

Universidade de São Paulo  
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de  
Ribeirão Preto  
Departamento de Economia  
Programa de Pós-graduação em Economia - Área: Economia  
Aplicada

THALLES QUINAGLIA LIDUARES

**Economias de escala na prestação regionalizada dos  
serviços de saneamento básico**

Orientador: Prof. Dr. Bruno César Aurichio Ledo

Ribeirão Preto

2022

Prof. Dr. Carlos Gilberto Carlotti Junior  
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. André Lucirton Costa  
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de  
Ribeirão Preto

Profa. Dra. Roseli Basso-Silva  
Chefe do Departamento de Economia

Prof. Dr. Luciano Nakabashi  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia  
Área: Economia Aplicada

THALLES QUINAGLIA LIDUARES

**Economias de escala na prestação regionalizada dos  
serviços de saneamento básico**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

*Versão corrigida. A original encontra-se disponível na FEA-RP/USP.*

Orientador: Prof. Dr. Bruno César Aurichio Ledo

Ribeirão Preto

2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

---

Liduares, Thalles Quinaglia

**Economias de escala na prestação regionalizada dos serviços de saneamento básico**/ THALLES QUINAGLIA LIDUARES; Orientador: Prof. Dr. Bruno César Aurichio Ledo  
Ribeirão Preto, 2022- 50 p. : il. 30cm

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Economia - Área: Economia Aplicada da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

1. Economias de escala 2. Regionalização 3. Saneamento Básico.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2022.

---

# Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer a FEA-RP/USP, pela excelente formação acadêmica em nível de graduação e mestrado.

A minha família, por todo amor, suporte e apoio.

Ao Professor Bruno Ledo, pela excelente orientação durante todas as etapas de elaboração desta dissertação.

Ao Professor Cláudio Lucinda, pelos comentários, sugestões e correções no *Seminário de Pesquisa* do PPGE.

Aos Professores André Chagas e Joelson Sampaio, pelos valiosos comentários e sugestões na defesa da dissertação.

Por fim, agradecer a CAPES e a *Cátedra Escolhas de Economia e Meio Ambiente*, pelo apoio financeiro a esta dissertação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

*"We're gonna celebrate...one more time"* - Daft Punk

# Resumo

LIDUARES, T. Q. **Economias de escala na prestação regionalizada dos serviços de saneamento básico.** Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2022.

Esta dissertação teve como objetivo estimar se existem economias de escala na prestação regionalizada dos serviços de saneamento básico no Brasil, especificamente, nos serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto sanitário. Para este objetivo, foi estimado um sistema de equações contendo a *função custo variável translog* e *equações de dispêndio relativo* com os insumos produtivos, por meio da metodologia SUR (*Seemingly Unrelated Regression*). Os indicadores de economias de escala foram calculados a partir dos coeficientes estimados da função custo translog, com base na metodologia adotada por [Nauges e Berg \(2008\)](#). Os resultados obtidos nesta dissertação indicam a existência de economias de densidade e de escala, logo, em um regime de prestação regionalizada dos serviços de água e esgoto, as empresas obterão um custo variável médio relativamente menor, caso prestassem os serviços para um município isoladamente.

**Palavras-chaves:** Economias de escala, regionalização, saneamento básico.

# Abstract

LIDUARES, T. Q. **Economies of scale in the regionalized provision of basic sanitation services**. Dissertation (Master Degree). School of Economics, Business and Accounting at Ribeirão Preto, University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2022.

This dissertation aimed to empirically analyze whether there are economies of scale in the regionalized provision of basic sanitation services in Brazil, specifically, in water supply and sewage collection services. Thus, it was estimated a system of equations containing the translog variable cost function and cost share equations relative to productive inputs, through the SUR (Seemingly Unrelated Regression). Economies of scale indicators were calculated from the coefficients of the translog cost function, based on the methodology proposed by [Nauges e Berg \(2008\)](#). The results obtained in this dissertation indicate the existence of economies density and scale, therefore, in a regime of regionalized provision of water and sewage, companies will obtain a relatively lower average variable cost, if they instead provide services to a single municipality.

**Key-words:** Economies of scale, regionalization, basic sanitation.



# Lista de tabelas

Tabela 1 – Blocos regionais de saneamento básico por estado . . . . .	21
Tabela 2 – Quantidade de municípios por bloco regional . . . . .	22
Tabela 3 – Função Custo (Água e Esgoto) . . . . .	23
Tabela 4 – Valores Médios das Variáveis Monetárias da Função Custo . . . . .	24
Tabela 5 – Variáveis Operacionais da Função Custo . . . . .	25
Tabela 6 – Coeficientes função custo variável translog - Brasil . . . . .	28
Tabela 7 – Coeficientes <i>equações de dispêndio relativo</i> - Brasil . . . . .	29
Tabela 8 – Elasticidades, economias de densidade, escala e dispêndios relativos . .	31
Tabela 9 – Valores médios de população, água produzida e esgoto coletado (2007- 2019) . . . . .	31
Tabela 10 – Coeficientes função custo variável translog (Blocos regionais pequenos) . . . . .	32
Tabela 11 – Coeficientes <i>equações de dispêndio relativo</i> (Blocos regionais pequenos) . . . . .	33
Tabela 12 – Elasticidades, economias de densidade, escala e dispêndios relativos . .	34
Tabela 13 – Valores médios de população, volume de água produzida e de esgoto coletado (2007-2019) . . . . .	34
Tabela 14 – Coeficientes função custo variável <i>translog</i> (Blocos regionais médios) . . . . .	35
Tabela 15 – Coeficientes <i>equações de dispêndio relativo</i> (Blocos regionais médios) . . . . .	36
Tabela 16 – Elasticidades, economias de densidade, escala e dispêndios relativos . .	37
Tabela 17 – Valores médios de população atendida, volume de água produzida e de esgoto coletado (2007-2019) . . . . .	38
Tabela 18 – Coeficientes função custo variável <i>translog</i> (Blocos regionais grandes) . . . . .	39
Tabela 19 – Coeficientes <i>equações de dispêndio relativo</i> (Blocos regionais grandes) . . . . .	40
Tabela 20 – Elasticidades, economias de densidade, escala e dispêndios relativos . .	41

# Sumário

	<b>Lista de tabelas</b> . . . . .	<b>8</b>
	<b>Sumário</b> . . . . .	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> . . . . .	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> . . . . .	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Funções Custo e Economias de Escala</b> . . . . .	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>Experiências internacionais do processo de regionalização</b> . . . . .	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> . . . . .	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>Dados</b> . . . . .	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>Função Custo</b> . . . . .	<b>16</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Economias de Densidade</b> . . . . .	<b>19</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Economias de Escala</b> . . . . .	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>Estatísticas Descritivas</b> . . . . .	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> . . . . .	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>Blocos Regionais - Brasil</b> . . . . .	<b>27</b>
<b>4.2</b>	<b>Blocos Regionais - Pequenos</b> . . . . .	<b>31</b>
<b>4.3</b>	<b>Blocos Regionais - Médios</b> . . . . .	<b>34</b>
<b>4.4</b>	<b>Blocos Regionais - Grandes</b> . . . . .	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> . . . . .	<b>42</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>44</b>
	<b>APÊNDICES</b>	<b>47</b>
	<b>APÊNDICE A – INDICADORES SNIS</b> . . . . .	<b>48</b>

# 1 Introdução

Esta dissertação teve como objetivo estimar se existem economias de escala na prestação regionalizada dos serviços de saneamento básico no Brasil.<sup>1</sup> O novo marco legal do saneamento básico (Lei nº 14.026), aprovado em 2020, incentivará a prestação regionalizada, com a formação de blocos regionais de municípios com o objetivo de obtenção de viabilidade econômico-financeira e economias de escala. O novo marco legal do saneamento básico visa corrigir e aperfeiçoar o desenho institucional do setor, com o objetivo de redução do déficit de cobertura no abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, com vistas ao atingimento das metas de universalização até o ano de 2033. Será estimada a função custo do setor de saneamento básico para com base nos coeficientes, calcular indicadores de economias de escala. A obtenção de economias de escala contribuem para a redução do custo unitário por metro cúbico de provisão dos serviços de água e esgoto, com benefícios sobre redução de custos operacionais, redução de tarifas e geração de divisas para aumento de investimentos<sup>2</sup>.

Em âmbito internacional, existem uma série de estudos empíricos que analisam se o processo de regionalização dos serviços de saneamento básico é um fator indutor de economias de escala<sup>3</sup>. Dado a atualidade do tema da regionalização do saneamento básico no Brasil, ainda não existem estudos econômicos que analisam esta temática em âmbito nacional. Portanto, esta dissertação busca preencher tal lacuna, ao utilizar o ferramental microeconômico para estimação de economias de escala. Desta forma, pretendemos que este presente estudo contribua com o debate no âmbito do desenho de políticas públicas para o setor de saneamento básico no Brasil.

Atualmente existe no Brasil uma grande fragmentação dos serviços de saneamento básico. De acordo com dados do [SNIS \(2020\)](#), a prestação dos serviços de água e esgoto sob o regime de administração pública direta e autarquia abrangem 15,4% e 14,8% dos municípios brasileiros, respectivamente. Por sua vez, 4,5% dos municípios brasileiros são cobertos com serviços de água e esgoto prestados por empresas de capital privado ([SNIS, 2020](#)). Com este tipo de configuração do setor, emergem muitas ineficiências do ponto de vista produtivo e operacional, o qual implicam em baixas economias de escala na prestação dos serviços de saneamento a nível municipal. Neste sentido, o incentivo a prestação regionalizada visa tornar atrativo investimentos em municípios que isoladamente não se

---

<sup>1</sup> É importante ressaltar que os serviços de saneamento básico abrangem outras categorias como resíduos sólidos, manejo de águas pluviais, drenagem urbana etc. Nesta dissertação, os serviços de saneamento básico se restringirão a categoria de abastecimento de água e coleta de esgoto.

<sup>2</sup> Ver [Guerrini, Romano e Campedelli \(2013\)](#), [Fraquelli e Moiso \(2005\)](#).

<sup>3</sup> Os principais estudos que abrangem a questão de economias de escala no setor de saneamento básico serão devidamente citados ao longo desta dissertação.

mostrariam rentáveis economicamente. O diagnóstico atual nacional do setor de saneamento básico, principalmente nos quesitos abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotamento sanitário, estão muito aquém do esperado para os padrões de desenvolvimento da economia brasileira. De acordo com [Smiderle, Capodeferro e Parente \(2020\)](#), o acesso ao serviço de coleta e tratamento de esgotamento sanitário encontram-se em 53% e 46% da população brasileira, respectivamente. Dado que o setor de saneamento básico é fortemente influenciado pela presença de *externalidades*, tais indicadores nestes baixos níveis refletem-se em prejuízos de ordem ambiental, econômico e social<sup>4</sup>. Importante ressaltar que, indústrias de rede, como é o caso do setor de saneamento básico, apresentam elevados *custos fixos* de operação e *custos variáveis* relativamente baixos, características predominantes de *monopólio natural* ([Marques e Witte \(2011\)](#)). Além disso, este setor demanda elevados investimentos em custos de capital para operação dos serviços de água e esgoto, o qual confere uma grande vantagem as empresas estabelecidas, geralmente, as companhias públicas estaduais de saneamento. Devido a atual situação de elevada restrição fiscal por parte do setor público e a vultosa necessidade de elevação dos investimentos para ampliação da capacidade de oferta dos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, a Lei nº 14.026 foi desenhada para tornar mais atrativa a participação da iniciativa privada, com regras mais equânimes entre prestadores públicos e privados, principalmente no tocante as regras do processo licitatório e cumprimento das regras estabelecidas contratualmente.

Com um desenho de leis pró-mercado é esperado uma maior participação das concessionárias privadas no setor, portanto, existe demanda por parte dos atores públicos (governos estaduais e federal, prefeituras, agências reguladoras etc) e atores privados (concessionárias, investidores, entidades etc) como esse novo arranjo institucional afetará o setor de saneamento básico no Brasil e suas consequências sobre todo o bem-estar da população e do meio ambiente no geral.

Esta dissertação será estruturada da seguinte forma: esta introdução apresenta a temática da regionalização dos serviços de saneamento básico no Brasil. O capítulo 2 conterà a revisão da literatura no tocante ao processo de regionalização dos serviços de saneamento básico, e a literatura teórica e empírica relativa a economias de escala, com enfoque em empresas de saneamento básico ofertantes dos serviços de água e esgoto. No capítulo 3, será apresentada a fundamentação teórica da especificação funcional econômica que será implementada neste estudo e a metodologia de cálculo dos indicadores de economias de escala. No capítulo 4 serão apresentados os resultados da estimação econômica do modelo. O capítulo 5 sintetiza os principais resultados da dissertação.

---

<sup>4</sup> Ver [Fujiwara et al. \(2005\)](#).

## 2 Revisão da Literatura

### 2.1 Funções Custo e Economias de Escala

A forma funcional amplamente utilizada na literatura de custos de indústrias de rede no segmento de infraestrutura é a função custo *translog*. A forma funcional *translog* é uma generalização da Cobb-Douglas tendo sido originalmente desenvolvida para estimação de ganhos de produtividade da manufatura norte-americana, como nos estudos de [Berndt e Christensen \(1971\)](#) e [Berndt e Christensen \(1973\)](#). A função *translog* utiliza expansões do *polinômio de Taylor* de 2º ordem para aproximar qualquer função custo desconhecida. Ao contrário de outras formas funcionais, como por exemplo a *Cobb-Douglas*, a *translog* não impõe restrições *a priori* no processo de estimação ([Fraquelli e Moiso \(2005\)](#)).

A estimação de *economias de escala* baseia-se na disponibilidade de dados de custos e da dualidade entre custo e produção, como previsto pela teoria da firma ([Braeutigam e Daughety \(1983\)](#)). Além disso, uma vez estimada a função custo da firma, existem duas metodologias mais amplamente utilizadas para estimação de *economias de escala*. Conforme aponta [Braeutigam e Daughety \(1983\)](#), o primeiro método desenvolvido por [Friedlaender e Spady \(1981\)](#), baseia-se na estimação da função custo utilizando os preços dos insumos fixos, determinando assim, a função custo de longo prazo.

O método alternativo, desenvolvido por [Caves, Christensen e Swanson \(1981\)](#), fundamenta-se em estimativas de *economias de escala* diretamente dos parâmetros da função custo estimada. Dado que o nível de capital da firma é considerado um insumo *quasi-fixo* (invariante no curto prazo), segundo os autores, é mais plausível estimar a função custo de curto prazo e utilizar o nível de estoque de capital como uma variável de controle. É importante ressaltar que estes dois métodos não são equivalentes, com cada caso sendo preferível em determinada situação de análise. Especificamente no setor de saneamento básico, [Garcia e Thomas \(2001\)](#) apontam a dificuldade de se estimar a função custo representativa da tecnologia de produção do setor, dado que as companhias de saneamento básico operam em ambientes com características geográficas heterogêneas.

A partir da metodologia desenvolvida por [Caves, Christensen e Swanson \(1981\)](#), citada acima, [Nauges e Berg \(2008\)](#) contribuíram para a literatura empírica com o estudo sobre *economias de densidade* e *economias de escala* ao estimar uma função custo variável *translog* com dados em painel para países emergentes: Brasil, Romênia, Vietnã e Moldávia. Com base nos resultados, as autoras encontraram evidências de *economias de densidade* e *economias de escala* para Romênia, Moldávia e Vietnã, ao passo que no Brasil foi constatado retornos constante de escala. É importante ressaltar que no caso brasileiro,

o período de análise do estudo das autoras recaiu sobre os anos de 1996-2004, período este que o Brasil ainda não possuía um arcabouço legal para o setor de saneamento básico, desde a extinção do PLANASA em 1992, configurando-se em um período de muitas incertezas, indefinições regulatórias e baixos níveis de investimento no setor de saneamento básico (AZEVEDO et al., 2017).

Em âmbito nacional, Lucinda e Anuatti (2017) analisaram se existem *economias de escala* e *economias de escopo* para cidades atendidas pela companhia estadual paulista (SABESP). Os autores encontraram resultados que apontam para a existência de *economias de escala* na maioria das cidades atendidas pela SABESP, ao passo que não foram encontradas evidências conclusivas em relação a *economias de escopo*. Os autores ainda apontam que iniciativas que visem desmembrar os serviços de saneamento básico em várias companhias, tendem a gerar muitas ineficiências do ponto de vista econômico.

Conforme apontam Urakami e Parker (2011), há uma predominância de resultados positivos na literatura no que tange a obtenção de economias de escala para *blocos regionais pequenos*. No entanto, os autores fazem a ressalva de que a estruturação dos blocos regionais deve ser realizada com precisão para evitar que após determinada expansão, ocorra existência de *deseconomias de escala*. Como apontam Mizutani e Urakami (2001), a inclusão de variáveis de rede na função custo, como a *extensão da rede* de abastecimento de água e *ligações ativas*, permitem a distinção entre *economias de densidade* e *economias de escala*. De acordo com Guerrini, Romano e Campedelli (2013), existem dois tipos de *economias de densidade*: na produção e para ligações; a primeira ocorre quando para determinada variação no custo, decorrente de aumento do produto, mantido constantes o número de ligações ativas e a extensão da rede de abastecimento, então decresce o custo variável médio. Por sua vez, existem economias de densidade para se para dada variação do custo em decorrência do aumento de ligações ativas, mantendo constante a extensão da rede de abastecimento, então decresce o custo variável médio. Conforme apontam Marques e Witte (2011), o volume de água produzido, o número de ligações ativas e a área de cobertura atendida são os principais fatores que influenciam no custo unitário de provisão dos serviços de água esgoto e na obtenção de *economias de escala*.

De acordo com Garcia e Thomas (2001), existem *economias de escala* se no contexto de regionalização, o aumento da quantidade do produto final da companhia de saneamento, em conjunto com aumento do número de ligações e de municípios atendidos, o custo variável médio da companhia diminui. Em termos de recomendação de política pública, os autores apontam que no caso específico francês e com base nos resultados de economias de escala que agregar no máximo 5 municípios seja a opção mais economicamente rentável, ao passo que para além deste número de municípios os resultados não foram conclusivos.

## 2.2 Experiências internacionais do processo de regionalização

O processo de regionalização dos serviços de saneamento básico apresenta certo grau de desenvolvimento ao redor do mundo, em especial no continente europeu, dado que são diretrizes recomendadas pela União Europeia aos países constituintes do bloco (Frone e Frone (2012)). Desta forma, existe uma ampla literatura empírica que aborda esta temática, o qual permitirá, neste estudo, a análise das experiências internacionais no tocante aos custos e benefícios deste arranjo dos serviços do setor de água e esgoto.

A literatura sobre o processo de regionalização da prestação dos serviços de água e esgoto assume alguns pontos básicos de referência. De acordo com Frone e Frone (2012), podemos listar alguns destes pontos: *"aumento da eficiência econômica obtido através das economias de escala; maior capacitação profissional dos trabalhadores envolvidos nos serviços; aumento da capacidade de prestação dos serviços devido a larga escala de operação; acesso a maior nível de investimento privado; divisão de custos entre áreas de alto e baixo custo etc"*. Além disso, os autores pontuam que um dos principais fatores que levam ao processo de regionalização é a incapacidade de pequenos municípios conseguirem acessar e operar todas as etapas da complexa operação dos sistemas de água e esgoto, e da necessidade de geração de economias de escala, ou seja, alargar a base demandante dos serviços para que se dilua o custo marginal de produção.

No contexto italiano, Fabbri e Fraquelli (2000) apontam que a indústria do saneamento básico na Itália apresentava alto grau de fragmentação com aproximadamente 6 mil companhias, que na média atendiam cerca de 9 mil habitantes. Com este tipo de configuração do setor, emergiam muitas ineficiências, o que por sua vez acarretava em um baixo nível agregado de investimento, sendo este, essencial para incremento da qualidade e produtividade dos serviços prestados a população. Com o objetivo de reverter esse cenário, o governo italiano implementou uma lei que ficou conhecida como "Galli Act" (1994), com o intuito de que pequenas empresas de saneamento básico se agrupassem para atingir um tamanho ótimo que permitisse acesso a maior volume de investimentos, economias de escala, produtividade e lucratividade. Os autores analisaram economias de escala estudando funções de produção e suas respectivas funções de custos, sendo que não foi possível rejeitar a hipótese nula de retornos constantes de escala. Ademais, os autores pontuam que, para além das questões técnicas e operacionais, o intuito da lei foi dar maior racionalidade ao uso dos recursos hídricos. Similarmente, o governo peruano implementou em 2013 uma lei denominada "Modernização do Setor de Saneamento" com o objetivo de redução de custos e ganhos de eficiência por meio de *economias de escala*, através de uma estrutura de prestação regionalizada dos serviços de saneamento básico (Mercadier, Cont e Ferro (2016)).

Na Suécia, Sjöstrand et al. (2019) analisaram o custo-benefício da prestação regionalizada dos serviços de saneamento básico na região de Göteborg. O foco dos autores se

deu em demonstrar como o processo de regionalização na provisão dos serviços de água e esgoto impactou a saúde dos consumidores, a qualidade da água tratada fornecida, custos de operação e manutenção das estações de tratamento de água e esgoto. Ainda de acordo com autores, historicamente, os serviços de saneamento básico foram focados no âmbito municipal, no entanto, devido a questões demográficas e mudanças climáticas e da necessidade das empresas apresentarem melhores práticas financeiras, os desafios para o setor estão crescendo, demandando decisões em nível regional e intermunicipal.

No contexto finlandês, [Kurki, Pietilä e Katko \(2016\)](#), analisaram os benefícios e desafios de arranjos intermunicipais de cooperação para prestação dos serviços de saneamento básico, sob três tópicos: *economias de escala*, *diferenças socioeconômicas e espaciais entre as cidades* e *autonomia e legitimidade*. Os autores apontam que sob *economias de escala* é possível produzir grandes quantidades do produto final com relativo baixo custo marginal, além de permitir utilização de técnicas mais eficientes e avançadas de tratamento para a qualidade da água e redução dos *spillover effects*, decorrente do tratamento de esgoto. Sobre o tópico *diferenças socioeconômicas e espaciais* os autores apontam que a colaboração regional pode superar discrepâncias de ordem socioeconômica e atenuar os efeitos imutáveis de características espaciais.



## 3 Metodologia

Neste capítulo, será descrita a metodologia empírica implementada para a estimação de economias de escala. Inicialmente, será apresentada uma breve descrição com as principais características do SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) que fornecerá os dados e informações para o desenvolvimento desta dissertação.

Em seguida, será descrito o ferramental teórico e empírico para estimação da função custo que fornecerá os coeficientes para cálculo dos indicadores de *economias de escala*. A abordagem teórica e empírica será realizada de acordo com a metodologia proposta por Nauges e Berg (2008), com adaptações para a atual conjuntura nacional do setor de saneamento básico após aprovação do Novo Marco Legal.

### 3.1 Dados

O SNIS é a principal base de dados do setor de saneamento básico no Brasil, vinculado ao Ministério do Desenvolvimento Regional, dentro do Ministério, à Secretaria Nacional de Saneamento, tendo sido criada em 1995. A abrangência da base é nacional, cobre o período 1995-2019<sup>5</sup> e contém informações em nível municipal e estadual sobre vários indicadores agregados e desagregados relativos aos serviços de água e esgoto, totalizando 84 indicadores. O Glossário de Informações e Indicadores do SNIS<sup>6</sup> fornece todas as informações para cálculo dos indicadores que serão utilizados neste estudo.

Os dados e informações são anuais, abrangem prestadores públicos/privados locais, regionais, companhias públicas estaduais (CESB's), autarquias etc. Nesta dissertação, o enfoque será restrito aos dados sobre a categoria Água e Esgoto. Como consta no site do SNIS, os principais objetivos da base são fornecer informações para planejamento e execução de políticas públicas, avaliação de desempenho dos serviços, orientação de atividades regulatórias e de fiscalização entre outros.

### 3.2 Função Custo

Nesta presente dissertação, a modelagem da função custo dos blocos regionais de saneamento básico será realizada com base na metodologia de Nauges e Berg (2008)<sup>7</sup>. De acordo com Fabbri e Fraquelli (2000), a modelagem econométrica de funções custo

<sup>5</sup> No momento do desenvolvimento deste estudo.

<sup>6</sup> Disponível em: <http://www.snis.gov.br/glossarios>

<sup>7</sup> Nauges, C., van den Berg, C. Economies of density, scale and scope in the water supply and sewerage sector: a study of four developing and transition economies. *J Regul Econ* 34, 144-163 (2008).

baseia-se na dualidade entre produção e custo. A função custo fornece uma estimativa do custo mínimo de produção para dado conjunto de fatores produtivos. A vantagem de se estimar a função custo ao invés da função de produção é que evita-se a necessidade de estimar uma função custo para cada produto final (Fabbri e Fraquelli (2000)).

De acordo com a teoria microeconômica, o estoque de capital da firma é considerado um insumo *quasi-fixo*, pois alterações em seu nível podem ser impraticáveis ou demasiadamente custosas no curto prazo (Garcia e Thomas (2001)). Conforme apontam Destandau e Garcia (2014), devido a natureza da estrutura de capital da indústria de saneamento básico, não é plausível supor que a função custo da firma é minimizada com relação a todos os insumos produtivos.

Portanto, como proposto na metodologia de Nauges e Berg (2008), a *extensão da rede de abastecimento de água* é utilizada como *proxy* para estoque de capital das firmas e estima-se a função custo variável<sup>8</sup>. Não obstante, em termos de condições de regularidade, a função custo de curto e longo prazo devem satisfazer as mesmas propriedades microeconômicas (Garcia e Thomas (2001)). Importante ressaltar, como descrito por Garcia e Thomas (2001), que insumos fixos como o estoque de capital, não atingem minimização no processo de otimização dos custos. Portanto, uma das condições necessárias para se recuperar a função custo de curto prazo a partir da função de longo prazo, é que a derivada parcial da função custo total com relação ao estoque de capital apresente sinal negativo no ponto de ótimo<sup>9</sup>.

Serão considerados como produtos finais, o *volume de água produzido* e *volume de esgoto coletado*. Além disso, como será mostrado adiante, a inclusão de variáveis de rede como a *extensão da rede de abastecimento de água* e *número de ligações ativas* permitem a realização da distinção entre *economias de densidade* e *economias de escala* (Fraquelli e Moiso (2005)). Por hipótese, o produto é determinado exógenamente e as firmas são tomadoras de preço no mercado de insumos produtivos (Fraquelli e Moiso (2005)).

Os preços dos fatores produtivos considerados foram: *trabalho*, *energia* e *serviços contratados*. Dado que os preços dos fatores de produção não são fornecidos no SNIS, foi adotado o procedimento proposto na literatura<sup>10</sup> de criar índices, que sejam *proxies* para os preços dos insumos produtivos. Para o preço do *fator trabalho*, divide-se a despesa com pessoal próprio, pelo número de empregados próprios. Para o preço do *fator energia* e preço dos *serviços contratados*, divide-se as respectivas despesas com estes insumos, pelo *volume de água produzida* e *volume de esgoto coletado*<sup>11</sup>.

<sup>8</sup> Como apontam Mercadier, Cont e Ferro (2016) as variáveis extensão da rede de esgoto e extensão da rede de água apresentam colinearidade quase-perfeita, o que pode causar vieses na estimação do modelo.

<sup>9</sup> Como apontam Garcia e Thomas (2001), se esta condição não se satisfaz, é um indicativo de que há sobre investimento em estoque de capital.

<sup>10</sup> Ver Garcia e Thomas (2001), Nauges e Berg (2008).

<sup>11</sup> Preço do Trabalho =  $\frac{FN010}{FN026}$ ; Preço Energia =  $\frac{FN013}{AG006+ES005}$ ; Preço Serviços Contratados =  $\frac{FN014}{AG006+ES005}$

A especificação funcional *translog* será implementada neste estudo para modelagem econométrica da função custo dos blocos regionais de saneamento básico. De acordo com [Antonioli e Filippini \(2001\)](#), a forma funcional *translog* é apropriada para estimação de *economias de escala*. A forma funcional *translog* permite uma aproximação de 2º ordem para qualquer função custo desconhecida<sup>12</sup>. Uma desvantagem da forma funcional *translog* é que para valores faltantes ou iguais a zero, a estimação não é realizada. Além disso, a função *translog* é obtida por aproximações do *polinômio de Taylor*, assim os resultados são consistentes apenas no ponto de expansão, ou seja, na média amostral ([Mercadier, Cont e Ferro \(2016\)](#)). A função custo *translog* é composta pelo somatório dos termos cruzados, quadráticos, e dos termos não-cruzados. Representa-se a função custo variável *translog*, no ano  $t$  da seguinte forma:<sup>13</sup>

$$\begin{aligned}
\ln(CV_t) = & \alpha_0 + \alpha_f + \sum \alpha_t + \sum_{i=ag,es} \beta_i \ln(y_{it}) + \sum_{j=l,e,s} \lambda_j \ln(w_{jt}) + \sum_{r=ext,lig} \gamma_r \ln(z_{rt}) \\
& + \frac{1}{2} \sum_i \sum_k \beta_{ik} \ln(y_{it}) \ln(y_{kt}) + \frac{1}{2} \sum_j \sum_m \lambda_{jm} \ln(w_{jt}) \ln(w_{mt}) + \frac{1}{2} \sum_r \sum_s \ln(z_{rt}) \ln(z_{st}) \\
& + \sum_i \sum_j \rho_{ij} \ln(y_{it}) \ln(w_{jt}) + \sum_i \sum_r \kappa_{ir} \ln(y_{it}) \ln(z_{rt}) + \sum_j \sum_r \eta_{jr} \ln(w_{jt}) \ln(z_{rt}) \quad (3.1)
\end{aligned}$$

onde,  $\alpha_0$  é o intercepto geral,  $\alpha_f$  e  $\alpha_t$  os efeitos específicos para bloco regional e ano, respectivamente. Por sua vez,  $y_{it}$  representa o produto para ( $i = \text{água, esgoto}$ ),  $w_{jt}$  o preço dos insumos produtivos para ( $j = \text{trabalho, energia, serviços contratados}$ ) e  $z_{rt}$  as variáveis de rede ( $r = \text{extensão da rede, ligações ativas}$ ), no período entre 2007-2019. Para que a função custo satisfaça as condições de regularidade do modelo e seja consistente em termos microeconômicos algumas restrições devem ser impostas. Segue que, por simetria,  $\beta_{ik} = \beta_{ki}$ ,  $\lambda_{jm} = \lambda_{mj}$  e  $\gamma_{rs} = \gamma_{sr}$ . Além disso, de acordo com a teoria microeconômica, a função custo é homogênea de grau 1 no preço dos insumos, então implica que:

$$\sum_j \lambda_j = 1, \sum_j \lambda_{jm} = \sum_m \lambda_{mj} = 0, \sum_j \rho_{ij} = \sum_j \eta_{jr} = 0$$

A propriedade de homogeneidade de grau 1 da função custo é satisfeita ao se dividir a variável dependente para custo e os  $n - 1$  preços dos fatores produtivos por um dos preços dos fatores (preço de referência). Como apontam [Destandau e Garcia \(2014\)](#), as propriedades de homogeneidade e simetria, descritas acima, são impostas *ex-ante*, ou seja, antes da estimação da função custo.

<sup>12</sup> W.H.Greene, *Econometric Analysis*, 5ªEd, na seção 14.3.2 (*Flexible functional forms: The Translog cost function*) discute as propriedades da *Translog cost function*.

<sup>13</sup> Por simplificação, foi seguido a notação matemática de acordo com [Nauges e Berg \(2008\)](#). Além disso, para não sobrecarregar a notação o índice de cada bloco de municípios foi omitido na equação.

Seria possível estimar individualmente a *função custo variável translog*, no entanto, a inclusão das *equações de dispêndio relativo* que são obtidas pela diferenciabilidade da função custo através do *Lema de Sheppard (1953)* é denominado um método de "informação completa" (Garcia e Thomas (2001)). Além disso, a estimação conjunta da *função custo* e das *equações de dispêndio relativo* aumentam os graus de liberdade, elevando a precisão das estimativas do modelo (Fabbri e Fraquelli (2000); Destandau e Garcia (2014)).

Desta forma, dado que em (3.1) há um grande número de coeficientes a serem estimados, e para se aproveitar da interdependência entre as equações, escreve-se a *equação de dispêndio relativo* para o insumo  $j$  da seguinte forma:

$$S_{jt} = \frac{\partial \ln(CV_t)}{\partial \ln(w_{tj})} = \lambda_j + \sum_m \lambda_{jm} \ln(w_{mt}) + \sum_i \rho_{ij} \ln(y_{it}) + \sum_r \eta_{jr} \ln(z_{rt}) \quad (3.2)$$

para  $j = l, e, s$  e  $w_{jt}$  é a demanda pelo insumo  $j$  no ano  $t$ .

Logo, em posse da *função custo variável translog* e das *equações de dispêndio relativo*, estima-se este sistema de equações com base na metodologia SUR (*Seemingly Unrelated Regression*), desenvolvida por Zellner (1962).

### 3.2.1 Economias de Densidade

Primeiramente, será conceituado o indicador denominado *economias de densidade*. Conforme apontam Mizutani e Urakami (2001), é necessário fazer a distinção entre *economias de densidade* e *economias de escala*, devido as características das variáveis de rede. Existem *economias de densidade*, se ocorre aumento de produção mantido constantes a estrutura de capital, por exemplo, a *extensão da rede* de abastecimento e o número de *ligações ativas* (Marques e Witte (2011)). Portanto, *economias de densidade*, configura-se como um indicador de *economias de escala* de curto prazo (Nauges e Berg (2008), Marques e Witte (2011))<sup>14</sup>.

A partir da *função custo variável translog*, descrita na seção 3.2, será possível mensurar as variações no *volume de água produzida* e *volume de esgoto coletado*, mantendo os demais fatores constantes. Define-se então a elasticidade do custo em relação a variação do *volume de água produzida* e *volume de esgoto coletado*, da seguinte forma:<sup>15</sup>

$$\varepsilon_{Prod} = \frac{\partial \ln(CV_t)}{\partial \ln(y_{at})} + \frac{\partial \ln(CV_t)}{\partial \ln(y_{et})} \quad (3.3)$$

onde  $\ln(CV_t)$  é a *função custo variável translog*, no período  $t$ ,  $y_{at}$  é o *volume de água produzida* e  $y_{et}$  o *volume de esgoto coletado*. Assim, o indicador de *economias de*

<sup>14</sup> Como apontado anteriormente, por hipótese teórica alterações no nível de capital da firma no curto prazo são impraticáveis ou demasiadamente custosas.

<sup>15</sup> Ver Panzar e Willig (1977).

*densidade na produção* é calculado da seguinte forma:

$$EC_{DP} = \frac{1}{\varepsilon_{Prod}} \quad (3.4)$$

Concluimos então que se:

$$\begin{cases} EC_{DP} > 1, \text{ há economias de densidade na produção} \\ EC_{DP} = 1, \text{ há retornos constantes de densidade de produção} \\ EC_{DP} < 1, \text{ há deseconomias na densidade de produção} \end{cases}$$

Conforme apontam [Mercadier, Cont e Ferro \(2016\)](#), o indicador de *economias de densidade na produção*, na média amostral, fornece uma medida aproximada de *economias de escala* no estágio de produção, especificamente, na etapa de abastecimento de água e coleta de esgoto.

### 3.2.2 Economias de Escala

O indicador de *economias de escala*, ao contrário do indicador de *economias de densidade*, mensura para dada variação em todos os fatores de produção, na estrutura de capital representada pela *extensão da rede* e *ligações ativas*, se há variação menos do que proporcional nos custos, configurando-se em um indicador de longo prazo ([Marques e Witte \(2011\)](#)). Conforme apontado anteriormente, dado que a *extensão da rede de abastecimento* é considerada como *proxy* para o nível de estoque de capital, pode ocorrer que expansão deste seja demasiadamente custosa no curto prazo.

No processo de regionalização dos serviços de saneamento básico no Brasil, as empresas deverão passar por um processo de consolidação das estruturas físicas de capital para operação dos serviços, portanto, o indicador de *economias de escala* configura-se como o mais apropriado para a análise em questão. Desta forma, define-se a elasticidade do custo com relação a *extensão da rede* de abastecimento da seguinte forma:

$$\varepsilon_{Ext} = \frac{\partial \ln(CV_t)}{\partial \ln(ExtRed)} \quad (3.5)$$

Adicionalmente, o indicador de *economias de densidade para ligações ativas de água* é necessário para o cálculo de *economias de escala*. A elasticidade do custo com relação a variação no número de *ligações ativas* de água é dada por:

$$\varepsilon_{LigAtv} = \frac{\partial \ln(CV_t)}{\partial \ln(LigAtv)} \quad (3.6)$$

A condição para existência de *economias de densidade para ligações ativas* é dada da seguinte forma:

$$EC_{DL} = \frac{1}{\varepsilon_{Prod} + \varepsilon_{LigAtv}} > 1 \quad (3.7)$$

A interpretação deste indicador é a de que para países, como o Brasil, onde uma grande parcela da população carece de acesso a água tratada, na existência de *economias de densidade para ligações ativas*, é lucrativo para a firma expandir o número de ligações a um custo variável médio decrescente (Nauges e Berg (2008)). Além disso, no curto prazo, assume-se a possibilidade de expansão do número de *ligações ativas* sem sobrecarregar o sistema de abastecimento, pois geralmente, tais sistemas são construídos para lidar com eventuais aumentos de demanda (Garcia e Thomas (2001), Zschille (2016)). Assim, de acordo com Nauges e Berg (2008)<sup>16</sup>, calcula-se o indicador de *economias de escala*, mediante a seguinte equação:<sup>17</sup>

$$EC_{Esc} = \frac{1 - \varepsilon_{Ext}}{\varepsilon_{Prod} + \varepsilon_{LigAtv}} \quad (3.8)$$

para dados preços dos insumos de produção. De tal forma que se,

$$\begin{cases} EC_{Esc} > 1, \text{ existem economias de escala} \\ EC_{Esc} = 1, \text{ existem retornos constantes de escala} \\ EC_{Esc} < 1, \text{ existem deseconomias de escala} \end{cases}$$

Na existência de *economias de escala*, o custo variável médio decresce conforme cresce a quantidade total produzida.

### 3.3 Estatísticas Descritivas

Nesta seção, serão descritas as estatísticas descritivas dos blocos regionais de saneamento básico analisados neste estudo. Foram utilizados 40 blocos regionais de saneamento básico de 10 estados da federação brasileira, conforme descrito na tabela 1.

Tabela 1 – Blocos regionais de saneamento básico por estado

UF	Nº de Blocos Regionais
SP	4
RJ	1
BA	17
PE	2
CE	3
PB	4
RN	2
AL	3
RS	3
AM	1

Fonte: Projetos de lei estaduais de criação dos blocos regionais de saneamento básico (água e esgoto). Elaboração Própria.

Na tabela 2, constam a quantidade de municípios por bloco regional. Como mostram os dados, existe uma elevada heterogeneidade em termos do número de municípios

<sup>16</sup> As autoras utilizam este indicador adaptado do artigo de Caves, Christensen e Tretheway (1984).

<sup>17</sup> Ver Caves, Christensen e Swanson (1981).

em cada bloco regional, o qual tende a impactar a quantidade final de produto em cada bloco e a população total atendida.

Tabela 2 – Quantidade de municípios por bloco regional

Bloco Regional	UF	Quantidade de Municípios
Chapada Diamantina	BA	24
Extremo Sul	BA	21
Irecê	BA	21
Litoral Sul	BA	41
Médio Sudoeste Bahia	BA	14
Piemonte do Paraguaçu	BA	11
Recôncavo	BA	26
São Francisco Norte	BA	19
Semi Árido do Nordeste	BA	23
Sisal Jacuípe	BA	31
Terra do Sol	BA	32
Vitoria da Conquista	BA	23
Litoral Norte	BA	23
Algodão	BA	23
Portal dos Sertões	BA	16
Bacia do Rio Grande	BA	13
Bacia do Velho Chico	BA	25
Zona Sul	RJ	19
Bloco 1	PE	24
Bloco 2	PE	153
Alto Piranhas	PB	36
Borborema	PB	78
Espinharas	PB	41
Litoral	PB	51
Bloco 1	CE	48
Bloco 2	CE	80
Bloco 3	CE	46
Bloco 1	AM	25
Bloco A	AL	11
Bloco B	AL	33
Bloco C	AL	20
Central-Oeste	RN	69
Litoral-Seridó	RN	92
Sudeste	SP	370
Centro	SP	98
Leste	SP	35
Norte	SP	142
Nordeste	RS	71
Noroeste e Litoral Norte	RS	49
Sul	RS	42

Fonte: SNIS. Elaboração Própria.

O período amostral considerado foi de 2007 a 2019. Assim, foi obtido um painel balanceado contendo 520 observações<sup>18</sup>. A variável que representa as despesas de exploração das empresas prestadoras dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário é a DEX<sup>19</sup>. Este indicador será utilizado como variável dependente na função de custo do

<sup>18</sup> É importante ressaltar que no processo de construção da base de dados, alguns blocos regionais apresentaram elevado número de dados faltantes ou iguais a zero. A adoção da especificação funcional *translog*, implica na logaritimização dos dados. Logo, a presença de valores iguais a zero impede a estimação do modelo, pois  $\log(0)$  é um valor indefinido. Kim e Clark (1988) propõem substituir tais valores por valores bem pequenos, no entanto, este tipo de manipulação pode causar vieses na estimação, não tendo sido adotado nesta dissertação. Considerou-se que a obtenção de 40 blocos regionais de saneamento de diferentes estados da federação, com diferentes características em termos econômicos, populacionais, operacionais, forneceram uma relevante representatividade amostral do processo de regionalização dos serviços de saneamento básico no Brasil.

<sup>19</sup> Sigla FN015 de acordo com o Glossário de Informações e Indicadores do SNIS.

modelo. Por sua vez, as variáveis explicativas da função custo do modelo são descritas na tabela 3.

Tabela 3 – Função Custo (Água e Esgoto)

Variáveis Explicativas	Unidade
Volume de Água Produzida	m <sup>3</sup> /ano
Volume de Esgoto Coletado	m <sup>3</sup> /ano
Ligações Ativas de Água	-
Extensão da Rede de Água	Km
Preço do Trabalho	R\$
Preço de Energia	R\$/m <sup>3</sup>
Preço dos Serviços Contratados	R\$/m <sup>3</sup>

Fonte: SNIS. Elaboração Própria.

Na tabela 4, são descritos os valores médios das variáveis monetárias, como despesas de exploração e preço dos insumos de produção dos blocos regionais de saneamento básico entre os anos de 2007 a 2019<sup>20</sup>. As variáveis monetárias foram deflacionadas pelo IPCA para o ano base de 2007.

<sup>20</sup> Na seção 3.3 será descrito o procedimento metodológico adotado pela literatura para obtenção de *proxies* para os preços dos insumos de produção.



Tabela 4 – Valores Médios das Variáveis Monetárias da Função Custo

Bloco Regional	UF	Despesas de Exploração (DEX) (R\$)	Preço do Trabalho (R\$)	Preço Energia (R\$/m <sup>3</sup> )	Preço Serviços Contratados (R\$/m <sup>3</sup> )
Chapada Diamantina	BA	22.061.312,16	388,49	1.025,58	104.094,59
Extremo Sul	BA	65.966.403,20	406,78	1.353,28	130.329,83
Irecê	BA	38.437.341,13	832,43	809,96	122.986,03
Litoral Sul	BA	109.628.047,70	254,28	649,70	85.504,92
Médio Sudoeste Bahia	BA	15.072.024,27	254,84	813,62	72.173,48
Piemonte do Paraguaçu	BA	26.560.596,22	493,81	1.023,43	144.091,76
Recôncavo	BA	73.413.928,81	362,02	1.242,62	140.500,31
São Francisco Norte	BA	54.876.288,73	236,50	519,34	56.713,39
Semi Árido do Nordeste	BA	38.221.187,60	337,10	781,85	126.355,87
Sisal Jacuípe	BA	67.525.121,01	736,10	973,54	142.309,39
Terra do Sol	BA	59.804.108,58	283,52	1.102,59	149.574,26
Vitoria da Conquista	BA	64.910.054,51	385,44	910,24	166.180,10
Litoral Norte	BA	46.124.354,77	615,27	2.193,79	82.513,82
Algodão	BA	39.849.007,17	315,24	927,85	129.911,89
Portal dos Sertões	BA	25.454.343,19	537,52	816,81	119.205,52
Bacia do Rio Grande	BA	34.743.964,24	215,88	837,78	119.298,03
Bacia do Velho Chico	BA	27.496.181,51	276,43	523,09	72.077,89
Zona Sul	RJ	1.330.201.128,84	240,68	288,55	1.490.294,51
Bloco 1	PE	73.036.223,38	592,07	411,58	103.988,28
Bloco 2	PE	867.412.200,57	295,63	693,25	107.110,58
Alto Piranhas	PB	32.843.176,68	292,62	312,72	70.838,26
Borborema	PB	130.678.857,19	442,30	498,15	101.853,18
Espinharas	PB	49.811.303,92	564,02	472,82	87.341,81
Litoral	PB	252.397.036,32	240,37	395,59	169.941,60
Bloco 1	CE	90.464.640,13	438,81	711,02	109.475,22
Bloco 2	CE	516.297.315,65	226,37	533,31	155.695,33
Bloco 3	CE	94.681.072,44	395,55	517,19	88.067,65
Bloco 1	AM	237.751.455,64	254,82	172,49	71.185,20
Bloco A	AL	162.444.517,04	259,31	748,64	152.685,95
Bloco B	AL	58.546.952,82	451,98	312,84	84.166,77
Bloco C	AL	15.891.041,30	245,45	240,85	86.969,79
Central-Oeste	RN	106.099.726,43	540,93	288,33	110.800,20
Litoral-Seridó	RN	273.636.955,37	424,86	335,30	109.014,39
Sudeste	SP	5.740.422.939,00	605,20	1.056,63	188.106,84
Centro	SP	916.881.893,59	388,55	437,28	73.392,37
Leste	SP	1.233.643.524,04	357,64	624,63	124.285,22
Norte	SP	758.982.397,01	387,55	359,82	69.649,14
Nordeste	RS	124.763.323,29	537,80	500,45	132.644,24
Noroeste e Litoral Norte	RS	396.562.235,77	290,15	212,17	115.643,70
Sul	RS	150.556.984,07	302,18	664,93	70.200,38

Fonte: SNIS. Elaboração Própria.

Na tabela 5, são descritos os valores médios das variáveis de produto (*volume de água produzida e volume de esgoto coletado*) e das variáveis de rede (*ligações ativas de água e extensão da rede de abastecimento de água*) entre os anos de 2007 a 2019.

Tabela 5 – Variáveis Operacionais da Função Custo

Bloco Regional	UF	Ligações Ativas de Água	Extensão da Rede de Abastecimento (Km)	Volume de Água Produzido (1.000 m <sup>3</sup> /ano)	Volume de Esgoto Coletado (1.000 m <sup>3</sup> /ano)
Chapada Diamantina	BA	56.905	905,72	8.380,76	1.554,68
Extremo Sul	BA	178.219	4.127,92	29.428,17	7.442,26
Irecê	BA	99.351	1.674,38	16.356,50	687,24
Litoral Sul	BA	246.413	2.515,23	56.268,18	20.501,92
Médio Sudoeste Bahia	BA	60.209	2.769,77	13.435,31	3.064,26
Piemonte do Paraguaçu	BA	62.379	849,83	9.600,68	897,90
Recôncavo	BA	152.538	2.168,98	26.508,72	4.172,05
São Francisco Norte	BA	124.960	1.779,98	39.613,56	8.954,46
Semi Árido do Nordeste	BA	96.278	1.242,94	18.023,72	2.132,94
Sisal Jacuípe	BA	137.128	2.645,42	26.135,10	1.985,21
Terra do Sol	BA	144.133	1.616,80	21.042,64	6.879,50
Vitoria da Conquista	BA	111.291	1.813,16	22.765,94	8.355,09
Litoral Norte	BA	131.610	4.435,00	28.968,56	3.620,31
Algodão	BA	89.361	1.634,83	19.730,86	1.316,34
Portal dos Sertões	BA	61.847	793,45	11.601,50	126,05
Bacia do Rio Grande	BA	67.401	1.084,53	16.194,21	2.146,94
Bacia do Velho Chico	BA	84.456	1.351,62	18.321,59	2.261,20
Zona Sul	RJ	1.303.987	13.764,29	1.137.590,53	472.411,33
Bloco 1	PE	176.844	1.810,13	43.318,67	11.460,59
Bloco 2	PE	1.567.745	15.147,22	548.624,38	68.749,79
Alto Piranhas	PB	87.794	6.546,38	24.486,96	8.487,23
Borborema	PB	241.015	1.444,69	49.350,61	18.609,42
Espinharas	PB	95.131	639,09	23.191,99	3.182,13
Litoral	PB	369.374	2.305,89	117.626,84	30.297,45
Bloco 1	CE	252.714	2.553,36	49.345,90	7.284,78
Bloco 2	CE	1.190.443	10.439,87	304.240,41	79.278,09
Bloco 3	CE	286.236	2.607,73	65.164,59	9.646,39
Bloco 1	AM	455.038	4.948,65	264.123,09	26.662,48
Bloco A	AL	181.498	1.958,56	87.433,82	14.571,32
Bloco B	AL	121.142	1.742,99	57.428,35	2.588,80
Bloco C	AL	50.618	432,56	12.529,68	846,36
Central-Oeste	RN	194.483	2.197,32	62.066,98	6.527,90
Litoral-Seridó	RN	499.626	5.327,00	174.145,43	23.261,56
Sudeste	SP	7.628.125	72.808,06	764.885,67	1.172.381,53
Centro	SP	1.555.054	20.981,29	523.939,38	275.081,34
Leste	SP	1.192.105	15.916,18	392.271,27	218.193,86
Norte	SP	1.481.948	18.819,59	540.918,13	298.822,31
Nordeste	RS	200.219	4.277,94	63.049,61	17.542,01
Noroeste e Litoral Norte	RS	418.529	7.600,56	238.598,99	76.281,94
Sul	RS	234.239	3.970,81	80.704,48	18.406,50

Fonte: SNIS. Elaboração Própria.

## 4 Resultados

Com base nos coeficientes estimados da *função custo variável translog* serão calculados os indicadores de *economias de densidade* e *economias de escala* descritos na seção metodológica. Primeiramente serão apresentados os resultados considerando todos os 40 blocos regionais de saneamento básico analisados neste estudo. Em seguida, para lidar com a grande heterogeneidade entre as características dos blocos regionais, será implementada a metodologia de segmentar os blocos regionais de acordo com seus respectivos tamanhos. Conforme apontam [Tynan et al. \(2005\)](#) e [Mizutani e Urakami \(2001\)](#), o *volume de água produzido* como medida do tamanho dos blocos regionais de saneamento é consistente para estimação de *economias de escala*<sup>21</sup>. Este procedimento também é adotado na literatura em estudos como os de [Nauges e Berg \(2008\)](#), [Garcia e Thomas \(2001\)](#), [Fabbri e Fraquelli \(2000\)](#) entre outros<sup>22</sup>.

As estimações foram realizadas com base em um sistema de equações contendo a *função custo variável translog* e as *equações de dispêndio relativo* para os preços dos insumos *trabalho* e *energia*, por meio do método SUR (*Seemingly Unrelated Regression*). Os sistemas de equações SUR foram estimados com *matrizes de restrições* pois vários coeficientes devem satisfazer restrições de igualdade dado que as *equações de dispêndio relativo* são obtidas pela diferenciabilidade da *função custo variável translog*.

Uma das *equações de dispêndio relativo* deve ser excluída do sistema de equações para evitar que a matriz de variância-covariância do sistema seja singular, pois apenas  $n-1$  equações são linearmente independentes<sup>23</sup>. Foi excluída a equação de preço do insumo *serviços contratados*. As variáveis explicativas foram normalizadas pelas suas respectivas médias amostrais. Portanto, os resultados dos indicadores econômicos são interpretados com base na média amostral. Para imposição de homogeneidade de grau 1 da *função custo*, o preço dos insumos de produção (*trabalho* e *energia*) e a variável dependente foram divididos pelo preço dos *serviços contratados*, definido como o preço de referência<sup>24</sup>. Estas transformações algébricas das variáveis permitem que os coeficientes da *função custo variável translog* sejam interpretados como elasticidades do custo em relação a variação marginal nas variáveis explicativas do modelo.

Importante ressaltar que os coeficientes estimados descritos na tabela 6, isoladamente não possuem interpretação econômica direta. Assim, deriva-se a *função custo*

<sup>21</sup> [Guerrini, Romano e Campedelli \(2013\)](#), por exemplo, adotam a receita total como critério de segmentação.

<sup>22</sup> Ver [Faust e Baranzini \(2014\)](#), [Fraquelli e Moiso \(2005\)](#).

<sup>23</sup> Ver [Nauges e Berg \(2008\)](#), [Daglish et al. \(2015\)](#).

<sup>24</sup> [Mercadier, Cont e Ferro \(2016\)](#) também definem o preço do insumo *serviços contratados* como preço de referência.

*variável translog* em relação as variáveis explicativas do modelo, e substitui-se os valores médios das variáveis para obtenção das elasticidades efetivas<sup>25</sup>.

A vantagem deste procedimento algébrico é que toda informação contida nos coeficientes da *função custo variável translog* é utilizada para cálculo das elasticidades, ao contrário de outros estudos como de Mercadier, Cont e Ferro (2016) e Nauges e Berg (2008) entre outros, que utilizam apenas a derivada parcial dos coeficientes de primeira ordem<sup>26</sup>. Com relação as condições de regularidade da função custo, os dispêndios relativos com os insumos produtivos sendo positivos garantem a monotonicidade da função custo (Mercadier, Cont e Ferro (2016)).

## 4.1 Blocos Regionais - Brasil

Primeiramente, como *benchmarking* do processo de regionalização dos serviços de saneamento básico no Brasil, foram estimados os coeficientes do sistema de equações contendo a *função custo variável translog* e as *equações de dispêndio relativo* com todos os 40 blocos regionais analisados neste estudo<sup>27</sup>. Neste primeiro caso, o sistema de equações SUR possui 93 coeficientes com 14 restrições de igualdade. Foram incluídos na estimação efeitos específicos de bloco regional e ano. Os coeficientes estimados da *função custo variável translog* e das *equações de dispêndio relativo* são apresentados nas tabelas 6 e 7, respectivamente.

<sup>25</sup> Este procedimento algébrico é descrito em Greene (2003) na página 104.

<sup>26</sup> Neste caso, os autores nestes estudos, argumentam que com a normalização das variáveis explicativas, os coeficientes de primeira ordem são suficientes para cálculo das elasticidades. No entanto, nesta presente dissertação, optou-se pela utilização de toda informação contida nos coeficientes estimados da função custo variável *translog*.

<sup>27</sup> Dado que a especificação funcional *translog* possui, relativamente, um alto número de parâmetros a serem estimados e para preservar graus de liberdade, foi estimado o sistema de equações SUR com todas as 520 observações da amostra construída.

Tabela 6 – Coeficientes função custo variável translog - Brasil

	Coeficiente (Erro-Padrão)		Coeficiente (Erro-Padrão)		Coeficiente (Erro-Padrão)
Intercepto	1.177*** (0.096)	BA-IRC	-1.963*** (0.179)	SP-3	-0.020 (0.073)
AguaProd	0.376*** (0.033)	BA-LS	-1.254*** (0.142)	SP-4	-0.349*** (0.068)
EsgCol	0.102*** (0.027)	BA-MSB	-2.278*** (0.191)	RS-NE	-1.212*** (0.142)
LigAtv	0.175*** (0.046)	BA-PIP	-2.292*** (0.183)	RS-NLN	-0.106 (0.100)
ExtRed	-0.166** (0.052)	BA-RCC	-1.781*** (0.164)	RS-SUL	-0.954*** (0.138)
Pl	0.266*** (0.014)	BA-SFN	-1.478*** (0.159)	2008	-0.047* (0.020)
Pe	0.206*** (0.022)	BA-SAN	-1.982*** (0.174)	2009	-0.066** (0.020)
AguaProd × EsgCol	-0.005 (0.024)	BA-SJ	-1.752*** (0.171)	2010	-0.098*** (0.021)
AguaProd × LigAtv	-0.072* (0.031)	BA-TS	-1.934*** (0.166)	2011	-0.155*** (0.021)
AguaProd × ExtRed	0.335*** (0.059)	BA-VC	-1.913*** (0.164)	2012	-0.147*** (0.023)
AguaProd × Pl	-0.051** (0.017)	BA-LN	-1.631*** (0.167)	2013	-0.230*** (0.025)
AguaProd × Pe	0.408*** (0.022)	BA-ALG	-1.983*** (0.174)	2014	-0.286*** (0.026)
AguaProd × AguaProd	-0.156* (0.074)	BA-PS	-2.176*** (0.180)	2015	-0.382*** (0.026)
EsgCol × LigAtv	-0.015* (0.008)	BA-BRG	-1.923*** (0.176)	2016	-0.413*** (0.027)
EsgCol × ExtRed	-0.028 (0.020)	BA-BVC	-1.889*** (0.174)	2017	-0.446*** (0.028)
EsgCol × Pl	0.037*** (0.007)	AM-1	-0.591*** (0.115)	2018	-0.438*** (0.028)
EsgCol × Pe	-0.032*** (0.009)	PB-AP	-1.665*** (0.183)	2019	-0.489*** (0.030)
EsgCol × EsgCol	0.023** (0.008)	PE-2	-0.476*** (0.102)		
LigAtv × ExtRed	0.125*** (0.027)	CE-1	-1.585*** (0.151)		
LigAtv × Pl	-0.113*** (0.014)	CE-2	-0.636*** (0.091)		
LigAtv × Pe	-0.015 (0.015)	CE-3	-1.500*** (0.145)		
LigAtv × LigAtv	0.093*** (0.022)	AL-A	-1.016*** (0.148)		
ExtRed × Pl	-0.005 (0.020)	AL-B	-1.649*** (0.168)		
ExtRed × Pe	-0.402*** (0.019)	AL-C	-1.972*** (0.196)		
ExtRed × ExtRed	-0.579*** (0.073)	PB-BRB	-1.121*** (0.153)		
Pl × Pe	-0.228*** (0.007)	PB-CO	-1.156*** (0.155)		
Pl × Pl	0.049*** (0.006)	PB-ESP	-1.692*** (0.185)		
Pe × Pe	0.155*** (0.015)	RN-LTR	-0.677*** (0.132)		
PE-1	-1.692*** (0.155)	RN-LTS	-0.712*** (0.119)		
BA-CD	-2.225*** (0.185)	SP-1	0.489** (0.159)		
BA-ES	-1.879 (0.159)	SP-2	-0.178* (0.073)		

N=520. \*\*\*) p-valor &lt; 0.001; \*\*) p-valor &lt; 0.01; \*) p-valor &lt; 0.05

Tabela 7 – Coeficientes *equações de dispêndio relativo* - Brasil

	Trabalho	Energia
	Coeficiente	Coeficiente
	(Erro-Padrão)	(Erro-Padrão)
Intercepto	0.266*** (0.014)	0.206*** (0.022)
AguaProd	-0.051** (0.017)	0.408*** (0.022)
EsgCol	0.037*** (0.007)	-0.032*** (0.009)
LigAtv	-0.113*** (0.014)	-0.015 (0.015)
ExtRed	-0.005 (0.020)	-0.402*** (0.019)
Pl	0.049*** (0.006)	-0.228*** (0.007)
Pe	-0.228*** (0.007)	0.155*** (0.015)

\*\*\*, p-valor<0.001; \*\*, p-valor<0.01;  
\*, p-valor<0.05

Importante ressaltar que os coeficientes de 1<sup>o</sup> ordem descritos na tabela 6 apresentam o sinal esperado e são todos estatisticamente significantes, o qual fornece evidências de que a função custo estimada é bem comportada. Com a obtenção dos coeficientes estimados e das elasticidades da *função custo variável translog*, foram calculados os indicadores de economias de densidade na produção, ligações ativas e de escala, com base nas respectivas fórmulas 3.4, 3.5 e 3.8.

Os resultados são descritos na tabela 8. A elasticidade da *função custo variável translog* com relação a *água produzida* e *esgoto coletado* são iguais a 0.392 e 0.084, respectivamente. Logo, para um acréscimo de 1% na produção, o custo varia 0.392% e 0.084%, respectivamente. Por sua vez, a elasticidade da *função custo variável translog* com relação ao número de *ligações ativas* é igual a 0.1. Logo, para um acréscimo de 1% no número de ligações aos sistemas de abastecimento, o custo varia 0.1%. O indicador de *economias de densidade para ligações ativas* apresenta valor crescente, igual a 1.73, com significância estatística a 1%, na média amostral. Portanto, expande-se o número de *ligações ativas* de água a um custo variável médio decrescente (Nauges e Berg (2008)).

O coeficiente relativo a *extensão da rede de abastecimento de água* apresentou sinal negativo, igual a -0.118, com significância estatística ao nível de 5%. Similarmente, nos estudos de Antonioli e Filippini (2001) e Garcia e Thomas (2001) onde foram estimados indicadores de *economias de escala* nos serviços de água e esgoto na Itália e França, respectivamente, também foram obtidos coeficientes negativos para a *extensão da rede de abastecimento de água*. Conforme apontam estes autores, com base na teoria microeconômica, a função custo deve ser *não-crescente* no nível de estoque de capital. Além disso, expansões na estrutura física de capital tendem a induzir reduções em custos operacio-

nais através de efeito substituição, tudo o mais constante (Nauges e Berg (2008)). Em todo caso, Antonioli e Filippini (2001) recomendam cautela na interpretação do valor e sinal deste coeficiente, devido ao fato da *extensão da rede de abastecimento de água* ser utilizada como *proxy* para o nível de estoque de capital das firmas.

O indicador de *economias de densidade* sendo dado pelo inverso da elasticidade do custo com relação a produção (de água e esgoto), apresentou valor igual a 2.10, com significância estatística a 1% na média amostral. Portanto, no curto prazo, para uma dada estrutura física de capital e do número de *ligações ativas*, as empresas que operarem um bloco regional de saneamento básico, poderão produzir a um menor custo variável médio, conforme o crescimento da quantidade produzida.

O indicador de *economias de escala* que considera expansões na estrutura de capital, apresentou valor igual a 1.94, com nível de significância estatística a 1% na média amostral. Logo, o custo variável médio decresce conforme cresce a quantidade produzida. Importante ressaltar que o processo de regionalização com a agregação de municípios em blocos regionais demandará a consolidação das estruturas de capital, logo, o indicador de *economias de escala* reflete com maior acurácia este processo que se iniciará após aprovação do novo marco legal do saneamento básico.

Com a obtenção dos coeficientes estimados das *equações de dispêndio relativo* foi possível calcular o valor percentual de participação de cada insumo na estrutura de custos do setor de saneamento básico no Brasil<sup>28</sup>. Na média amostral, o fator *trabalho* possui 30.6% de participação nos custos. Os *serviços contratados* e *energia*, 39.9% e 29.5% respectivamente<sup>29</sup>. Como apontado anteriormente, os valores positivos dos dispêndios relativos com os insumos de produção garantem a monotonicidade estrita da função custo.

<sup>28</sup> Este indicador pode ser entendido como a razão entre o custo marginal e o custo médio de cada insumo (Destandau e Garcia (2014)).

<sup>29</sup> É importante ressaltar que os valores dos *dispêndios relativos* podem estar superestimados, pois na especificação metodológica de Nauges e Berg (2008), as autoras consideram adicionalmente o preço do fator *outras despesas com os serviços*. No entanto, na estimação econométrica deste presente estudo, tal fator de produção apresentou elevado grau de colinearidade com as demais variáveis sendo automaticamente excluído da estimação no software R. Como apontam Mercadier, Cont e Ferro (2016), geralmente, o fator *outras despesas com os serviços* é obtido via resíduo com outras categorias de despesas como eletricidade, produtos químicos, combustível etc, o que pode explicar parcialmente os problemas com colinearidade.

Tabela 8 – Elasticidades, economias de densidade, escala e dispêndios relativos

<b>Elasticidades (%)</b>	<b>Água Produzida</b> 0.392*** (0.037)	<b>Esgoto Coletado</b> 0.084*** (0.002)	<b>Ligações Ativas</b> 0.100*** (0.010)	<b>Extensão da Rede</b> -0.118* (0.058)
<b>Economias</b>	<b>Densidade Produção</b> 2.10*** (0.037)	<b>Densidade Ligações Ativas</b> 1.73*** (0.029)	<b>Escala</b> 1.94*** (0.038)	
<b>Dispêndio Relativo (%)</b>	<b>Trabalho</b> 30.6	<b>Energia</b> 39.9	<b>Serviços Contratados</b> 29.5	

N=520. \*\*\*' p-valor<0.001, '\*\*' p-valor<0.01, '\*' p-valor<0.05. Desvios-Padrões calculados pelo "Delta Method".

## 4.2 Blocos Regionais - Pequenos

Como apontado anteriormente, existe uma grande heterogeneidade entre o tamanho dos blocos regionais de saneamento básico no Brasil. O critério adotado de segmentação dos blocos regionais se deu com base no volume de água produzido<sup>30</sup>. Os blocos regionais de saneamento básico desta categoria são descritos na tabela 9, em termos de população total atendida, volume de água produzida e volume de esgoto coletado. Neste caso, foi estimado 75 coeficientes com 14 restrições de igualdade. Os coeficientes estimados da *função custo variável translog* e das *equações de dispêndio relativo* são apresentados nas tabelas 10 e 11, respectivamente.

Tabela 9 – Valores médios de população, água produzida e esgoto coletado (2007-2019)

Bloco Regional	UF	População atendida com abastecimento de água	Volume de Água Produzido (1.000 m <sup>3</sup> /ano)	Volume de Esgoto Coletado (1.000 m <sup>3</sup> /ano)
Chapada Diamantina	BA	173.475	8.381	1.555
Extremo Sul	BA	484.132	29.428	7.442
Irecê	BA	191.745	16.356	687
Médio Sudoeste	BA	138.618	13.435	3.064
Piemonte	BA	197.160	9.601	898
Recôncavo	BA	416.117	26.509	4.172
São Francisco Norte	BA	498.390	39.614	8.954
Semi Árido Nordeste	BA	290.415	18.024	2.133
Sisal Jacuípe	BA	550.266	26.135	1.985
Terra do Sol	BA	422.348	21.043	6.879
Vitoria da Conquista	BA	430.145	22.766	8.355
Litoral Norte	BA	366.567	28.969	3.620
Algodão	BA	319.026	19.731	1.316
Portal dos Sertões	BA	196.285	11.602	126
Bacia do Rio Grande	BA	272.585	16.194	2.147
Bacia Velho Chico	BA	283.671	18.322	2.261
Alto Piranhas	PB	253.574	24.487	8.487
Bloco 1	CE	717.600	49.346	7.285
Bloco C	AL	175.801	12.530	846
Borborema	PB	813.710	49.351	18.609
Espiranhas	PB	313.445	23.192	3.182
Bloco 1	PE	656.039	43.319	11.461
<b>Total Médio</b>		<b>370.959</b>	<b>24.015</b>	<b>4.793</b>

Fonte: SNIS. Elaboração própria.

<sup>30</sup> Como apontado, anteriormente, Tynan et al. (2005) e Mizutani e Urakami (2001) adotam o volume de água produzida como critério de segmentação dos blocos regionais de saneamento, pois tal critério é consistente para estimação de economias de escala.



Tabela 10 – Coeficientes função custo variável translog  
(Blocos regionais pequenos)

	Coeficiente (Erro-Padrão)		Coeficiente (Erro-Padrão)
Intercepto	0.363*** (0.054)	BA-MSB	-0.131 (0.074)
AguaProd	0.710*** (0.051)	BA-PIP	-0.142 (0.067)
EsgCol	0.105*** (0.014)	BA-RCC	0.031 (0.054)
LigAtv	0.046 (0.024)	BA-SFN	0.241*** (0.047)
ExtRed	-0.257*** (0.048)	BA-SAN	-0.075 (0.053)
Pl	0.518*** (0.024)	BA-SJ	0.102 (0.056)
Pe	0.087*** (0.021)	BA-TS	-0.088 (0.056)
AguaProd × EsgCol	-0.025 (0.028)	BA-VC	-0.060 (0.053)
AguaProd × LigAtv	0.005 (0.028)	BA-LN	0.132** (0.047)
AguaProd × ExtRed	0.382*** (0.085)	BA-ALG	-0.096 (0.057)
AguaProd × Pl	0.075** (0.022)	BA-PS	-0.147* (0.062)
AguaProd × Pe	0.193*** (0.038)	BA-BRG	-0.016 (0.058)
AguaProd × AguaProd	-0.337* (0.142)	BA-BVC	0.038 (0.053)
EsgCol × LigAtv	-0.013 (0.006)	PB-AP	0.330*** (0.062)
EsgCol × ExtRed	-0.018 (0.019)	AL-C	0.248** (0.084)
EsgCol × Pl	-0.031*** (0.008)	CE-1	0.139** (0.043)
EsgCol × Pe	-0.010 (0.009)	PB-BRB	0.589*** (0.044)
EsgCol × EsgCol	0.037*** (0.007)	PB-ESP	0.225*** (0.066)
LigAtv × ExtRed	0.007 (0.024)	2008	0.018 (0.022)
LigAtv × Pl	-0.073*** (0.014)	2009	-0.086*** (0.023)
LigAtv × Pe	-0.032* (0.015)	2010	-0.090*** (0.024)
LigAtv × LigAtv	0.043* (0.019)	2011	-0.164*** (0.024)
ExtRed × Pl	0.225*** (0.030)	2012	-0.165*** (0.026)
ExtRed × Pe	-0.290*** (0.026)	2013	-0.297*** (0.029)
ExtRed × ExtRed	-0.574*** (0.078)	2014	-0.335*** (0.030)
Pl × Pe	-0.231*** (0.010)	2015	-0.455*** (0.030)
Pl × Pl	0.142*** (0.010)	2016	-0.480*** (0.031)
Pe × Pe	0.314*** (0.019)	2017	-0.508*** (0.033)
BA-CD	-0.080 (0.073)	2018	-0.506*** (0.033)
BA-ES	-0.080 (0.053)	2019	-0.570*** (0.035)
BA-IRC	-0.047 (0.059)		

N=286. \*\*\*' p-valor &lt; 0.001; '\*\*' p-valor &lt; 0.01; '\*' p-valor &lt; 0.05

Tabela 11 – Coeficientes *equações de dispêndio relativo*  
(Blocos regionais pequenos)

	Trabalho	Energia
	Coefficiente (Erro-Padrão)	Coefficiente (Erro-Padrão)
Intercepto	0.518*** (0.024)	0.087*** (0.021)
AguaProd	0.075** (0.022)	0.193*** (0.038)
EsgCol	-0.031*** (0.008)	-0.010 (0.009)
LigAtv	-0.073*** (0.014)	-0.032* (0.015)
ExtRed	0.225*** (0.030)	-0.290*** (0.026)
Pl	0.142*** (0.010)	-0.231*** (0.010)
Pe	-0.231*** (0.010)	0.314*** (0.019)

\*\*\*' p-valor < 0.001; \*\*' p-valor < 0.01; '\*' p-valor < 0.05

São apresentados na tabela 12, os resultados das elasticidades da função custo e os indicadores de *economias de densidade* e *economias de escala* para os *blocos regionais pequenos*. Para uma dada variação de 1% no *volume de água produzido* e no *volume de esgoto coletado*, o custo varia 0.64% e 0.08%, respectivamente.

O indicador de *economias de densidade na produção* apresentou na média amostral, valor igual a 1.38, com significância estatística ao nível de 1%. Logo, existem retornos crescentes de escala no curto prazo. Geralmente, conforme aponta a literatura empírica, empresas de saneamento que prestam os serviços em um bloco regional agregado com pequenos municípios apresentam elevada *economias de densidade na produção* (Fraquelli e Moiso (2005), Zschille (2016), Tynan et al. (2005)). Além disso, de acordo com Frone et al. (2008), principalmente para municípios relativamente pequenos que passam a ser operados em uma estrutura de prestação regionalizada, ocorrem reduções de custos operacionais com conseqüente aumento de investimentos para incremento de eficiência e capacidade produtiva.

A elasticidade da *função custo variável translog* com relação a *ligações ativas* é igual a 0.049% e o indicador de *economias de densidade* para este indicador igual a 1.31, com significância estatística a 1% na média amostral. Logo, existem retornos crescentes de densidade para ligações ativas. Portanto, neste caso, expande-se o número de ligações aos sistemas de abastecimento a um custo variável médio decrescente (Nauges e Berg (2008)). O resultado do indicador de *economias de escala* para os *blocos regionais pequenos*, apresentou valor igual a 1.43, com significância estatística a 1%. Logo, existem retornos crescentes de *economias de escala*. Portanto, em médio e longo prazo, após o processo de consolidação e estruturação dos blocos regionais de saneamento, os serviços

de água e esgoto serão prestados a um menor custo variável médio, tudo o mais constante. Ademais, como apontam [Azevedo et al. \(2017\)](#), é recomendável que pequenos municípios se agreguem em uma estrutura de prestação regionalizada para que se atinja uma escala mínima de operação, de tal forma que se tornem viáveis investimentos nos serviços de abastecimento de água e tratamento de esgoto no conjunto destes municípios. Ademais, como mostra a tabela 9, a totalidade dos *blocos regionais pequenos* estão situados na região nordeste, onde os índices de abastecimento de água e coleta de esgoto apresentam valores abaixo da média nacional ([SNIS, 2020](#)). Portanto, a prestação regionalizada dos serviços de saneamento básico pode contribuir para expansão do índice de acesso a água tratada e coleta de esgoto nos municípios da região nordeste do Brasil. Com relação ao dispêndio relativo com os insumos produtivos na estrutura de custos, os *blocos regionais pequenos* apresentam, na média amostral, 42.0% com o *fator trabalho*, 33.6% e 24.4% com os fatores *serviços contratados* e *energia*, respectivamente.

Tabela 12 – Elasticidades, economias de densidade, escala e dispêndios relativos

	Água Produzida	Esgoto Coletado	Ligações Ativas	Extensão da Rede
Elasticidades (%)	0.640*** (0.114)	0.088** (0.028)	0.049 (0.047)	-0.098 (0.095)
	Densidade Produção	Densidade Ligações Ativas	Escala	
Economias	1.38*** (0.048)	1.31*** (0.045)	1.43*** (0.071)	
	Trabalho	Energia	Serviços Contratados	
Dispêndio Relativo (%)	42.0	24.4	33.6	

\*\*\*) p-valor<0.001, \*\*) p-valor<0.01, \*) p-valor<0.05. Desvios-Padrões calculados pelo "Delta Method".

### 4.3 Blocos Regionais - Médios

A tabela 13 descreve a categoria de *blocos regionais médios*. Neste caso, o sistema de equações possui 60 coeficientes com 14 restrições de igualdade. Os coeficientes estimados da *função custo variável translog* e das *equações de dispêndio relativo* são apresentados nas tabelas 14 e 15, respectivamente.

Tabela 13 – Valores médios de população, volume de água produzida e de esgoto coletado (2007-2019)

Bloco Regional	UF	População atendida com abastecimento de água	Volume de água produzida (1.000 m <sup>3</sup> /ano)	Volume de esgoto coletado (1.000 m <sup>3</sup> /ano)
Litoral Sul	BA	757.889	56.268,18	20.501,92
Bloco 3	CE	824.137	65.164,59	9.646,39
Bloco A	AL	1.060.770	87.433,82	14.571,32
Bloco B	AL	438.549	57.428,35	2.588,80
CO	RN	670.380	62.066,98	6.527,90
Nordeste	RS	712.255	63.049,61	17.542,01
Sul	RS	816.784	80.704,48	18.406,50
<b>Total Médio</b>		<b>754.395</b>	<b>67.445,14</b>	<b>12.826,40</b>

Fonte: SNIS. Elaboração própria.

Tabela 14 – Coeficientes função custo variável *translog*  
(Blocos regionais médios)

	Coeficiente (Erro-Padrão)		Coeficiente (Erro-Padrão)
Intercepto	0.369*** (0.042)	RN-CO	-0.0009 (0.100)
AguaProd	0.692*** (0.122)	RS-NE	-0.190* (0.074)
EsgCol	0.021 (0.047)	RS-SUL	0.345*** (0.049)
LigAtv	0.028 (0.195)	2008	0.039 (0.026)
ExtRed	-0.077 (0.084)	2009	-0.017 (0.030)
Pl	0.589*** (0.036)	2010	-0.049 (0.030)
Pe	0.190*** (0.042)	2011	-0.122*** (0.035)
AguaProd × EsgCol	0.104 (0.129)	2012	-0.102* (0.041)
AguaProd × LigAtv	0.082 (0.419)	2013	-0.148** (0.050)
AguaProd × ExtRed	0.601 (0.358)	2014	-0.249*** (0.056)
AguaProd × Pl	-0.238** (0.082)	2015	-0.300*** (0.053)
AguaProd × Pe	0.572*** (0.072)	2016	-0.399*** (0.058)
AguaProd × AguaProd	-1.449* (0.603)	2017	-0.391*** (0.059)
EsgCol × LigAtv	0.470* (0.211)	2018	-0.424*** (0.065)
EsgCol × ExtRed	-0.324* (0.136)	2019	-0.596*** (0.066)
EsgCol × Pl	-0.031*** (0.036)		
EsgCol × Pe	-0.063* (0.030)		
EsgCol × EsgCol	-0.123 (0.067)		
LigAtv × ExtRed	0.197 (0.353)		
LigAtv × Pl	-0.024 (0.136)		
LigAtv × Pe	0.085 (0.127)		
LigAtv × LigAtv	0.853 (0.861)		
ExtRed × Pl	0.383*** (0.065)		
ExtRed × Pe	0.001 (0.058)		
ExtRed × ExtRed	0.411 (0.279)		
Pl × Pe	-0.391*** (0.030)		
Pl × Pl	0.427*** (0.041)		
Pe × Pe	0.369*** (0.039)		
CE-3	-0.247** (0.088)		
AL - A	-0.058 (0.134)		
AL - B	-0.625*** (0.162)		

N=91. \*\*\*' p-valor&lt;0.001; '\*\*' p-valor &lt;0.01; '\*' p-valor &lt;0.05.

Tabela 15 – Coeficientes *equações de dispêndio relativo*  
(Blocos regionais médios)

	Trabalho	Energia
	Coeficiente (Erro-Padrão)	Coeficiente (Erro-Padrão)
Intercepto	0.589*** (0.036)	0.190*** (0.042)
AguaProd	-0.238** (0.082)	0.572*** (0.072)
EsgCol	-0.031*** (0.036)	-0.063* (0.030)
LigAtv	-0.024 (0.136)	0.085 (0.127)
ExtRed	0.383*** (0.065)	0.001 (0.058)
Pl	0.427*** (0.041)	-0.391*** (0.030)
Pe	-0.391*** (0.030)	0.369*** (0.039)

\*\*\*\* p-valor < 0.001; \*\*\* p-valor < 0.01 ;  
\*\* p-valor < 0.05.

Os resultados das elasticidades e dos indicadores de *economias de densidade* e *economias de escala* são apresentados na tabela 16. Para uma variação de 1% no *volume de água produzida* e *volume de esgoto coletado*, o custo varia 0.69% e 0.048%, respectivamente. Dado estes valores, obtém-se *economias de densidade na produção*, igual a 1.35, com significância estatística a 1% na média amostral. Logo, existem retornos crescentes para este indicador. Por sua vez, o indicador de *economias de densidade para ligações ativas*, também apresenta retornos crescentes, igual a 1.63, com significância estatística a 1% na média amostral. Já o indicador de *economias de escala* apresentou valor relativamente maior com relação aos *blocos regionais pequenos*, 1.69 contra 1.43, com significância estatística ao nível de 1%, o qual pode ser evidência de que os *blocos regionais médios* terão uma vantagem de custos em relação aos *blocos regionais pequenos*.

Na média amostral, os *blocos regionais médios* apresentam, relativamente, elevado dispêndio com o *fator trabalho*, equivalente a 64.0%, sendo o maior percentual dentre as três categorias de blocos regionais de saneamento básico analisados. O dispêndio relativo com o *fator energia*, igual a 15.7%, apresentou valor próximo ao obtido para os *blocos regionais grandes*, de 16.3%.

Tabela 16 – Elasticidades, economias de densidade, escala e dispêndios relativos

<b>Elasticidades (%)</b>	<b>Água Produzida</b> 0.690 (0.397)	<b>Esgoto Coletado</b> 0.048 (0.142)	<b>Ligações Ativas</b> -0.128 (0.540)	<b>Extensão da Rede</b> -0.034 (0.359)
<b>Economias</b>	<b>Densidade Produção</b> 1.35*** (0.129)	<b>Densidade Ligações Ativas</b> 1.63*** (0.159)		<b>Escala</b> 1.69*** (0.147)
<b>Dispêndio Relativo (%)</b>	<b>Trabalho</b> 42.0	<b>Energia</b> 33.6		<b>Serviços Contratados</b> 24.4

N=91. '\*\*\*\*' p-valor<0.001, '\*\*\*' p-valor<0.01, '\*\*' p-valor<0.05. Desvios-Padrões calculados pelo "Delta Method".

Conforme apontam [Destandau e Garcia \(2014\)](#), a estrutura de custos pode variar de acordo com as características de cada ambiente específico. [Fraquelli e Moiso \(2005\)](#) destacam que características topológicas e geográficas, como distâncias relativas entre os municípios e altitude podem influenciar negativamente a obtenção de *economias de escala*, evidência corroborada por [Mizutani e Urakami \(2001\)](#). Além disso, conforme expande-se a área de cobertura dos serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto, eleva-se o nível de complexidade operacional, além da necessidade de um maior quadro de profissionais para atuação nas atividades operacionais e administrativas, tendendo a tornar os processos mais burocráticos, eventualmente diminuindo potenciais ganhos com *economias de escala* ([Fraquelli e Moiso \(2005\)](#)).

## 4.4 Blocos Regionais - Grandes

A tabela 17 descreve a categoria de *blocos regionais grandes*. Os coeficientes estimados da *função custo variável translog* e das *equações de dispêndio relativo* para os *blocos regionais grandes* são apresentados nas tabelas 18 e 19. Neste caso, foram estimados 60 coeficientes com 14 restrições de igualdade no sistema de equações.

Tabela 17 – Valores médios de população atendida, volume de água produzida e de esgoto coletado (2007-2019)

Bloco Regional	UF	População atendida com abastecimento de água	Volume de água produzido (1.000 m <sup>3</sup> /ano)	Volume de esgoto coletado (1.000 m <sup>3</sup> /ano)
Zona Sul	RJ	7.607.058	1.137.590,53	320.047,08
Bloco 2	PE	5.951.314	548.624,38	59.180,85
Bloco 2	CE	3.774.111	304.240,41	77.492,54
Sudeste	SP	27.207.568	764.885,67	831.481,53
Centro	SP	4.429.222	523.939,38	188.812,43
Leste	SP	3.949.443	392.271,27	130.161,77
Norte	SP	4.255.225	540.918,13	212.804,69
<b>Total Médio</b>		<b>8.167.706</b>	<b>601.781,40</b>	<b>259.997,27</b>

Fonte: SNIS. Elaboração própria.

Tabela 18 – Coeficientes função custo variável *translog*  
(Blocos regionais grandes)

	Coeficiente (Erro-Padrão)		Coeficiente (Erro-Padrão)
Intercepto	0.037 (0.244)	SP-2	0.778** (0.239)
AguaProd	-0.323* (0.145)	SP-3	1.004*** (0.230)
EsgCol	0.924*** (0.163)	SP-4	0.430 (0.277)
LigAtv	-0.246 (0.397)	2008	0.065* (0.031)
ExtRed	-0.624 (0.048)	2009	-0.001 (0.033)
Pl	0.750*** (0.050)	2010	0.060 (0.039)
Pe	0.143* (0.066)	2011	-0.099* (0.041)
AguaProd × EsgCol	0.269 (0.139)	2012	-0.113* (0.047)
AguaProd × LigAtv	-2.884*** (0.425)	2013	-0.193*** (0.054)
AguaProd × ExtRed	1.132* (0.516)	2014	-0.193*** (0.061)
AguaProd × Pl	0.025 (0.053)	2015	-0.294*** (0.068)
AguaProd × Pe	0.097 (0.058)	2016	-0.367*** (0.071)
AguaProd × AguaProd	-0.215 (0.400)	2017	-0.361*** (0.075)
EsgCol × LigAtv	0.099 (0.411)	2018	-0.437*** (0.078)
EsgCol × ExtRed	-1.398** (0.453)	2019	-0.339*** (0.083)
EsgCol × Pl	-0.463*** (0.062)		
EsgCol × Pe	-0.366*** (0.057)		
EsgCol × EsgCol	1.265*** (0.219)		
LigAtv × ExtRed	-2.240 (1.748)		
LigAtv × Pl	-0.073 (0.126)		
LigAtv × Pe	-0.584*** (0.154)		
LigAtv × LigAtv	3.090 (1.727)		
ExtRed × Pl	1.521*** (0.123)		
ExtRed × Pe	1.379*** (0.177)		
ExtRed × ExtRed	3.262* (1.600)		
Pl × Pe	-0.024 (0.022)		
Pl × Pl	0.020 (0.018)		
Pe × Pe	0.483*** (0.054)		
PE-B2	1.368*** (0.264)		
CE-BL2	0.701* (0.297)		
SP-1	1.661* (0.667)		

N=91. \*\*\*) p-valor <0.001; \*\*) p-valor <0.01;  
\*) p-valor <0.05



Tabela 19 – Coeficientes *equações de dispêndio relativo*  
(Blocos regionais grandes)

	Trabalho	Energia
	Coeficiente	Coeficiente
	(Erro-Padrão)	(Erro-Padrão)
Intercepto	0.750*** (0.050)	0.143* (0.066)
AguaProd	0.025 (0.053)	0.097 (0.058)
EsgCol	-0.463*** (0.062)	-0.366*** (0.057)
LigAtv	-0.073 (0.126)	-0.584*** (0.154)
ExtRed	1.521*** (0.123)	1.379*** (0.177)
Pl	0.020 (0.018)	-0.024 (0.022)
Pe	-0.024 (0.022)	0.483*** (0.054)

\*\*\*\* p-valor < 0.001; \*\*\* p-valor < 0.01;

\*\* p-valor < 0.05.

A tabela 20 descreve os resultados das elasticidades e dos indicadores de *economias de densidade* e *economias de escala*. Embora os indicadores não terem apresentado significância estatística, vale analisar os valores obtidos<sup>31</sup>. Neste caso, o indicador de *economias de densidade na produção* é decrescente, pois apresenta na média amostral, valor igual a 0.92. Conforme apontado anteriormente, este indicador descreve o comportamento de *economias de escala* no curto prazo (*extensão da rede e ligações ativas* constantes), assim, para um dado aumento do produto, há variação mais do que proporcional nos custos. A obtenção deste resultado está em linha com evidências encontradas pela literatura correlata, de que para elevados volumes de produção, existem *deseconomias de escala* (Nauges e Berg (2008), Mercadier, Cont e Ferro (2016), Garcia e Thomas (2001)). De acordo com Tynan et al. (2005), o aumento dos custos operacionais de distribuição de água ao longo de maiores quilômetros de extensão de rede podem superar os benefícios da redução do custo variável médio advindos das *economias de escala*.

No entanto, o indicador de *economias de escala*, que captura o efeito da consolidação dos blocos regionais de saneamento básico no longo prazo (variação da *extensão da rede e ligações ativas*, com consequente aumento de produção)<sup>32</sup>, apresenta, na média amostral, retornos crescentes, igual a 1.40. O indicador de *economias de densidade para ligações ativas* apresentou valor igual a 1.24, logo, retornos crescentes. Desta forma, como apontado anteriormente, expande-se o número de *ligações ativas* a um custo variável médio decrescente. Importante ressaltar que vale cautela na interpretação dos resultados, dado

<sup>31</sup> Garcia e Thomas (2001) não encontram significância estatística para o indicador de *economias de escala* na França.

<sup>32</sup> Ver Mercadier, Cont e Ferro (2016), Marques e Witte (2011).

que neste caso, os indicadores não apresentaram significância estatística. Similarmente, no estudo de [Nauges e Berg \(2008\)](#), para o caso de elevados volumes de produção de água, as autoras não obtiveram significância estatística ao nível de 10%. Ademais, os *blocos regionais grandes* possuem, relativamente, um elevado número de municípios, como mostra a tabela 2 e também configuram-se como as principais regiões metropolitanas do Brasil (São Paulo e Rio de Janeiro), as quais tendem a ter uma maior densidade em termos de infraestrutura de rede de saneamento e populacional. Portanto, um eventual redimensionamento do tamanho destes blocos, principalmente em termos de números de municípios pode contribuir para exploração dos ganhos potenciais com economias de escala.

Tabela 20 – Elasticidades, economias de densidade, escala e dispêndios relativos

	<b>Água Produzida</b>	<b>Esgoto Coletado</b>	<b>Ligações Ativas</b>	<b>Extensão da Rede</b>
<b>Elasticidades (%)</b>	0.089 (0.332)	0.993*** (0.302)	-0.281 (0.715)	-0.128 (0.825)
	<b>Densidade Produção</b>	<b>Densidade Ligações Ativas</b>		<b>Escala</b>
<b>Economias</b>	0.92 (3.001)	1.24 (1.508)		1.40 (1.010)
	<b>Trabalho</b>	<b>Energia</b>		<b>Serviços Contratados</b>
<b>Dispêndio Relativo (%)</b>	59.6	16.3		24.1

N=91. \*\*\*\* p-valor<0.001, \*\*\* p-valor<0.01, \*\* p-valor<0.05. Desvios-Padrões calculados pelo "Delta Method".

No tocante ao percentual do dispêndio relativo com os insumos produtivos na estrutura de custos, os *blocos regionais grandes*, apresentam na média amostral, elevada participação com fator *trabalho*, igual a 59.6% e um maior dispêndio com o fator *energia* (16.3%), em relação aos blocos regionais médios. O dispêndio relativo com *serviços contratados* apresenta valor igual a 24.1%.

## 5 Considerações Finais

Esta dissertação teve como objetivo estimar se existem economias de escala na prestação regionalizada dos serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto no Brasil. A função *translog*, amplamente utilizada na literatura empírica de custos e produção de indústrias de infraestrutura foi adotada nesta dissertação para estimação econométrica da estrutura de custos do setor de saneamento básico.

A partir dos dados do SNIS e dos projetos estaduais de regionalização foi criado uma base de dados em painel contendo 40 blocos regionais de saneamento básico de 10 estados da federação brasileira entre os anos de 2007 a 2019. As estimações econométricas foram realizadas com o método SUR (*Seemingly Unrelated Regression*), que agrega em um sistema de equações a *função custo variável translog* e as *equações de dispêndio relativo* para os preços dos insumos produtivos *trabalho* e *energia*. A implementação metodológica fundamentou-se no estudo de [Nauges e Berg \(2008\)](#), no qual as autoras estimaram *economias de densidade, escala e escopo* para países em desenvolvimento, incluindo o Brasil.

O critério amplamente utilizado na literatura empírica, de segmentação dos blocos regionais de saneamento foi adotado nesta dissertação. De acordo com o *volume de água produzido*, os blocos regionais foram categorizados como pequenos, médios e grandes. Os *blocos regionais médios* apresentaram, na média amostral, o maior valor para *economias de escala* igual a 1.69 com significância estatística ao nível de 1%. Similarmente, os indicadores de economias de densidade na produção e economias de densidade para ligações também apresentaram retornos crescentes com significância estatística a 1%. Especificamente no caso dos *blocos regionais pequenos* foram obtidos na média amostral, resultados estatisticamente significantes de existência de *economias de densidade de produção, densidade nas ligações e economias de escala*, o qual fornece evidências de que estes municípios podem se beneficiar no processo de regionalização, contribuindo para expansão dos índices de abastecimento de água e coleta de esgoto no conjunto destes municípios que ainda apresentam baixos índices nestas categorias.

Importante ressaltar que, os *blocos regionais médios* apresentaram resultados dos indicadores, na média amostral, maiores do que os blocos regionais pequenos e estatisticamente significantes. Este resultado fornece indícios de que os blocos regionais médios podem obter vantagem relativa em termos de reduções de custos com a agregação e consolidação da estrutura de prestação regionalizada.

No caso dos *blocos regionais grandes* os resultados não foram conclusivos, devido principalmente, a ausência de significância estatística dos indicadores analisados. Este

resultado se alinha com os principais estudos da literatura empírica correlata, que aponta para a existência de deseconomias de escala em intervalos que ocorrem elevados volumes de produção de água tratada. Um possível redimensionamento destes blocos em termos de números de municípios pode vir a incrementar o potencial de exploração de *economias de escala*, que será essencial para expansão dos índices de abastecimento de água e coleta de esgoto, contribuindo para as metas de universalização dos serviços de saneamento a população brasileira.

Vale ressaltar que os dispêndios relativos com os insumos produtivos apresentaram sinal positivo em todos os casos analisados, o que fornece evidências de que as condições de regularidade das respectivas funções custo são satisfeitas. Em termos de recomendação de pesquisas futuras, destacamos a análise do tamanho ótimo dos blocos regionais de saneamento, como nos estudo de [Mizutani e Urakami \(2001\)](#) e da análise de existência de economias de escala para blocos regionais específicos.

Por fim, destaca-se que os resultados obtidos neste estudo indicam que a prestação regionalizada dos serviços de água e esgoto é um arranjo viável em território brasileiro, que contribuirá para expansão dos índices de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, com reduções de custos e incremento da eficiência produtiva e alocativa com todas as externalidades positivas associadas em prol do bem-estar da população brasileira e preservação do meio ambiente.

## Referências

- ANTONIOLI, B.; FILIPPINI, M. The use of a variable cost function in the regulation of the italian water industry. **Utilities Policy**, Elsevier, v. 10, n. 3-4, p. 181–187, 2001.
- AZEVEDO, P. et al. Diagnóstico e propostas para o setor de saneamento. **Giambiagi F, Almeida Jr MF, organizadores. Rio de Janeiro: Elsevier**, p. 313–327, 2017.
- BERNDT, E. R.; CHRISTENSEN, L. R. **The Translog Production Function and Factor Substitution in US Manufacturing 1929-1968**. [S.l.], 1971.
- \_\_\_\_\_. The translog function and the substitution of equipment, structures, and labor in us manufacturing 1929-68. **Journal of econometrics**, Elsevier, v. 1, n. 1, p. 81–113, 1973.
- BRAEUTIGAM, R. R.; DAUGHETY, A. F. On the estimation of returns to scale using variable cost functions. **Economics Letters**, Elsevier, v. 11, n. 1-2, p. 25–31, 1983.
- CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; SWANSON, J. A. Productivity growth, scale economies, and capacity utilization in us railroads, 1955-74. **The American Economic Review**, JSTOR, v. 71, n. 5, p. 994–1002, 1981.
- CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; TRETHERWAY, M. W. Economies of density versus economies of scale: why trunk and local service airline costs differ. **The RAND Journal of Economics**, JSTOR, p. 471–489, 1984.
- DAGLISH, T. et al. Translog cost function estimation: banking efficiency. 2015.
- DESTANDAU, F.; GARCIA, S. Service quality, scale economies and ownership: an econometric analysis of water supply costs. **Journal of Regulatory Economics**, Springer, v. 46, n. 2, p. 152–182, 2014.
- FABBRI, P.; FRAQUELLI, G. Costs and structure of technology in the italian water industry. **Empirica**, Springer, v. 27, n. 1, p. 65–82, 2000.
- FAUST, A.-K.; BARANZINI, A. The economic performance of swiss drinking water utilities. **Journal of productivity analysis**, Springer, v. 41, n. 3, p. 383–397, 2014.
- FRAQUELLI, G.; MOISO, V. Cost efficiency and scale economies in the italian water industry. **Higher Education and Research on Mobility Regulation and the Economics of Local Services (HERMES), Working Paper**, v. 8, 2005.
- FRIEDLAENDER, A. F.; SPADY, R. H. **Freight transport regulation**. [S.l.]: Mit Press Cambridge, MA, 1981.
- FRONE, S.; FRONE, D. F. Factors and trends of economic efficiency in the water/wastewater sector. **Procedia Economics and Finance**, Elsevier, v. 3, p. 1018–1023, 2012.
- FRONE, S. et al. Factors and challenges of regionalization in the water and wastewater sector. **Romanian Journal of Economics**, Institute of National Economy, v. 27, n. 2, p. 36, 2008.

- FUJIWARA, T. et al. A privatização beneficia os pobres? os efeitos da desestatização do saneamento básico na mortalidade infantil. **Anais do XXXIII Encontro Nacional de Economia**, 2005.
- GARCIA, S.; THOMAS, A. The structure of municipal water supply costs: application to a panel of french local communities. **Journal of Productivity analysis**, Springer, v. 16, n. 1, p. 5–29, 2001.
- GREENE, W. H. **Econometric analysis**. [S.l.]: Pearson Education India, 2003.
- 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**, Springer, v. 27, n. 13, p. 4559–4578, 2013.
- KIM, H. Y.; CLARK, R. M. Economies of scale and scope in water supply. **Regional Science and Urban Economics**, Elsevier, v. 18, n. 4, p. 479–502, 1988.
- KURKI, V.; PIETILÄ, P.; KATKO, T. Assessing regional cooperation in water services: Finnish lessons compared with international findings. **Public Works Management & Policy**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 21, n. 4, p. 368–389, 2016.
- LUCINDA, C. R.; ANUATTI, F. Economies of scale and scope in the sanitation sector. **Brazilian Review of Econometrics**, v. 37, n. 2, p. 233–265, 2017.
- MARQUES, R. C.; WITTE, K. D. Is big better? on scale and scope economies in the portuguese water sector. **Economic Modelling**, Elsevier, v. 28, n. 3, p. 1009–1016, 2011.
- MERCADIER, A. C.; CONT, W. A.; FERRO, G. Economies of scale in peru's water and sanitation sector. **Journal of productivity analysis**, Springer, v. 45, n. 2, p. 215–228, 2016.
- MIZUTANI, F.; URAKAMI, T. Identifying network density and scale economies for japanese water supply organizations. **Papers in Regional Science**, Wiley Online Library, v. 80, n. 2, p. 211–230, 2001.
- NAUGES, C.; BERG, C. 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**, Springer, v. 34, n. 2, p. 144–163, 2008.
- PANZAR, J. C.; WILLIG, R. D. Economies of scale in multi-output production. **The Quarterly Journal of Economics**, JSTOR, p. 481–493, 1977.
- SJÖSTRAND, K. et al. Cost-benefit analysis for supporting intermunicipal decisions on drinking water supply. **Journal of Water Resources Planning and Management**, American Society of Civil Engineers, v. 145, n. 12, p. 04019060, 2019.
- SMIDERLE, J. J.; CAPODEFERRO, M. W.; PARENTE, A. T. M. Reformulação do marco legal do saneamento no brasil: atualização julho/2020. FGV CERJ, 2020.
- TYNAN, N. et al. Optimal size for utilities? returns to scale in water: Evidence from benchmarking. World Bank, Washington, DC, 2005.
- URAKAMI, T.; PARKER, D. The effects of consolidation amongst japanese water utilities: A hedonic cost function analysis. **Urban Studies**, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 48, n. 13, p. 2805–2825, 2011.

ZELLNER, A. An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias. **Journal of the American statistical Association**, Taylor & Francis, v. 57, n. 298, p. 348–368, 1962.

ZSCHILLE, M. Cost structure and economies of scale in german water supply. DIW Berlin Discussion Paper, 2016.

# Apêndices



# APÊNDICE A – Indicadores SNIS

## Apêndice 1

De acordo com o Glossário de Informações e Indicadores do SNIS, descreve-se a seguir, os indicadores utilizados neste estudo.

### **1. QUANTIDADE DE LIGAÇÕES ATIVAS DE ÁGUA (AG002):**

Quantidade de ligações ativas de água à rede pública, providas ou não de hidrômetro, que estavam em pleno funcionamento no último dia do ano de referência.

Referências: X035; X040; X090;. Unidade: Ligações.

### **2. EXTENSÃO DA REDE DE ÁGUA (AG005):**

Comprimento total da malha de distribuição de água, incluindo adutoras, subadutoras e redes distribuidoras e excluindo ramais prediais, operada pelo prestador de serviços, no último dia do ano de referência.

Referências: X035; X115. Unidade: km.

### **3. VOLUME DE ÁGUA PRODUZIDO (AG006):**

Volume anual de água disponível para consumo, compreendendo a água captada pelo prestador de serviços e a água bruta importada (AG016), ambas tratadas na(s) unidade(s) de tratamento do prestador de serviços, medido ou estimado na(s) saída(s) da(s) ETA(s) ou UTS(s). Inclui também os volumes de água captada pelo prestador de serviços ou de água bruta importada (AG016), que sejam disponibilizados para consumo sem tratamento, medidos na(s) respectiva(s) entrada(s) do sistema de distribuição. Para prestadores de serviços de abrangência regional (X004) ou microrregional (X003), nos formulários de dados municipais (informações desagregadas), esse campo deve ser preenchido com os volumes produzidos DENTRO DOS LIMITES DO MUNICÍPIO EM QUESTÃO. Esse volume pode ter parte dele exportada para outro(s) municípios(s) atendido(s) ou não pelo mesmo prestador de serviços.

Referências: AG016; X003; X004; X065; X115; X135; X160. Unidade:  $1.000m^3/ano$ .

### **3. VOLUME DE ESGOTOS COLETADO (ES005)**

Volume anual de esgoto lançado na rede coletora. Em geral é considerado como

sendo de 80% a 85% do volume de água consumido na mesma economia. Não inclui volume de esgoto bruto importado (ES013).

Referências: AG010; ES013. Unidade: 1.000  $m^3$ /ano.

### 3. **DESPESA COM PESSOAL PRÓPRIO (FN010):**

Valor anual das despesas realizadas com empregados (inclusive diretores, mandatários, entre outros), correspondendo à soma de ordenados e salários, gratificações, encargos sociais (exceto PIS/PASEP e COFINS), pagamento a inativos e demais benefícios concedidos, tais como auxílio-alimentação, vale-transporte, planos de saúde e previdência privada.

Referências: FN026. Unidade: R\$/ano.

### 4. **DESPESA COM ENERGIA ELÉTRICA (FN013):**

Valor anual das despesas realizadas com energia elétrica (força e luz) nos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, incluindo todas as unidades do prestador de serviços, desde as operacionais até as administrativas.

Referências: AG028; ES028; X115. Unidade: R\$/ano.

### 5. **DESPESA COM SERVIÇOS DE TERCEIROS (FN014):**

Valor anual das despesas realizadas com serviços executados por terceiros. Deve-se levar em consideração somente despesas com mão-de-obra. Não se incluem as despesas com energia elétrica e com aluguel de veículos, máquinas e equipamentos (estas últimas devem ser consideradas no item Outras Despesas de Exploração).

Referências: FN013; FN027; X155. Unidade: R\$/ano.

### 6. **DESPEAS DE EXPLORAÇÃO - DEX (FN015):**

Valor anual das despesas realizadas para a exploração dos serviços, compreendendo Despesas com Pessoal, Produtos Químicos, Energia Elétrica, Serviços de Terceiros, Água Importada, Esgoto Exportado, Despesas Fiscais ou Tributárias computadas na DEX, além de Outras Despesas de Exploração (FN027). O encarregado da informação deve atentar para o fato de que o campo FN027 é preenchido automaticamente pelo sistema online de coleta de dados e inclui despesas com materiais, tubos, combustível, impressora, papel, etc. Assim, como se trata de valor preenchido automaticamente pelo sistema online de coleta de dados, o encarregado da informação deve acrescentá-lo no campo FN015. Logo, as Despesas de Exploração (FN015) deverão

ser iguais ou superiores aos somatórios dos valores descritos anteriormente. Ou seja:  
 $FN015 \geq FN010 + FN011 + FN013 + FN014 + FN020 + FN039 + FN021 + FN027$

Referências: FN010; FN011; FN013; FN014; FN020; FN021; FN039; FN027. Unidade: R\$/ano.

#### **6. QUANTIDADE TOTAL DE EMPREGADOS PRÓPRIOS (FN026):**

Quantidade de empregados, sejam funcionários do prestador de serviços, dirigentes ou outros, postos permanentemente - e com ônus - à disposição do prestador de serviços, ao final do ano de referência.

Referências: FN010; X035; X115. Unidade: Empregados.