referência a base, dado por:  $\left(1\% \left(\frac{\text{valor}}{\text{base}}\right)\right) \times 100$ . Em que base é o valor de referência.

<sup>6</sup>Os valores usados para o cálculo foram ajustados conforme a inflação medida pelo IGPM. <https://www.portalbrasil.net/igpm.htm> Acesso em 01/10/2018.

sanitário, em comparação ao que se verificou no serviço de abastecimento de água. Entretanto, conforme já comentado, o serviço de esgotamento sanitário apresenta um déficit de cobertura superior ao do serviço de água. Assim, apesar do crescimento na extensão da rede de esgoto, o país ainda apresenta o desafio de expandir a prestação deste serviço, a fim de lograr alcançar o objetivo de universalização do atendimento.

No **Apêndice D** constam informações sobre a estatística descritiva das variáveis utilizada no modelo DEA nesta pesquisa. Conforme pode-se observar, os dados evidenciam que a mediana das variáveis é inferior à média, indicando heterogeneidade entre as empresas.

A curtose positiva demonstra que a curva de distribuição de frequência é leptocúrtica, tendendo a um pico acima de uma distribuição normal. Estes resultados eram esperados, dada a diversidade de escala de atendimento dos prestadores de serviços, pois existem, por exemplo, empresas que prestam serviços em áreas de maior população, demandando, assim, maiores volumes de fornecimento de água e de esgotos tratados.

Conforme se depreende da análise da Tabela 3, as variáveis utilizadas no modelo DEA para cálculo da eficiência técnica apresentam correlação elevada<sup>7</sup>, sendo todas elas acima de 0,80. Tal correlação era esperada, pois, com o crescimento urbano, ocorre um maior consumo de água e maior geração de esgotos, o que aumenta a necessidade de investimentos em expansão das redes de água e de esgotamento sanitário, o que, por conseguinte, gera incremento nas despesas de exploração dos respectivos serviços de saneamento básico.

**Tabela 3** - Correlação entre as variáveis utilizadas no modelo DEA

	(y <sub>1</sub> ) Quantidade de economias ativas de água	(y <sub>2</sub> ) Volume de água consumido	(y <sub>3</sub> ) Quantidade de economias ativas de esgoto	(y <sub>4</sub> ) Volume de esgotos tratado	(x <sub>1</sub> ) Extensão da rede de água	(x <sub>2</sub> ) Extensão da rede de esgoto
y <sub>2</sub>	0.966	1				
y <sub>3</sub>	0.952	0.937	1			
y <sub>4</sub>	0.945	0.958	0.959	1		
x <sub>1</sub>	0.961	0.882	0.874	0.869	1	
x <sub>2</sub>	0.930	0.880	0.962	0.928	0.917	1
x <sub>3</sub>	0.965	0.934	0.942	0.942	0.911	0.906

Fonte: Elaborado pelo autor.

<sup>7</sup> De acordo com Larson e Farber (2007) correlação acima de  $\pm 0,7$  a correlação é forte. Entre  $\pm 0,5$  e  $\pm 0,7$  é moderada. Entre  $\pm 0,3$  e  $\pm 0,5$  fraca. E, inferior a  $\pm 0,3$  é inexistente.



Cabe destacar que a literatura que trata da metodologia DEA não faz restrições à elevada correlação entre as variáveis usadas no modelo (BROWN, 2006; CHENG; ZERVOPOULOS; QIAN, 2013; PARADI; REESE; ROSEN, 1997; RAMALHO; RAMALHO; HENRIQUES, 2010).

Na Tabela 4 são apresentados os resultados do cálculo da estatística descritiva dos escores de eficiência técnica mensurados por meio do DEA.

**Tabela 4** - Estatística descritiva dos escores de eficiência

Estatística	Valor
Média	0,8470
Erro padrão	0,0041
Mediana	0,8755
Moda	1,0000
Desvio padrão	0,1550
Variância da amostra	0,0240
Curtose	-0,8856
Assimetria	-0,5886
Mínimo	0,4258
Máximo	1,0000
Número de observações	1.456

Fonte: Elaborado pelo autor.

No que tange aos resultados dos escores, as empresas apresentaram uma média de eficiência técnica de 84,70%. Tendo sido constatado também que, em média, a eficiência técnica das empresas pesquisadas reduziu-se ao longo dos anos, com variação de aproximadamente -4,66%, comparando-se o período de 2003 a 2016.

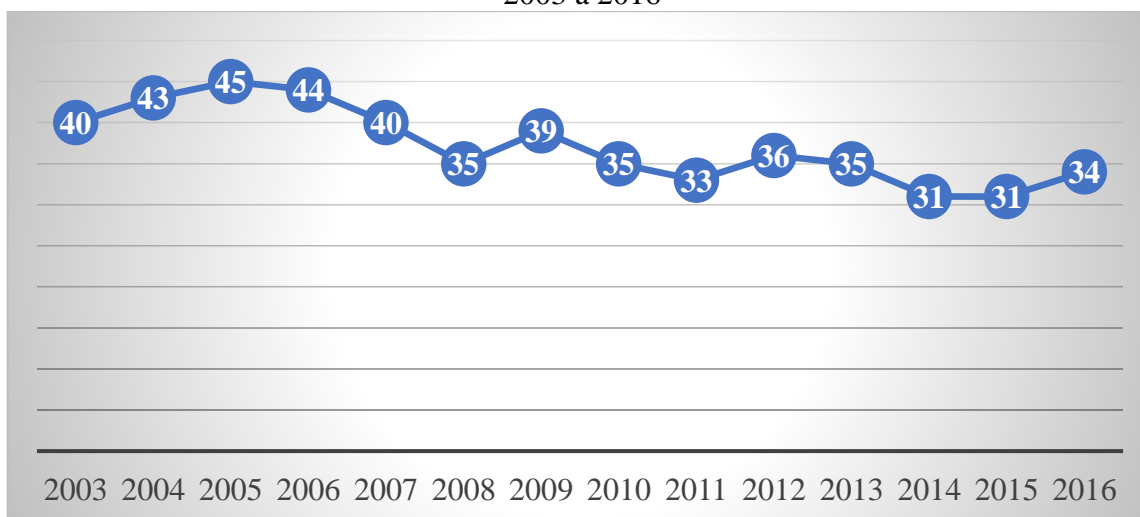
Os escores de eficiência das empresas variaram entre 42,58% e 100%. Além disso, observa-se que aproximadamente 50% das observações possuem escores superiores ao montante de 87,55%, que é a mediana.

O coeficiente de simetria para a variável DEA foi negativo, indicando que a variável é truncada à direita, o que enseja que a maioria das empresas apresenta um coeficiente de eficiência técnica mais concentrado em valores próximos a 100%.

Destaque-se que, do total de 1.456 observações utilizadas na pesquisa, constatou-se que 521 delas apresentam eficiência máxima. Este resultado indica que, aproximadamente, 35% (trinta e cinco por cento) das observações apresentaram escore de eficiência de 100%.

No Gráfico 1 constam informações sobre a quantidade de empresas que apresentaram escores de eficiência técnica de 100%, considerando-se cada um dos anos da série histórica utilizada na pesquisa.

**Gráfico 1** - Quantidade de empresas 100% eficientes em cada um dos anos do período de 2003 a 2016



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que, de maneira geral, a quantidade de empresas com 100% de eficiência reduziu-se ao longo do período estudado em montante equivalente a 15%, saindo de 40, em 2003, e chegando a 34, em 2016.

Os resultados demonstraram haver, no grupo selecionado nesta pesquisa, uma tendência de declínio na quantidade de empresas com nível de eficiência máximo. Esses resultados podem indicar a necessidade de as empresas buscarem otimizar o uso de insumos em seus processos produtivos.

Ademais o declínio na quantidade de empresas eficientes pode ter relação com variáveis como o índice de perdas de água na distribuição, sendo necessário investigar ainda os motivos determinantes que contribuíram para a diminuição no quantitativo de empresas eficientes, o que foge ao escopo desta pesquisa.

Cabe ressaltar que, do total de empresas analisadas, observa-se que o quantitativo de 14 delas foi eficiente durante todo o período analisado, o que representa um montante de, aproximadamente, 13% (treze por cento) das entidades que fizeram parte da amostra.

No que diz respeito ao desempenho dos escores, considerando-se o tipo de controle e a abrangência, consta, na Tabela 5, sumário dos resultados da pesquisa.

**Tabela 5** - Escores de eficiência por tipo de controle e abrangência

Tipo de controle	Abrangência	Média do DEA	Número de observações
Privada	Local	0,8125	108
	Regional	0,8511	14
	<b>Média</b>	<b>0,8170</b>	-
Pública	Local	0,8272	1012
	Microrregional	0,7997	28
	Regional	0,9324	294
	<b>Média</b>	<b>0,8498</b>	-
	<b>Média geral</b>	<b>0,8470</b>	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

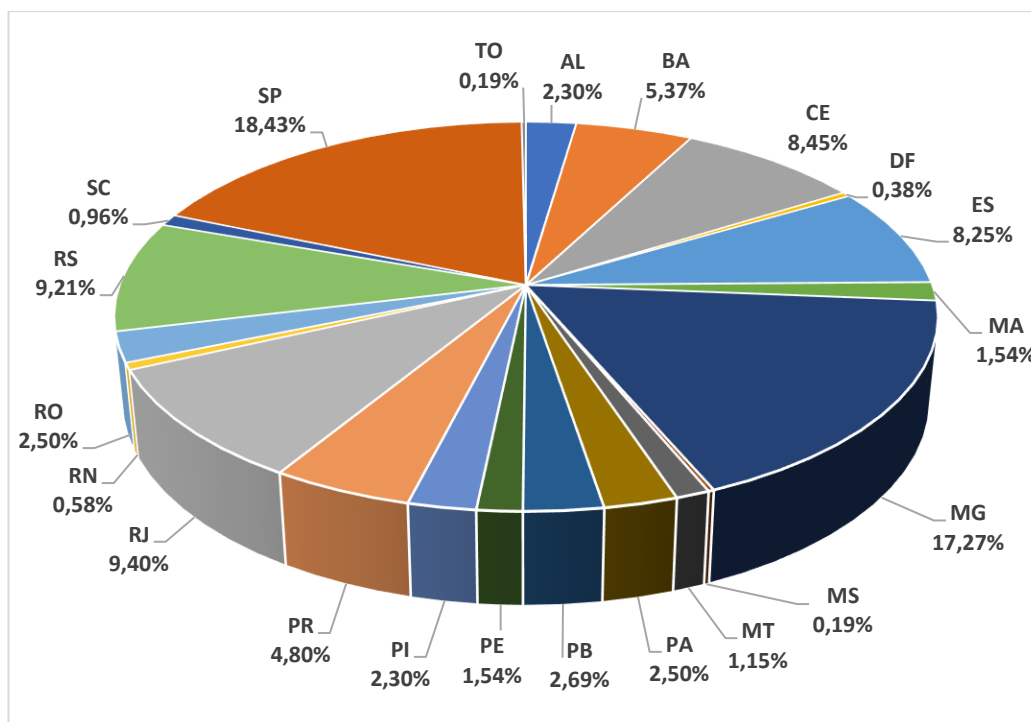
Os dados das constantes na Tabela 05 evidenciam que, quando se considera em conjunto os aspectos relacionados ao controle e à abrangência de atuação dos prestadores de serviços pesquisados, os grupos que apresentaram os maiores escores médios foram as entidades públicas ou privadas com operações regionais, que apresentaram, respectivamente, escores médios de 93,24% e 85,11%.

Por outro lado, o grupo que apresentou o menor desempenho médio foi o de empresas públicas microrregionais, onde o valor médio apresentado foi de 79,97%. Importante destacar que, no grupo de empresas da pesquisa, não há nenhuma entidade com controle privado que desenvolva operações em abrangência microrregional.

No que tange às análises referentes aos escores de eficiência reportados e o tipo de controle, se público ou privado, foi constatado que ambos os grupos apresentaram empresas 100% eficientes no período.

Observa-se que as empresas privadas apresentaram valor médio de eficiência de 81,70%. Por outro lado, constata-se que o grupo de empresas com controle público apresentou um valor médio de eficiência de 84,98%.

No Gráfico 2 constam informações sobre o resultado dos escores de eficiência, considerando os estados da Federação.

**Gráfico 2 - Eficiência técnica por estado da Federação**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme pode ser notado, o estado de São Paulo e de Minas Gerais são as unidades da Federação que apresentam o maior quantitativo de observações de empresas eficientes, reportando, respectivamente, 18,43% e 17,27% da quantidade total de observações de empresas que apresentaram escores de eficiência de 100% no período de análise.

Importante destacar que os dados apresentados no Gráfico 2 foram calculados com base nos valores absolutos das observações utilizadas na pesquisa. Assim, como algumas unidades da Federação possuem maior quantidade de empresas na amostra da pesquisa, os resultados apresentados não indicam quais estados têm, em média, as empresas mais eficientes.

Para maiores detalhes sobre a média dos escores de eficiência técnica de cada uma das entidades da amostra da pesquisa e a classificação geral com base nos resultados, ver **Apêndice A**.

#### 4.1.1 Resultado e análise do índice de Malmquist

De maneira geral, a média foi de 0,97 pontos para o período analisado. Entre 2003 e 2016 somente em um período (2008~2009) as empresas apresentaram uma melhora na média do índice de Mudança de Produtividade Total dos Fatores (MPTF), ficando acima de 1.

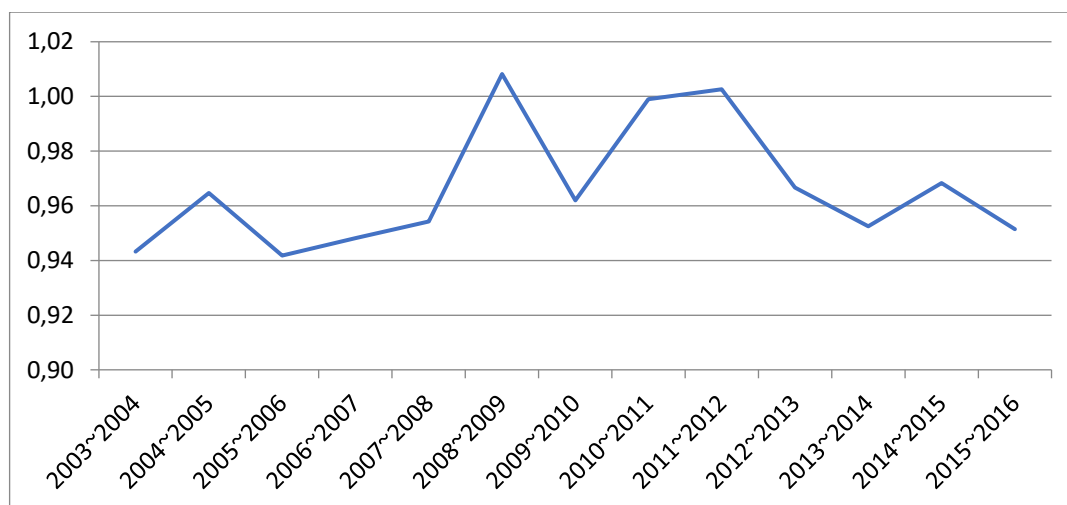
Em dois períodos (2010~2011~2012) este indicador permaneceu, na média, em 1, evidenciando uma situação de estagnação nos fatores produtivos. Observa-se ainda que a mediana é bem próxima da média (0,961 e 0,966) e, apesar do elevado valor da simetria, os dados tendem a uma distribuição normal.

É perceptível a baixa mudança de produtividade total dos fatores de algumas empresas, constatado pelo valor mínimo reportado de 0,30. Evidencia-se também uma discrepância entre empresas que apresentaram elevada mudança em seu patamar de produtividade, chegando ao valor de 2,9.

As empresas analisadas apresentaram oscilação positiva na média do índice durante o período, saindo de 0,94 em 2003 e chegando a 0,95 em 2016, o que representa um crescimento da ordem de 0,87%.

No Gráfico 3 consta a média do índice de Produtividade Total dos Fatores das empresas analisadas na pesquisa.

**Gráfico 3** – Média de Mudança de Produtividade Total dos Fatores (MPTF) no período de 2003 a 2016.



Fonte: Elaborado pelo autor.

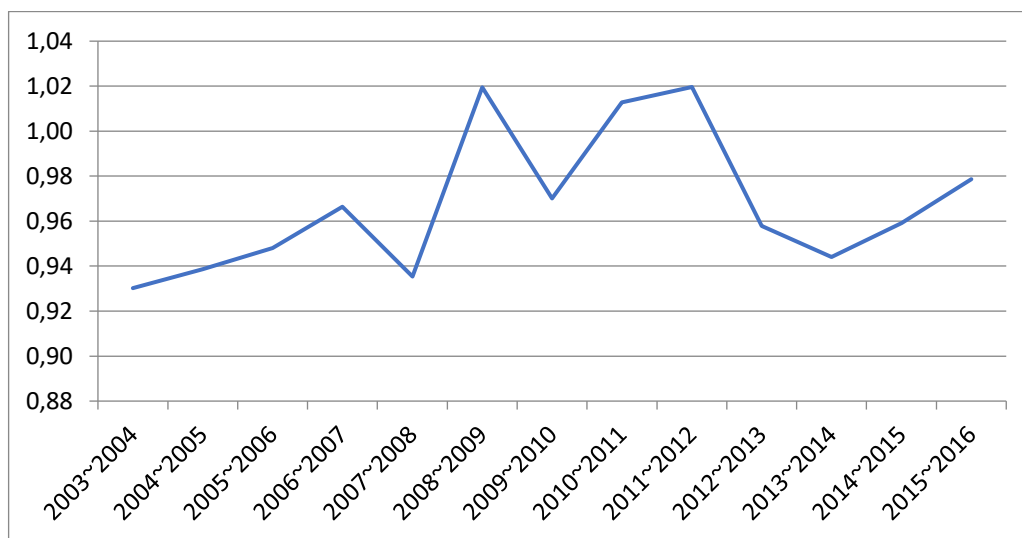
Conforme informações constantes no Gráfico 3, observa-se que a partir de 2011 houve uma tendência de declínio no índice de Produtividade Total dos Fatores.

No que tange à “Mudança Tecnológica (MT)” a média geral foi de 0,97 pontos. Observa-se um crescimento médio da ordem de 5,21% neste indicador ao longo dos anos, saindo de 0,93 em 2003 e chegando a 0,97 em 2016.

Observa-se também uma elevada oscilação em alguns anos, chegando ao patamar médio de 1,02 em 2011~2012, indicando melhoras na tecnologia empregada.

No Gráfico 4 consta a média do índice de Mudança Tecnológica das empresas analisadas na pesquisa.

**Gráfico 4** - Média de Mudança Tecnológica no período de 2003 a 2016.

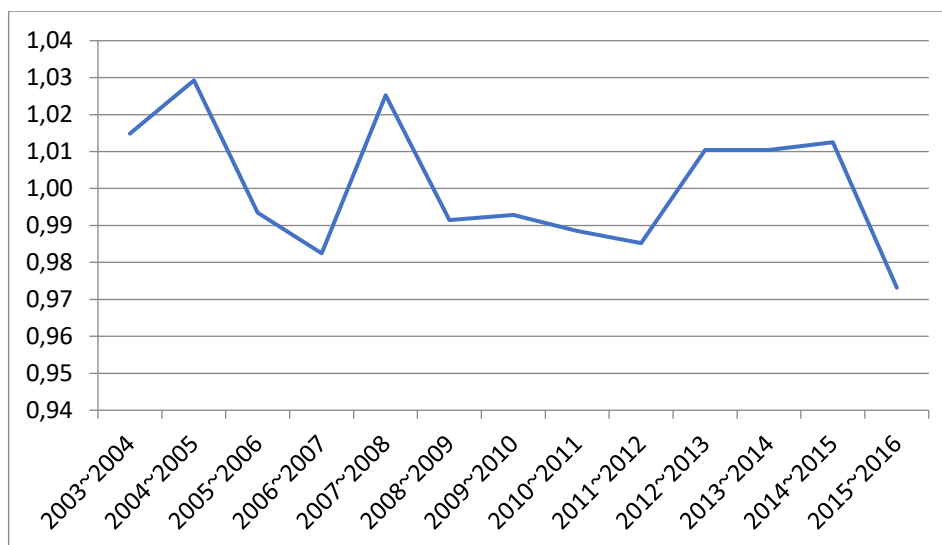


Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que somente em três anos a média geral ficou superior a 1, evidenciando Mudança Tecnológica (MT). De maneira geral, 13 empresas apresentaram MT igual a 1, ou seja, não tiveram progresso tecnológico no período analisado.

Os resultados indicaram que 383 observações mostraram progresso e 958 ficaram com este indicador inferior a 1. Esses resultados sugerem a necessidade de que tais empresas reanalisem seus processos produtivos operacionais, com foco no aprimoramento dos mesmos, o que pode contribuir para que ocorra evolução em seus resultados e, por consequência, incremento no nível de eficiência.

No que se refere à “Mudança de Eficiência de Escala (MEE)”, observa-se que a média geral foi de 1, indicando que não houve progresso no período. Conforme pode ser notado pelos dados constantes no Gráfico 5, observa-se que as empresas tiveram retrocesso neste índice, saindo do patamar médio de 1,01 em 2003 para 0,97 em 2016, o que representa uma redução da ordem de 4,11%.

**Gráfico 5** - Média de Mudança de Eficiência de Escala no período de 2003 a 2016.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentre os períodos analisados, em seis ocasiões, as empresas tiveram média acima de 1, ou seja, apresentaram evolução no índice de MEE. No decorrer dos anos, 443 observações tiveram progresso no índice de MEE. Por outro lado, constatou-se que 425 observações apresentaram estagnação neste indicador, reportando o valor de 1 para o referido índice, e 484 observações tiveram este indicador inferior a 1.

Os resultados sugerem que, em média, as empresas não apresentaram progressos na eficiência de escala no período de 2003 a 2016.

#### 4.2 Segundo estágio: Resultados e análises da regressão Tobit

No segundo estágio da pesquisa foi realizada uma regressão Tobit, em que o escore de eficiência técnica, mensurado por meio do DEA, é a variável dependente do modelo de regressão e as variáveis constantes no Quadro 4 são as variáveis independentes.

**Quadro 4** - Variáveis independentes utilizadas no modelo de regressão Tobit

Variável	Descrição da variável	Unidade de medida
X <sub>1</sub>	Densidade de economias de água por ligação.	economias/ligação.
X <sub>2</sub>	Extensão da rede de água por ligação.	metros/ligação.
X <sub>3</sub>	Extensão da rede de esgoto por ligação.	metros/ligação.
X <sub>4</sub>	Índice de produtividade de pessoal total (equivalente).	ligações/empregados.
X <sub>5</sub>	Abrangência: Local ou (regional e microrregional).	variável <i>dummy</i> (1 para local, 0 caso contrário).
X <sub>6</sub>	Controle: Privado ou Público.	variável <i>dummy</i> (privado 1, 0 caso contrário).

Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir é apresentado a forma funcional da regressão Tobit da pesquisa:

$$\theta_{it} = \alpha_1 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} \dots \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Onde:

$\theta_{it}$  = representa o escore de eficiência da empresa  $i$  no período  $t$ .

$\alpha_1, \beta_1, \beta_2 \dots \beta_k$  = são os coeficientes da regressão.

$X_1, X_2 \dots X_k$  = são as variáveis independentes utilizadas no modelo.

As correlações das variáveis utilizadas na regressão podem ser observadas na Tabela 6.

**Tabela 6** - Correlação das variáveis usadas no modelo Tobit

	DEA	Densidade de economias de água por ligação (x <sub>1</sub> )	Extensão da rede de água por ligação (x <sub>2</sub> )	Extensão da rede de esgoto por ligação (x <sub>3</sub> )	Índice de produtividade de pessoal total (x <sub>4</sub> )	Abrangência (x <sub>5</sub> )
x <sub>1</sub>	0.2531	1				
x <sub>2</sub>	-0.4361	0.0194	1			
x <sub>3</sub>	-0.2173	-0.1472	0.5359	1		
x <sub>4</sub>	0.1986	-0.1818	-0.1968	-0.1137	1	
x <sub>5</sub>	-0.2508	0.0395	0.0345	0.0232	-0.1479	1
x <sub>6</sub>	-0.0587	0.1770	0.0161	-0.024	0.0478	0.0833

Fonte: Dados da pesquisa

Constata-se que nenhuma variável apresentou correlação elevada, tendo sido verificado que a maior se deu entre as variáveis “densidade de economias de água por ligação” e “extensão da rede de esgoto por ligação”, sendo esta positiva em 0,5359. Os resultados apontaram que a segunda maior correlação foi entre a variável DEA e a variável “extensão da rede de água por ligação”, sendo esta negativa em 0,4361.

Em relação à estatística descritiva das variáveis utilizadas no modelo de regressão, cujo resumo se encontra no **Apêndice E**, observa-se que a variável “densidade de economias de água



por ligação” apresentou média de 1,24 e mediana de 1,16, além de baixo desvio padrão, indicando uma amostra relativamente homogênea, com uma calda à direita e simetria positiva.

É importante destacar que a variável “densidade de economias de água por ligação” apresentou reduzida variabilidade até o ano de 2011, sendo que, após este período, teve crescimento, chegando ao patamar médio de 1,24. Os resultados da curtose também mostram que a distribuição é leptocúrtica, ou seja, possui uma curva de distribuição mais afunilada e com um pico mais alto que a distribuição normal.

A variável “extensão da rede de água por ligação” apresentou, em 2003, valor médio de 12,85, tendo redução média ao longo dos anos pesquisados, com queda equivalente à 2,33%, chegando, em 2016, a uma média geral de 12,78. Essa variável apresenta uma distribuição próxima da normal, com uma leve calda à direita e simetria próxima de zero.

A maior redução média ocorreu com a variável “extensão da rede de esgoto por ligação”, chegando ao patamar de 5,33%, reduzindo-se de 12,89 em 2003 para 12,20 em 2016. Tal variável tende a ficar próxima de 11,4 (mediana) com uma longa calda à direita, com valores próximos de 60, distorcendo a média.

A variável “Índice de produtividade de pessoal total” tinha média de 233,71 em 2003, tendo apresentado crescimento em sua média em 24,66%, chegando em 2016 a 291,47. Com uma leve simetria à direita, onde apresenta uma curva de distribuição próxima à normal, com mediana em 240,60. Esses dados indicam que, ao longo do período analisado, em média, os prestadores dos serviços apresentaram uma otimização no emprego de pessoal para desenvolver suas atividades.

O modelo Tobit foi estimado com efeitos aleatórios, pois as estatísticas apresentadas até o momento não fornecem condições suficientes para permitir que os efeitos fixos sejam estimados com consistência dentro de parâmetros de probabilidade confiáveis (SKRONDAL; RABE-HESKETH, 2004). Os resultados do modelo empregado na pesquisa podem ser observados na Tabela 7.

**Tabela 7 - Resultados do modelo de regressão Tobit**

Variável	Coefficiente	P-Valor	Elasticidade	P-Valor	Raiz unitária	P-valor
X <sub>1</sub> - Densidade de economias de água por ligação.	0,3356	0,000*	0,4669	0,000*	13,3754	0,000*
X <sub>2</sub> - Extensão da rede de água por ligação.	-0,0183	0,000*	-0,2748	0,000*	12,2323	0,000*
X <sub>3</sub> - Extensão da rede de esgoto por ligação.	-0,0014	0,1700	-0,0225	0,1800	14,6045	0,000*
X <sub>4</sub> - Índice de produtividade de pessoal total.	0,0001	0,021**	0,3599	0,021**	13,3610	0,000*
X <sub>5</sub> - Controle Privado ou Público.	-0,1336	0,001*	-0,1204	0,001*		
X <sub>6</sub> - Abrangência.	-0,0306	0,3990	-0,0029	0,4140		
Constante	0,8105	0,000*	0,9038	0,000*		
Nº Observações	1.456					
rho (ρ)	72,10					
VIF	1,20					
Teste Jarque-Bera normalidade	67,79	0,000*				
Teste Doornik Hansen normalidade	53,34	0,000*				

Nota: O símbolo \* denota significativa a 1%; \*\* denota significativa a 5%; \*\*\* denota significativa a 10%.  $\rho$  (ρ): variância explicada pelas variáveis. Foi usado o teste de raiz unitária Levin-Lin-Chu, extensão do teste Dickey-Fuller para dados em painel, tendo como H<sub>0</sub>: painel contém raiz unitária. Os testes de normalidade têm como H<sub>0</sub>: distribuição normal. É importante destacar que para os modelos de probabilidade a interpretação da estimativa e do termo constante não faz sentido, sendo mais relevante a análise da elasticidade, para maiores detalhes vide Wooldridge (2002) e Gujarati e Porter (2011). O modelo de elasticidade calcula uma variação em 1% em  $x$  provocará uma variação  $\beta 1\%$  em  $y$ . A interpretação da *Dummy* em modelos tipo elasticidade é a seguinte:  $100*[e^{\beta D} - 1]$  sendo o resultado o efeito marginal em  $y$ .

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi realizado testes de raiz unitária nas variáveis não categóricas, por meio do teste de Levin-Lin-Chu, extensão do teste Dickey-Fuller para dados em painel, rejeitando-se a hipótese nula do teste, o que indica que as séries históricas das variáveis não categóricas utilizadas no modelo são estacionárias.

O modelo não apresentou normalidade dos resíduos, porém, dada a quantidade de observações utilizadas na pesquisa, embasa-se no teorema do limite central para realizar a análise (GUJARATI; PORTER, 2011).

O valor de  $\rho$  foi maior que zero, indicando que os dados não podem ser estimados com modelo de dados empilhados, ou seja, os aspectos temporais são relevantes.

Conforme observa-se pelos resultados reportados na Tabela 08, realizou-se o teste do fator de inflação da variância - VIF (*Variance Inflation Factor*), tendo sido obtido o valor médio de 1,2. Sendo que o valor de referência proposto por Gujarati e Porter (2011) é de até 10, assim, os resultados indicam que o modelo não apresenta problemas de multicolinearidade.

**Tabela 8** - Resultados do teste de *Variance Inflation Factor*

Variável	VIF	1/VIF
X1 - Densidade de economias de água por ligação	1,11	0,900379
X2 - Extensão da rede de água por ligação	1,45	0,687811
X3 - Extensão da rede de esgoto por ligação	1,46	0,686135
X4 - Índice de produtividade de pessoal total (equivalente)	1,11	0,901094
X5 - Abrangência	1,03	0,969832
X6 - Controle	1,05	0,952742
Média VIF	<b>1,20</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se pelos dados dispostos na Tabela 7 que os resultados da regressão mostraram que a variável  $X_1$ : “densidade de economias de água por ligação” apresentou coeficiente de (0,3356333) e  $p$ -value de (0,000), tendo sido estatisticamente significativa ao nível de 1%.

No que concerne às análises e interpretação dos resultados do modelo de regressão, observa-se que o coeficiente de elasticidade da variável “densidade de economias de água por ligação” foi de 0,466, indicando que uma variação percentual positiva em 1% na referida variável, tende, em média, a aumentar a eficiência das entidades no montante equivalente a 0,46%.

Cabe repisar que a densidade de economias de água por ligação representa a quantidade de usuários que são atendidos por cada ligação existente na rede de distribuição do prestador do serviço.

Importante esclarecer que um maior valor para a variável “densidade de economias de água por ligação” está intrinsecamente relacionado ao nível de concentração urbana da região atendida. Nesse sentido, os resultados indicaram que os prestadores de serviços que atuam em áreas que apresentam maior concentração de usuários por cada ligação à rede, tendem, em

média, a serem mais eficientes que os que atuam em áreas com menor valor para o referido indicador.

Considerando-se que os resultados indicam que a densidade de economia de água por ligação é um fator que contribuiu para o nível dos escores da eficiência técnica das empresas, e tendo em vista que tal indicador não é passível de ser gerenciado por parte dos prestadores de serviços, faz-se necessário que, em análises sobre eficiência técnica, os resultados apresentados pelas empresas traduzam, de algum modo, estas características do ambiente de operação.

Nesse sentido, mostra-se oportuno que os modelos utilizados em processos de *benchmarking*, para fins de regulação do setor, incorporem os impactos da densidade de economias de água por ligação sobre o desempenho dos prestadores de serviços.

Os resultados da regressão Tobit em relação à variável “densidade de economias de água por ligação” indicam haver a presença de economia de densidade na prestação dos serviços de abastecimento de água no Brasil.

Destarte, torna-se importante que se busque homogeneizar tais condições do ambiente de operação das empresas, as quais, por sua natureza, alteram os custos de capital da provisão dos serviços, tais como os representados pelos investimentos na construção de redes de distribuição para atender à população que ocupa área de menor concentração urbana.

Outra variável utilizada no modelo de regressão para buscar evidências sobre a presença de economia de densidade nos serviços de abastecimento de água, no país, foi a “extensão da rede de água por ligação”.

Observa-se, pelos dados dispostos na Tabela 7, que os resultados da regressão mostraram que a variável  $X_2$ : “extensão da rede de água por ligação” apresentou coeficiente de (-0,018271) e *p-value* de (0,000), tendo sido estatisticamente significativa ao nível de 1%. Os resultados do coeficiente de elasticidade da referida variável demonstram que um crescimento em 1% na mesma, implica, em média, uma redução da ordem de 0,27% nos escores de eficiência técnica das empresas.

Destaque-se que a correlação negativa entre a variável “extensão da rede de água por ligação” e o escore de eficiência técnica era esperada, pois uma menor extensão da rede de água do prestador de serviços, para cada ligação a ela conectada, significa menor necessidade de investimentos em construção de redes de distribuição para atender aos usuários do serviço, o que, de acordo com a economia de densidade, tende a diminuir os custos por cada conexão à rede.

Desta forma, os resultados indicam que os prestadores localizados em regiões de maior densidade populacional tendem a ser beneficiados pelo menor dispêndio em investimentos em

redes para provisão dos serviços, considerando-se cada unidade consumidora a ser atendida pelo respectivo serviço.

Nesse contexto, os prestadores de serviços que atendem regiões que apresentam uma população mais dispersa espacialmente não poderiam ser considerados menos eficientes por ter que construir maiores extensões de redes para cada usuário a ser atendido.

Desta forma, corroborando as evidências encontradas no modelo de regressão para a variável “densidade de economias de água por ligação”, os resultados da variável “extensão da rede de água por ligação” também mostrou evidências de que a economia de densidade é um fator que não pode ser negligenciado nas análises de *benchmarking* para regulação do setor, pois tais fatores podem impactar o nível de eficiência técnica das empresas, porém, são fatores não gerenciáveis aos prestadores de serviços.

Assim, é importante que os reguladores que utilizam *benchmarking* para fins de regulação econômica ajustem seus modelos para que fatores não gerenciáveis que impactam os custos dos operadores dos serviços, tais como a densidade de clientes, sejam levados em conta para se aferir o nível de desempenho relativo das empresas reguladas.

Nos casos em que os fatores relacionados à densidade deixarem de ser devidamente incorporados aos modelos regulatórios, abre-se a possibilidade de que o prestador de serviços tenha um desempenho de eficiência enviesado em razão do impacto, em suas operações, de condições ambientais. Ressalte-se que um possível viés pode tanto ser favorável como desfavorável à empresa regulada.

Por tudo isso, é necessário que fatores ambientais sejam adequadamente incorporados nos modelos de regulação econômica, com objetivo de que as empresas analisadas em processos de *benchmarking* sejam de fato unidades comparáveis.

Constata-se, conforme Tabela 7, que os resultados da regressão mostraram que a variável  $X_3$ : “extensão da rede de esgoto por ligação” apresentou coeficiente de (-0,0014282) e *p-value* de (0,170), demonstrando que a referida variável não se apresentou estatisticamente significativa.

Assim, em relação à variável  $X_3$ : “extensão da rede de esgoto por ligação”, que foi utilizada na pesquisa para analisar sua possível influência no desempenho das empresas, os resultados evidenciaram que a mesma não se mostrou relevante para explicar os escores de eficiência técnica das empresas da amostra.

É importante frisar que o sinal negativo dessa variável indica que seu crescimento implica em menor eficiência técnica, já que uma maior extensão da rede coletora de esgotos, por cada ligação, demonstra a necessidade de que o prestador de serviços realize maior volume

de investimentos na construção de redes, considerando-se cada unidade usuária a ser atendida pelo serviço.

Em síntese, diferentemente do que indicaram as análises sobre a densidade de clientes nos serviços de abastecimento de água, a densidade no serviço de esgotamento sanitário não se mostrou importante para explicar o nível de eficiência obtido pelas empresas pesquisadas.

Conforme dados constantes na Tabela 7, os resultados da regressão mostraram que a variável **X4**: “índice de produtividade de pessoal total (equivalente)” apresentou coeficiente de (0,0001247) e *p-value* de (0,021), tendo sido, assim, estatisticamente significativa ao nível de 5%.

O coeficiente de elasticidade apresentado pela variável indica que o seu aumento em 1% implica em um crescimento médio da eficiência de, aproximadamente, 0,35%.

O índice de produtividade de pessoal é um importante indicador para a compreensão de que fatores gerenciáveis, como o dimensionamento da força de trabalho, podem impactar no resultado da eficiência técnica das empresas, pois as entidades que dispõem de um maior indicador de produtividade, mensurado por meio do número de ligações em relação a cada empregado, tendem, conforme resultados da pesquisa, a serem também as que apresentam melhores escores de eficiência técnica.

Destaque-se que o índice de produtividade de pessoal total (equivalente) pode ser utilizado pelos reguladores para subsidiar suas análises sobre o nível de custos operacionais eficientes, de modo a incentivar que os operadores dos serviços busquem se aproximar de um indicador de referência, que seja congruente com seu ambiente e escala de operação.

Conforme dados constantes na Tabela 7, os resultados da regressão mostraram que a variável *dummy* **X5**: “abrangência” (local, regional ou microrregional) apresentou coeficiente de (-0,1336347) e *p-value* de (0,001), tendo sido, assim, estatisticamente significativa ao nível de 1%.

Assim, no que tange à variável “abrangência”, observa-se que, em média, uma entidade local apresenta nível de eficiência técnica em montante 13,36% inferior ao das empresas que operam em mais de um município. Tal resultado indica que as empresas que operam em apenas um município, tendem, em média, a serem menos eficientes que as demais.

No que concerne à variável *dummy* **X6**: “controle” (privado ou público), a mesma também não se mostrou relevante para explicar a eficiência das empresas estudadas. Nesse sentido, observa-se que não parece ser relevante para o resultado dos escores de eficiência se a empresa tem controle público ou privado. Caso o fator fosse relevante, as empresas com

controle privado teriam eficiência técnica média 0,28% menor que as empresas que estão sob controle público.

Cabe destacar que somente o quantitativo de 8 (oito) empresas, em uma amostra de 104 (cento e quatro), tinham controle privado, sendo que duas destas passaram por mudança de controle durante a série histórica analisada. Assim, é possível que tal fator apresentou um coeficiente estatisticamente não significativo devido à baixa quantidade de observações de prestadores de serviços com controle privado, que perfizer o montante de 8,37%, se considerado todo o painel.

Outro aspecto que merece relevo é o que diz respeito à necessidade de que as análises sobre um possível impacto decorrente do tipo de controle da entidade devem ser realizadas de maneira bastante criteriosa, de forma a evitar conclusões enviesadas por elementos como a baixa amostra de empresas privadas no grupo pesquisado.

No Quadro 5 é apresentado um sumário dos resultados do modelo Tobit para as variáveis analisadas na pesquisa.

**Quadro 5** – Sumário dos resultados das variáveis explicativas da regressão Tobit

<b>Variável</b>	<b>Descrição da variável</b>	<b>Resultado estatístico</b>
X <sub>1</sub>	Densidade de economias de água por ligação.	Significante a 1%
X <sub>2</sub>	Extensão da rede de água por ligação.	Significante a 1%
X <sub>3</sub>	Extensão da rede de esgoto por ligação.	Insignificante
X <sub>4</sub>	Índice de produtividade de pessoal total (equivalente).	Significante a 5%
X <sub>5</sub>	Abrangência: Local, regional ou microrregional.	Significante a 1%
X <sub>6</sub>	Controle: Privado ou Público.	Insignificante

Fonte: Elaborado pelo autor.

## CAPÍTULO V

### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabe-se que os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário são fatores essenciais para o nível de bem-estar dos indivíduos. Deste modo, a sua provisão adequada é um fator que contribui para o nível de desenvolvimento econômico e social das populações.

Entretanto, no Brasil, no que diz respeito à universalização dos serviços de saneamento básico, observa-se a presença de *déficit* de cobertura de atendimento, principalmente, no que se refere ao serviço de esgotamento sanitário. Além da constatação do fato de que uma parcela dos esgotos coletados no país não passa por qualquer tipo de tratamento.

Outro aspecto que se destaca de maneira negativa no setor é o grau de ineficiência em que o mesmo opera, onde se destacam os elevados índices de perdas de água na distribuição.

Nesse sentido, o desafio de melhorar os níveis de cobertura dos serviços e de eficiência na sua prestação é algo que deve ser enfrentado com o estabelecimento de metas de desempenho e a implantação de mecanismos econômicos de incentivo à eficiência dos prestadores de serviços.

Não obstante o atual marco regulatório nacional do setor preceituar a necessidade de que os prestadores de serviços operem em regime de eficiência, vivencia-se o desafio de criar-se um ambiente regulatório que incentive o ganho de eficiência e promova mecanismos de compartilhamento dos resultados entre os operadores dos sistemas e os usuários.

Nesse contexto, como ferramenta para análises sobre eficiência, tem-se a aplicação de processos de *benchmarking*, em que o desempenho dos prestadores de serviços é mensurado em relação a uma fronteira, onde se localizam as entidades *benchmark* (referência), tendo as demais seu desempenho aferido em relação à distância que se encontram em relação à referida fronteira.

Na presente pesquisa utilizou-se o modelo não paramétrico DEA para mensuração da eficiência técnica relativa dos prestadores de serviços de abastecimento de água ou esgotamento sanitário que operam no Brasil. Em adição, em um segundo estágio de análises, o modelo de regressão Tobit foi utilizado com intuito de verificar evidências sobre se as variáveis independentes, selecionadas nesta pesquisa, contribuem para explicar os resultados do desempenho dos prestadores de serviços analisados.

Ressalta-se que métodos não paramétricos como o DEA não permitem que se façam inferências estatísticas sobre a população. Ademais, cabe salientar que a amostra da pesquisa



não foi selecionada de forma aleatória e que o tamanho da mesma se deu em razão da disponibilidade de informações no SNIS e não por meio de cálculos estatísticos.

Em relação aos resultados da pesquisa, foram encontradas evidências da presença de economia de densidade em relação aos serviços de abastecimento de água, porém, o mesmo resultado não foi obtido para o serviço de esgotamento sanitário.

Outro fator que se apresentou relevante foi o que diz respeito à abrangência de operação, dado que os resultados indicaram que os prestadores de serviços locais são, em média, menos eficientes que os regionais ou microrregionais.

Sabe-se que a metodologia DEA é muito sensível às variáveis utilizadas para estimar a eficiência relativa de um grupo de DMUs. Assim, não obstante a necessidade de que os pesquisadores tenham uma atenção especial na fase de seleção dos *inputs* e *outputs* do modelo, faz-se igualmente necessário que as informações sobre os *inputs* e *outputs* sejam confiáveis para que se obtenha robustez nos resultados encontrados.

Desta maneira, uma das limitações desta pesquisa diz respeito à possibilidade de que as informações extraídas do SNIS contenham distorções relevantes, pois tal base de dados é formada por informações declaratórias apresentadas pelas empresas, sem, contudo, serem submetidas a qualquer processo de auditoria ou certificação, a fim de aumentar o seu grau de confiabilidade. Nesse sentido, os resultados deste trabalho podem ter sido influenciados por informações imprecisas constantes na base do SNIS.

Outro aspecto observado em relação à base do SNIS diz respeito à omissão de algumas informações por parte de prestadores de serviços, em determinados anos, o que acarretou a necessidade de desconsideração dos períodos em que foram observadas omissões de alguma das variáveis utilizadas nesta pesquisa.

Por fim, outra limitação dos resultados da pesquisa é a que concerne ao pressuposto implícito da pesquisa de que os serviços prestados possuem o mesmo nível de qualidade (homogeneidade), o que na prática é algo difícil de ser verificado, pois há empresas que prestam serviços com maior grau de continuidade e com melhor qualidade da água fornecida ou melhor nível de tratamento dos esgotos, dentre outros aspectos que caracterizam diferenças nos serviços prestados.

Assim, a inclusão de variáveis que busquem traduzir o nível de qualidade na prestação dos serviços de água ou esgotamento sanitário pode contribuir para que o prestador de serviços não deprecie a qualidade dos serviços ofertados em prol de lograr obter um melhor escore de eficiência técnica.

Como sugestão para futuras pesquisas é interessante que seja incluído, no modelo de eficiência relativa, aspectos que digam respeito, por exemplo, ao nível de qualidade da água fornecida, à continuidade dos serviços, ao nível de tratamento dos esgotos, dentre outras variáveis que podem indicar diferencial na qualidade dos serviços prestados.

Importante mencionar que se torna oportuno que os entes reguladores se mostrem atentos às variáveis utilizadas nas análises de desempenho relativo, para que os resultados reflitam adequadamente as condições de operação a que estão sujeitos os prestadores de serviços.

Doutro modo, caso os resultados de processos de *benchmarking* contenham vieses relevantes, o seu uso para fins de regulação do setor pode impactar indevidamente a capacidade de prestação dos serviços por parte das entidades reguladas, pois uma possível resposta das empresas à regulação pode ser diminuir a qualidade dos serviços prestados em prol de buscar lograr melhores indicadores de eficiência técnica.

Por tudo isso, acredita-se que os resultados do presente trabalho podem contribuir com as discussões sobre a aplicação de *benchmarking* na regulação do setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário brasileiro. Sendo também um instrumento útil aos estudos para subsidiar a formulação de políticas públicas para o respectivo setor.

Destaque-se que o resultado de processos de *benchmarking*, em modelos de regulação por incentivo de desempenho, deve propiciar um ambiente que incentive os prestadores de serviços a incrementarem continuamente seus níveis de eficiência. Além do fato de que o ganho de eficiência precisa ser equitativamente compartilhado com os usuários.

Por fim, cabe destacar a importância de que o impacto de variáveis ambientais seja adequadamente incorporado aos modelos de avaliação de desempenho relativo, para que os escores eficiência estejam ajustados às condições não gerenciáveis a que estão sujeitos os prestadores de serviços de abastecimento de água ou esgotamento sanitário que operam no Brasil.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. (ANEEL). **Aprimoramento da Metodologia de Revisão Tarifária das Distribuidoras de Energia Elétrica**. Nota Técnica nº 452/2013 – SRE/ANEEL.
- ALBUQUERQUE, B. E.; GRIMALDI, D. da S.; CARVALHO, E. L. M. de; SURLIUGA, L. M. Um índice de competitividade ao nível da firma: uma proposta baseada em Análise Envoltória de Dados. **Revista do BNDES**40, p. 115-160, 2013.
- ALEGRE, H.; BAPTISTA, J. M.; CABRERA JÚNIOR; E.; CUBILLO, F.; DUARTE, P.; HIRNER, W.; PARENA, R. **Performance Indicators for Water Supply Services**, IWA Publishing, Second Edition, 2006.
- ALEGRE, H.; COELHO, S. T.; ALMEIDA, M. do C.; VIEIRA, Paula. Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição. **Série guias técnicos**, v. 3, 2005.
- ALSHARIF, K.; FERROZ, E. H.; KLEMER, A.; RAAB, R.. Governance of water supply systems in the Palestinian Territories: A data envelopment analysis approach to the management of water resources. **Journal of Environmental Management**, v. 87, n. 1, p. 80-94, 2008.
- ANDRADE, M. E. M. C.; MARTINS, E. Desafios na política pública de mensuração dos ativos para a formação das tarifas no setor elétrico: alguém deve ser beneficiado e alguém deve ser sacrificado? **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 28, n. 75, p. 344-360, 2017.
- ANWANDTER, L.; OZUNA, T. J. Can public sector reforms improve the efficiency of public water utilities?. **Environment and Development Economics**, v. 7, n. 4, p. 687-700, 2002.
- ARAÚJO, J. L. R. H. de. Modelos de formação de preços na regulação de monopólios. **Econômica**, v. 3, n. 1, p. 35-66, 2001.
- ARMSTRONG, Mark; COWAN, Simon; VICKERS, John. **Regulatory reform: economic analysis and British experience**. MIT Press, 1994.
- AUBERT, C.; REYNAUD, A. The impact of regulation on cost efficiency: an empirical analysis of Wisconsin water utilities. **Journal of Productivity Analysis**, v. 23, n. 3, p. 383-409, 2005.
- AVERCH, H.; JOHNSON, L. L. Behavior of the firm under regulatory constraint. **The American Economic Review**, v. 52, n. 5, p. 1052-1069, 1962.
- BADIN, N. T.. **Avaliação da produtividade de supermercados e seu benchmarking**. 1997. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- BALDWIN, R.; CAVE, M.; LODGE, M. **Understanding Regulation: Theory, Strategy, and Practice**. Second Edition. New York: Oxford University Press, 2012.
- BANKER, R.D., COOPER, W.W., SEIFORD, L.M.; ZHU, J. **Returns to scale in DEA**. In: Cooper, W.W., Seiford, L.M., Zhu, J. (Eds.). **Handbook on Data Envelopment Analysis**. Springer Science & Business Media: New York, 2011.

BARBOSA, A.; LIMA, S. C. de; BRUSCA, I. Governance and efficiency in the Brazilian water utilities: a dynamic analysis in the process of universal access. **Utilities Policy**, v. 43, p. 82-96, 2016.

BAUER, P. W.; BERGER, A. N.; FERRIER, G. D.; HUMPHREY, D. B. Consistency conditions for regulatory analysis of financial institutions: a comparison of frontier efficiency methods. **Journal of economics and business**, v. 50, n. 2, p. 85-114, 1998.

BAUMOL, W. J.; BAILEY, E. E.; WILLIG, R. D. Weak invisible hand theorems on the sustainability of multiproduct natural monopoly. **The American Economic Review**. v. 67, n. 3, p. 350-365, 1977.

BERG, Sanford; LIN, Chen. Consistency in performance rankings: the Peru water sector. **Applied Economics**, v. 40, n. 6, p. 793-805, 2008.

BESANKO, D. A.; BRAEUTIGAM, R. R. **Microeconomics**. 5th Edition. New York, United States of America: Wiley, 2014.

BHATTACHARYYA, A.; HARRIS, T. R.; NARAYANAN, R.; RAFFIEE, K.. Specification and estimation of the effect of ownership on the economic efficiency of the water utilities. **Regional science and urban Economics**, v. 25, n. 6, p. 759-784, 1995.

BINENBOJM, G. Agências Reguladoras Independentes e Democracia no Brasil. **Revista de Direito Administrativo**. Rio de Janeiro, v. 240, p. 147-165, abr/jun 2005.

BOENTE, D. R. **Eficiência das distribuidoras de energia elétrica**. 2016. 298 f. Tese (Doutorado em Ciências Contábeis) – Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2016.

BOGETOFT, P.. DEA-based yardstick competition: the optimality of best practice regulation. **Annals of Operations Research**, v. 73, p. 277-298, 1997.

\_\_\_\_\_.; NIELSEN, K. DEA based yardstick competition in natural resource management. *In: Recent Accomplishments in Applied Forest Economics Research*. Springer Netherlands, p. 103-125, 2003.

\_\_\_\_\_.; OTTO, L. **Benchmarking with DEA, SFA, and R**. Springer, New York, 2011.

\_\_\_\_\_.; OTTO, L. **Benchmark and Frontier Analysis Using DEA and SFA**. Version 0.27, Disponível em: <<ftp://sunsite2.icm.edu.pl/packages/cran/web/packages/Benchmarking/Benchmarking.pdf>>2018. Acesso em 01.11.2018.

BONTES, A. G. Tarifas e Subsídios dos Serviços de Saneamento Básico. *In* PHILIPPI JÚNIOR, A. (Coord), A. **Gestão do Saneamento básico: abastecimento e água e esgotamento sanitário**. Barueri, São Paulo: Manole, 2012.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. 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: 20 jan. de 2018.

\_\_\_\_\_. Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. **Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal**,

e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L8987cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8987cons.htm) Acesso em: 28 fev. de 2018.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996. **Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9427compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9427compilada.htm) Acesso em: 15 jul. de 2018.

\_\_\_\_\_. Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2005/Lei/L11107.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11107.htm) Acesso em: 01 março de 2019.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. **Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências.** Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7217.htm) Acesso em: 20 jan. de 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016.** 220 p. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS.** Glossário de Informações - Água e Esgotos. 73 p. Brasília, 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. **Guia de Auditoria e Certificação das Informações do SNIS.** Agosto de 2017. Disponível em [http://www.snis.gov.br/downloads/arquivos/Guia\\_de\\_Auditoria\\_e\\_Certificacao\\_das\\_Informacoes\\_do\\_SNIS.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/arquivos/Guia_de_Auditoria_e_Certificacao_das_Informacoes_do_SNIS.pdf) > Acesso em: 28-02-2019.

BRITTO, Ana Lúcia. (cord.). Panorama do saneamento básico no Brasil: Avaliação político-institucional do setor de saneamento básico. Volume IV. **Brasília: Ministério das Cidades**, 2011.

BROWN, Ashley C.; STERN, Jon; TENENBAUM, Bernard. **Handbook for evaluating infrastructure regulatory systems.** The World Bank, 2006.

BROWN, R. Mismanagement or mismeasurement? Pitfalls and protocols for DEA studies in the financial services sector. **European Journal of Operational Research**, v. 174, p. 1100–1116, 2006.

BRUNEKREEFT, Gert. Electricity economics: Regulation and deregulation. **Journal of Economic Literature**, v. 42, n. 3, p. 868, 2004.

BYRNES, J.; CRASE, L.; DOLLERY, B.; VILLANO, R.. The relative economic efficiency of urban water utilities in regional New South Wales and Victoria. **Resource and Energy Economics**, v. 32, n. 3, p. 439-455, 2010.

CABRERA JUNIOR, E.; ESTRUCH-JUAN, E.; MOLINOS-SENANTE, M. Adequacy of DEA as a regulatory tool in the water sector. The impact of data uncertainty. **Environmental Science & Policy**, v. 85, p. 155-162, 2018.

CARMO, C. M. do. **Avaliação da eficiência técnica das empresas de saneamento brasileiras utilizando a metodologia DEA**. 2003. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

CARVALHO, A. E. C.. **O impacto da regulação sobre a eficiência dos prestadores de serviços de água e esgoto no Brasil**. 2017. 204 f. Tese (Doutorado em Administração) - Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

CARVALHO, A. E. C.; SAMPAIO, L. M. B.. Paths to universalize water and sewageservices in Brazil: The role of regulatory authorities in promoting efficient service. **Utilities Policy**, v. 34, p. 1-10, 2015.

CARVALHO, A. O; ADAS, C. C. Políticas Estudais de Saneamento Básico na ótica da Lei nº 11.445/2007. In: PHILIPPI JÚNIOR, A; GALVÃO JÚNIOR, A. de C. (Org). **Gestão do Saneamento básico: abastecimento e água e esgotamento sanitário**. Barueri, São Paulo: Manole, 2012.

CARVALHO, P.; MARQUES, R. Cunha. The influence of the operational environment on the efficiency of water utilities. **Journal of environmental management**, v. 92, n. 10, p. 2698-2707, 2011.

CASTRO, C. E. T. de; **Avaliação da Eficiência Gerencial de Empresas de Água e Esgotos Brasileiras por meio da Envoltória de Dados (DEA)**. 2003. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

CHAMBERS, R. G.; FÄRE, R.; JAENICKE, E.; LICHTENBERG, E.. Using dominance in forming bounds on DEA models: The case of experimental agricultural data. **Journal of Econometrics**, v. 85, n. 1, p. 189-203, 1998.

CHENG, G.; ZERVOPOULOS, P.; QIAN, Z. A variant of radial measure capable of dealing with negative inputs and outputs in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 225, n. 1, p. 100–105, 2013.

CHRISTODOULOU, S. E. Water resources conservancy and risk reduction under climatic instability. **Water Resources Management**, v. 25, n. 4, p. 1059-1062, 2011.

COELLI, T.; WALDING, S. Performance Measurement in the Australian Water Supply. Centre for Efficiency and Productivity Analysis. **Working Paper Series** nº 01/2005. School of Economics University of Queensland, June 2005.

CONNOR, Richard; KONCAGÜL, Engin. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. Programa Mundial das Nações Unidas para Avaliação do Recurso Hídricos. Gabinete do Programa de Avaliação Global da água. Divisão de Ciências Hídricas. UNESCO, 2015.

COOK, W. D.; TONE, K.; ZHU, J. Data envelopment analysis: Prior to choosing a model. **Omega**, v. 44, p. 1-4, 2014.

COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M.; ZHU, J., (Eds) **Handbook on Data Envelopment Analysis**. Springer Science & Business Media: New York. 2011.

CORTON, Maria L.; BERG, Sanford V. Benchmarking central American water utilities. **Utilities Policy**, v. 17, n. 3-4, p. 267-275, 2009.

CRUZ, N. F. da; MARQUES, R. C.; ROMANO, G.; GUERRINI, A.. Measuring the efficiency of water utilities: a cross-national comparison between Portugal and Italy. **Water policy**, v. 14, n. 5, p. 841-853, 2012.

CUBBIN, J.; TZANIDAKIS, G. Regression versus data envelopment analysis for efficiency measurement: an application to the England and Wales regulated water industry. **Utilities policy**, v. 7, n. 2, p. 75-85, 1998.

CUÉLLAR, L. **As agências reguladoras e seu poder normativo**. São Paulo: Dialética, 2001.

DANVA. Water in Figures 2014. DANVA Benchmarking 2014 - Process and Statistics. Disponível em: <<https://www.dk-export.com/media/1329470/facts-and-figures-on-danish-water-2015-danva-benchmarking.pdf>> Acesso em 05 de setembro de 2018.

DONG, X.; DU, X.; LI, K.; ZENG, S.; BLEDSOE, B. P.. Benchmarking sustainability of urban water infrastructure systems in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 170, p. 330-338, 2018.

ERBETTA, F.; CAVE, M. *Regulation and efficiency incentives: Evidence from the England and Wales water and sewerage industry*. **Review of Network Economics**, v. 6, n. 4, 2007.

FARSI, M.; FILIPPINI, M.; GREENE, W.. Application of panel data models in benchmarking analysis of the electricity distribution sector. **Annals of Public and cooperative Economics**, v. 77, n. 3, p. 271-290, 2006.

FELLOWS, G. Kent. The capital structure of a firm under rate of return regulation: durability and the yield curve. **Journal of Regulatory Economics**, v. 47, n. 3, p. 273-299, 2015.

FERNANDES, F. da S.; STASINAKIS, C.; BARDAROVA, V.. Two-stage DEA-Truncated Regression: Application in banking efficiency and financial development. **Expert Systems with Applications**, v. 96, p. 284-301, 2018.

FERRO, G.; LENTINI, E. J.; MERCADIER, A. C.; ROMERO, C. A.. Efficiency in Brazil's water and sanitation sector and its relationship with regional provision, property and the independence of operators. **Utilities Policy**, v. 28, p. 42-51, 2014.

FREITAS, V. V. **Controle e Redução de Perdas em Sistemas de Distribuição de Água: Contribuição na Preservação dos Mananciais de São Paulo**. 2010. 156 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2010.

FRIED, H. O.; LOVELL, C. A. Knox; SCHMIDT, S. S. (ed.). **The measurement of productive efficiency and productivity growth**. Oxford University Press, 2008.

GALVÃO JÚNIOR, A. de C. **Regulação e universalização dos serviços de água e esgoto: estudo do Nordeste brasileiro**. 2008. 202 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública Universidade de São Paulo, 2008.

- GALVÃO JÚNIOR, A. de C.; PAGANINI, W. da S. Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 79-88, 2009.
- GASPARINI, C. E. **Uma análise da eficiência na provisão de serviços públicos municipais no estado de Pernambuco**. 2000. 103 f. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2000.
- GOLANY, B.; ROLL, Y. An application procedure for DEA. **Omega**, v. 17, n. 3, p. 237-250, 1989.
- GÓMEZ, T.; GÉMAR, G.; MOLINOS-SENANTE, M.; SALA-GARRIDO, R.; CABALLERO, R.. Assessing the efficiency of wastewater treatment plants: A double-bootstrap approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 164, p. 315-324, 2017.
- GREENE, W. H. *Econometric Analysis*. 6. ed. New York: Prentice Hall, 2008.
- GRIFELL-TATJÉ, Emili; LOVELL, CA Knox. The sources of productivity change in Spanish banking. **European Journal of Operational Research**, v. 98, n. 2, p. 364-380, 1997.
- GUASCH, J. L.; SPILLER, P.. **Managing the regulatory process: design, concepts, issues, and the Latin America and Caribbean story**. The World Bank, 1999.
- GUERRINI, A.; ROMANO, G.; CAMPEDELLI, B.. Economies of scale, scope, and density in the Italian water sector: a two-stage data envelopment analysis approach. **Water Resources Management**, v. 27, n. 13, p. 4559-4578, 2013.
- GUERRINI, A.; ROMANO, G.; INDIPENDENZA, A.. Energy efficiency drivers in wastewater treatment plants: a double bootstrap DEA analysis. **Sustainability**, v. 9, n. 7, p. 1126, 2017.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Basic Econometrics**. 5. ed. New York: McGraw Hill, 2011.
- HILLMAN, Jordan J.; BRAEUTIGAM, Ronald. **Price level regulation for diversified public utilities: an assessment**. *Série: Topics in regulatory economics and policy*. Kluwer Academic Publishers, 1989.
- HON, L. Y.; BOON, T. H.; LEE, C.. Technical efficiency in the Malaysian water sector: A stochastic frontier approach. **The Journal of Developing Areas**, v. 50, n. 3, p. 149-165, 2016.
- HONKAPURO, Samuli. **Performance Benchmarking and Incentive Regulation - Considerations of Directing Signals for Electricity Distribution Companies**. (Tese de doutorado) 216 p. Thesis, Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta, Finland. 2008.
- HU, Jin-Li; WANG, Shih-Chuan; YEH, Fang-Yu. Total-factor water efficiency of regions in China. **Resources Policy**, v. 31, n. 4, p. 217-230, 2006.
- HUANG, Mei-Ying; JUO, Jia-Ching; FU, Tsu-Tan. Metafrontier cost Malmquist productivity index: an application to Taiwanese and Chinese commercial banks. **Journal of Productivity Analysis**, v. 44, n. 3, p. 321-335, 2015.



IBNET. The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities. <https://www.ib-net.org/benchmarking-methodologies/checklist/sensitivity-test/>, acesso em 19-09-2018.

JOSKOW, P. L. Regulation of natural monopoly. **Handbook of law and economics**, v. 2, p. 1227-1348, 2007.

JOURAVLEV, A. **Acceso a la información: una tarea pendiente para la regulación Latino Americana**. Santiago do Chile: Cepal, 2003.

LARSON, R.; FARBER, B. **Estatística Aplicada**. 2º ed. São Paulo: Prentice Hall, 2007.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L. D.; OLIVEIRA, S. V. W. B. D.. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, v. 45, n. 2, p. 331-348, 2011.

LIGARDA, J.; ÑACCHA, M. La eficiencia de las organizaciones de salud a través del análisis envolvente de datos: Microrredes de la Dirección de Salud IV Lima Este 2003. *In: Anales de la Facultad de Medicina*. UNMSM. Facultad de Medicina, 2006. p. 142-151.

LIN, Boqiang; ZHAO, Hongli. Technology gap and regional energy efficiency in China's textile industry: a non-parametric meta-frontier approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 21-28, 2016.

LONGO, S.; HOSPIDO, A.; LEMA, J. M.; MAURICIO-IGLESIAS, M.. A systematic methodology for the robust quantification of energy efficiency at wastewater treatment plants featuring Data Envelopment Analysis. **Water research**, v. 141, p. 317-328, 2018.

MADEIRA, R. F. O setor de saneamento básico no Brasil e as implicações do marco regulatório para universalização do acesso. **Revista do BNDES, Rio de Janeiro**, n. 33, p. 123-154, 2010.

MARDANI, A.; ZAVADSKAS, E. K.; STREIMIKIENE, D.; JUSOH, A.; KHOSHNOUDI, M.. A comprehensive review of data envelopment analysis (DEA) approach in energy efficiency. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2016.

MARQUES, Rui Cunha. **Regulação de Serviços Públicos**. Lisboa: Edições Sílabo, 2005.

MARQUES, Rui Cunha. A yardstick competition model for Portuguese water and sewerage services regulation. **Utilities Policy**, v. 14, n. 3, p. 175-184, 2006.

MATTOS, P. (cord.). **Regulação Econômica e democracia: o debate norte-americano**. ed. 34. São Paulo: 2004.

MELO, J. A. M. de; JORGE NETO, P. de M. Bem-estar social, regulação e eficiência no setor de saneamento básico. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 41, n. 4, p. 763-780, 2010.

MOLINOS-SENANTE, M.; GUZMÁN, C.. Benchmarking energy efficiency in drinking water treatment plants: Quantification of potential savings. **Journal of Cleaner Production**, v. 176, p. 417-425, 2018.

\_\_\_\_\_.; MAZIOTIS, A.; SALA-GARRIDO, R.. Estimating the cost of improving service quality in water supply: a shadow price approach for England and Wales. **Science of the Total Environment**, v. 539, p. 470-477, 2016.

\_\_\_\_\_.; HERNÁNDEZ-SANCHO, F., MOCHOLÍ-ARCE, M.; SALA-GARRIDO. Economic and environmental performance of wastewater treatment plants: Potential reductions in greenhouse gases emissions. **Resource and Energy Economics**, v. 38, p. 125-140, 2014.

MOTTA, R. S. da; MOREIRA, A. R. B. **Eficiência e regulação no setor saneamento no Brasil**. Textos para Discussão nº 1059. Rio de Janeiro: IPEA, 2004.

MOTTA, R. S. da; MOREIRA, A.. Efficiency and regulation in the sanitation sector in Brazil. **Utilities Policy**, v. 14, n. 3, p. 185-195, 2006.

NAUGES, C.; BERG, Caroline van den. Economies of density, scale and scope in the water supply and sewerage sector: a study of four developing and transition economies. **Journal of Regulatory Economics**, v. 34, n. 2, p. 144-163, 2008.

NILLESEN, P. H.L.; POLLITT, M. G. The 2001-3 electricity distribution price control review in the Netherlands: regulatory process and consumer welfare. **Journal of Regulatory Economics**, v. 31, n. 3, p. 261-287, 2007.

OGUS, A. I. **Regulation: Legal form and economic theory**. Hart Publishing Oxford and Portland, Oregon, 2004.

OHIRA, T. H.; MARQUES, R. C. Eficiência dos Modelos de Gestão de Saneamento Básico. In PHILIPPI JÚNIOR (Coord), A. **Gestão do Saneamento básico: abastecimento e água e esgotamento sanitário**. Barueri, São Paulo: Manole, 2012.

OLIVEIRA, A. F. de. **Regulação econômica incentivada: uma análise do ganho de produtividade na distribuição de energia elétrica**. 212 f. Tese (Doutorado em Ciências Contábeis). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Programa Multi-institucional e Inter-Regional de Pós-graduação em Ciências Contábeis. Natal, RN, 2018.

OLIVEIRA, J. A. de. **Regulação por incentivos e a evolução da eficiência e produtividade das empresas do setor de transmissão de energia no Brasil**. 2017. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2017.

PANZAR, J. C.; WILLIG, R. D. Economies of scope. **The American Economic Review**, v. 71, n. 2, p. 268-272, 1981.

PARADI, J. C.; REESE, D. N.; ROSEN, D. Applications of DEA to measure the efficiency of software production at two large Canadian banks. **Annals of Operation Research**, v. 73, p. 91-115, 1997.

PAWSEY, N.; ANANDA, J.; HOQUE, Z.. Rationality, accounting and benchmarking water businesses: An analysis of measurement challenges. **International Journal of Public Sector Management**, v. 31, n. 3, p. 290-315, 2018.

PERTEL, M.. **Experimentos Hidráulicos Conjugados ao Uso de Indicadores de Desempenho Aplicados à Quantificação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água**

**no Brasil**. 2014. 218 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

PHILIPPI JÚNIOR, A.; GALVÃO JÚNIOR, A de. **Gestão do saneamento básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Barueri-SP: Manole, 2012.

PICAZO-TADEO, A. J.; SÁEZ-FERNÁNDEZ, F. J.; GONZÁLEZ-GÓMEZ, F.. Does service quality matter in measuring the performance of water utilities?. **Utilities Policy**, v. 16, n. 1, p. 30-38, 2008.

PICAZO-TADEO, A. J.; GONZÁLEZ-GÓMEZ, F.; SÁEZ-FERNÁNDEZ, F. J. Accounting for operating environments in measuring water utilities' managerial efficiency. **The Service Industries Journal**, v. 29, n. 6, p. 761-773, 2009.

PINHEIRO, T. M. M. **Regulação por incentivo à qualidade: comparação de eficiência entre distribuidoras de energia elétrica no Brasil**. 2012. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2012.

PINTO JÚNIOR, H. Q. (org). **Economia da energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

PIRES, J. C. L.; PICCININI, M. S. **A regulação dos setores de infra-estrutura no Brasil**. In: GIAMBIAGI, F., MOREIRA, M. (orgs.). **A Economia Brasileira nos Anos 90**. Rio de Janeiro: BNDES, 1999.

PIRES, J.C.L.; PICCININI, M. S. **Mecanismos de regulação tarifária do setor elétrico: A experiência internacional e o caso brasileiro**. Textos para Discussão nº 64. BNDES, 1998.

PORTELLA, V. R.; SANTOS, R. R. dos; BORBA, J. A.. Eficiência dos investimentos das prestadoras de serviço de saneamento dos municípios de Santa Catarina. **Revista de Contabilidade da UFBA**, v. 12, n. 2, p. 42-59, 2018.

POSSAS, M. L.; PONDE, J. L.; FAGUNDES, J.. Regulação da Concorrência nos Setores de Infra-estrutura no Brasil: elementos para um quadro conceitual. **Infra-Estrutura: perspectivas de reorganização**, 1997.

RAMALHO, E. A.; RAMALHO, J. J. S.; HENRIQUES, P. D. Fractional regression models for second stage DEA efficiency analyses. **Journal of Productivity Analysis**, n. 34, Jun, p. 239–255, 2010.

RAY, S. C. Resource-use efficiency in public schools: A study of Connecticut data. **Management Science**, v. 37, n. 12, p. 1620-1628, 1991.

REN, C.; LI, R.; GUO, P.. Two-Stage DEA Analysis of Water Resource Use Efficiency. **Sustainability**, v. 9, n. 1, p. 52, 2016.

RENZETTI, S.; DUPONT, D. P. Measuring the technical efficiency of municipal water suppliers: the role of environmental factors. **Land Economics**, v. 85, n. 4, p. 627-636, 2009.

RIBEIRO, L. C. L. J.; ANDRADE, J. G. P. de; ZAMBON, A. G. Gestão de sistema de abastecimento de água através de ações para redução de perdas. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 8, n. 1, 2017.

ROMANO, G.; GUERRINI, A.. Measuring and comparing the efficiency of water utility companies: a data envelopment analysis approach. **Utilities Policy**, v. 19, n. 3, p. 202-209, 2011.

\_\_\_\_\_.; GUERRINI, A.; VERNIZZI, S.. Ownership, investment policies and funding choices of Italian water utilities: an empirical analysis. **Water Resources Management**, v. 27, n. 9, p. 3409-3419, 2013.

\_\_\_\_\_.; MOLINOS-SENANTE, M.; GUERRINI, A.. Water utility efficiency assessment in Italy by accounting for service quality: An empirical investigation. **Utilities Policy**, v. 45, p. 97-108, 2017.

\_\_\_\_\_.; SALVATI, N.; GUERRINI, A.. Governance, strategy and efficiency of water utilities: the Italian case. **Water Policy**, v. 20, n. 1, p. 109-126, 2018.

SAAL, D. S.; PARKER, D.. The impact of privatization and regulation on the water and sewerage industry in England and Wales: a translog cost function model. **Managerial and Decision Economics**, v. 21, n. 6, p. 253-268, 2000.

SALGADO, L. H. **Agências regulatórias na experiência brasileira: um panorama do atual desenho institucional**. (Texto para Discussão, 941). IPEA, 2003.

SAMPAIO, L. M. B. **Eficiência das Usinas Hidrelétricas Brasileiras: uma abordagem utilizando o método DEA**. 2001. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, 2001.

SAMPAIO, B.; SAMPAIO, Y.. Influências políticas na eficiência de empresas de saneamento brasileiras. **Economia Aplicada**. v. 11, n. 3, p. 369-386, 2007.

SCRIPTORE, J. S.; TONETO JÚNIOR, R. A estrutura de provisão dos serviços de saneamento básico no Brasil: uma análise comparativa do desempenho dos provedores públicos e privados. **Revista de Administração Pública-RAP**, v. 46, n. 6, 2012.

SHARKEY, W. W. **The Theory of Natural Monopoly**. Cambridge University Press, 1982.

SHARKEY, W. W. **The theory of natural monopoly**. New York: Cambridge University Press, 2008.

SHLEIFER, A. A theory of yardstick competition. **The RAND Journal of Economics**, p. 319-327, 1985.

SILVA, Â. H. L. da. **Mensuração da produtividade relativa para o setor de distribuição de energia elétrica nacional inserida no cálculo do fator X**. 2006. 93 f. Dissertação (Mestrado em Economia). Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SKRONDAL, A.; RABE-HESKETH, S. **Generalized latent variable modeling: Multilevel, longitudinal, and structural equations models**. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2004.

SOARES. J. F. **Teorias econômicas de regulação: Grupos de interesses, procura de renda e aprisionamento**. Lisboa: Instituto Piaget, 2007.

SOUKOPOVÁ, J.; MALÝ, I. Competitive environment in waste management and its impact on municipal expenditures. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v. 61, n. 4, p. 1113-1119, 2013.

SOUZA, D. P. H. de. **Avaliação de métodos paramétricos e não paramétricos na análise da eficiência da produção de leite**. 2003. 136 f. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba-SP, 2003.

SOUZA, M. G. N.. **Avaliação da Eficiência Energética Usando Análise Envoltória de Dados: Aplicação aos países em desenvolvimento**. 2012. 177 f. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. São Paulo, 2012.

STOCK, J. H.; WATSON, M. W. **Econometria**. São Paulo: Addison Wesley, 2004.

STORTO, Corrado Io. Are public-private partnerships a source of greater efficiency in water supply? Results of a non-parametric performance analysis relating to the Italian industry. **Water**, v. 5, n. 4, p. 2058-2079, 2013.

SUÁREZ-VARELA, M.; MARTINEZ-ESPINEIRA, R.; GONZÁLEZ-GÓMEZ, F.. An analysis of the price escalation of non-linear water tariffs for domestic uses in Spain. **Utilities Policy**, v. 34, p. 82-93, 2015.

SUEYOSHI, T.; GOTO, M.; OMI, Y. Corporate governance and firm performance: Evidence from Japanese manufacturing industries after the lost decade. **European Journal of Operational Research**, v. 203, n. 3, p. 724-736, 2010.

TAILLARD, Eric. Benchmarks for basic scheduling problems. **European Journal of Operational Research**, v. 64, n. 2, p. 278-285, 1993.

TARDELLI FILHO, J.. Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. **Revista DAE**, v. 64, n. 201, p. 6-20, 2016.

THANASSOULIS, Emmanuel. The use of data envelopment analysis in the regulation of UK water utilities: water distribution. **European Journal of Operational Research**, v. 126, n. 2, p. 436-453, 2000.

TRATA BRASIL. **Perdas de água 2018 (SNIS 2016): desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico**. São Paulo, 2018. Disponível em <<http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/perdas-2018/estudo-completo.pdf>> . Acesso em: 10-09-2018.

TUPPER, H. C.; RESENDE, M. Efficiency and regulatory issues in the Brazilian water and sewage sector: an empirical study. **Utilities Policy**, v. 12, n. 1, p. 29-40, 2004.

TUROLLA, F.A.; OHIRA, T.H.; LIMA, M.F.F. Aspectos econômicos da normatização dos serviços de água e esgoto. *In*: GALVÃO JÚNIOR, A. C.; XIMENES, M. M. A. F. (orgs.). **Regulação: Normatização da prestação de serviços de água e esgoto**. Fortaleza: Associação Brasileira de Agências de Regulação – ABAR, 2008.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: Uma abordagem moderna**. 9 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

VISCUSI, W. K.; JOSEPH E. HARRINGTON, J.; VERNON, J. M. **Economics of Regulation and Atitrust**. 4th. ed. Cambridge, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2005.

WANG, Q.; ZHANG, H.; ZHANG, W.. A Malmquist CO2 emission performance index based on a metafrontier approach. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 58, n. 5-6, p. 1068-1073, 2013.

WITTE, K. de; MARQUES, R. C. Designing performance incentives, an international benchmark study in the water sector. **Central European Journal of Operations Research**, v. 18, n. 2, p. 189-220, 2010.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory econometrics: a modern approach**. 2. ed. [s.l.] MIT Press, 2002.

WORTHINGTON, A.; DOLLERY, B.. Allowing for nondiscretionary factors in data envelopment analysis: a comparative study of NSW local government. **Working Paper Series in Economics**. Dezembro de 1999. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/228786588/download>> Acesso em 16-09-2018.

## APÊNDICES

**Apêndice A** - Relação das empresas que compõem a amostra da pesquisa, o escore médio no período de 2003 a 2016 e a classificação geral com base no desempenho médio.

Código no SNIS	Nome do prestador de serviços	Média do DEA	Classificação
33033011	Águas de Niterói S/A	1,0000	1
25075000	Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba	1,0000	1
35503000	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo	1,0000	1
33045500	Companhia Estadual de Águas e Esgotos	1,0000	1
43149000	Companhia Rio-Grandense de Saneamento	1,0000	1
35434011	Departamento de Água e Esgotos de Ribeirão Preto	1,0000	1
31702011	Departamento Municipal de Água e Esgoto	1,0000	1
43149011	Departamento Municipal de Água e Esgotos	1,0000	1
32023011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	1,0000	1
32031011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	1,0000	1
31187011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	1,0000	1
23055011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Iguatu	1,0000	1
43134011	Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo	1,0000	1
31035011	Superintendência de Água e Esgoto	1,0000	1
15014000	Companhia de Saneamento do Pará	0,9987	15
23076011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	0,9982	16
31569011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sacramento	0,9966	17
27043000	Companhia de Saneamento de Alagoas	0,9964	18
23044000	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	0,9947	19
33039011	Águas do Imperador S/A	0,9944	20
22110000	Águas e Esgotos do Piauí S/A	0,9933	21
35551011	Prefeitura Municipal de Tupi Paulista	0,9930	22
31062000	Companhia de Saneamento de Minas Gerais	0,9907	23
11002000	Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia	0,9892	24
35498011	Serviço Municipal Autônomo de Água e Esgoto	0,9725	25
41069000	Companhia de Saneamento do Paraná	0,9720	26
35028011	Soluções Ambientais de Araçatuba S.A.	0,9708	27
41268011	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto	0,9686	28
26116000	Companhia Pernambucana de Saneamento	0,9685	29
31367011	Companhia de Saneamento Municipal	0,9631	30
31713011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	0,9582	31
29184011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Juazeiro	0,9552	32
29274000	Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A.	0,9536	33
29148011	Empresa Municipal de Água e Saneamento Ambiental S/A	0,9528	34
41127011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	0,9430	35
35522011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	0,9424	36
24081000	Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte	0,9421	37
42054000	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento	0,9339	38
32032011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Linhares	0,9295	39
32015012	Serviço Colatinense de Meio Ambiente e Saneamento Ambiental	0,9285	40
23129011	Serviço de Água e Esgoto de Sobral	0,9272	41
21113000	Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão	0,9224	42
35188011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	0,9215	43
35478011	Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André	0,9134	44
35488011	Departamento de Água e Esgoto de São Caetano do Sul	0,9066	45
51076011	Serviço de Saneamento Ambiental de Rondonópolis	0,9057	46
35128011	Prefeitura Municipal de Cosmópolis	0,8941	47
31277011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	0,8925	48
35259011	DAE S/A - Água e Esgoto	0,8918	49

Código no SNIS	Nome do prestador de serviços	Média do DEA	Classificação
29039011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	0,8880	50
32028011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	0,8880	51
33063011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Volta Redonda	0,8866	52
43187011	Serviço Municipal de Água e Esgotos	0,8844	53
35373011	Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Penápolis	0,8808	54
53001000	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal	0,8765	55
33004011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Barra Mansa	0,8663	56
33010011	Águas do Paraíba S/A	0,8587	57
17210000	Companhia de Saneamento do Tocantins	0,8511	58
35055011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Barretos	0,8492	59
35307011	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Mogi Guaçu	0,8429	60
31479011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	0,8390	61
35144011	Empresa de Desenvolvimento, Água, Esgoto e Pavimentação de Dracena	0,8332	62
35269011	BRK Ambiental - Limeira S.A.	0,8270	63
43051011	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto	0,8238	64
50076911	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	0,8151	65
35016011	Departamento de Água e Esgoto de Americana	0,7943	66
31521011	Departamento Municipal de Água, Esgoto e Saneamento	0,7833	67
51034011	CAB Cuiabá	0,7787	68
28003000	Companhia de Saneamento de Sergipe	0,7758	69
42036011	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto	0,7740	70
43144011	Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas	0,7518	71
52087000	Saneamento de Goiás S/A	0,7505	72
35387011	Serviço Municipal de Água e Esgoto	0,7420	73
43016011	Departamento de Água e Esgoto de Bagé	0,7418	74
35032011	Departamento Autônomo de Água e Esgotos	0,7414	75
35290011	Departamento de Água e Esgoto de Marília	0,7378	76
14001000	Companhia de Águas e Esgotos de Roraima	0,7311	77
32012011	BRK Ambiental - Cachoeiro de Itapemirim S.A.	0,7288	78
50027000	Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul S/A	0,7269	79
35439011	Departamento Autônomo de Água e Esgoto	0,7228	80
35489011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	0,7211	81
31342011	Superintendência de Água e Esgotos de Ituiutaba	0,7166	82
31439011	Departamento Municipal de Saneamento Urbano	0,7138	83
42090011	Serviço Intermunicipal de Água e Esgoto	0,7113	84
31322011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	0,7017	85
35562011	Departamento de Águas e Esgotos de Valinhos	0,7009	86
42150011	Serviço Autônomo de Saneamento Básico	0,6979	87
35347011	Superintendência de Água e Esgoto de Ourinhos	0,6923	88
31338011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	0,6917	89
35205011	Serviço Autônomo de Água e Esgotos	0,6812	90
35244011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Jacareí	0,6752	91
35371011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	0,6716	92
31317011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Itabira	0,6685	93
50027011	Águas Guariroba S/A	0,6637	94
31456011	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	0,6500	95
42158011	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto	0,6456	96
35393011	Serviço de Água e Esgoto de Pirassununga	0,6264	97
42089011	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto	0,6140	98
35184011	Companhia de Serviço de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá	0,5963	99
31518011	Departamento Municipal de Água e Esgoto	0,5925	100
35308011	Serviço Autônomo de Água e Esgotos de Mogi Mirim	0,5652	101
42117011	Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto	0,5606	102
41182011	CAB Águas de Paranaguá S/A	0,5551	103



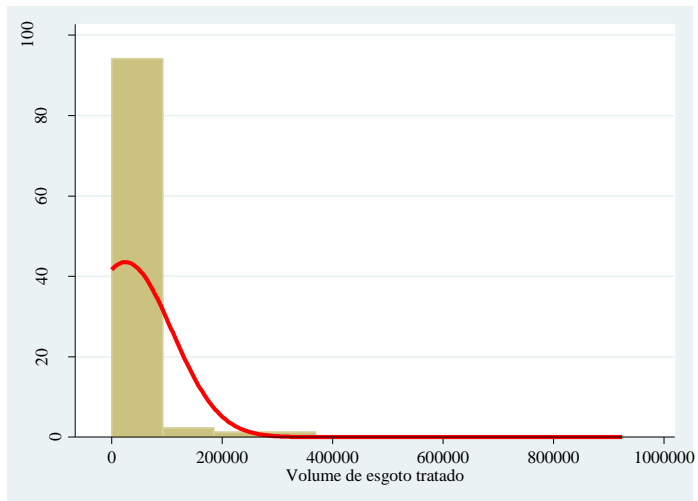
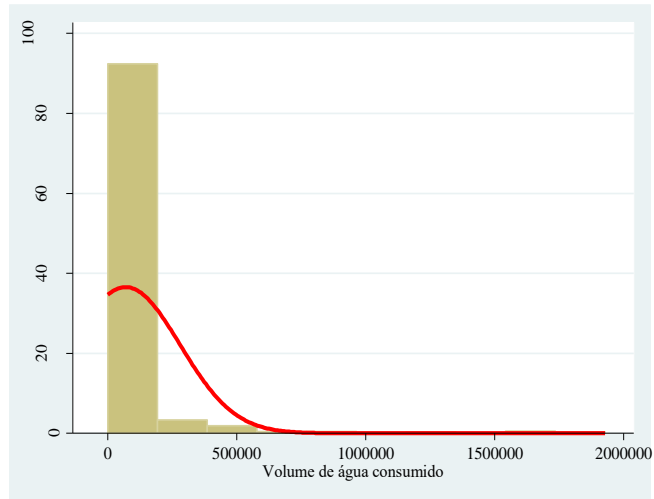
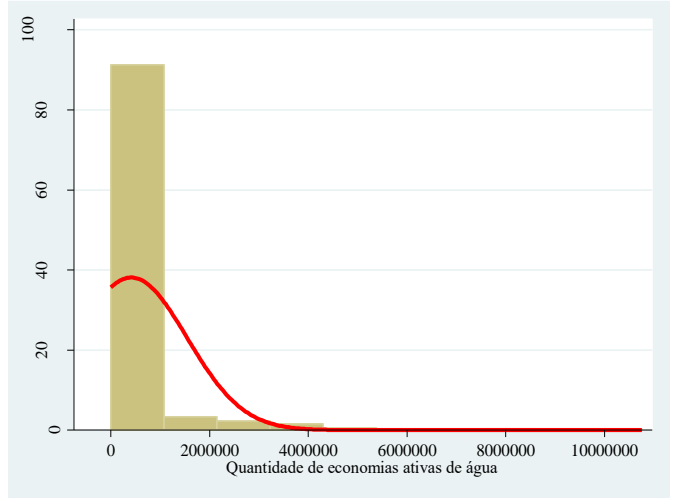
Código no SNIS	Nome do prestador de serviços	Média do DEA	Classificação
35334011	Cia de Desenvolvimento de Nova Odessa	0,5439	104

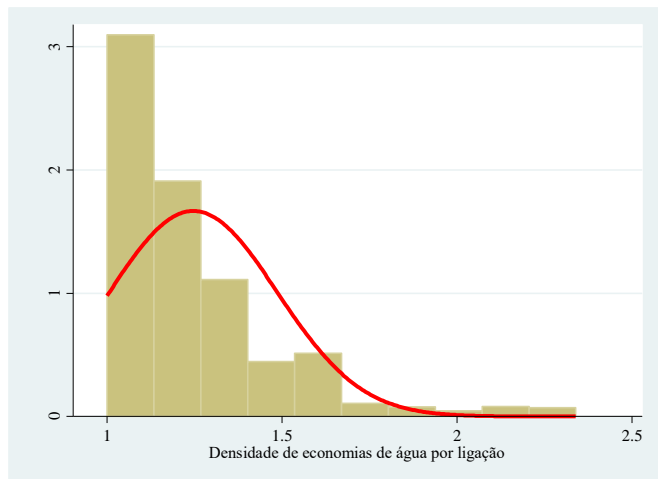
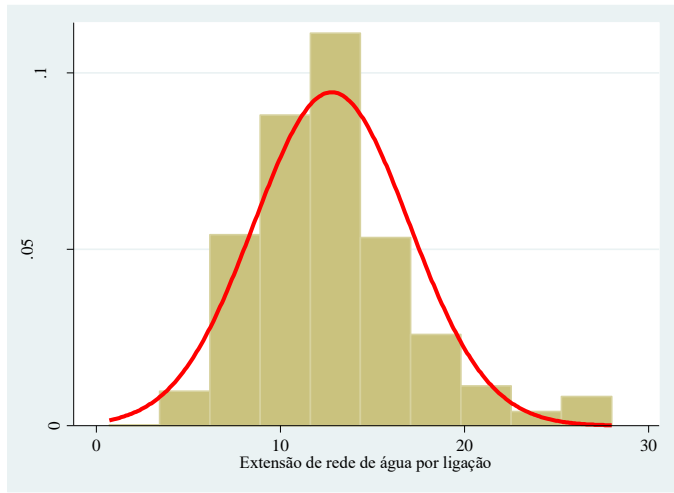
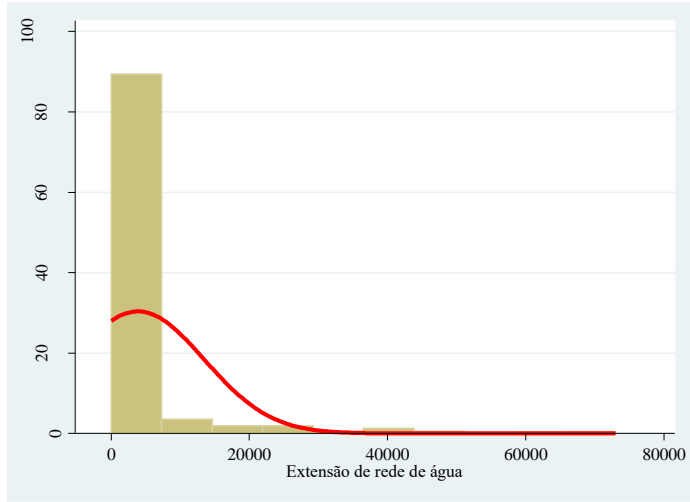
**Apêndice B** - Desempenho médio no período de 2003 a 2016, por tipo de controle, abrangência e estado.

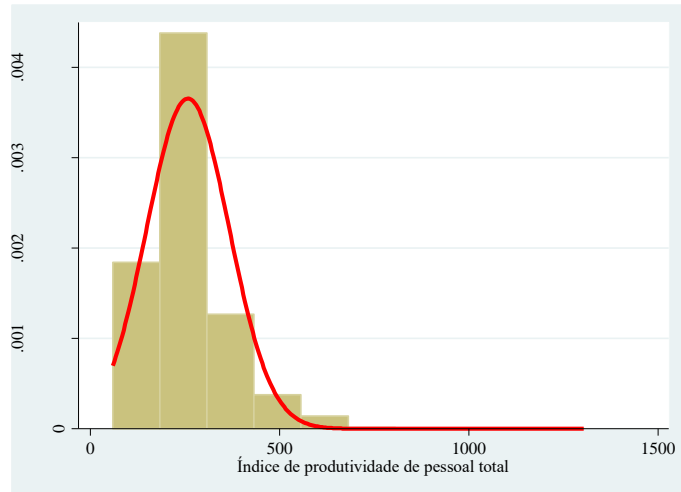
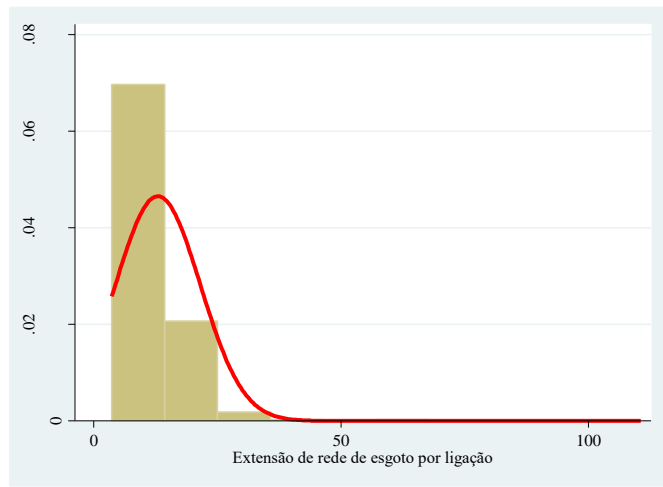
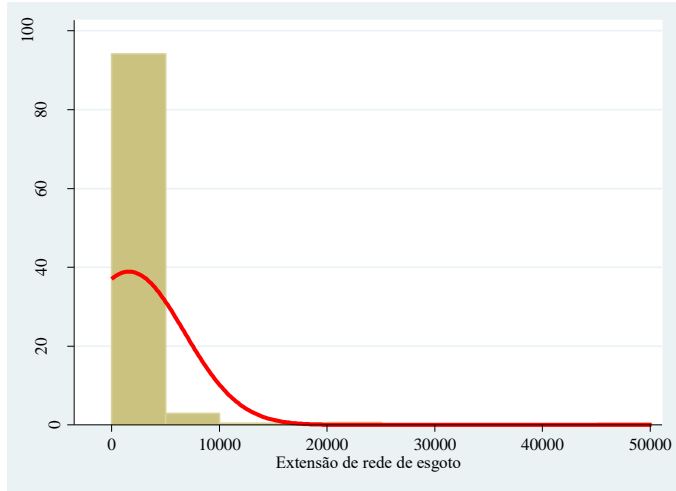
Tipo de controle, abrangência e Estado	Média DEA	Número de observações
<b>Privada</b>	<b>0,8170</b>	<b>122</b>
<b>Local</b>	<b>0,8125</b>	<b>108</b>
ES	0,7288	14
MS	0,6657	14
MT	0,7877	5
PR	0,5551	14
RJ	0,9510	42
SP	0,8725	19
<b>Regional</b>	<b>0,8511</b>	<b>14</b>
TO	0,8511	14
<b>Pública</b>	<b>0,8498</b>	<b>1334</b>
<b>Local</b>	<b>0,8272</b>	<b>1012</b>
BA	0,9320	42
CE	0,9751	42
ES	0,9645	56
MG	0,8230	224
MS	0,8151	14
MT	0,8540	23
PR	0,9558	28
RJ	0,8765	28
RS	0,8670	84
SC	0,6584	70
SP	0,7914	401
<b>Microrregional</b>	<b>0,7997</b>	<b>28</b>
ES	0,8880	14
SC	0,7113	14
<b>Regional</b>	<b>0,9324</b>	<b>294</b>
AL	0,9964	14
BA	0,9536	14
CE	0,9947	14
DF	0,8765	14
GO	0,7505	14
MA	0,9224	14
MG	0,9907	14
MS	0,7915	14
PA	0,9987	14
PB	1,0000	14
PE	0,9685	14

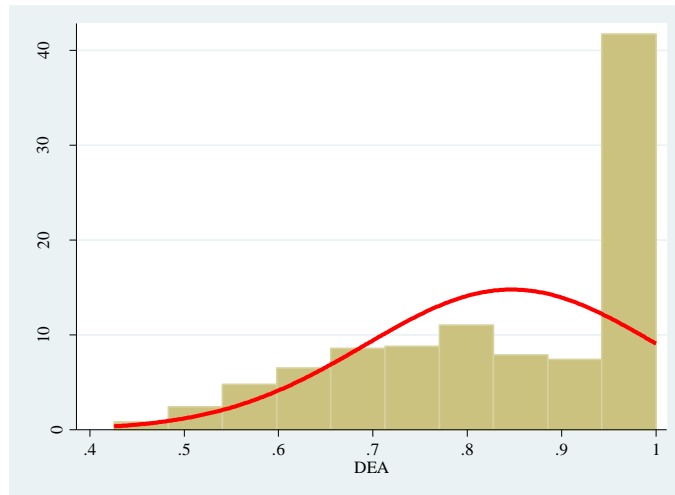
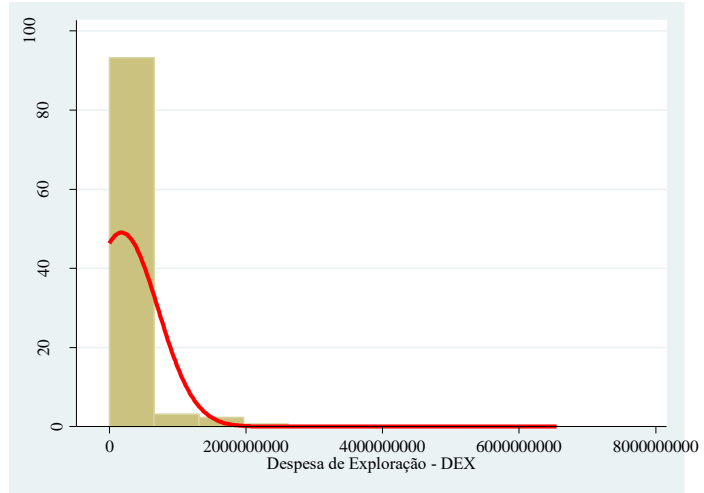
Tipo de controle, abrangência e Estado	Média DEA	Número de observações
PI	0,9933	14
PR	0,9720	14
RJ	1,0000	14
RN	0,9421	14
RO	0,9892	14
RR	0,7311	14
RS	1,0000	14
SC	0,9339	14
SE	0,7758	14
SP	1,0000	14
<b>Média Geral</b>	<b>0,8470</b>	<b>1456</b>

**Apêndice C - Gráficos de distribuição de frequência das variáveis utilizadas na pesquisa e do resultado do DEA**









**Apêndice D** - Estatística descritiva das variáveis utilizadas no modelo DEA

Descrição	Quantidade de economias ativas de água.	Volume de água consumido	Quantidade de economias ativas de esgoto.	Volume de esgotos tratado	Quantidade de economias ativas de água.	Extensão da rede de esgoto	Despesas de exploração (DEX)
Média	412.107,50	69.844,28	228.398,80	25.045,95	3.864,49	1.602,11	R\$ 180.000.000,00
Máximo	10.800.000,00	1.928.619,00	9.231.957,00	924.470,30	73.014,98	50.096,94	R\$ 6.550.000.000,00
Mínimo	1.848,00	370,02	486,00	0,00	5,00	1,40	R\$ 337.793,40
Coeficiente de variação	2,74	3,02	3,56	3,38	2,48	3,21	R\$ 2,96
Mediana	67.241,50	12.067,70	44.827,50	2.499,40	645,75	410,98	R\$ 25.600.000,00
Simetria	5,37	5,91	7,58	6,49	4,21	6,46	R\$ 6,38
Desvio padrão	1.130.454,00	210.680,10	813.853,40	84.750,83	9.589,87	5.135,64	R\$ 533.000.000,00
Curtose	38,06	42,65	68,54	53,17	22,72	49,23	R\$ 55,55



**Apêndice E** - Estatística descritiva das variáveis utilizadas na regressão Tobit.

Descrição	DEA	X <sub>1</sub> Densidade de economias de água	X <sub>2</sub> Extensão da rede de água por ligação	X <sub>3</sub> Extensão da rede de esgoto por ligação	X <sub>4</sub> Índice de produtividade de pessoal total	X <sub>5</sub> Abrangência	X <sub>6</sub> Controle
Média	0,8470	1,2470	12,7824	12,9668	258,2507	0,7692	0,0838
Máximo	1,0000	2,3400	28,0000	110,5300	1303,3800	1,0000	1,0000
Mínimo	0,4258	1,0000	0,7000	3,6500	59,5200	0,0000	0,0000
Coefficiente de variação	0,1830	0,1918	0,3303	0,6609	0,4227	0,5479	3,3079
Mediana	0,8755	1,1600	12,3100	11,4000	240,6050	1,0000	0,0000
Simetria	-0,5880	1,9544	0,9435	6,2107	1,8681	-1,2780	3,0043
Desvio padrão	0,1550	0,2392	4,2223	8,5696	109,1544	0,4215	0,2772
Curtose	2,1133	7,4941	4,4061	56,0815	11,5623	2,6333	10,0259