

RÔMULO JOSÉ SOARES MIRANDA

**A EFICIÊNCIA DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO E O IMPACTO NA
GERAÇÃO DE EMPREGO E RENDA EM MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

M672e
2015

Miranda, Rômulo José Soares, 1989-

A eficiência dos serviços de saneamento e o impacto na
geração de emprego e renda em Minas Gerais / Rômulo José
Soares Miranda. – Viçosa, MG, 2015.

xi, 105f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Adriano Provezano Gomes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.98-105.

1. Relações intersetoriais. 2. Saneamento. 3. Renda -
Distribuição. 4. Eficiência. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Economia. Programa de Pós-graduação em
Economia. II. Título.

CDD 22. ed. 339.8151

RÔMULO JOSÉ SOARES MIRANDA

**A EFICIÊNCIA DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO E O IMPACTO NA
GERAÇÃO DE EMPREGO E RENDA EM MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA:

Giovana Figueiredo Rossi

Roberto Serpa Dias
(Coorientador)

Adriano Provezano Gomes
(Orientador)

A Deus, Rosa de Saron, Alfa e Ômega, Rei dos Reis, toda honra e toda glória.

“É muito perigosa a sensação exuberante do poder sempre crescente que, engendrada pelo avanço das ciências físicas, incentiva o homem a tentar, ‘inebriado com o sucesso’, submeter tudo o que o cerca, meio ambiente e também seres humanos, ao controle de sua vontade pessoal. O reconhecimento dos limites insuperáveis do seu conhecimento deveria ser, para aquele que estuda a sociedade, uma lição de humildade tal, que ele desejasse manter-se longe de qualquer eventual cumplicidade com o esforço fatal do homem no sentido de controlar a sociedade — esforço que não apenas faz do homem um tirano de seus concidadãos, mas também pode levá-lo a destruir uma civilização que não foi engendrada por cérebro algum, uma civilização que tem prosperado como resultado dos esforços livres de milhões de indivíduos.” (Friedrich August Von Hayek)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pela sabedoria e pelas vitórias.

A meus pais e familiares, pela confiança e pelo apoio.

À Universidade Federal de Viçosa, pelo acolhimento e por me permitir fazer parte desse universo de excelência.

Ao Departamento de Economia, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Economia, pela oportunidade, pelo ensino e pela seriedade.

À Fapemig e à Capes, pela concessão da bolsa de financiamento dessa importante etapa de minha vida.

A Elaine Aparecida Fernandes, por ter me ensinado os primeiros passos na pesquisa e na ciência.

A Adriano Provezano Gomes, mais que um orientador, um amigo, pelo incentivo, pela orientação e pelo conhecimento transmitido.

Aos amigos Roberto Serpa Dias e Evonir Pontes de Oliveira, pelo convívio, pela recepção e pelas contribuições.

A Eduardo Belisário Monteiro de Castro Finamore e a Giovana Figueiredo Rossi, pela prontidão e pelas sugestões.

Aos amigos Antônio César da Matta de Jesus, Samuel Alves Barbi Costa, Roney Fernando Diego de Paula, Ricardo Luiz Vilela de Castro e Gabriel Teixeira Ervilha, pelo incentivo, pelo suporte, pela compreensão e pela confiança.

Às escolas pelas quais passei e a todos os professores, servidores e colegas que contribuíram para minha formação.

A todos os amigos, professores e companheiros da pós-graduação e de república, pela amizade, pelos incentivos, pela cooperação e por compartilharem comigo essa conquista.

Obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE SIGLAS	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações Iniciais	2
1.2 O Problema e sua Importância.....	3
1.3 Hipótese.....	5
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo Geral.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	6
1.5 Organização do Estudo	6
1.6 Fonte e Tratamento de Dados.....	7
2. ASPECTOS TEÓRICOS RELEVANTES À ANÁLISE DO SETOR DE SANEAMENTO	10
2.1 A Regulação Tarifária	10
2.2 Estrutura Monopolista com Diversas Plantas.....	12
2.3 Subsídios e Incentivos	13
2.4 Função de Produção, Produtividade e Eficiência	15
3. ASPECTOS HISTÓRICOS E LEGAIS DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO	17
3.1 Serviços de Saneamento no Brasil.....	17
3.2 Legislação Aplicável ao Setor de Saneamento	19
3.3 Políticas de Subsídios nos Serviços de Saneamento.....	23
4. NÍVEIS DE EFICIÊNCIA DOS PRESTADORES DE SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM MINAS GERAIS.....	26
4.1 Introdução	26
4.2 Metodologia	27
4.2.1 Análise Envoltória de Dados.....	30

4.2.2 Detecção e Remoção de <i>Outliers</i>	31
4.2.3 Identificação e Análise de <i>Benchmarking</i>	33
4.2.4. Árvore de Classificação e Regressão	34
4.2.5 Modelo de Regressão com Dados Censurados e Reamostragem.....	36
4.3 Resultados e Discussão	38
4.4 Conclusões	58
5. EVOLUÇÃO E CONVERGÊNCIA DOS INDICADORES DE SERVIÇOS DE SANEAMENTO EM MINAS GERAIS	59
5.1 Introdução	59
5.2 Metodologia	60
5.2.1 Índice de Malmquist.....	61
5.2.2 Beta e Sigma Convergências.....	63
5.3 Resultados e Discussão	65
5.4 Conclusões	78
6. A PRESTAÇÃO EFICIENTE DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO E O IMPACTO NA GERAÇÃO DE EMPREGO E RENDA EM MINAS GERAIS	80
6.1 Introdução	80
6.2 Metodologia	81
6.2.1 Matriz Insumo-Produto e Multiplicadores de Renda e Emprego.....	82
6.3 Resultados e Discussão	87
6.4 Conclusões	94
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Relação entre despesas totais de serviços por metro cúbico faturado e a população atendida nos municípios da Copasa-MG.	35
Figura 4.2 – Relação entre margem das despesas de exploração sobre a receita operacional e porte populacional.	39
Figura 4.3 – Relação entre escores de eficiência e porte populacional.	43
Figura 4.4–Árvore de Classificação e Regressão dos Níveis de Eficiência em relação à abrangência do prestador e à população urbana.	44
Figura 5.1 – Evolução dos serviços de abastecimento de água de 2008 a 2013 por município de Minas Gerais.	58
Figura 5.2 – Evolução dos serviços de esgotamento sanitário de 2008 a 2013 por município de Minas Gerais.	59
Figura 5.3 – Dispersão dos Municípios de Minas Gerais por Índice de Eficiência nos anos 2008 e 2013.	63
Figura 5.4 – Dispersão dos Municípios de Minas Gerais com prestador regional por Índice de Eficiência nos anos 2008 e 2013.	64
Figura 5.5 – Dispersão dos Municípios de Minas Gerais por Índice de Eficiência Temporal em 2008 e 2013.	65
Figura 5.6 – Dispersão entre nível de eficiência técnica inicial e índice de mudança na eficiência pura com linha de tendência ajustada.	66
Figura 5.7 – Dispersão entre nível de eficiência técnica inicial e índice de mudança na eficiência pura com linha de tendência ajustada para municípios com prestador regional.	67
Figura 6.1 – Matriz insumo-produto simplificada.	72
Figura 6.2 – Distribuição do impacto do valor bruto da produção entre os setores econômicos de Minas Gerais.	79
Figura 6.3 – Distribuição do impacto da geração de emprego entre os setores econômicos de Minas Gerais.	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Matriz de correlação para determinação das variáveis de produto do modelo, para o ano de 2013	7
Tabela 2.1: Domicílios urbanos brasileiros com acesso a serviços básicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário por faixa de renda.	9
Tabela 4.1 – Divisão da amostra de acordo com a abrangência do prestador e porte populacional do município.	37
Tabela 4.2 – Divisão da amostra de acordo com a abrangência do prestador e porte populacional do município.	40
Tabela 4.3 – Estatísticas dos níveis de eficiência de acordo com a abrangência do prestador e o porte populacional dos municípios.	41
Tabela 4.4 – Determinantes dos níveis de eficiência dos serviços de saneamento (Tobit).	46
Tabela 4.5 – Determinantes dos níveis de eficiência dos serviços de saneamento (Modelo de Dois Estágios de Simar e Wilson (2007)).	49
Tabela 5.1 – Indicadores de Margem de Exploração, Perdas e Atendimento Urbano de Água e Esgoto em 2008 e 2013 para Minas Gerais.	57
Tabela 5.2 – Medidas de eficiência temporal dos municípios de Minas Gerais na prestação de serviços de água e esgoto	60
Tabela 5.3 – Distribuição dos Índices de Mudança nos Níveis de Eficiência e Tecnologia entre 2008 e 2013 para Minas Gerais.	62
Tabela 5.4 - Distribuição dos Índices de Mudança nos Níveis de Eficiência e Tecnologia entre 2008 e 2013 para os municípios com prestador regional de Minas Gerais.	62
Tabela 5.5 – Coeficientes estimados para o teste de β -convergência.	65
Tabela 5.6 – Coeficientes estimados para o teste de β -convergência para municípios com prestador regional.	66
Tabela 6.1 –Potencial de aumento no atendimento e economia de recursos com operação eficiente dos serviços de água e esgoto.	75
Tabela 6.2 – Simulação de efeitos multiplicadores da correção de ineficiências na prestação de serviços de água e esgoto sobre indicadores econômicos de Minas Gerais.	77

LISTA DE SIGLAS

ANOVA	<i>Analysis of Variance</i>
CART	<i>Classification and Regression Trees</i>
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
Cesama	Companhia de Saneamento Municipal
CESB	Companhia Estadual de Saneamento Básico
CF	Constituição Federal
CID	Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde
Coponor	Copasa Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais
Copasa	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
Datasus	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DEAP	<i>Data Envelopment Analysis (Computer) Program</i>
DMU	<i>Decision Making Unit</i>
EQM	Erro Quadrado Médio
ERSE	Entidade Reguladora de Serviços Energéticos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBNET	<i>The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities</i>
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
LNS	Lei Nacional do Saneamento
MIP	Matriz Insumo-Produto
MQO	Mínimos Quadrados Ordinários
MRI	Matriz de Relações Intersetoriais
TEM	Ministério do Trabalho e Emprego
Planasa	Plano Nacional de Saneamento
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
SFS	Sistema Financeiro de Saneamento
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

RESUMO

MIRANDA, Rômulo José Soares, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2015. **A eficiência dos serviços de saneamento e o impacto na geração de emprego e renda em Minas Gerais.** Orientador: Adriano Provezano Gomes. Coorientadores: Roberto Serpa Dias e Eduardo Belisário Monteiro de Castro Finamore.

Os serviços adequados de saneamento básico representam condição essencial para a obtenção de indicadores ambientais satisfatórios e para a manutenção da vida humana. Em termos econômicos, o setor é caracterizado por uma estrutura monopolista, com enormes disparidades regionais e sociais. Nesse sentido, a adoção de subsídios tarifários e a busca de melhores indicadores de eficiência são importantes instrumentos de política econômica em busca de acesso universal aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário pela sociedade. A adoção da Análise Envoltória de Dados é importante instrumento na determinação da eficiência dos prestadores e na avaliação da efetividade de políticas públicas. O presente estudo, com base em uma amostra de municípios de Minas Gerais, identificou os principais determinantes dos escores de eficiência dos prestadores, inclusive relacionados a subsídio cruzado na prestação regional e economias de escala. Níveis elevados de eficiência estão associados a uma maior capacidade de geração de receitas e otimização do uso de insumos. Verificou-se ainda a ocorrência de convergência (beta e sigma) da pura eficiência entre os municípios após a edição do marco regulatório do setor em 2007. Por fim, o estudo avalia o impacto econômico da operação eficiente dos serviços por meio de simulações de choques na Matriz Insumo-Produto de Minas Gerais.

ABSTRACT

MIRANDA, Rômulo José Soares, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2015. **Sanitation services efficiency and its impact on employment and incoming generation in Minas Gerais.** Adviser: Adriano Provezano Gomes. Co-advisers: Roberto Serpa Dias and Eduardo Belisário Monteiro de Castro Finamore.

Proper basic sanitation services are essential for reliable and good environmental indicators and for keeping the human life itself. By using formally economical terms, many characteristics show that these services are controlled by a monopolist structure and have huge regional and social discrepancies. So taxes subsidies and the constant search for better efficiency indicators are both important Economic Policy tools to give universal access to water supply and sanitary services. The Data Envelopment Analysis was chosen for being an important tool to determine the efficiency of the providers and evaluate the effectiveness of public policies. This essay is based on a sample of Brazil's Minas Gerais municipalities and identified the main factors that influenced the providers efficiency rate – also regarding the regional attendance cross-subsidy and scale economy. Good levels of efficiency are associated to a better income generation potential and optimization of input use. This essay also verified that pure efficiency has occurred amongst the cities after this sector regulation was created in 2007. Finally, the current study analyses the economic impact of these services efficient operation through Minas Gerais Input-Output Matrix chock simulations.

1. INTRODUÇÃO

Com o estabelecimento do marco legal do setor de saneamento, pela Lei Federal 11.445, de 05 de janeiro de 2007, passaram a ser constantes, como princípios fundamentais estabelecidos em seu art. 2º, a busca por universalização do acesso, desenvolvimento urbano e regional, proteção ambiental, promoção da saúde e combate à pobreza, conjugados com eficiência e sustentabilidade financeira na prestação dos serviços.

Em seu artigo 49, a Lei Federal 11.445, ou Lei Nacional do Saneamento, como é popularmente conhecida, apresenta, também, como um dos objetivos da Política Nacional de Saneamento Básico, a necessidade de contribuir para o desenvolvimento nacional, a redução das desigualdades regionais, a geração de emprego e de renda e a inclusão social.

Dessa forma, em conformidade com a legislação, a questão social, aliada à eficiência na prestação de serviços, deve ser perseguida incessantemente de forma a beneficiar a sociedade com eventuais ganhos de produtividade.

A ampliação da prestação dos serviços de saneamento é evidentemente essencial, mas assim como os índices de cobertura da prestação dos serviços de saneamento, ainda não é ideal. Cruz e Ramos (2012) lembram que a qualidade da prestação é outro problema sério. Os altos níveis de perdas (físicas e de faturamento) e problemas de tratamento e captação deixam claro que a questão é sobretudo de gestão ineficiente dos serviços, o que torna necessário assegurar a melhor utilização possível dos recursos e o estudo do comportamento dos prestadores, sobretudo a avaliação de desempenho das unidades de produção.

Em função de características próprias do setor de saneamento, como a estrutura monopolista e a adoção de mecanismos de subsídio cruzado, podem ocorrer divergências entre os objetivos de expansão do sistema e os resultados apresentados pelos prestadores em termos de eficiência. Devem então ser avaliados os níveis de eficiência das empresas que operam no setor, os possíveis determinantes desses indicadores e os impactos para a sociedade como um todo, decorrentes da otimização do uso dos recursos pelos operadores dos serviços.

1.1 Considerações Iniciais

A possibilidade de adotar políticas homogêneas como em termos de tarifas aos usuários e qualidade dos serviços, através de mecanismos de compensação entre regiões, constitui um dos argumentos de ampliação da atuação dos prestadores regionais em detrimento dos municipais. Mas não se pode afirmar definitivamente sobre a efetividade do modelo de subsídio cruzado, que, basicamente, adota tarifas uniformes em todas as localidades de atuação, gerando resultados positivos em alguns e negativos em outros em função do custo de operação de cada unidade e da receita auferida pelos serviços.

Como o modelo presume que haja transferência de recursos das localidades superavitárias para as deficitárias, Pereira, Emerenciano e Baltar (2003) alertam não haver garantia de se universalizar o acesso aos serviços por aqueles usuários de mais baixa renda, problema que pode se agravar se não houver cobertura integral no sistema superavitário. Dessa forma, usuários de maior renda de uma região subsidiam também usuários de renda elevada em outra localidade.

Motta (2006) também destaca a possibilidade de que indivíduos de menor poder aquisitivo de cidades maiores possam estar subsidiando classes médias de municípios com população menor. Ademais, para o autor, está mais que evidente que os subsídios cruzados são incapazes de gerar condições de expansão dos serviços, pois não há transparência na forma de aplicação dos recursos pelos prestadores regionais.

De acordo com Guimarães et al. (2014), o modelo do setor de saneamento não conseguiu atender de forma homogênea todas as áreas do país, restando enorme disparidade, em especial nas áreas de maior vulnerabilidade social, em que moradias irregulares e baixa capacidade financeira dos consumidores para o pagamento das tarifas dificultam a adequada prestação dos serviços.

Além da complexidade na conjugação dos interesses dos consumidores e da rentabilidade do investidor, ficam claros também o papel da tarifação e os desafios por ela enfrentados na tentativa de resolver as tensões entre as eficiências produtiva, distributiva e alocativa. Por eficiência produtiva, entende-se a utilização da planta instalada pelo prestador, com máximo rendimento e menor custo, dada a estrutura do mercado. A capacidade de redução da apropriação indevida de excedentes econômicos pelo produtor, em função da

concorrência ou mecanismos de regulação, caracteriza a eficiência distributiva. A eficiência alocativa, por sua vez, está ligada à situação na qual um maior volume de transações é realizado, gerando a maior renda possível. Isso ocorre quando os preços se igualam aos custos marginais, situação obtida, de acordo com a Teoria Econômica, no regime de concorrência perfeita (PEDROSA, 2001).

1.2 O Problema e sua Importância

A fundamentação da Teoria Econômica sustenta a hipótese de que uma política de subsídios promove a universalização do acesso aos serviços públicos, havendo, entretanto, a possibilidade de os subsídios promoverem distorções na economia e não levarem necessariamente o setor aos resultados desejados, tornando importante a articulação com outras políticas.

Em um ambiente regulatório que almeja a eficiência, espera-se que as tarifas e os níveis de eficiência sejam negativamente correlacionados e os ganhos adicionais de eficiência sejam continuamente compartilhados com os usuários. Esses usuários desejam obter serviços de qualidade a um custo mais baixo que possa ser atingido pelo aumento da eficiência no nível de produção. Na ausência de regulação, são esperadas distorções no relacionamento entre níveis de tarifa e produtividade. A identificação das ineficiências na produção e suas fontes tornam-se, portanto, assunto crucial de política do setor (MOTTA e MOREIRA, 2004).

Segundo Cardoso (2004), na existência de subsídios nas tarifas, alguns sempre pagarão menos que o devido, não atendendo, portanto, o “ótimo paretiano”, afastando-se da eficiência de mercado, dado que há redução de custos para alguns em detrimento de outros. Assim, o subsídio aumenta o bem-estar de um indivíduo pela redução do bem-estar dos demais.

Para Jouravlev (2004), a falta de competição e o comportamento da demanda por serviços de saneamento fazem com que as empresas do setor não tenham incentivos para redução de custos ou melhoria de seus níveis de eficiência produtiva. Nesse mesmo sentido, ao analisar a eficiência no setor aeroportuário espanhol, Fageda e Voltes-Dorta (2012) são categóricos ao afirmar que, com a falta de concorrência e um sistema de subsídio cruzado,

as empresas não têm fortes incentivos para serem eficientes em custos. Como a ineficiência pode estar relacionada a questões de escala, orientação comercial insuficiente e baixa utilização da capacidade, a estrutura de mercado e os subsídios cruzados são determinantes no caso de gestão centralizada da rede.

Uma discussão que surge no contexto de eficiência, tarifas e subsídios cruzados é que como aquelas unidades mais eficientes geram resultados positivos que são usados na compensação de déficits de unidades ineficientes, a política de subsídios cruzados entre localidades pode atuar como um mecanismo de desincentivo à eficiência. Parte-se da hipótese de que, embora possa atuar como importante instrumento de ampliação de acesso, os subsídios cruzados impactam negativamente nos indicadores de eficiência da prestação dos serviços, pois nas unidades de menor porte há desincentivos, por exemplo, decorrentes de desvantagens de escala.

Diante do exposto, questiona-se então a efetividade da política de subsídios cruzados no setor de saneamento. Como pode haver perda de eficiência técnico-econômica com a adoção de estruturas com subsídios cruzados, é preciso que se determine se esse comportamento dos prestadores regionais tem se traduzido em benefícios sociais, mais especificamente, em ampliação do acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

No Brasil, todas as unidades da federação têm companhias estaduais de saneamento e, portanto, a aplicação de subsídios cruzados é amplamente difundida. Com o intuito de buscar respostas à efetividade das políticas de subsídio cruzado entre localidades, pretende-se com o presente trabalho estudar o nível de eficiência das diversas unidades de prestação de serviços de saneamento em Minas Gerais, bem como o efeito da adoção do referido mecanismo no combate às disparidades e no atingimento dos objetivos de universalização do acesso e aumento do bem-estar, pela adoção de tarifas módicas à população.

Busca-se analisar comparativamente os municípios atendidos pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa) entre si e com os demais prestadores do estado, o que se justifica por ser Minas Gerais uma unidade da federação cujas disparidades são destacadas. De acordo com Queiroz (2001), trata-se de um dos estados mais heterogêneos do Brasil, com a coexistência de regiões modernas e dinâmicas com regiões extremamente pobres e estagnadas, sem condições mínimas de vida para sua população. Assim, o subsídio cruzado,

caso esteja transferindo renda de localidades ricas, como os grandes centros urbanos, para localidades pobres e pequenas, poderia realmente se caracterizar como importante instrumento de política pública.

Adicionalmente, Minas Gerais é o estado com o maior número de municípios do país e, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), no ano de 2010, os 853 municípios compreendiam mais de 19,5 milhões de habitantes, ou seja, cerca de 10,3% da população brasileira. A Copasa adota a prática de subsídio cruzado ao aplicar uma estrutura tarifária única a todos os 568 municípios mineiros com os quais tem contratos de prestação de serviços, ou seja, 66,5% das cidades do estado, o que faz com que a prestadora estadual de serviços de saneamento atenda o maior número de municípios no país (COPASA, 2015).

Como há municípios em Minas Gerais entre os maiores e menores do país em tamanho populacional, isso possibilita, por exemplo, interessantes avaliações de efeitos de escala para o setor de saneamento. Acredita-se que, dadas as disparidades observadas no estado, semelhantes ao que se verifica no Brasil, estudar os efeitos do subsídio cruzado entre as comunidades mineiras pode contribuir não somente para avaliação da política e seus resultados como também para adoção de medidas em âmbito nacional.

1.3 Hipótese

A prática de subsídio cruzado entre localidades no setor de saneamento em Minas Gerais gera incentivos à ineficiência.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Com o presente estudo, pretende-se determinar o nível de eficiência das unidades de prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em Minas Gerais, verificar a existência de relação entre a adoção de subsídios cruzados entre localidades e indicadores de eficiência nos serviços de saneamento, bem como avaliar a ocorrência de

convergência entre os municípios e o impacto econômico da operação eficiente dos serviços na economia mineira.

1.4.2 Objetivos Específicos

Especificamente, pretende-se:

- i) Estimar as medidas de eficiência técnica da prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário dos municípios de Minas Gerais;
- ii) Agrupar e tipificar os municípios segundo indicadores de eficiência, ambientais, operacionais e financeiros;
- iii) Projetar os municípios ineficientes na fronteira de eficiência, possibilitando verificar os ganhos dos municípios ineficientes e determinar seus *benchmarks*;
- iv) Calcular indicadores de mudança na eficiência técnica da prestação de serviços ao longo do tempo;
- v) Verificar a existência ou não de convergência nos indicadores de eficiência dos municípios avaliados para o período de análise; e
- vi) Simular o impacto da economia de recursos decorrente dos ganhos de eficiência na Matriz Insumo-Produto de Minas Gerais.

1.5 Organização do Estudo

De forma a atender aos objetivos geral e específicos propostos, este estudo está dividido em sete tópicos, incluindo esta Introdução. No segundo tópico, será contextualizado o setor de saneamento e sua importância, além de ser conceituado o subsídio cruzado e os aspectos legais correlatos ao setor. No terceiro capítulo, serão apresentadas as bases teóricas que sustentam o estudo. Do quarto ao sexto tópicos, são apresentados e discutidos os resultados encontrados no trabalho. Estas três seções, especificamente, trazem também o instrumental metodológico que será aplicado para a consecução dos objetivos. O capítulo sétimo traz as considerações finais e gerais do estudo, seguido pelas referências bibliográficas.

Na primeira seção de discussão, capítulo 4, busca-se calcular a eficiência dos municípios mineiros, caracterizar e identificar semelhanças entre as unidades de acordo com seu nível de eficiência e verificar a ocorrência de subsídio cruzado entre localidades. Na segunda seção, capítulo 5, pretende-se analisar a evolução do setor de saneamento em Minas Gerais após a edição da Lei Nacional do Saneamento em 2007. Na terceira seção capítulo 6, são estimados os ganhos financeiros da operação eficiente de cada unidade e o impacto da realocação desses recursos na economia estadual, com base na Matriz Insumo-Produto.

Para a determinação do nível de eficiência das unidades de análise desse estudo, adotar-se-á a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*), com retornos variáveis à escala e orientação insumo. A adoção de retornos variáveis baseia-se na grande dispersão dos municípios mineiros em relação ao tamanho populacional, ou seja, diferentes portes e plantas de produção. Com a orientação insumo, almeja-se estimar a redução possível de custos com a manutenção dos níveis atuais de atendimento. A orientação produto poderia, por exemplo, gerar resultados como o atendimento potencial superior à população do município para algumas unidades, inviabilizando os resultados da pesquisa.

1.6 Fonte e Tratamento de Dados

No intuito de atingir os objetivos propostos e obter respostas aos problemas investigados, serão utilizados dados disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que oferece informações e indicadores operacionais, gerenciais, financeiras e de qualidade dos serviços, com base em observações colhidas voluntariamente pelos prestadores e pelos municípios (GUIMARÃES et al., 2014).

Embora a alimentação voluntária do SNIS seja motivo de críticas, trata-se também de uma forma de expansão da base de dados e da cobertura dos respondentes. Além disso, o SNIS abrange ampla parcela dos municípios e da população brasileira, e sua utilização na literatura econômica é extensa.

Com base em trabalhos de Thanassoulis (2000) e Tupper e Resende (2004), pretende-se utilizar como variáveis de insumo despesas com serviços e exploração e, como produto, variáveis que mensurem o nível de atendimento da população com os serviços. Mais precisamente, serão utilizadas no modelo como variáveis *input* as informações do SNIS

referentes a gastos com pessoal (FN010 - Despesa com pessoal próprio e FN014 - Despesa com serviços de terceiros), materiais de tratamento (FN011 - Despesa com produtos químicos), com energia elétrica (FN013 - Despesa com energia elétrica) e outros gastos com a exploração dos serviços, exceto gastos fiscais e tributários (FN027 - Outras despesas de exploração).

Todas as variáveis de insumo estão expressas em reais ao ano (R\$/ano), em valores correntes. Entretanto, na análise de convergência, as variáveis monetárias serão deflacionadas ao nível do ano inicial considerado. A soma destas variáveis consideradas corresponde a, aproximadamente, 90% do total de despesas de exploração incorridas pelos prestadores para o atendimento de seus usuários (FN015 - Despesas de Exploração).

Como variáveis *output*, serão utilizadas o total de economias ativas atendidas com serviços de abastecimento de água (AG003 - Quantidade de economias ativas de água) e de esgotamento sanitário no ano analisado (ES003 - Quantidade de economias ativas de esgotos). A adoção das variáveis de produto se deu após a realização de testes de correlação com outras variáveis como volume produzido, volume consumido, população atendida e quantidade de ligações atendidas (Tabela 1.1).

Tabela 1.1 - Matriz de correlação para determinação das variáveis de produto do modelo para o ano de 2013

	Variáveis	Economias	Ligações	Vol. Produzido	Vol. Consumido	População
Água	Economias	1.00000				
	Ligações	0.99142	1.00000			
	Vol.	0.99492	0.98664	1.00000		
	Produzido					
	Vol.	0.99432	0.98207	0.99626	1.00000	
	Consumido					
	População	0.99838	0.99401	0.99419	0.99063	1.00000
	Variáveis	Economias	Ligações	Vol. Coletado	Vol. Faturado	População
Esgoto	Economias	1.00000				
	Ligações	0.99249	1.00000			
	Vol. Coletado	0.98897	0.97861	1.00000		
	Vol. Faturado	0.99695	0.98417	0.99042	1.00000	
	População	0.99688	0.99407	0.98057	0.99190	1.00000

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do SNIS (2015).

Como se observa, as variáveis analisadas apresentam elevado grau de correlação, o que torna desnecessária a utilização de mais de uma delas como produto para o mesmo serviço. Assim, acredita-se que a opção pelo número de economias ativas atendidas é preferível. Isso se dá porque os prestadores costumam apresentar deficiências na apuração dos volumes produzido e consumido, incorrendo em erros, além de, na ocorrência de cobrança por consumo mínimo, o volume faturado frequentemente não coincidir com o volume entregue ao usuário. A população atendida geralmente é determinada por meio do produto entre o total de economias e a relação habitante por domicílio informada pelo IBGE, tratando-se de uma estimativa. Por fim, o total de ligações desconsidera características como a verticalização da localidade e pode distorcer os resultados principalmente para grandes centros urbanos.

2. ASPECTOS TEÓRICOS RELEVANTES À ANÁLISE DO SETOR DE SANEAMENTO

O setor de saneamento é marcadamente multidisciplinar e sua análise demanda grande esforço na conjugação de conhecimentos de diversas áreas e ciências. Dado o caráter econômico do presente estudo, este capítulo busca sintetizar alguns aspectos da Teoria Econômica concernentes ao enorme interesse estatal, à estrutura monopolista e à incessante busca por eficiência, que permeiam a prestação de serviços de saneamento.

2.1 A Regulação Tarifária

A justificativa da Teoria Econômica para a existência de regulação se assenta na ocorrência das chamadas falhas de mercado. Reconhece-se assim que a assimetria de informação entre os agentes econômicos, o monopólio natural em determinadas atividades e as externalidades acarretam perdas de bem-estar social. Com base na Teoria do Monopólio Natural, é possível compreender a necessidade de regras de precificação, uma vez que nesse cenário a produção total do mercado se dá por uma única firma a um custo consideravelmente menor que outras alternativas produtivas, podendo decorrer, por exemplo, de economias de escala. O objetivo então da regulação tarifária é conciliar os monopólios naturais à eficiência de mercado, considerando as questões alocativa, distributiva e produtiva de forma a beneficiar os consumidores (SAINTIVE e CHACUR, 2006).

O setor de saneamento, conforme apontado por Souza (2008), reúne os requisitos que o caracterizam como monopólio natural, dadas a especificidade de ativos, economias de escala e a necessidade de elevados investimentos e custos fixos. Assim, aliada à questão de ser um serviço público essencial, carece de regulação técnica e econômica estatal como normatização e definição de parâmetros técnicos e mecanismos tarifários.

Um dos aspectos mais importantes na definição de tarifas aos consumidores e usuários das redes de infraestrutura é a questão da estrutura tarifária. Os princípios norteadores do cálculo tarifário estabelecem que a estrutura deve ser aderente aos custos marginais ou incrementais. Os preços buscam então transmitir aos consumidores o sinal econômico, associado aos investimentos efetuados pelas companhias nas redes, considerando

perdas atuais e futuras. No caso da atividade de comercialização, a estrutura tarifária é aderente aos custos médios de referência, sendo aplicado a estes custos um multiplicador que proporcione um montante de proveitos permitidos (ERSE, 2012).

Entre os modelos regulatórios, destaca-se a remuneração pelo custo do serviço, cujo mecanismo propõe garantir, à firma regulada, preços que remunerem seus custos totais, acrescidos de uma margem de lucro que proporcione taxa de retorno adequada à continuidade da prestação dos serviços. Em função de algumas críticas, associadas principalmente à não garantia da eficiência na produção e à determinação da taxa de remuneração do capital, um segundo modelo regulatório se baseia no preço-teto. Trata-se da combinação de algum índice de preços descontado por um fator de produtividade, com uma regra de revisão tarifária para readequar o nível das tarifas a mudanças estruturais não corrigidas (SAINTIVE e CHACUR, 2006).

Muito embora a questão regulatória seja extremamente importante e busque conduzir as empresas à eficiência competitiva, gerando benefícios e custos menores aos consumidores, Tafarel, Silva e Clemente (2013) afirmam que a regulação pode ser entendida como mais um componente de risco ao qual as empresas se sujeitam. O chamado risco regulatório decorre então de fatores como modificações na estrutura legal, atualizações tarifárias e outras formas de restrições impostas pelo governo na defesa do interesse público. Portanto, as implicações dessa abordagem podem ser determinantes para o desempenho das empresas e, consequentemente, de seus papéis no mercado.

Ainda assim é imprescindível a intervenção estatal como forma de assegurar a autonomia e igualdade dos agentes, mesmo que em termos mínimos. Além disso, ao considerar as interações entre os agentes, supõem-se condições que assegurem não somente a livre manifestação de preferências nas transações de mercado, mas também o cumprimento dos resultados decorrentes, conduzindo à ideia de contrato (CARNEIRO, 2000).

A base da intervenção e regulação está na moderna concepção do Estado como fator de ordenamento e coesão social e nos princípios norteadores da atuação pública como a promoção de fins coletivos, podendo-se definir os modelos de competição para a prestação de serviços e provimento de bens ou infraestrutura pública.

2.2 Estrutura Monopolista com Diversas Plantas

Assim como outros serviços públicos de infraestrutura, o saneamento básico caracteriza-se pela presença de custos fixos elevados em capital específico, a exemplo da construção e manutenção de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto e redes de coleta e distribuição (TUROLLA, 2002). Essas características, somadas a questões como economias de escala e escopo, dão origem ao monopólio natural.

Para Fiuza (2008), a noção tradicional de monopólio natural baseava-se na existência de economias de escala dentro do intervalo de quantidades produzidas no mercado, o que desconsidera fatores tais como o caráter multiproduto da firma. Assim, ao longo do tempo, observou-se que uma definição mais apropriada de monopólio natural deve basear-se em subaditividade, ou seja, resultaria do equilíbrio de certos tipos de tecnologia aplicados a determinados tamanhos de mercado.

Para Pioner (2009), a definição de monopólio natural envolve não apenas a tecnologia da firma, representada pela função custo, mas também a demanda naquele determinado mercado. O autor ainda ilustra a possibilidade de existência de custo subaditivo sem que haja economias de escala no intervalo relevante de produção, logo, mesmo em uma firma monoprodutora, subaditividade não implica economia de escala.

A curva de demanda de uma firma monopolista tem as mesmas propriedades gerais da curva de demanda agregada da indústria num mercado de concorrência perfeita. A receita média do monopolista coincide com a função de demanda, porém sua receita marginal está sempre abaixo da curva de demanda, exceto quando a produção é nula. A oferta ocorrerá a um preço superior ao custo marginal (TAVARES, 2003).

Uma característica interessante do setor de saneamento básico está ligada à necessidade de fixação de unidades de tratamento de água e esgoto em cada localidade operada, bem como de instalações e redes. Para Fernandez (2009), seria interessante então, no caso de múltiplas plantas, saber como o monopolista determina seu nível de produção e faz os ajustes entre elas, uma vez que haverá diferentes capacidades e estruturas de custos em cada unidade. O autor afirma que a maximização dos lucros do monopolista vai ocorrer à medida que houver ajustes nos níveis ótimos de produção de modo a igualar os custos marginais das plantas.

Conforme destacado por Moreira (1998), os serviços públicos essenciais constituem monopólios naturais, ou seja, cada unidade adicional apresenta custo relativamente inferior ao investimento efetuado. Dessa forma, há elevados custos fixos e reduzidos custos marginais, resultando que a elevação da quantidade produzida é o caminho para cobrir os custos de produção. Porém, a fixação de preços com base no custo marginal pode implicar perdas à firma por não necessariamente cobrir todos os seus custos, tornando necessário o aumento de preços ou a utilização de subsídios.

2.3 Subsídios e Incentivos

A política econômica, de acordo com Varian (2006), utiliza frequentemente instrumentos que afetam a restrição orçamentária do consumidor, a exemplo dos impostos. O subsídio é o contrário de um imposto e pode se apresentar sobre a quantidade, sobre o valor ou em montante fixo. No primeiro caso, é dada ao consumidor uma quantia que depende da quantidade que ele adquire do bem. O subsídio *ad valorem* baseia-se no preço do bem consumido, reduzindo-o em uma proporção determinada. Por fim, o subsídio de montante fixo faz com que a reta orçamentária do consumidor se desloque para fora, aumentando suas possibilidades de consumo.

Em termos de oferta, a política de subsídios pode se apresentar na forma de renúncia fiscal por parte do Estado ou em aportes de capital em determinado empreendimento. É importante ressaltar que a adoção de uma política de intervenção visa a alinhar os custos privados com os da sociedade como um todo (CAIRNCROSS, 1992). Souza (2008), ao exemplificar a adoção de subsídios sobre a produção de determinado bem, observa que a escala de oferta se desloca para cima, representando ampliação na disponibilidade do bem na economia.

No mesmo sentido, de Varian (2006), Pindyck e Rubinfeld (2002) consideram que o subsídio pode ser analisado como um tributo negativo. Em um mercado competitivo, quando o preço recebido pelo prestador excede aquele pago pelo consumidor, a diferença é denominada subsídio.

Um subsídio está condicionado à concessão de um benefício. Os subsídios, segundo Souza (2008), funcionam como um redutor de custos para o consumidor e o produtor por

meio de suporte direto ou indireto aos preços, de forma a obter resultado econômico ou social. Assim, a situação do indivíduo beneficiário deve ser comparada àquela sem a existência do benefício.

A aplicação de mecanismos tarifários como subsídios é viabilizada pelo caráter monopolista do setor operado, decorrente, entre outros fatores, da inelasticidade da demanda. Melo e Neto (2010) afirmam que o estabelecimento de tarifas é o instrumento mais empregado para prevenir o abuso de poder de mercado das empresas que operam no setor de saneamento, o que se justifica tanto técnica como socialmente.

Para Hayek (1997), os incentivos devem ter caráter de eventualidade e prazos limitados, assim como a opção pela concessão de um incentivo deve ser norteada por inúmeros estudos e aspectos para não afetar o sistema de mercado. Dessa forma, não se aceita o incentivo como uma política pública. Especificamente quanto aos subsídios, o pensador é inflexível e se contrapõe à entrega de dinheiro público ao setor privado, o que caracteriza ingerência direta estatal na atividade produtiva do setor privado e implica efeitos no mecanismo de mercado.

Monteiro (1993), ao discorrer sobre o Planasa e a criação das empresas estaduais, às quais os municípios aderiam voluntariamente, destaca a importância da adoção de subsídios entre os usuários. Para o autor, o subsídio interno através de tarifa progressiva é uma forma de permitir ao pobre comprometer uma fração menor de sua renda com o serviço, compensado por um maior dispêndio das classes mais ricas. Assim, as receitas de pobres e ricos seriam recolhidas ao mesmo caixa para compensação e média satisfatória.

Como em países subdesenvolvidos, além de ser muito pobres, a renda é mal distribuída e os ricos geralmente estão concentrados em poucos municípios, é necessária a gestão comum de comunidades ricas e pobres para viabilizar projetos na maioria das localidades. O papel de um mesmo concessionário de um conjunto integrado fica evidente, possibilitando viabilizar o atendimento a qualquer núcleo urbano do país, mesmo naqueles de menor população ou poder econômico (MONTEIRO, 1993).

Assim sendo, muito além da questão das externalidades ou viabilização financeira da firma, a adoção de subsídios deve também buscar aumento do bem-estar da sociedade e a proteção de grupos de renda socialmente vulneráveis.

2.4 Função de Produção, Produtividade e Eficiência

Na concepção de Ferreira e Gomes (2009), uma função de produção pode ser conceituada como a relação que resulta na máxima quantidade possível de um produto (*output*), por unidade de tempo, a partir da utilização de determinada quantidade de fatores de produção ou insumos (*inputs*) e da escolha de um processo ou tecnologia de produção adequado.

O conceito advém da Teoria Microeconômica da Produção, que sistematiza matematicamente a função de produção como uma relação estática entre os insumos (mão de obra, equipamentos, matéria-prima, energia etc.) e os produtos gerados pela transformação desses insumos em determinado período do tempo (FERREIRA e GOMES, 2009).

Ferguson (2008) representa algebricamente a função de produção conforme representado na Equação 3.1, em que Y_t é a quantidade produzida de um bem ou serviço no tempo t , x_i são os insumos ou fatores utilizados no processo produtivo e $f(\cdot)$ representa a tecnologia envolvida na transformação dos insumos.

$$Y_t = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (3.1)$$

A tecnologia corresponde ao conjunto de conhecimentos, especialmente científicos, que são aplicados a uma atividade, isto é, trata-se da combinação entre os insumos para a transformação em produtos. Nesse sentido, é possível introduzir o conceito desenvolvido por Hayami (1969) de metafunção de produção. A metafunção é a melhor tecnologia de produção disponível e corresponde à envoltória das unidades produtivas mais eficientes. Assim, está diretamente associada ao potencial de produção ou fronteira tecnológica.

Da função de produção, segundo Pindyck e Rubinfeld (2005), é possível encontrar uma isoquanta, ou seja, uma curva com combinações de insumos que resultam num mesmo volume de produção, assumindo um valor fixo para Y .

A natureza dos retornos à escala também pode ser inferida da função de produção. Tais retornos podem se apresentar como crescentes, constantes ou decrescentes, de acordo com o estágio de produção ou com as características da função. O retorno à escala é a

mensuração da proporção de variação na produção, dada uma variação dos insumos (FERGUSON, 2008).

Além da natureza dos retornos, a relação direta entre as quantidades de produto e insumo resultará na medida de produtividade. A produtividade, ou seja, a taxa de produto agregado sobre o insumo agregado, pode ser majorada por progresso técnico ou aumento da eficiência. Ao conceito de eficiência, estão associadas a eficiência técnica e a eficiência alocativa ou econômica. Enquanto a primeira está relacionada exclusivamente à utilização da menor quantidade possível de insumos para determinado nível de produção, em comparação a processos concorrentes, a eficiência econômica considera ainda a remuneração dos fatores envolvidos no processo, priorizando o menor custo possível. Dessa forma, a eficiência técnica está ligada ao aspecto físico e a eficiência econômica, ao aspecto monetário da produção (FERREIRA e GOMES, 2009).

Para Pindyck e Rubinfeld (2005), uma unidade de produção será considerada tecnicamente eficiente se o nível de determinado produto não puder ser aumentado sem haver redução da quantidade produzida de outro bem. A eficiência caracteriza-se pela razão entre a produção observada e a potencial, ou seja, em relação à fronteira de produção. Quanto mais próxima da fronteira, mais eficiente é a unidade produtiva.

Em se tratando do setor público, em que a oferta e a disponibilidade de bens e serviços se dão por decisões do Estado, é essencial a incorporação de conceitos de eficiência, que pautem as ações dos formuladores de políticas no sentido de apresentarem níveis elevados de eficiência e convergência das medidas de eficiência para o máximo possível, ao longo do tempo.

Esta unidade trouxe importantes contribuições sobre os aspectos teóricos correlacionados ao setor de saneamento, caracterizado como um ambiente monopolista, com forte intervenção estatal e objeto de inúmeras políticas públicas cujos impactos sociais são extremamente significativos. Após um melhor entendimento das características e relevância do setor, torna-se essencial a análise das condições atuais de operação, da evolução dos serviços e do impacto decorrente de incentivos à eficiência na prestação dos serviços.

3. ASPECTOS HISTÓRICOS E LEGAIS DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO

A ausência de saneamento básico - que compreende os serviços de abastecimento de água potável, coleta e tratamento de esgotos, drenagem urbana e manejo de resíduos sólidos - acarreta poluição, uso irracional de recursos hídricos e prejuízos econômicos, além de perpetuação de condições de pobreza ou miserabilidade. Assim, o acesso à água de boa qualidade e em quantidade adequada está intimamente associado a indicadores satisfatórios de saúde pública, uma vez que a água se constitui como elemento essencial à vida. Nesse mesmo sentido, está a disponibilidade de serviços de esgotamento sanitário (PNAD, 2008).

Na concepção de Sen (2000), a pobreza deve ser considerada de forma conceitual mais ampla, não somente como insuficiência de renda, mas também como desigualdade de distribuição de riqueza, desemprego, vulnerabilidade alimentar e baixo acesso aos serviços sociais básicos. Daí a evidente essencialidade dos serviços de saneamento a toda a população, especialmente como vetor de desenvolvimento às camadas mais pobres e com menor acesso.

3.1 Serviços de Saneamento no Brasil

No que se refere à oferta de serviços de saneamento em âmbito mundial, ficam evidentes as disparidades entre regiões e entre ricos e pobres, e as diferenças verificadas em nível global se estendem à realidade observada no Brasil. Dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios de 2013 (PNAD, 2013) mostram que 93,8% dos domicílios particulares permanentes urbanos brasileiros contavam com serviços de abastecimento de água por rede geral, com destaque para a região Sudeste, com 96,6%. Na região Norte, esse índice é de apenas 70,3%. Em termos de estados, os extremos são Rondônia, com 59,5%, e Paraná, com 99,0%, seguido por São Paulo, com 98,8% dos domicílios atendidos.

O mesmo estudo apresenta também os dados para o serviço de coleta de esgoto, em que a situação é mais preocupante. Em termos nacionais, cerca de 72,6% dos domicílios urbanos contavam com serviço de rede coletora de esgotamento sanitário. Enquanto no Sudeste, esse número era de 93,2%, no Norte, apenas 25,0% dispunham deste serviço. Mais uma vez, São Paulo é destaque positivo, com 95,9% dos domicílios atendidos, ao passo que

o Amapá tem apenas 3,5% dos municípios atendidos. Ainda mais críticos são os níveis de tratamento desses esgotos coletados (PNAD, 2013).

As diferenças no setor de saneamento não se limitam às regiões geográficas do país ou entre as unidades da federação. Há enormes disparidades entre estados de uma mesma região, municípios de um mesmo estado e entre os diversos estratos de renda da população. Considerando-se o abastecimento de água e o esgotamento sanitário por rede geral, além de coleta diária de lixo, o país tinha, em 2010, 61,8% domicílios com condições consideradas adequadas desses serviços, 5,3 pontos percentuais superiores ao verificado em 2000. Em 2010, nos municípios brasileiros com até 20 mil habitantes, a proporção de domicílios nessa situação foi inferior a 34%, ao passo que nas cidades com população superior a 500 mil pessoas, foi de 82,5%. Em Minas Gerais, os percentuais de domicílios que não tinham acesso a nenhum dos três serviços de saneamento considerados variaram de 13,7% para 8,6% entre 2000 e 2010, revelando melhoria nos indicadores do setor (IBGE, 2010).

Levando em consideração o critério renda, Tabela 2.1, o acesso aos serviços é também desigual. Enquanto 90,4% dos domicílios com até 1 salário mínimo de rendimento médio mensal domiciliar *per capita* contavam com abastecimento de água e 57,0% com cobertura de coleta de esgoto, esse índice atinge respectivamente 97,3% e 90,7% dos domicílios para o caso de renda superior a 20 salários mínimos (PNAD, 2013).

Tabela 2.1 - Domicílios urbanos brasileiros com acesso a serviços básicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário por faixa de renda

Faixa de renda (salários mínimos)	Abastecimento de água (rede geral)	Esgotamento sanitário (rede coletora)
Até 1	90,4%	57,0%
De 1 a 2	92,3%	63,7%
De 2 a 3	93,4%	70,9%
De 3 a 5	94,7%	75,7%
De 5 a 10	95,8%	81,3%
De 10 a 20	96,7%	86,0%
Mais de 20	97,3%	90,7%
Sem rendimento	92,4%	70,7%
Sem declaração	93,8%	80,4%
Total	93,8%	72,6%

Fonte: PNAD (2013).

Tendo por referência os números já apresentados e os dados da Tabela 2.1, apesar de as muitas externalidades positivas dos investimentos em saneamento e de diversos milhões de pessoas terem alcançado acesso à água potável em décadas recentes, a universalização dos serviços de saneamento básico no Brasil ainda está distante de ser atingida, principalmente nos serviços de coleta e tratamento de esgotos.

Diante da evidente importância dos serviços de saneamento para a sociedade, das particularidades de ordem técnica e econômica do setor, conforme destacado por Turolla e Ohira (2006), e da necessidade para a população, justifica-se um tratamento diferenciado em relação aos demais setores da economia. A prestação dos serviços é marcada pelo impacto ambiental em todo o seu processo de captação, tratamento e transporte até o retorno aos corpos hídricos. Além disso, trata-se de monopólio natural, tendo, portanto, características como elevados custos fixos, especificidade de ativos e ganhos de escala (SOUZA, 2008).

Essas características tornaram também necessária a definição de marco regulatório para as empresas que operam no ramo. Assim, a necessidade de regulação está ligada ao bem-estar do consumidor, aos incentivos de eficiência da indústria, à proteção ambiental, à universalização e à qualidade dos serviços. Ademais, a regulação possibilita modicidade tarifária ao usuário, garante viabilidade econômico-financeira do prestador e assegura a continuidade dos serviços ao detentor da titularidade. No caso do saneamento, a titularidade é conferida ao município, dada sua característica de atividade de interesse local (RIGOLON, 1997).

3.2 Legislação Aplicável ao Setor de Saneamento

O processo de evolução da prestação de serviços de saneamento no Brasil pode, segundo Pedrosa (2001), ser compreendido em cinco grandes períodos. O primeiro seria até 1968, quando se caracterizava por flexibilidade, estatização e descentralização. Entre 1968 e 1970, ocorre a criação do Sistema Financeiro de Saneamento (SFS) e instrumentos básicos de financiamento. O atendimento, antes exclusivo aos municípios, passa também aos estados. Nesse contexto, estimulou-se a criação das Companhias Estaduais de Saneamento (CESBs) como principais agentes de implantação das políticas de saneamento. Nos anos de 1971 a 1984, o milagre econômico experimentado pelo país possibilitou ampliar significativamente

a cobertura dos serviços, além de criar condições para a implementação do Plano Nacional de Saneamento (Planasa), instituído em 1969. Entre 1985 e 1989, a redemocratização nacional e a promulgação da nova Constituição Federal em 1988 (BRASIL,1988) alteraram a estrutura do Planasa e iniciou-se a busca de um novo modelo para o setor, com profundas mudanças, vinculado ao Plano Nacional de Desestatização (PND).

A Carta Magna do Brasil confere, em seu artigo 30, a titularidade dos serviços públicos de interesse local e de caráter essencial aos municípios, que devem se encarregar de organizá-los e prestá-los direta ou indiretamente à população. O artigo 25 da Constituição, por sua vez, atribui também aos estados a responsabilidade desses serviços em caso de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões constituídas pelo ente federado. Entre as competências estabelecidas para a União, no artigo 21, consta a instituição de diretrizes para o desenvolvimento urbano, em que se incluem habitação, saneamento básico e transportes urbanos.

De forma a cumprir com o estabelecido na Constituição e visando à superação dos déficits históricos do setor, a União promulgou, em 05 de janeiro de 2007, a Lei Federal 11.445 (BRASIL, 2007). Em complemento à divisão histórica proposta por Pedrosa (2001), um novo período poderia ser considerado, a partir de 2007, com o estabelecimento de novo marco para o setor.

A Lei Nacional do Saneamento (LNS), como ficou conhecida, estabeleceu diretrizes nacionais para o saneamento básico com enfoque na universalização, integralidade, eficiência e inovação. A legislação vem em complemento a determinados temas que careciam de uma política específica após a promulgação da Constituição Federal em 1988.

No intuito de ampliar o acesso aos serviços de saneamento, em consonância com os princípios previstos no artigo 2º da Lei Nacional do Saneamento, o legislador contempla a possibilidade de adoção de subsídios. A definição constante no inciso VII do artigo 3º trata o subsídio como instrumento econômico de política social para garantir a universalização do acesso ao saneamento básico, especialmente para populações e localidades de baixa renda (BRASIL, 2007).

A legislação, em seu artigo 29, considera os subsídios como forma de assegurar ainda a sustentabilidade econômico-financeira dos serviços públicos de saneamento básico, preferencialmente mediante remuneração pela cobrança dos serviços, admitindo sua adoção

a usuários e localidades que não tenham capacidade de pagamento ou escala econômica suficiente para cobrir o custo integral dos serviços. No artigo 30, a lei dispõe que a estrutura de remuneração e cobrança pelos serviços poderá considerar fatores como categoria e faixa de consumo dos usuários, padrões de uso e capacidade de pagamento dos consumidores (BRASIL, 2007).

Uma discussão que surge nesse sentido se refere à duração e à forma de financiamento das políticas de subsídios. Para Montalvão (2009), a correção de externalidades negativas, pela aplicação de subsídios, deve ser suportada pelo governo, ou seja, pelos contribuintes, de forma a não perturbar o eficiente funcionamento da economia. Para o setor elétrico, por exemplo, os subsídios são suportados pelos próprios consumidores, o que se conhece como subsídios cruzados, levando, portanto, a resultados ineficientes e distorções econômicas.

A Lei do Saneamento define então os subsídios necessários ao atendimento de usuários e localidades de baixa renda a depender da origem e dos beneficiários dos recursos. De acordo com o artigo 31, os subsídios poderão ser diretos quando destinados a usuários determinados ou indiretos se destinados ao prestador dos serviços; tarifários quando integrarem a estrutura tarifária ou fiscais em caso de decorrência de alocação de recursos do orçamento público, inclusive subvenções; e internos a cada titular ou entre localidades, caso haja gestão associada ou prestação regionalizada dos serviços.

A despeito de diversos questionamentos jurídicos sobre a legalidade ou ilegalidade da adoção de subsídios cruzados, é fato que esse é um procedimento usual nas empresas de saneamento brasileiras (ALVES, 1988). Obviamente, os prestadores locais não podem aplicar o mecanismo entre municípios, ficando apenas como prática possível aos prestadores regionais, como companhias estaduais de saneamento básico.

A política de subsídios ainda figura como condição de validade dos contratos de serviços públicos, no artigo 11, e como objeto de regulação, no artigo 12. A celebração de contrato é estabelecida no artigo 10 para o caso de a prestação dos serviços ser realizada por entidade que não integre a administração do titular. Para o caso de cooperação federativa, há a figura principal dos contratos de programa, enquanto para a delegação ao setor privado, deve ser firmado contrato de concessão. Nesses instrumentos devem constar sistemas de cobrança, sistemática de reajustes e revisões, mecanismos de controle social, regulação e fiscalização (MADEIRA, 2010).

Os contratos de programa estão relacionados à gestão associada entre entes federativos por convênios de cooperação ou consórcio público, o que permite aos municípios estabelecer convênios com as CESBs. Já os contratos de concessão buscam conciliar a possibilidade de prestação de empresa privada economicamente sustentável com a universalização do acesso aos serviços (MADEIRA, 2010).

O processo de permissão da participação do setor privado na provisão de serviços de infraestrutura foi iniciado a partir do final dos anos 80 em diversos países em desenvolvimento da América Latina. O principal ponto motivador dessa ação era a necessidade urgente de altos investimentos nesses setores (GUASCH, LAFFONT e STRAUB, 2003).

Entre as diversas formas de participação da iniciativa privada, destacam-se as concessões e privatizações. A primeira é basicamente a permissão de uso de determinados ativos por período limitado de tempo, em que a empresa assume a responsabilidade de efetuar os investimentos necessários e assegura o cumprimento dos objetivos contratuais. Em contrapartida, obtém o direito de receber o fluxo de caixa proveniente dos recebimentos dos usuários do serviço. Ganha a concessão a firma que ofertar o produto nos melhores termos (SCHUTZE, 2010).

Laffont e Tirole (1993) chamam a atenção para dois possíveis problemas no processo de concessão. O primeiro é o fato de que o capital físico e o humano nem sempre são facilmente transferíveis, ou seja, no caso de renovação de contratos, os demais competidores podem não apresentar simetria em relação à firma incumbente. Outra questão é que a perspectiva de substituição por outra firma pode levar à redução dos investimentos, e o capital assim ser transferido a preço incorreto.

Para Schutze (2010), a alocação competitiva das concessões e a estrutura regulatória devem buscar a redução dos conflitos, desperdícios e renegociações, de forma a melhorar a transparência e a eficiência total do setor e o bem-estar da sociedade. É preciso, portanto, que o processo de concessão seja livre de pressões políticas e dos interesses dos licitantes, uma vez que a discricionariedade de algum agente pode desempenhar papel definitivo na avaliação das propostas.

3.3 Políticas de Subsídios nos Serviços de Saneamento

Para atender às necessidades de praticar tarifas módicas ao consumidor sem prejudicar a saúde econômico-financeira do prestador, na concepção de Moreira (1998), a implementação de subsídios é um indispensável instrumento de política pública por efetuar ajustes nas restrições orçamentárias dos usuários, neste caso, daqueles de menor renda.

Segundo Montalvão (2009), ao avaliar o impacto de subsídios nas contas de energia elétrica, justifica-se a adoção de subsídios pela ocorrência de imperfeições no funcionamento de mercado. As forças concorrenciais levam o mercado à eficiência e à inovação, e tal eficiência deve ser perseguida por trazer benefícios ao mercado e, consequentemente, à sociedade.

Contudo, o arcabouço jurídico e a estrutura tarifária de determinado setor podem também quebrar essa eficiência pela aplicação de subsídios. Como ocorre que nem sempre o mercado opera concorrencialmente ou oferece resultados eficientes, torna-se necessária a intervenção do Estado para solucionar falhas de mercado ou visando a reduzir assimetrias sociais e econômicas. Entretanto, os subsídios não devem ser usados sempre como regra, pois podem incentivar a ineficiência e dar sinais equivocados aos agentes (MONTALVÃO, 2009).

Laffont e N'Gbo (2000) destacam a relevância de subsídios cruzados entre consumidores em países em desenvolvimento. Nesses países, os serviços essenciais de infraestrutura apresentam fraca provisão, suas economias são altamente ineficientes, dificultando a atração de capital externo para investimentos de longo prazo e, aliado a isso, há problemas de fraquezas políticas ligadas à má gestão pública dos serviços, como corrupção e sistemas fiscais deficientes. Esse cenário faz com que o financiamento interno aos sistemas, entre os usuários, seja crucial para o desenvolvimento de redes como energia, transportes e saneamento.

De acordo com relatório da Rede Internacional de Benchmarking em Serviços de Água e Esgoto (IBNET, 2014), entre os anos de 2006 e 2010, a mediana mundial do Índice de Cobertura de Custos Operacionais foi de 1,09. O índice é a razão das receitas dos serviços de saneamento sobre os custos básicos de operação e manutenção, logo, há baixa capacidade de investimento em reposição de ativos e ainda menor para ampliação dos serviços a grandes grupos de consumidores. O indicador para 2010 apresentou valor de 0,86 para países de renda

baixa e de 1,40 para os países de renda alta, revelando tendência ainda mais preocupante de deterioração do setor em países pobres.

Dada essa configuração de baixa capacidade de geração de receita, os subsídios, sejam na forma de investimento ou operação, continuam sendo recurso crucial para os serviços públicos em todo o mundo. A maioria das subvenções se dá por meio direto pelo governo, mas outra importante fonte de financiamento se dá pelo subsídio cruzado entre grupos de consumidores, distintos níveis de renda e consumo ou diferentes regiões, por exemplo (IBNET, 2014).

A legislação do setor contempla a possibilidade de aplicação de subsídios, inclusive entre localidades para o caso de prestador regional, como ocorre com as companhias estaduais de saneamento básico (CESBs). Conhecidos também como subsídios implícitos, consistem, como acontece no Brasil, na adoção de uma tarifa unificada em nível estadual. Dessa forma, segundo Motta (2006), dadas as características de escala do setor de saneamento, as cidades maiores geram recursos excedentes para subsidiar as cidades menores cuja escala seja insuficiente para se viabilizarem economicamente. Decorre então uma discussão sobre a falta de transparência dessa medida, pois não é possível precisar o quanto de recursos está sendo transferido entre as localidades e os custos reais da prestação do serviço em cada localidade.

Para Heald (1996), há enormes dificuldades de mensuração e definição dos subsídios cruzados. Entre suas fontes, estão a existência de custos comuns ou de poder de monopólio decorrentes de fatores econômicos como economias de escala, padrões de demanda ou fatores políticos como concessão de direitos exclusivos. Dessa forma, a questão do subsídio cruzado estende-se além dos custos para abranger também a relação de custos e preços, sendo adotado com o propósito de provocar respostas de políticas públicas e tornar as forças de mercado mais eficazes.

O financiamento entre os próprios usuários e que integra a estrutura tarifária poderá se apresentar de acordo com a categoria do usuário (residencial, residencial social, comercial, industrial e pública), em que geralmente aquele de maior capacidade de pagamento arca com uma tarifa maior em benefício de outrem. De acordo com o IBNET (2014), a mediana mundial do metro cúbico de água cobrado dos consumidores industriais é 1,98 vezes maior que o valor cobrado dos usuários residenciais, embora o comportamento entre os prestadores

seja muito variado, o que se observa pelo elevado desvio padrão da amostra considerada no estudo.

Outra forma de financiamento implícito se dá de acordo com a faixa de consumo, quando se estabelece uma tarifa progressiva que estimule o uso racional através de valores crescentes por unidade consumida; ou ainda entre localidades, quando uma tarifa única é adotada em todas as regiões atendidas, promovendo superávit em unidades com estruturas de custos menores que financiam unidades com custos mais elevados, possibilitando, assim, a prestação dos serviços a todos os cidadãos.

Na mesma linha do que aponta Motta (2006), Guimarães et al. (2014) afirmam que o modelo hegemônico existente não é capaz de dar respostas a questões de como universalizar o acesso em áreas socialmente vulneráveis e garantir sustentabilidade financeira, técnica e ambiental. Os argumentos se baseiam na evasão de grandes usuários, que adotam fontes alternativas de abastecimento, e nos contratos de programa.

Os contratos de programa poderiam representar o rompimento do subsídio cruzado entre as localidades. Isso porque no documento celebrado entre a concessionária e o município, como exigência da Lei 11.445, há a premissa de que o equilíbrio econômico-financeiro deva ser obtido ao longo do período contratual por meio da cobrança de tarifas. Como esse processo deve ocorrer dentro da área urbana do município concedente, fica prejudicada a transferência de recursos entre localidades (GUIMARÃES et al., 2014).

É possível identificar então todo um arcabouço institucional e histórico que permeia a prestação de serviços de saneamento e que deve ser observado para a análise e o estabelecimento de políticas para o setor. Faz-se necessário então obter conhecimento mais aprofundado sobre os aspectos teóricos que norteiam a formulação de ações dos agentes públicos e dão embasamento para as análises deste estudo.

4. NÍVEIS DE EFICIÊNCIA DOS PRESTADORES DE SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM MINAS GERAIS

O conhecimento do setor de saneamento e das condições de operação dos serviços é essencial. Da mesma forma, a avaliação dos níveis de eficiência, cujos incentivos estão contemplados tanto na Teoria Econômica quanto no instrumental jurídico que engloba o setor, e dos determinantes da performance dos prestadores é condição necessária para a avaliação e formulação de políticas pelas autoridades competentes.

4.1 Introdução

Os conceitos de eficiência e produtividade são abordados com frequência pelos agentes responsáveis por tomada de decisões, tanto em ambiente empresarial quanto público. Para Baptista (2005), esse interesse é ainda maior em ambientes competitivos e dinâmicos, mas ainda que se pretenda avaliar eficiência, empregam-se técnicas nem sempre adequadas e ideais, com medidas subjetivas ou análise de produtividade parcial.

Dadas as características de ordem econômica, ambiental e de saúde pública inerentes aos serviços de abastecimento de água esgotamento sanitário, a análise dos níveis de eficiência no setor de saneamento reveste-se de ainda maior importância para os agentes formuladores de políticas públicas. A operação ineficiente desse setor pode levar a externalidades negativas com danosos efeitos à sociedade, daí a necessidade de otimização dos recursos envolvidos na prestação dos serviços.

A definição de plantas eficientes e viáveis econômica e socialmente para a prestação dos serviços nos diversos centros urbanos de Minas Gerais pode se apresentar como enorme desafio às empresas e autarquias de saneamento. A identificação de combinações ótimas de insumos e unidades de produção de referência exerce importante papel nesse sentido.

Neste capítulo, pretende-se utilizar as técnicas de Análise Envoltória de Dados e *Benchmarking* para avaliação do nível de eficiência das diversas unidades de prestação de serviços de saneamento em Minas Gerais para o ano de 2013. Após o cálculo dos indicadores de eficiência, utilizar-se-á a Regressão com Dados Censurados (Tobit) e o Modelo de Dois

Estágios de Simar e Wilson (2007), que utiliza técnicas de *bootstrap* com algumas variáveis de contexto dos municípios analisados.

Objetiva-se, dessa forma, testar a hipótese de que os municípios com maiores escores de eficiência sejam aqueles com melhores resultados financeiros. Assim, confirma-se a ocorrência de subsídios cruzados e incentivos à ineficiência no setor. Adicionalmente, pretende-se identificar possíveis fatores que afetam a operação eficiente dos serviços em Minas Gerais e avaliar seu impacto nos níveis de eficiência.

Dessa forma, esse capítulo está dividido em quatro seções, incluindo a Introdução. A segunda seção apresenta os procedimentos metodológicos utilizados. A terceira seção contextualiza, discute pontos importantes e apresenta os resultados. Por fim, o quarto tópico traz as conclusões da discussão.

4.2 Metodologia

Para cumprir os objetivos propostos para esta unidade, utilizar-se-á a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*), que mede o grau de eficiência dos municípios mineiros em termos de prestação de serviços de saneamento, após a detecção e remoção de unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Unitities – DMUs*) discrepantes (*outliers*). Em seguida, busca-se identificar e caracterizar as unidades de referência (*benchmarks*) e estimar o impacto de determinadas variáveis ambientais nos níveis de eficiência encontrados, por meio do Modelo Tobit e pelo Modelo de Dois Estágios, proposto por Simar e Wilson (2007).

Para a avaliação de eficiência dos prestadores, utilizando as técnicas de Análise Envoltória de Dados, foram considerados quatro insumos (despesas com pessoal (próprio + terceiros), energia elétrica, produtos químicos e outras despesas de exploração) e dois produtos (total de economias ativas de água e de esgoto), além de orientação insumo e retornos variáveis à escala. Como as variáveis de insumos estão todas expressas em termos monetários, é possível, com base nas estimativas de eficiência, estimar a redução potencial nas despesas de exploração que mantenham o mesmo nível de atendimento dos serviços. Ademais, a opção por retornos variáveis permite a definição da fronteira de tecnologia convexa e contempla as grandes diferenças existentes no porte dos municípios mineiros.

Para fins de avaliação dos possíveis condicionantes do nível de eficiência do setor de saneamento, foram considerados dois grupos de variáveis ambientais, divididas em variáveis de dimensão dos serviços e variáveis de contexto. As variáveis de dimensão inseridas no modelo são:

- i) Percentual de atendimento urbano com abastecimento de água - at_urb_agua;
- ii) Percentual de atendimento urbano com esgotamento sanitário - at_urb_esg;
- iii) Percentual de tratamento de esgoto coletado - trat_esg; e
- iv) Percentual do volume total produzido referente à captação de águas subterrâneas— agua_subt;

Como a ampliação dos serviços passa necessariamente pelo atendimento de regiões mais afastadas das áreas centrais das localidades urbanas, inclusive com menor verticalização, acredita-se serem necessários maiores esforços e custos, portanto, maiores níveis de atendimento poderiam resultar em menores índices de eficiência. Para o percentual de tratamento do esgoto coletado, espera-se que um aumento nessa variável possa implicar grande elevação de custos e reduzir a eficiência do prestador. De modo contrário, uma exploração maior de águas subterrâneas em detrimento de captação superficial pode exigir menores gastos com materiais de tratamento e aumentar os níveis de eficiência.

As variáveis de contexto dos municípios consideradas no estudo são:

- v) População urbana do município estimada para 2013 pelo IBGE, na forma logarítmica ln_popul;
- vi) Salário médio informado na Relação Anual de Informações Sociais (Rais) para o ano de 2013 (MTE, 2013) na forma logarítmica – ln_rais;
- vii) Índice de Desenvolvimento Humano Municipal calculado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento para o ano de 2010 (PNUD, 2010) – idhm;
- viii) Variável qualitativa (dummy) com valor 0 para o caso de prestação local e 1 para prestador regional – prestador;

- ix) Relação de internações decorrentes de doenças causadas por veiculação hídrica ¹sobre o total de internações do município por 1.000 habitantes para o ano de 2013, informada pelo Datasus (2015) – saúde; e
- x) Razão entre a receita operacional direta total e as despesas de exploração de cada município, desconsideradas as despesas fiscais e tributárias – marg_exp.

Com base na literatura econômica, espera-se que a prestação regionalizada (prestador), com a prática de subsídio cruzado, assim como um valor maior de salário no município (ln_rais), que reflete um maior nível de custos dos serviços, tenha impacto negativo nas medidas de eficiência dos municípios.

Por outro lado, melhores resultados financeiros decorrentes de maior nível de receita operacional ou menor nível de custos (marg_exp), bem como um maior porte populacional (ln_popul), poderiam proporcionar ganhos de escala ao prestador e tenderiam a melhorar os indicadores de eficiência na operação dos serviços. A marg_exp mede a razão da receita operacional direta de água e esgoto sobre as despesas de exploração, ou seja, a capacidade de o prestador de gerar receita com base nos gastos incorridos na prestação dos serviços.

A inclusão da variável “idhm” busca identificar se, para o caso de municípios com piores indicadores de qualidade de vida e renda, há relevância na explicação dos níveis de eficiência e, portanto, justificar por meio de aspecto social a adoção de subsídio cruzado entre as localidades. A variável “saúde” foi incluída no modelo com aspecto qualitativo para captar possível redução nos custos do prestador decorrentes de deficiência no tratamento da água, com consequentes implicações no número de internações por doenças causadas via veiculação hídrica.

Os softwares utilizados para efetuar os cálculos deste capítulo foram o Microsoft Office Excel, DEAP (COELLI, 1996) e R, com os pacotes “AER”, “Benchmarking”, “censReg”, “openxlsx”, “rpart” e “truncnorm”.

¹Para este estudo, foram consideradas as seguintes morbidades (CID-10): Cólera, Febres tifoide e paratifoide, Shigelose, Amebíase, Diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível, Outras doenças infecciosas intestinais, Brucelose, Leptospirose íctero-hemorrágica, Outras hepatites virais, Esquistossomose, Ancilostomíase, Outras helmintíases.

4.2.1 Análise Envoltória de Dados

No setor de saneamento, os subsídios cruzados intermunicipais, previstos na legislação, além da autonomia financeira e administrativa estabelecida para as empresas e a questão dos critérios de concessão e política tarifária, devem ser cuidadosamente analisados. Isso porque os operadores fornecem seus serviços em proporções e custos distintos e, usualmente, a um preço único, implicando que as razões diretas de produto/insumo não são aplicadas para a mensuração da eficiência de cada produto (MOTTA e MOREIRA, 2004).

Motta e Moreira (2004) sugerem o uso de análises de regressão e técnicas não paramétricas, como a Análise Envoltória de Dados, já amplamente disseminadas na literatura para a mensuração da eficiência da prestação de serviços de saneamento. Os autores optam pela modelagem DEA por permitir a mensuração de mudanças nos níveis de produtividade no tempo.

A metodologia DEA é uma técnica não paramétrica baseada em programação matemática, em que a medida de eficiência gerada é relativa, ou seja, é dependente da base de dados utilizada. Além disso, na literatura relacionada aos modelos de DEA, uma unidade produtiva analisada é tratada como uma unidade tomadora de decisão (*Decision Making Unit* - *DMU*). Charnes, Cooper e Rhodes (1978) deram início ao estudo da abordagem não paramétrica para analisar a eficiência relativa das firmas que tinham múltiplos insumos e produtos.

A Análise Envoltória dos Dados, ao basear-se em modelos matemáticos não paramétricos, não utiliza inferências estatísticas ou se apega a medidas de tendência central, testes de coeficientes ou formalizações de análise de regressão (FERREIRA e GOMES, 2009). Assim, o DEA analisa a eficiência para cada DMU, verificando se estas eficiências estão ou não na fronteira de possibilidade de produção em relação à eficiência técnica ótima.

Nos modelos DEA, dois tipos de orientação podem ser seguidos de acordo com as medidas de eficiência: 1ª) orientação produto, que dá ênfase no aumento de um ou mais produtos, mantendo-se fixos os insumos; e 2ª) orientação insumo, que se baseia na redução da utilização dos insumos, para dado nível de produção já definido.

Os modelos DEA podem assumir tanto retornos constantes como retornos variáveis à escala de produção. Este estudo considerará a existência de retornos variáveis à escala. Tal

modelo foi proposto por Banker, Charnes e Cooper (1984), sendo apresentado de acordo com o problema de programação matemática na Equação 4.1.

$$\begin{aligned}
 & \text{MAX}_{\theta, \lambda} \phi \\
 & \text{sujeito a} \quad -\phi y_i + Y\lambda \geq 0 \\
 & \quad x_i - X\lambda \geq 0 \\
 & \quad N_1' \lambda = 1 \\
 & \quad \lambda \geq 0
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

em que $N_1' \lambda = 1$ é uma restrição de convexidade e N_1 é um vetor de algarismos unitários na ordem de $(n \times 1)$. A medida $1/\phi$ representa a eficiência técnica, que varia no intervalo de zero a um. Já ϕ varia no intervalo de $1 \leq \phi \leq \infty$ e que $\phi - 1$ corresponde ao aumento proporcional no produto considerado, mantendo-se constante a utilização dos insumos em questão. O parâmetro λ é um vetor $(n \times 1)$, cujos valores são calculados de forma a obter uma solução ótima. Para uma DMU eficiente, todos os valores de λ serão zero, enquanto para uma DMU ineficiente, os valores desse parâmetro serão os pesos utilizados na combinação linear de outras DMUs eficientes que influenciam a projeção da unidade ineficiente sobre a fronteira calculada.

No presente estudo, por se tratar de setor de serviço público essencial, pretende-se adotar a orientação insumo, de forma a inferir dos níveis de eficiência verificados a quantidade de insumos que podem ser poupados, mantendo-se constantes os níveis de serviços prestados. Acredita-se que, como diversos município já atendem a totalidade de seus habitantes com abastecimento de água ou esgotamento sanitário, não seria possível ampliar os serviços na localidade, apenas melhorar a relação de utilização dos recursos nas etapas de produção.

4.2.2 Detecção e Remoção de *Outliers*

A metodologia DEA, segundo Ferreira e Gomes (2009), baseia-se em modelos matemáticos não paramétricos, ou seja, não utiliza inferências estatísticas ou se apegua a

medidas de tendência central, testes de coeficientes ou formalizações de análises de regressão. Por se tratar de análise de fronteira, um ponto crucial na Análise Envoltória é a sensibilidade à presença de erros amostrais e observações discrepantes na amostra (*outliers*).

Sousa e Stosic (2003) desenvolveram uma metodologia que visa a detectar possíveis *outliers* que venham a afetar a fronteira de eficiência de um conjunto de observações e prejudicar as inferências no processo de análise. A proposição dos autores é uma combinação de duas metodologias de reamostragem, com componente estocástico (*bootstrap*) e determinístico (*jackknife*), denominado *jackstrap*.

Ervilha (2014) descreve o método como duas etapas complementares, em que, primeiramente, se utiliza um algoritmo capaz de mensurar a influência de cada DMU no cálculo das eficiências, ou seja, cada DMU é removida da amostra e as eficiências recalculadas após sua remoção. Posteriormente, é então aplicado o *bootstrap* para estimar o grau de influência (*leverage*). O estimador permite uma análise automática e precisa das unidades com maior influência no nível de eficiência geral, aplicável, inclusive, em grandes amostras.

O *leverage*, isto é, o desvio padrão das medidas de eficiência anteriores e posteriores à remoção de cada DMU do conjunto amostral para a j -ésima DMU, pode ser definido como na Equação 4.2, em que o índice que é a DMU, variando de 1 a K , j é a DMU removida e θ são os indicadores de eficiência.

$$l_j = \sqrt{\sum_{k=1; k \neq j}^K (\theta_{kj}^* - \theta_k)^2 / (K - 1)} \quad (4.2)$$

Para Ervilha (2014), uma DMU caracterizada como *outlier* apresentará um *leverage* consideravelmente alto, acima da média global. Logo, l_j acima da média é forte indício de presença de *outlier*. Se a unidade de decisão j está dentro da fronteira eficiente, $\theta_{kj}^* = \theta_k$ e $l_j = 0$, logo não tem influência. Caso a remoção de uma DMU faça com que pelo menos uma outra DMU remanescente se torne totalmente eficiente, então $l_j = 1$. Dessa forma, o intervalo de imagem de l_j será $l_j \in [0,1]$.

Após o cálculo do *leverage*, pode-se proceder à identificação e exclusão das observações consideradas *outliers*. Como critério recomendado de confronto entre o desvio

do índice e a média global, Sousa e Stosic (2005) sugerem a adoção de $\hat{t}_0 = 0,02$ como ponto de corte para a eliminação de DMUs caracterizadas como *outliers* da amostra.

4.2.3 Identificação e Análise de *Benchmarking*

Guimarães et al. (2014) chamam a atenção para a necessidade de adoção de modelos de *benchmarking* como mecanismos de incentivo à eficiência e eficácia na regulação da prestação de serviços de saneamento. O *benchmarking* é definido por Spendolini (1994) como um processo contínuo e sistemático de avaliação de produtos, serviços e processos visando à comparação de melhores práticas entre organizações e a obtenção de melhorias organizacionais.

Como o estado de Minas Gerais é constituído por municípios com características muito distintas entre si, como níveis de renda, disponibilidade hídrica e porte populacional, acredita-se ser essencial a identificação daqueles que apresentam as melhores tecnologias na prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário para difusão àqueles menos eficientes.

Para Berg (2007), a importância do *benchmarking* está na documentação de desempenhos, estabelecimento de bases de medição e melhorias de produtividade e comparação de operadores dos serviços. Nesse sentido, como a prestação dos serviços de saneamento pode se dar de formas diversas, como pública local, pública regional ou privada, o setor está repleto de prestadores com características muito distintas, sendo essenciais a avaliação e a disseminação das melhores práticas de eficiência já utilizadas por outras organizações.

Para Vasconcelos, Canen e Lins (2006), o processo de *benchmarking* está sequencialmente disposto na busca das referências ou melhores práticas, coleta de dados, análise e implementação dos resultados. Homburg (2001) afirma que o emprego da metodologia DEA como indicador de performance para o *benchmarking* quantitativo está na característica de apontar e identificar potenciais de melhoria na atividade em estudo.

A utilização da técnica de *benchmarking* pode auxiliar tanto no nível estratégico, pelo estabelecimento de novos padrões de desempenho, como em nível operacional de uma empresa, pelo entendimento das melhores práticas e processos para alcance dos objetivos (ZAIRI e LEONARD, 1995).

Para Ferreira e Gomes (2009), na presença de múltiplos insumos e múltiplos produtos, é mais difícil avaliar o desempenho relativo de uma organização, ou seja, compará-la a um parceiro de excelência ou *benchmark*, por isso a importância da Análise Envoltória de Dados. Com a solução de otimização, a modelagem DEA fornece uma ou mais DMUs eficientes, que servirão de referência às DMUs ineficientes.

A adição da restrição de convexidade, ou seja, a utilização de retornos variáveis no modelo, possibilita identificar os melhores *benchmarks* às DMUs da análise, uma vez que a fronteira de eficiência é composta por diversas DMUs de referência com diferentes tamanhos. É importante atentar para o fato de que uma DMU virtual (resultado da combinação linear das tecnologias das DMUs eficientes) pode não ser possível, havendo métodos que contornam esse problema² (FERREIRA e GOMES, 2009).

4.2.4 Árvore de Classificação e Regressão

Os experimentos e estudos estatísticos, frequentemente, produzem elevada quantidade de variáveis e resultados que, dada sua complexidade, dificultam e até inviabilizam sua interpretação e análise. Nesse sentido, é possível explorar a metodologia da Árvore de Classificação e Regressão (*Classification and Regression Tree* – CART), cujos resultados produzidos são de fácil compreensão e grande simplicidade.

Segundo Taconeli (2008), é possível, com a construção de modelos de classificação e regressão em árvore, a explicação de variável resposta numérica (regressão) ou categorizada (classificação) por meio de um conjunto de covariáveis e suas eventuais interações. Assim, o método CART é embasado na execução de sucessivas partições binárias de uma amostra (denominadas nós), que buscam a constituição de subamostras internamente homogêneas. O CART pode ser empregado alternativa ou complementarmente a outras metodologias como regressão linear múltipla, regressão logística, análise discriminante e agrupamentos.

A amostra original é denominada nó inicial, as subamostras formam os nós intermediários e as subamostras não partidas são os nós finais ou folhas. As partições são chamadas de ramos. Para a construção da árvore de classificação, devem-se basicamente

² Como exemplo, sugere-se um estudo mais aprofundado do modelo FDH (*Free Disposal Hull*) em Ferreira e Gomes (2009).

definir os critérios de partição das amostras, aplicar o processo de poda, selecionar o melhor modelo e fazer a classificação dos nós finais. A lógica das partições é criar subamostras que reduzam a variação dos resultados. Para melhorar a homogeneidade dos elementos, é preciso adotar medidas de heterogeneidade como a análise de variância (*Analysis of Variance* - ANOVA) (TACONELI, 2008).

A análise de variância é uma técnica estatística que permite avaliar informações sobre médias da população, visando a verificar a existência de diferenças significativas entre as médias e se os fatores exercem alguma influência sobre a variável dependente. Para Galhardi, Galhardi e Breternitz (2011), a modelagem CART apresenta grande vantagem de adaptação, a exemplo de ser invariante à transformação das variáveis, e os resultados obtidos são bastante satisfatórios em problemas não lineares.

Como critério de partição, pode-se então utilizar-se a soma dos quadrados dos desvios. Seja um nó t constituído por n elementos $y_1, y_2, \dots, y_n$ e seja $y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{qj})$ o vetor de respostas quantitativas associadas ao elemento j , com vetor de média $\bar{y}_t$, o nó será formado pelo critério que minimiza a variância das subamostras, representada por σ^2 na Equação 4.3.

$$\sigma^2_t = \sum_j^n (y(j)_t - \bar{y}_t)^2 \quad (4.3)$$

O objetivo do CART é melhorar o ajustamento e a homogeneidade entre os grupos e subgrupos. Uma medida interessante de avaliação é o erro quadrático médio (EQM), cujo valor é obtido pela soma da variância do subgrupo com o quadrado do viés. Dessa forma, se o estimador é não viesado, o EQM será igual à variância e, portanto, uma boa medida de dispersão entre as observações.

Escolhida a árvore, Taconeli (2008) propõe que a caracterização dos nós finais se dê pela classe que aparece com maior frequência entre os elementos constitutivos. Para se buscar um modelo com boa capacidade preditiva e de fácil compreensão, deve-se também realizar procedimentos de poda, ou seja, adotar um número limitado de partições e desfazer nós que pouco contribuem para a explicação da variável resposta.

4.2.5 Modelo de Regressão com Dados Censurados e Reamostragem

Usualmente, utiliza-se a análise de regressão censurada em problemas que envolvem solução de canto ou quando a variável a ser explicada se apresenta com interpretação quantitativa e é observada apenas para um determinado intervalo. Um exemplo é exatamente o nível de eficiência calculado por meio da Análise Envoltória, cujo intervalo de observação está entre 0 e 1.

Para esse caso, Adrian et al. (2009) sugerem a utilização da modelagem Tobit. Embora envolva complicações computacionais adicionais, o Tobit é apropriado quando a variável dependente de uma regressão linear é observada somente sobre algum intervalo de apoio, o que se conhece por censura. Uma modelagem usando os Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) forneceria parâmetros inconsistentes, uma vez que a amostra censurada não é representativa de toda a população. Da mesma forma, inferências estatísticas sobre os parâmetros estimados do modelo também envolvem significativas extensões da teoria padrão.

Para Wooldridge (2011), os coeficientes estimados pelo modelo Tobit apresentam os mesmos sinais dos seus correspondentes estimados por MQO, e sua significância estatística é similar, embora a magnitude possa apresentar grandes diferenças.

A censura implica falta ou perda de observações, podendo a amostra apresentar censura à esquerda ou à direita. Seja y a variável dependente, I uma constante que representa o valor mínimo assumido por y e S o valor máximo da variável y , então y_i , com $i = 1, 2, \dots, n$, somente será observado no intervalo $[I, S]$, logo, diz-se que as observações são censuradas e que I é o ponto de corte ou censura inferior e S , o ponto superior (ADRIAN et al., 2009).

A partir dessa notação e considerando ainda z' o vetor das variáveis explicativas, β o vetor de parâmetros da regressão, y^* o vetor estimado de y e ε_i o erro observado, é possível, com base em Greene (2002), descrever o modelo Tobit como na Equação 4.4:

$$\begin{aligned}
 y^* &= z' \beta + \varepsilon_i \\
 y &= I, \text{ se } y^* \leq I \\
 y &= y^*, \text{ se } I < y^* < S \\
 y &= S, \text{ se } y^* \geq S
 \end{aligned}
 \tag{4.4}$$

O fator de escala, para censura à esquerda em I e à direita em S, com as variáveis avaliadas pela média amostral e os parâmetros iguais à máxima verossimilhança, pode ser estimado como na Equação 4.5:

$$Scale = \varphi \left[\frac{S - \bar{z}' \hat{\beta}_{ML}}{\hat{\sigma}_{ML}} \right] - \varphi \left[\frac{I - \bar{z}' \hat{\beta}_{ML}}{\hat{\sigma}_{ML}} \right] \quad (4.5)$$

Através da Equação 4.6, é possível também obter o estimador de log-verossimilhança:

$$\ln L = \sum_{y=I} \ln \varphi \left[\frac{I - z'_i \beta}{\sigma} \right] + \sum_{I < y < S} \frac{\ln \varphi}{\sigma} \left[\frac{y_i - z'_i \beta}{\sigma} \right] + \sum_{y=S} \ln \left[1 - \varphi \left(\frac{S - z'_i \beta}{\sigma} \right) \right] \quad (4.6)$$

Wooldridge (2011) ainda lembra que os parâmetros estimados no modelo Tobit desconsideram os efeitos parciais ou marginais. Embora apresentem os mesmos sinais dos coeficientes, os efeitos parciais apresentam diferentes magnitudes, pois dependem de todos os valores das variáveis explicativas e dos parâmetros, demandando maiores manipulações matemáticas. Dessa forma, a interpretação dos sinais dos coeficientes é possível, mas não da amplitude de seu efeito, o que prejudica a análise da importância econômica das variáveis exógenas.

Adrian et al. (2009) chamam a atenção também para o fato de o estimador Tobit ser consistente sob pressupostos estabelecidos, mas é inconsistente se os erros não forem normalmente distribuídos ou heterocedásticos. Assim, as estimativas em dois estágios, que se baseiam em uma suposição de normalidade univariada, geram estatísticas relativamente mais robustas.

Para Gujarati (2011), a hipótese de normalidade é fundamental, principalmente em pequenas amostras. Caso não seja possível mantê-la, com base em testes de normalidade, haveria duas opções, a teoria de grandes amostras ou propriedades assintóticas e o método de reamostragem ou *bootstrapping*, que se utiliza de determinada amostra várias vezes para obter as distribuições amostrais dos parâmetros de interesse.

Segundo Adrian et al. (2009), no *bootstrapping*, ou seja, na reamostragem de um conjunto de observações, as estatísticas de interesse são o erro padrão, o intervalo de confiança ou um teste estatístico. Para Simar e Wilson (2007), o uso do *bootstrapping*

melhora a performance das estimativas. A variância dos resíduos diminui com o aumento da amostra, assim o *bootstrapping* pode ser usado para construir um estimador corrigido. Como a correlação desaparece assintoticamente, é razoável supor que a inclusão de um segundo estágio que contemple a reamostragem melhore a eficiência da estimação dos parâmetros em amostras finitas e aumente a segurança dos intervalos de confiança.

4.3 Resultados e Discussão

O Plano Nacional de Saneamento (Planasa), implementado de forma experimental em 1968 e formalmente em 1971, promoveu profundas mudanças e avanços no setor de saneamento básico do Brasil. Grandes números de comunidades urbanas passaram a ser atendidas com serviços de água e esgoto em função da adoção do conceito de viabilidade global em detrimento da viabilidade individual dos sistemas de cada localidade. Então, desde a implantação do Planasa, tendo em vista que o problema do saneamento básico bem como os impactos dele decorrentes transcendem o âmbito local, a União passou a se responsabilizar pelo planejamento integrado e disponibilizar recursos para a execução de obras públicas, inclusive, envolvendo grandes montantes financeiros.

O surgimento das companhias estaduais de abastecimento (CESBs) foi o instrumento essencial para o sucesso do programa, permitindo que fosse reduzida a pulverização das empresas de saneamento municipais e se obtidos ganhos de eficiência e eficácia (MONTEIRO, 1993). A adesão às empresas estaduais permitiria que localidades de pequeno porte integrassem o sistema e se adotasse um regime de compensação entre as comunidades que gerassem resultados superavitários e aquelas que apresentassem resultados negativos, por meio de subsídios cruzados.

Como uma implicação direta do Planasa foi a criação das companhias estaduais de saneamento básico, as unidades da federação passaram a conviver com dois grandes modelos na prestação dos serviços, quais sejam, a prestação local e a regional. No primeiro modelo, os serviços, sob a titularidade da municipalidade, são ofertados por órgãos da administração direta ou indireta do próprio município, a exemplo dos serviços autônomos e superintendências de água e esgoto. No segundo, os serviços são concedidos à companhia

estadual em partes ou integralmente, mediante celebração de contratos de concessão ou, mais recentemente, através dos contratos de programa.

A legislação que regulamenta os contratos de programa (BRASIL, 2005) prevê que, como condição de validade, deverão ser indicadas as obrigações constituídas entre os entes da federação, vedando ao contratado o exercício da regulação, fiscalização e planejamento dos serviços prestados. Mas, independentemente das responsabilidades de planejamento, a execução e a operacionalização dos serviços decorrem de decisões e gestão por parte do prestador.

Diante da adoção de tarifas únicas para as diversas localidades, mesmo com estruturas de produção e custos distintos, há fortes indícios da existência de subsídios cruzados, que se sustentam na busca de viabilização econômico-financeira das empresas em locais inviáveis, de forma a garantir a universalização do acesso. A Figura 4.1 vem ilustrar, para os municípios da área de atuação da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa) e com prestação simultânea dos serviços de água e esgoto, a relação entre o porte da cidade em termos de população total atendida e o total de despesa de exploração por metro cúbico faturado, referentes ao ano de 2013.

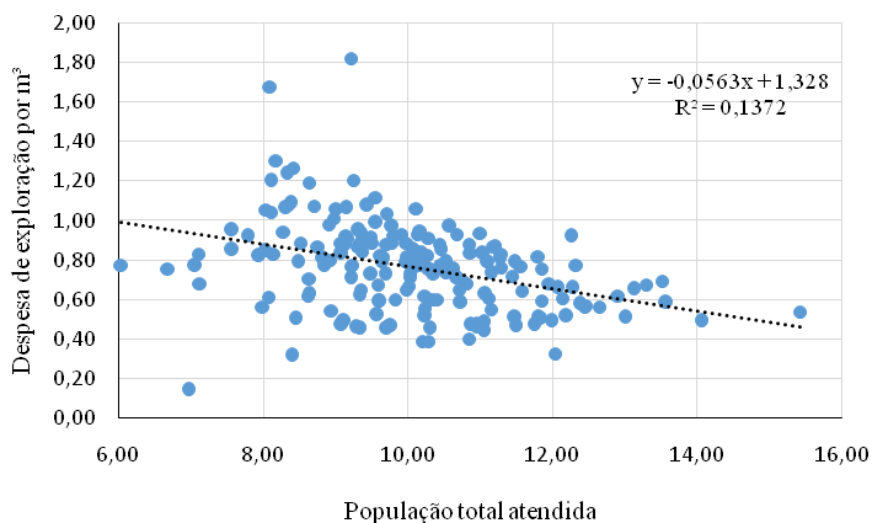


Figura 4.1 - Relação entre despesas totais de serviços por metro cúbico faturado e a população atendida nos municípios da Copasa-MG

Fonte: SNIS (2015).

Embora haja uma grande variabilidade de custos nas cidades de menor população, é evidente na Figura 4.1 tendências de redução desta variável com o aumento da população atendida por localidade, sugerindo uma compensação entre os resultados dos municípios, em decorrência de economias de escala. De acordo com a equação estimada, espera-se uma redução de 0,05% nos custos à medida que se aumenta em 1% na população atendida. Dessa forma, espera-se que as regiões ou localidades superavitárias, seja por questões de escala ou outros motivos, apresentem mais elevado grau de eficiência para que seja possível transferir os ganhos às localidades deficitárias.

Como princípio básico que envolve a prestação de serviços públicos, as práticas de gestão devem observar sempre a questão da eficiência. Dessa forma, a despeito do modelo de gestão (local ou associada), é fundamental avaliar os níveis de eficiência alcançados pelos prestadores nos diversos municípios em que atuam em Minas Gerais.

Para isto, este estudo selecionou 264 municípios mineiros que prestaram informações ao SNIS em 2013 e cujos prestadores atendem simultaneamente os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Com isso, evitam-se distorções na avaliação de eficiência decorrentes de economias de escopo, possibilitando análises do prestador e do município simultaneamente. Da amostra selecionada, 8 municípios apresentaram informações consideradas *outliers*, de acordo com a metodologia proposta por Souza e Stosic (2003), tendo sido, por isso, excluídos da análise.

Os 256 municípios analisados, distribuídos por todo o estado, correspondem a uma população total estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015) para o ano de 2013, superior a 13,6 milhões de habitantes, ou seja, mais de 65% da população total de Minas Gerais. Ainda de acordo com o IBGE, a população urbana total da amostra supera 12,4 milhões de habitantes, mostrando sua representatividade para o estudo, ainda que em termos numéricos, seja apenas 30% do total de municípios do estado.

Segundo dados dos prestadores, obtidos pelas informações do SNIS, cerca de 171 mil pessoas dos municípios analisados que residem na zona urbana ainda não têm acesso a serviços de abastecimento de água e mais de 1,033 milhão, ou seja, mais de 8,3% da população urbana, não dispõe de prestação de serviços de esgotamento sanitário. Ao considerar as localidades de menor porte e mais isoladas, esses números podem se revelar mais preocupantes.

A amostra considerada tem os serviços de água e esgoto ofertados por prestadores locais em 62 municípios e regionais em 194 deles. A prestação de abrangência regional é feita pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa) em 182 municípios e pela Copasa Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais (Copanor), subsidiária integral da Copasa, nos 12 restantes. A natureza do prestador é caracterizada como autarquia em 45 municípios, sociedade de economia mista com administração pública em 182 municípios (atendidos pela Copasa), 16 municípios com prestadores com administração pública direta e 13 municípios atendidos por empresas públicas (12 atendidos pela Copanor e Juiz de Fora, atendido pela Companhia de Saneamento Municipal - Cesama).

A Tabela 4.1 mostra os municípios analisados, divididos de acordo com a abrangência do prestador e com a população urbana residente, estimada em 2013 pelo IBGE. Conforme se observa, a exemplo da realidade verificada em Minas Gerais, a amostra tem predominância de municípios de pequeno porte. A classificação dos grandes grupos de municípios brasileiros, adotada pelo IBGE, considera municípios de pequeno porte aqueles com até 20.000 habitantes; municípios de pequeno porte 2, com população entre 20.001 e 50.000 habitantes; municípios de médio porte, com população igual ou superior a 50.001 e até 100.000 habitantes; grandes municípios, com população entre 100.001 e 900.000 habitantes; e metrópoles, aqueles cuja população residente seja superior a 900.000 habitantes. Para efeitos de simplificação, a apresentação de algumas tabelas bem como as análises delas decorrentes consideram os municípios divididos em dois grupos, quais sejam, aqueles com população urbana inferior a 50.000 e aqueles com população igual ou superior a 50.001 habitantes.

Tabela 4.1 – Divisão da amostra de acordo com a abrangência do prestador e porte populacional do município

Abrangência do Prestador	População urbana (habitantes)		Total
	até 50 mil	superior a 50 mil	
Local	50	12	62
Regional	159	35	194
Total	209	47	256

Fonte: Dados da pesquisa.

As localidades com população urbana inferior a 50 mil habitantes correspondem a 209 municípios, ou 81,6% do total, concentrando, aproximadamente, 23% da população urbana considerada. Como implicação direta, 77% da população analisada está concentrada nos outros 47 municípios estudados, com população urbana superior a 50 mil habitantes.

Da amostra selecionada, é possível inferir importantes informações que distinguem bem os municípios com prestadores locais daqueles que têm a prestação regionalizada. Apenas dois municípios informaram não obter receita operacional direta de água (Congonhas do Norte e Pedra Bonita), ambos com prestador local. Além disso, nove municípios informaram não haver receita operacional direta de esgoto (Abre Campo, Carmésia, Congonhas do Norte, Itapeva, Jaboticatubas, Mamonas, Monte Sião, Pedra Bonita e São João Batista do Glória), dos quais apenas três têm prestador regional.

Desconsiderando então esses municípios, a média da receita operacional direta de água para a amostra foi de R\$ 345,85 por economia ativa em 2013. A média para os municípios com prestador regional foi de R\$ 372,60, enquanto para os locais, foi de R\$ 259,38. O mesmo pode se observar para o serviço de esgoto, cuja média de receita operacional direta de esgoto por economia ativa foi de R\$ 213,38, enquanto a média para os municípios com prestador regional foi de R\$ 241,87, e para os prestadores locais, foi de R\$ 116,20.

Essa diferença de receita entre os grupos de prestadores está diretamente relacionada à tarifa média praticada por metro cúbico faturado. Os municípios com prestadores locais, e que se utilizam da tarifa sobre o consumo para cobrar pelos seus serviços, praticaram uma tarifa média por metro cúbico de água de R\$ 1,36 e de R\$ 1,28 para esgoto. Por sua vez, os municípios com prestação regionalizada praticaram tarifa média de R\$ 2,85 para água e de R\$ 1,95 para esgoto.

Em sentido oposto, o consumo médio de água nos municípios com prestador local foi superior. A média de volume mensal em metro cúbico consumido por economia ativa para prestadores locais foi de 16,06 m³, enquanto para os municípios com prestação regional, foi de 9,96 m³. Assim como um maior consumo, a média de perdas de água na distribuição para prestadores locais foi de 33,2%, substancialmente superior aos 26,0% observados para os municípios com prestador regional.

Em termos de população urbana atendida, os números dos prestadores locais são ligeiramente superiores aos informados pelos prestadores regionais, mas sempre superiores a 90% para ambos os grupos de prestadores e ambos os serviços prestados. Contudo, um interessante ponto verificado é o nível de atendimento nos municípios com menor número de habitantes. Aqui, os serviços de esgoto sob responsabilidade local atendem 92,2% da população urbana, enquanto, para aqueles com concessão, a prestadores regionais é de 80,3%. É importante destacar que não há nesses números nenhuma referência à qualidade dos serviços, nem são considerados os níveis de tratamento do esgoto coletado.

Por outro lado, para o mesmo grupo de municípios, a população urbana atendida com abastecimento de água é de 98,4% para prestadores locais, enquanto para os prestadores regionais, é de 99,7%, praticamente atingindo a universalização.

Ao confrontar as receitas operacionais diretas do prestador com as despesas de exploração dos serviços de água e esgoto, exceto as despesas fiscais ou tributárias, 202 municípios apresentaram receitas superiores às despesas, dos quais 165 são atendidos por prestador regional. Como consequência, 54 municípios apresentam receitas inferiores às despesas, sendo 29 atendidos por prestador regional e 25 por prestador local. Assim, enquanto 15% dos municípios com prestador regional não auferem receitas suficientes para cobrir suas despesas de exploração, para os prestadores locais, essa relação passa de 40%.

Outra importante constatação é que esse fato ocorre predominantemente em municípios de pequeno porte populacional. Dos 54 municípios nessa situação, apenas três (Ituiutaba, Ouro Preto e Patrocínio) têm população superior a 50 mil habitantes, todos eles com prestador local. Essa relação entre nível populacional (na forma logarítmica) e resultado por município pode ser mais bem visualizada na Figura 4.2. O resultado positivo nesse caso leva em consideração a subtração (também na forma logarítmica) entre a receita operacional direta e as despesas de exploração, exceto despesas fiscais e tributárias.

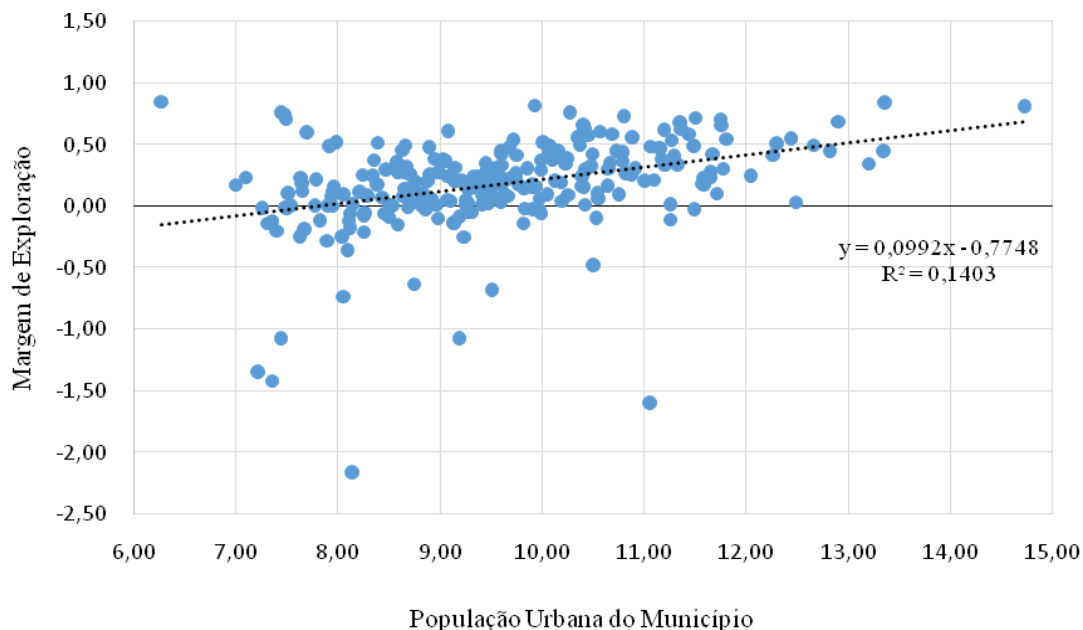


Figura 4.2 – Relação entre margem das despesas de exploração sobre receita operacional e porte populacional
Fonte: Resultados da pesquisa.

Como se verifica na Figura 4.2, é clara a grande dificuldade de geração de receitas nas pequenas localidades, independentemente da abrangência do prestador de serviços, mas os resultados negativos são ainda mais comuns nos prestadores locais. Nenhum município da amostra, com população urbana superior a 100 mil habitantes, apresentou receita operacional insuficiente para cobrir as despesas de exploração.

Embora não se possa afirmar, além de questões de economia de escala, nos prestadores locais, esse problema pode estar também associado à ausência de regulação para o estabelecimento de tarifas adequadas, baixa capacidade de pagamento dos usuários, bem como dificuldades de gestão e interferências políticas.

Ao considerar os municípios com prestação regionalizada e resultados deficitários, fica evidente a questão de economia de escala, que torna mais barato cada metro cúbico adicional produzido e a efetiva ocorrência de subsídio cruzado entre as localidades do sistema. Dessa forma, municípios com médio ou grande porte populacional produzem resultados positivos, que são usados para cobrir os resultados negativos das pequenas localidades, além de gerar um excedente que remunere os investimentos da empresa.

Um questionamento que surge dessa discussão se assenta na relação entre eficiência e resultados financeiros. É preciso determinar se os municípios com melhores resultados financeiros são também aqueles que convertem melhor os insumos no processo produtivo, além de identificar possíveis determinantes do nível de eficiência dos municípios na prestação dos serviços.

De acordo com os resultados obtidos no estudo, 64 municípios foram considerados totalmente eficientes, que, conforme apresentado na Tabela 4.2, se dividem em 24 com retorno constante e 40 com retorno decrescente à escala. Os demais 192 municípios, que não atingiram a eficiência máxima, também têm predominância de retorno decrescente (177), outros 14 ineficientes têm retorno crescente e apenas um apresentou retorno constante.

Tabela 4.2 – Divisão da amostra de acordo com a abrangência do prestador e porte populacional do município

Retorno	Eficientes	Ineficientes	Total
Crescente	0	14	14
Constante	24	1	25
Decrescente	40	177	217
Total	64	192	256

Fonte: Resultados da pesquisa.

Alternativamente, da amostra considerada no estudo, apenas 5,5% tinham possuíram retorno crescente, 9,8% tiveram retorno constante e 84,8%, retorno decrescente. Embora não se observe padrão entre os grupos com retornos decrescente e constante, dos municípios com retorno crescente, nenhum alcançou a máxima eficiência, sendo que apenas dois têm prestador local. A eficiência média desse grupo foi de 0,754, cuja população urbana varia entre 1.096 e 7.284 habitantes, revela seu pequeno porte.

As unidades de análise consideradas totalmente eficientes devem então ser objeto de atenção, uma vez que se constituem como referências de boas práticas no sentido de converter eficientemente os insumos em produtos conforme a modelagem adotada. Ao se posicionarem na fronteira da curva de envoltória, funcionam como benchmarks àqueles municípios que ainda não têm indicadores satisfatórios de eficiência.

Entre os municípios de eficiência máxima, 11 deles são referência apenas para si próprios, dos quais sete têm prestadores locais dos serviços. Não são observadas, porém,

grandes similaridades entre tais prestadores, dado que atuam em municípios de porte populacional e localização geográfica bem distintos.

Os demais 53 municípios, grupo composto por 35 com prestação regionalizada e 18 com prestação local, são referência a pelo menos uma outra DMU da amostra. Deles, 22 são referências a 15 ou mais municípios cada, com destaque para São Lourenço, cuja tecnologia de seu prestador local deve ser observada por outras 113 DMUs. Entre os 22 municípios, a prestação de serviços é local em nove deles e, em apenas cinco deles, a população urbana supera 50 mil habitantes.

O grupo de benchmarks não apresenta homogeneidade entre si, entretanto, dois pontos podem ser citados. Apenas dois deles atendem menos 95% de sua população urbana com abastecimento de água e nenhum deles apresentou retorno crescente à escala.

Como já pontuado anteriormente, foram identificados 64 municípios, ou 25% dos avaliados, com eficiência máxima, dos quais 25 são atendidos por prestadores locais e 39 por prestadores de abrangência regional. Entre os municípios totalmente eficientes e com prestadores locais, 19 têm população urbana inferior a 50 mil habitantes, enquanto 25 dos 39 eficientes com prestação associada têm esse mesmo tamanho populacional. A média de eficiência obtida para a amostra foi de 0,793, com um desvio padrão de 0,184.

A Tabela 4.3 sintetiza os resultados obtidos pelo modelo utilizado na avaliação da eficiência, de acordo com a abrangência do prestador e do porte populacional.

Tabela 4.3 – Estatísticas dos níveis de eficiência de acordo com a abrangência do prestador e o porte populacional dos municípios

Abrangência do Prestador	Estatística	População urbana (hab)		Geral
		até 50 mil	superior a 50 mil	
Local	Mínima	0,495	0,671	0,495
	Média	0,843	0,902	0,855
	Máxima	1,000	1,000	1,000
Regional	Mínima	0,227	0,547	0,227
	Média	0,745	0,900	0,773
	Máxima	1,000	1,000	1,000
Geral	Média	0,769	0,901	0,793

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os dados evidenciam dois importantes pontos de atenção quanto aos níveis de eficiência técnica observados. Em termos gerais, os municípios atendidos por prestadores locais apresentaram maior nível de eficiência. Enquanto a média das eficiências dos prestadores locais foi de 0,855, para os prestadores regionais, o número foi de 0,773. Essa relação, entretanto, foi verificada predominantemente em municípios com população urbana menor que 50 mil habitantes, onde, além de um nível de eficiência superior, observou-se menor amplitude entre os prestadores locais. Nesse grupo, a eficiência média foi de 0,843 para prestadores locais e de 0,745 para prestadores regionais.

Analisando separadamente os dois prestadores regionais de Minas Gerais, Copasa e Copanor, embora o segundo seja uma subsidiária integral da primeira, observou-se que a eficiência média da Copasa foi de 0,735 e da Copanor, de 0,878. Não é possível estabelecer essa mesma relação para municípios maiores, uma vez que a Copanor não atende nenhum município nessas condições.

Então, a média geral de eficiência do grupo de pequenos municípios em termos populacionais foi de 0,769 ao passo que para municípios com mais de 50 mil habitantes urbanos, foi de 0,901. Embora nos grandes municípios ainda se observe maior dispersão entre municípios com prestação regionalizada dos serviços, os níveis médios de eficiência verificados foram praticamente os mesmos, mostrando não haver nesse grupo grandes diferenças decorrentes da natureza do prestador.

Verificou-se também que os municípios com resultado negativo entre as receitas operacionais e as despesas de exploração obtiveram nível médio de eficiência de 0,719 enquanto os superavitários obtiveram eficiência média de 0,813. A mesma relação se observa para o grupo formado exclusivamente por municípios atendidos por prestador regional, em que a média de eficiência observada foi de 0,611 para os deficitários e de 0,802 para os superavitários.

Logo, níveis elevados de eficiência técnica no atendimento dos serviços de água e esgoto estão relacionados com a sustentabilidade financeira da unidade produtiva. Quando não há um sistema de subsídio cruzado que permita a transferência de recursos entre localidades superavitárias e deficitárias, fatalmente o prestador deverá aumentar o preço cobrado pelos serviços ou recorrer a outras fontes de financiamento para cobrir seu déficit e manter a operação e do sistema e o atendimento adequados.

Ocorre, porém, que, caso o prestador opte por manter os níveis das tarifas, não repassando o ônus ao usuário, o financiamento poderá implicar remanejamento de recursos de outras áreas do orçamento público ou aumento de tributos, portanto, com importantes consequências em termos de formulação de políticas.

De forma a melhor ilustrar a importância do porte populacional nos escores de eficiência dos prestadores de saneamento, a Figura 4.3 apresenta a dispersão dos municípios analisados de acordo com o índice de eficiência verificado e o nível populacional, expresso na forma logarítmica.

Conforme se observa, ainda que em função da existência de um maior número de municípios pequenos, à medida que se aumenta o tamanho da população, aumenta-se a média de eficiência e se reduz sua amplitude, corroborando teorias de existência de ganhos de escala na prestação de serviços de saneamento.

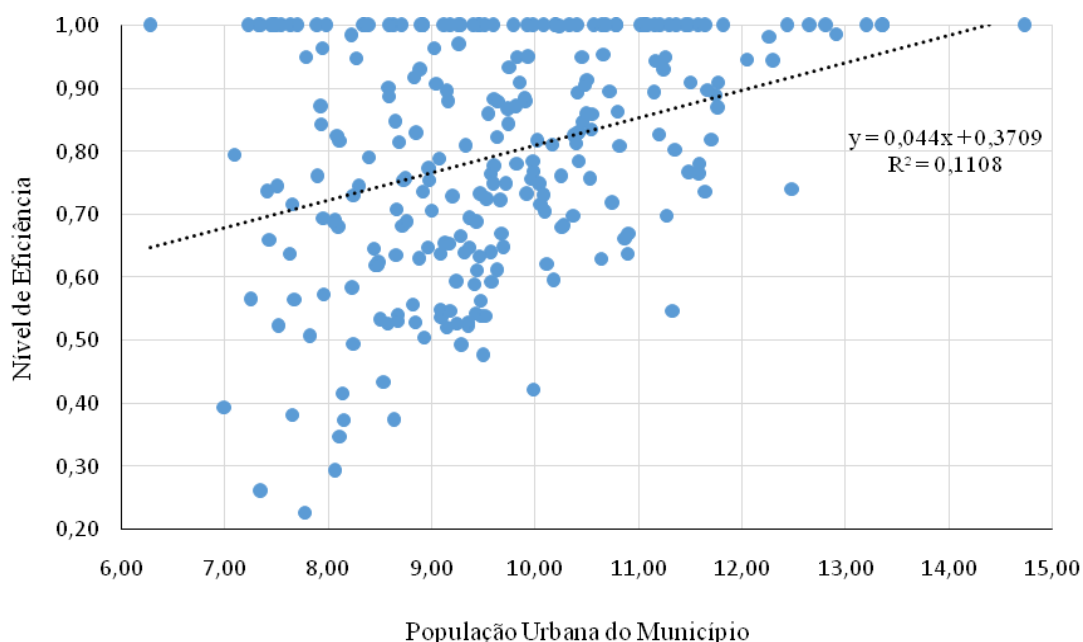


Figura 4.3 – Relação entre escores de eficiência e porte populacional.
Fonte: Resultados da pesquisa.

A aplicação da metodologia de regressão e classificação em árvore (CART), utilizando as variáveis de abrangência do prestador e tamanho da população urbana como explicativas e os valores obtidos de eficiência como variável dependente, corrobora os resultados já apresentados e revela outro importante ponto.

A partir da amostra de 256 municípios, e conforme a Figura 4.4, é possível encontrar duas subamostras bem distintas entre si, definidas basicamente pelo número de habitantes de sua zona urbana. Assim, a primeira partição definida pelo modelo contempla um grupo formado por 149 municípios, com população urbana inferior a 16.765 habitantes. Esse grupo tem eficiência média de 0,737 e erro quadrático médio de 0,0386. O outro grupo, formado pelos demais 107 municípios, com população igual ou superior a 16.765 pessoas, têm eficiência média de 0,871 e erro quadrático médio de 0,0161.

Ocorre que o segundo grau de nós apresenta diferenças entre os critérios de seleção dos grupos. O grupo de grandes municípios pode ser dividido novamente em duas subamostras de acordo com a população urbana, nesse caso, aqueles com até 57.757 habitantes e aqueles com número superior ou igual, sendo que o primeiro subgrupo, de 64 observações, obteve eficiência média de 0,838 e erro quadrático médio de 0,0166, enquanto o segundo, com 43 municípios, apresenta média de eficiência de 0,920 e erro quadrático médio de 0,0116.

O segundo fator determinante para a partição, na árvore de classificação, para o grupo dos pequenos municípios é a abrangência do prestador. Dessa forma, os 149 municípios do nó podem ser divididos em dois subgrupos, sendo o primeiro formado por 115 com prestador regional, com eficiência média de 0,711 e erro quadrático médio de 0,0380, e o segundo, com os demais 34 municípios, com prestador local, cuja eficiência média foi de 0,826 e erro quadrático médio igual a 0,0305.

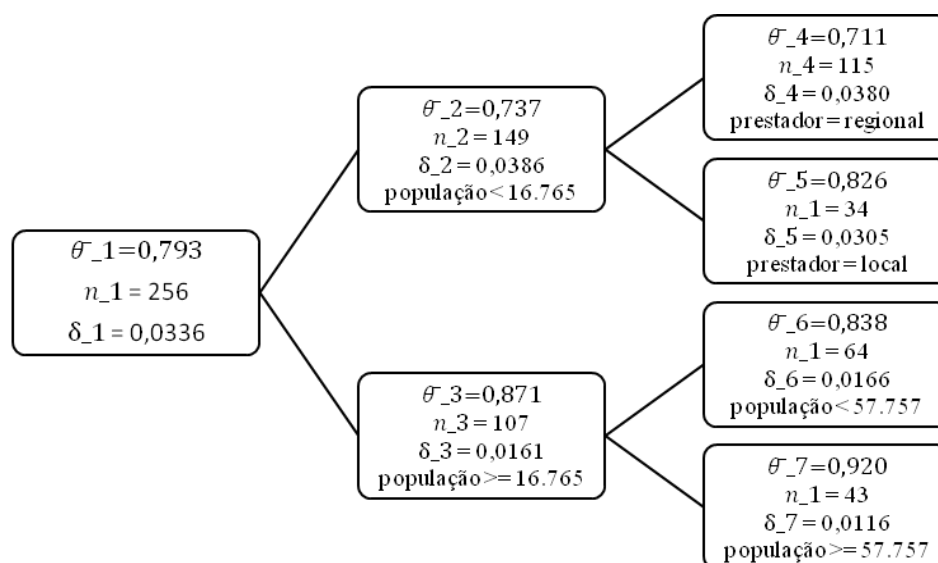


Figura 4.4–Árvore de Classificação e Regressão dos Níveis de Eficiência em relação à abrangência do prestador e população urbana

Fonte: Resultados da pesquisa.

Aquelas localidades com população urbana reduzida tendem a apresentar níveis distintos de eficiência em função do tipo do prestador que opera os serviços, sendo que os prestadores locais apresentam, nesse caso, melhores resultados comparativamente aos municípios atendidos por prestador regional.

De modo geral, os resultados do CART confirmam e traduzem os dados da Tabela 4.3, mostrando que o principal fator de explicação dos níveis de eficiência está em seu porte populacional, portanto, ligado a economias de escala. Entre os grandes municípios, a natureza do prestador, em termos de sua abrangência, tem pouca relevância, ao contrário do que se observa nos pequenos municípios.

Não é possível afirmar, porém, se as economias de escala são determinantes exclusivos dos níveis de superávit e eficiência do prestador. Como o setor de saneamento envolve atividades de captação, tratamento e distribuição de água potável, bem como coleta, tratamento e destinação de águas residuais com diversos custos envolvidos em cada etapa, vários fatores podem influenciar o comportamento dessas variáveis, caracterizando mais uma necessidade de estudo. O resultado de cada região poderia depender, por exemplo, do nível de investimentos em reposição de ativos, economias nas estruturas de captação, disponibilidade hídrica, diferentes necessidades de tratamento, níveis de perdas, entre outros.

Assim, além do número de habitantes e da natureza do prestador em termos de abrangência, há outras características dos municípios e prestadores que devem ser consideradas na avaliação da eficiência da prestação dos serviços. Nesse sentido, este estudo utiliza um modelo de regressão com dados censurados, que busca mensurar o impacto de determinadas variáveis, sejam elas de responsabilidade ou não do prestador, como aquelas já citadas, níveis de atendimento dos serviços e indicadores de custos.

A opção pelo modelo Tobit se dá pelo fato de a variável dependente (eficiência) não poder assumir valores negativos nem superiores à unidade. Assim, não se pode considerar adequada a aplicação dos Mínimos Quadrados Ordinários, sob pena de obter resultados possivelmente inconsistentes e viesados (AMEMIYA, 1984). Adicionalmente, segundo Boueri (2015), especificações funcionais como regressão logística, modelo Tobit ou de regressão censurada, asseguram que os valores projetados estejam dentro de intervalos predeterminados.

A solução, conforme Greene (2003), está na estimação da regressão por máxima verossimilhança, que encontrará estimadores consistentes e assintoticamente eficientes dos parâmetros de variância. Os coeficientes da regressão permitem a avaliação do impacto das variáveis explicativas na variável dependente pelo exame de sinais e do cálculo dos respectivos efeitos marginais.

Para fins de avaliação dos possíveis condicionantes do nível de eficiência do setor de saneamento, foram consideradas as variáveis de contexto e de dimensão dos serviços especificados no tópico de Metodologia deste capítulo (Tabela 4.4.)

Os resultados obtidos pela regressão, utilizando a modelagem Tobit, trazem importantes contribuições ao estudo. Da amostra considerada, 64 observações foram censuradas à direita, no limite superior 1, e nenhuma foi censurada à esquerda, no limite aplicado de 0. Logo, para os 192 municípios restantes, são aplicados os parâmetros da Tabela 4.4.

Uma característica interessante do modelo Tobit é que, independentemente da magnitude dos efeitos marginais, que podem ser facilmente obtidos para toda a amostra multiplicando os parâmetros da regressão em questão pelo fator de escala encontrado (1 – 0,1884), o exame dos sinais e da significância das variáveis explicativas é exatamente o mesmo de uma regressão linear múltipla por Mínimos Quadrados Ordinários.

Tabela 4.4 – Determinantes dos níveis de eficiência dos serviços de saneamento

Variável	Coefficiente	Erro padrão	Estatística z	Probabilidade	Significância
intercepto	1.6334601	0.5008217	3.262	0.00111	**
trat_esg	-0.0002801	0.0004680	-0.598	0.54951	
at_urb_agua	0.0015398	0.0018558	0.830	0.40670	
at_urb_esg	0.0004812	0.0005761	0.835	0.40352	
agua_subt	0.0019654	0.0004295	4.576	0.00000	***
ln_popul	0.0682981	0.0138211	4.942	0.00000	***
ln_rais	-0.1902311	0.0709157	-2.682	0.00731	**
idhm	-0.6993027	0.3645966	-1.918	0.05511	.
prestador	-0.1901972	0.0345703	-5.502	0.00000	***
saúde	-0.0006428	0.0004475	-1.436	0.15090	
marg_exp	0.2463683	0.0440539	5.592	0.00000	***
log(escala)	-1.6690734	0.0536384	-31.117	< 2e-16	***

Níveis de significância: '***'0,001; '**'0,01; '*'0,05; '.' 0,1; ' ' 1

Fonte: Resultados da pesquisa.

Assim, as variáveis participação de águas subterrâneas no volume de água produzido (agua_subt), população (ln_popul), salário (ln_rais), abrangência do prestador (prestador) e margem da receita operacional direta sobre as despesas de exploração (marg_exp), bem como o intercepto da regressão, foram todas estatisticamente significativas ao nível de até 5% de probabilidade. Ao nível de 10% de probabilidade, foi também estatisticamente significativa a variável IDHM. Adicionalmente, os sinais obtidos foram extremamente coerentes com o esperado pelo estudo.

Com base nos coeficientes estimados pela regressão, é possível afirmar que, dada a magnitude obtida, a variável mais importante na determinação da eficiência está ligada à capacidade de geração de receitas em relação às despesas de exploração (marg_exp), seguida pelo custo de mão de obra (ln_rais), abrangência do prestador (prestador), porte populacional (ln_popul) e então pela exploração de águas subterrâneas (agua_subt). Embora o maior coeficiente estimado seja da variável idhm, adotou-se o nível de probabilidade igual a 5% para análise da significância estatística das variáveis.

Com base nos resultados da Tabela 4.4, é possível afirmar que os municípios cuja remuneração média dos trabalhadores é maior tendem a apresentar níveis menores de eficiência. Isso está ligado diretamente ao componente de custos considerado nos insumos do modelo, que são as despesas com serviços próprios e de terceiros. Um custo de vida mais

elevado implica remuneração maior aos trabalhadores e encarece os insumos de produção do prestador.

Outra variável que explica a redução do nível de eficiência é a prestação de serviços ser delegada a um prestador regionalizado. Isso corrobora a Teoria Econômica de que, na ocorrência de subsídio cruzado em ambiente de monopólio, o monopolista tem poucos incentivos para atuar eficientemente. A variável de abrangência do prestador permite verificar que os municípios com prestação local dos serviços de saneamento apresentam, em média, níveis de eficiência mais elevados que aqueles submetidos ao regime de subsídio cruzado.

Complementando os resultados encontrados na árvore de classificação e regressão (CART) da Figura 4.3, os prestadores regionais, ao utilizar a estratégia de subsídio cruzado, parecem optar por operar em níveis extremamente eficientes em municípios de maior porte para cobrir eventuais perdas e ineficiências naqueles de menor porte, cujo impacto no resultado final, dado seu peso em termos populacionais e de volume de consumo, pode não ser tão expressivo. Especificamente, no caso estudado, percebe-se também que a política de remuneração da mão de obra para funcionários de prestador regional é superior aos prestadores locais, impactando diretamente nos custos e, portanto, na eficiência. Como exemplo, de acordo com os dados do SNIS (2015), a despesa média anual por empregado, em média, foi de R\$ 73.637,33 para os municípios com prestação regionalizada considerados na amostra, enquanto para os municípios com prestação local, esse número foi de R\$ 29.806,57, inferior à metade.

Embora, como já mencionado, com nível de significância superior a 5%, a variável que traduz o desenvolvimento humano dos municípios analisados traz importante informação ao estudo. De acordo com o resultado do modelo Tobit, os municípios com índice de desenvolvimento mais elevado são menos eficientes. Para o caso de prestação regionalizada, isso seria uma importante justificativa para a adoção de subsídio cruzado, dado o apelo social que permeia a prática, em que populações de centros com renda mais alta subsidiam aqueles com renda menor. Entretanto, como municípios com maior desenvolvimento humano também podem apresentar custos mais elevados e outros fatores que interferem nos escores de eficiência, é uma variável que precisa ser mais bem avaliada.

Por outro lado, três variáveis inseridas no modelo explicam positivamente os níveis de eficiência. Como já foi amplamente discutido, o porte populacional proporciona ganhos de escala na operação dos serviços. Municípios maiores podem dimensionar melhor suas estruturas produtivas, manejar melhor sua mão de obra, dispõem de insumos mais qualificados e podem operar mais eficientemente seus sistemas, logo, quanto maior o número de habitantes/usuários, maior o impacto direto sobre o indicador de eficiência do prestador.

A participação de águas subterrâneas no volume total de água produzido também contribui para aumentar a eficiência do prestador. A captação de água de manancial subterrâneo ou fonte de cabeceira torna a água potável e dispensa grandes volumes de produtos químicos e materiais utilizados em seu tratamento, necessitando de simples desinfecção para disponibilização aos usuários, funcionando como importante redutor de custos ao prestador.

Outra variável significativa e com coeficiente elevado relativamente às demais é a margem da receita operacional sobre as despesas de exploração, que está diretamente relacionada à questão do subsídio cruzado. De acordo com o parâmetro estimado, municípios com resultado positivo, ou seja, que arrecadam mais com a operação dos serviços em relação às despesas incorridas para a sua exploração, são mais eficientes. Dessa forma, é possível estabelecer uma relação clara e direta entre municípios superavitários e nível de eficiência. Como os municípios mais eficientes são aqueles que apresentam melhores resultados na exploração dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, para o caso dos municípios atendidos por prestador regional, em termos gerais, os municípios superavitários e eficientes subsidiam os sistemas dos municípios ineficientes e deficitários.

Embora os sinais das demais variáveis do modelo tenham sido considerados coerentes, não é possível atestar sua significância, uma vez que os valores de probabilidade estimados superam os parâmetros considerados razoáveis para a modelagem estatística. Uma variável muito importante que não foi significativa é “saúde”. Assim, acredita-se que, na operação dos serviços, os prestadores têm observado as recomendações legais, não reduzindo custos de tratamento da água via deterioração dos parâmetros de qualidade.

A utilização da modelagem Tobit é recomendada pela literatura econômica. Segundo Boueri (2015), a forma mais usual de se lidar com a inclusão de variáveis ambientais em modelos de avaliação de eficiência é a combinação de métodos de análise envoltória com

regressão linear. Nesse método, conhecido como semiparamétrico ou método de dois estágios, são calculados primeiramente os coeficientes de eficiência por meio de DEA e, depois, esses escores são utilizados como variáveis dependentes de uma regressão como função de variáveis explicativas exógenas ou não discrionárias.

A aplicação de uma metodologia de dois estágios permite então estabelecer a influência das variáveis ambientais sobre os níveis de eficiência das unidades tomadoras de decisão, possibilitando, inclusive, a filtragem dessas influências. O método permite a estimação de efeitos vantajosos ou desvantajosos das variáveis, sejam elas contínuas ou categóricas, mesmo sem ser conhecido preliminarmente seu impacto sobre a eficiência (BOUERI, 2015).

Simar e Wilson (2007) propuseram então um método de dois estágios envolvendo uma série de regressões, utilizando a reamostragem para a estimação dos parâmetros do segundo estágio. O objetivo seria separar o efeito de variáveis ambientais sobre os níveis de eficiência do impacto decorrente da correlação entre os próprios coeficientes.

Isso porque os escores de eficiência estimados no primeiro estágio são correlacionados entre si, uma vez que são calculados por programação linear, fazendo necessária a aplicação do *bootstrap* para a estimação adequada dos parâmetros. A utilização do *bootstrap* é recomendada para minimizar ou solucionar problemas decorrentes da dificuldade de determinação do padrão assintótico dos erros, que tendem a subestimar a verdadeira variância (BOUERI, 2015).

Não se pretende neste estudo estimar o fator de produtividade ou recalculer os níveis de eficiência corrigidos pelas variáveis ambientais para os prestadores de serviços de saneamento avaliados, tão somente avaliar as variáveis que apresentam maior impacto nos escores de eficiência dos municípios. Ainda assim, optou-se por utilizar o modelo proposto por Simar e Wilson (2007), aplicando o *bootstrap* às mesmas variáveis do modelo Tobit apresentado na Tabela 4.4, de forma a obter intervalos mais confiáveis e confrontar as estatísticas encontradas.

Os resultados da estimação, com base no Algoritmo 2 do Modelo de Dois Estágios de Simar e Wilson (2007), estão apresentados na Tabela 4.5, com os respectivos valores mínimo e máximo do intervalo, a probabilidade e o nível de significância. O valor-p ou

probabilidade dos intervalos de confiança pode ser computado pela frequência relativa de estimativas de *bootstrap*.

Tabela 4.5 – Determinantes dos níveis de eficiência dos serviços de saneamento (Modelo de Dois Estágios de Simar e Wilson (2007))

Variável	Coeficiente	Mínimo	Máximo	Probabilidade	Significância
intercepto	0.7250645	0.7126665	0.7374626	0.01350	*
trat_esg	-0.0003390	-0.0003497	-0.0003282	0.09100	.
at_urb_agua	0.0019676	0.0019196	0.0020157	0.09000	.
at_urb_esg	-0.0002285	-0.0002423	-0.0002148	0.25500	
agua_subt	0.0008152	0.0008051	0.0008252	0.00250	**
ln_popul	0.0734022	0.0730919	0.0737125	0.00000	***
ln_rais	-0.1450520	-0.1468469	-0.1432571	0.00250	**
idhm	-0.1790754	-0.1874742	-0.1706766	0.27500	
prestador	-0.0724288	-0.0732276	-0.0716301	0.00200	**
saúde	-0.0001457	-0.0001571	-0.0001343	0.33600	
marg_exp	0.1984816	0.1974816	0.1994816	0.00000	***

Níveis de significância: '***'0,001; '**'0,01; '*'0,05; '.' 0,1; ' ' 1.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os coeficientes obtidos pelo modelo de dois estágios foram calculados considerando 2.000 repetições para o cômputo das estimativas de β e σ e intervalo de confiança de 95%. Os valores são sugeridos por Simar e Wilson (2007) e atestam o melhor desempenho do algoritmo em relação à regressão Tobit ao estimar intervalos de confiança com base em experimentos de simulação.

Os resultados da regressão corroboram quase plenamente o verificado no modelo Tobit em termos de significância das variáveis. Entre as variáveis consideradas estatisticamente significativas na regressão Tobit, apenas o IDHM foi não significativo nem a 10% de probabilidade. De forma contrária, as variáveis tratamento de esgoto (trat_esg) e percentual de atendimento urbano com abastecimento de água (at_urb_agua) foram ser significativas ao nível de 10%. Adotou-se novamente o valor de probabilidade de 5% para análise de significância das variáveis, entretanto, as variáveis trat_esg e at_urb_agua podem trazer importantes contribuições à análise.

O percentual de tratamento do esgoto coletado, cujo impacto no nível de eficiência é estimado como negativo, está relacionado a aumentos nos custos decorrentes da oferta do serviço. O tratamento de águas residuais ou esgotos, com redução da carga poluente antes do

retorno aos corpos hídricos, envolve uma série de processos e dispêndios que acabam por majorar os custos do prestador e, como consequência, podem reduzir seu escore de eficiência.

A questão do atendimento urbano de água pode estar associada à especificação do modelo e à economia de escala ou pode até mesmo refletir a prática de subsídio cruzado ocorrida entre as localidades atendidas por prestador regional. Como maior número de economias atendidas implica maior proporção de atendimento e o modelo considera as economias ativas de água e esgoto como outputs, quanto maior o número de economias atendidas maior a tendência a ser mais eficiente desde que a estrutura de custos não seja proporcionalmente elevada.

Alternativamente, como um maior percentual de atendimento urbano de água indica maior número de economias atendidas com o serviço, é possível que os municípios com elevados índices de atendimento estejam obtendo ganhos de escala na prestação do serviço e, com a redução de custos, sejam mais eficientes.

Nesse mesmo sentido, a proporção de atendimento pode também ser decorrente de estratégia operacional do prestador para obter melhores resultados financeiros. Especificamente para municípios com prestação regionalizada dos serviços, o prestador pode optar por ampliar ao máximo o atendimento naquelas localidades onde pode obter ganhos de escala e auferir resultados elevados para subsidiar aquelas menos eficientes e deficitárias.

No que se refere à análise dos sinais observados para os parâmetros estimados, observou-se inversão entre o modelo Tobit e o Modelo de Dois Estágios de Simar e Wilson (2007) apenas para a variável atendimento urbano de esgoto (at_urb_esg), mas sem prejuízo à análise, porque a variável não foi considerada estatisticamente significativa em nenhum dos modelos.

Quanto às magnitudes dos parâmetros, verificou-se substancial variação para a maioria das variáveis. Isso pode ser justificado pelo fato de o modelo Tobit não considerar todas as observações, uma vez que censura aquelas que extrapolam o intervalo definido, superestimando os coeficientes. Como visto, no Tobit, o cálculo dos efeitos marginais das variáveis dependentes no sobre toda a amostra deve ser estimado pela aplicação de um redutor para os parâmetros obtidos no modelo.

Contudo, ainda assim, pode-se afirmar que os resultados obtidos em ambos os modelos foram coerentes e permitem uma melhor avaliação dos determinantes dos níveis de eficiência dos prestadores de serviços de saneamento nos municípios de Minas Gerais.

4.4 Conclusões

Com base nos resultados obtidos pela análise dos dados do SNIS para o ano de 2013, considerando amostra de 256 municípios de Minas Gerais com prestadores regionais e locais, e através da modelagem de Análise Envoltória de Dados, é possível concluir que os escores de eficiência observados estão diretamente relacionados à ocorrência de resultados positivos na prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Através dos modelos Tobit e de Dois Estágios proposto por Simar e Wilson (2007) para identificar e avaliar determinantes ambientais dos escores de eficiência DEA, foram obtidas as principais variáveis estatisticamente significativas com influência nos níveis de eficiência obtidos. Ao nível de significância de 5%, as variáveis *agua_subt*, *ln_popul* e *marg_exp* apresentaram coeficiente positivo, ao passo que as variáveis *ln_rais* e *prestador* tiveram efeito negativo nos níveis de eficiência dos municípios.

Os municípios com maior número de habitantes urbanos e/ou com prestadores locais, assim como aqueles que captam maior parte da água produzida de fontes subterrâneas, foram mais eficientes. Por outro lado, municípios com média salarial superior têm a eficiência reduzida.

A maior relação com os indicadores de eficiência é atribuída à variável *marg_exp*, que mede a capacidade de geração de receita operacional em relação às despesas de exploração. Associando a essa variável a variável qualitativa *prestador*, cujo coeficiente foi negativo para o caso de municípios com prestador regional, é possível afirmar que os municípios com prestação regionalizada e deficitários são, em média, mais ineficientes. Dessa forma, confirma-se a hipótese de que o subsídio cruzado entre localidades gera incentivos à ineficiência. Por outro lado, a eficiência total de todos os municípios geraria enorme economia de recursos, com grande potencial de geração de externalidades positivas à sociedade e à economia do estado.

5. EVOLUÇÃO E CONVERGÊNCIA DOS INDICADORES DE SERVIÇOS DE SANEAMENTO EM MINAS GERAIS

O conhecimento dos níveis de eficiência dos prestadores de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário é, evidentemente, importante, da mesma forma que a identificação de fatores que podem melhorar a performance dos municípios através de análises de *benchmarking*. Contudo, muito mais que um retrato da situação dos serviços, faz-se necessário avaliar a evolução dos prestadores e se os municípios têm apresentado comportamento de convergência ao longo do tempo, objetivos previstos legalmente.

5.1 Introdução

A edição da Lei Nacional do Saneamento foi considerada o marco regulatório do setor. A partir de então, passou a ser constante o estímulo ao uso de tecnologias modernas e eficientes que compatibilizem qualidade, continuidade e segurança na prestação dos serviços.

Considerando que a titularidade dos serviços de interesses locais cabe aos municípios, podendo então ser delegada a outros entes da federação ou empresas, é de responsabilidade objetiva dos entes públicos o atendimento dos objetivos da legislação. Nesse sentido, os gestores municipais devem almejar sempre o atingimento de níveis mais elevados nos indicadores de cobertura e qualidade dos serviços, bem como de uso racional dos recursos.

Aqui, ficam claras a necessidade de perseguir as melhores práticas desenvolvidas pelos pares do mercado e a importância do estabelecimento de ações integradas para melhorias do setor. Ademais, as unidades da federação devem caminhar de forma contígua, buscando a equalização entre si e o alcance de melhores resultados para toda a sociedade. Esse processo de redução de disparidades, conhecido como convergência, pode ser avaliado por técnicas paramétricas e não paramétricas.

A hipótese a ser testada neste capítulo é de que os municípios mineiros apresentaram ganhos de produtividade e avanços na tecnologia da prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, acompanhada de beta e sigma convergências nos níveis de eficiência pura entre 2008 e 2013.

Assim, busca-se verificar a ocorrência de ganhos de produtividade dos serviços de saneamento e convergência de nível e de dispersão entre os municípios mineiros após o estabelecimento do marco regulatório do setor. Para possibilitar a análise, serão calculados indicadores de mudança na eficiência técnica da prestação de serviços ao longo do período e verificada, por meio de regressão múltipla, a existência ou não de convergência nos indicadores de eficiência dos municípios avaliados.

Este capítulo é dividido em quatro seções incluindo a Introdução. A segunda seção apresenta os procedimentos metodológicos utilizados, enquanto na terceira seção são contextualizados, discutidos pontos importantes e apresentados os resultados. Por fim, o quarto tópico traz as conclusões da discussão.

5.2 Metodologia

De forma a atender os objetivos propostos para esta unidade, utilizar-se-á a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*), que mede o grau de eficiência dos municípios mineiros em termos de prestação de serviços de saneamento, após a detecção e remoção de unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Unities – DMUs*) discrepantes (*outliers*). Em seguida, serão calculados os indicadores de mudança de eficiência, tecnologia e produtividade total dos fatores, pela estimação do Índice de Malmquist.

Para a avaliação de eficiência dos prestadores, foram utilizadas as técnicas de Análise Envoltória de Dados, como no capítulo 4, e considerados quatro insumos [despesas com pessoal (próprio + terceiros), energia elétrica, produtos químicos e outras despesas de exploração] e dois produtos (total de economias ativas de água e de esgoto), além de orientação insumo e retornos variáveis à escala. A opção por retornos variáveis permite a definição da fronteira de tecnologia convexa e contempla as grandes diferenças existentes no porte dos municípios mineiros.

Visando à estimação da ocorrência de beta e sigma convergência entre os municípios mineiros para os níveis de eficiência na prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, foram utilizados na análise dados obtidos do Snis, que contemplam os anos de 2008 e 2013. A escolha de 2008 se deu em função da instituição em 2007 do

marco regulatório do setor de saneamento, Lei Federal 11.445, ao passo que o ano de 2013 é a unidade de tempo mais recente de que contém dados disponíveis.

Os softwares utilizados para efetuar os cálculos deste capítulo foram o Microsoft Office Excel, DEAP (COELLI, 1996), Tabwin e R, com os pacotes “AER”, “Benchmarking”, “censReg”, “openxlsx”, “rpart” e “truncnorm”.

5.2.1 Índice de Malmquist

O Índice de Malmquist permite a análise de mudanças na produtividade total dos fatores (PTF), utilizando a metodologia DEA, fornecendo subsídio para uma análise dinâmica das DMUs para determinado período de análise.

Proposto originalmente por Caves et al. (1982), com base no trabalho de Sten Malmquist em 1953, que teve como objetivo a elaboração de um índice de quantidade para análise do consumo em razão de funções de distância, o Índice de Malmquist, para Gomes e Ferreira (2009), pode ser definido pela função distância, sendo esta utilizado para agrupar a natureza multiproduto e multi-insumo, utilizando a Análise Envoltória de Dados.

Segundo Ferreira e Gomes (2009), as mudanças associadas à produtividade são com frequência vinculadas à ideia de produtividade total dos fatores, que é a o aumento no produto líquido devido a um aumento na produção.

Uma das grandes vantagens do índice de Malmquist que justificam sua incorporação ao DEA é não necessitar da informação dos preços como é o caso do Índice de Fisher, ou outros índices importantes. Outra grande vantagem é que o índice pode ser decomposto em duas partes, a variação da eficiência e a variação da tecnologia. Assim, dados dois períodos t e $t+1$, o Índice de Malmquist pode ser escrito como na Equação 5.1.

$$m_1^0(x^1(t+1), y^1(t+1), x^t, y^t) = \frac{[(d^1(t+1)(x^1(t+1), y^1(t+1)))/(d_1^0(t)(x^1(t), y^1(t)))] * [(d^0(t)(x^1(t+1), y^1(t+1)))/(d_1^0(t)(x^1(t+1), y^1(t+1)))] * (d^1(t+1)(x^1(t+1), y^1(t+1))}{(d^0(t)(x^1(t+1), y^1(t+1))} \quad (5.1)$$

O primeiro termo dentro do colchete representa a variação da eficiência relativa, enquanto o segundo termo entre colchetes indica se houve variação na tecnologia entre os

períodos analisados. Assim sendo, decompondo o índice podem-se obter, como apresentado na Equação 5.2, os valores de variação estimados.

$$\begin{aligned} \text{Variação de eficiência técnica} = & \\ \frac{[(d^t(t+1) ((x^t(t+1), y^t(t+1))) / (d_1^t(x^t, y^t)))]}{\text{Variação tecnológica} =} & \\ \frac{[(d^t(x^t(t+1), y^t(t+1))) / (d_1^t(x^t(t+1), y^t(t+1)))] * (d^t(x^t(t+1), y^t(t+1))}{(d^t(x^t, y^t))} & \end{aligned} \quad (5.2)$$

em que $d^t(t+1) ((x^t(t+1), y^t(t+1)))$ é a eficiência técnica calculada para o período $t+1$ assim como $d^t(x^t, y^t)$ é a eficiência técnica para o período t . Essas duas medidas de eficiência são calculadas pelo método DEA apresentado anteriormente, assim como a variação tecnológica, que considera em relação a t e $t+1$, ou seja, são os valores de θ para os respectivos períodos. Se a variação da eficiência técnica for maior que a unidade, tem-se uma melhoria na produtividade, se igual à unidade, significa que a eficiência técnica permaneceu constante e caso seja menor que um, houve uma piora na eficiência técnica.

Após os devidos cálculos, o índice pode ser interpretado da seguinte forma: se $m_0 > 1$, a produtividade melhorou ao longo do tempo, se $m_0 = 1$, a produtividade permaneceu constante e, caso $m_0 < 1$, implica que a produtividade piorou ao longo do tempo. Como o índice é dividido em duas partes, ao fazer essa análise pode-se afirmar também se a melhoria na produtividade foi devida à variação na eficiência técnica ou à adoção de novas tecnologias no período.

Inicialmente, o método do cálculo do índice de Malmquist era feito utilizando retornos constantes à escala. Entretanto, Ferreira e Gomes (apud ZHU, 2003) salientam que o índice pode ser calculado levando em consideração retornos variáveis à escala apenas acrescentando a restrição de convexidade.

No que se refere ao deslocamento da fronteira de produtividade, Marinho e Barreto (2000) elencam três condições necessárias para identificar as DMUs responsáveis pela mudança, conforme Equações 5.3 a 5.5.

$$\left[\frac{d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \frac{d_0^t(x_t, y_t)}{d_0^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} > 1 \quad (5.3)$$

$$d_0^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}) = 1 \quad (5.4)$$

$$d_0^t(x_{t+1}, y_{t+1}) > 1 \quad (5.5)$$

A condição estabelecida pela Equação 5.3 reflete a necessária presença de mudança tecnológica, ou seja, a tecnologia empregada deve ter sido modificada entre os períodos de análise. A condição definida em 5.4 indica que, em caso de deslocamento da fronteira, as unidades responsáveis pelo fenômeno devem situar-se sobre ela. Finalmente, em 5.5, tem-se que o produto de uma unidade no período t+1 deve ser superior ao máximo produto potencial que poderia ser obtido em t, utilizando os fatores de produção de t+1. Isso se dá pela ocorrência de progresso tecnológico. Atendidas estas condições, a DMU estará então deslocando a fronteira.

Em se tratando dos serviços de saneamento, especificamente os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, objetos de este estudo, é interessante avaliar o comportamento da produtividade do setor. A adoção de novas tecnologias e a melhoria de níveis de eficiência podem ser determinantes na consecução dos objetivos de universalização do acesso e na avaliação dos efeitos das políticas implementadas ao longo do tempo.

5.2.2 Beta e Sigma Convergência

Independentemente da abrangência do prestador de um município, é importante que ele esteja sempre melhorando seus processos e práticas, visando à equalização com seus pares. Em municípios com prestação regionalizada, tem-se o mecanismo de subsídio cruzado, dotado de forte apelo social e político, daí a necessidade de avaliação de seus resultados em termos de eficiência econômica e social. A adoção das transferências deve estar relacionada à redução das disparidades entre as localidades, implicando, portanto, que comunidades deficitárias, que se beneficiam dos recursos, apresentem variação dos indicadores de eficiência maiores que os superavitários, levando a um processo de convergência entre os municípios.

Dessa forma, municípios com resultados inicialmente negativos se tornariam viáveis ao longo do tempo e seria reduzida a necessidade de transferir recursos entre as comunidades.

Com base na regressão dos índices de eficiência de cada unidade em dois ou mais pontos no tempo, para haver convergência, o intercepto estimado deve ser negativo e significativo, indicando direção a um alvo comum.

Segundo Barro e Sala-i-Martin (1991), a β -convergência relaciona negativamente o valor de uma série no seu período inicial com sua taxa de crescimento para o segundo período de tempo. Dessa forma, unidades com menores indicadores tendem a ter uma taxa de crescimento maior que as unidades com melhores resultados.

Na β -convergência absoluta, assume-se que todas as DMUs têm os mesmos estados estacionários, convergindo para o mesmo ponto. Assim, a taxa de crescimento está diretamente relacionada a distância em que se encontra a DMU, quanto mais longe do ponto de convergência, maior deverá ser sua taxa de crescimento. A Equação 5.6 representa o teste da β -convergência, que pode ser obtido pelo método de mínimos quadrados e representado, segundo Barro e Sala-i-Martin (1991).

$$\frac{1}{T} \log \left(\frac{y_{it}}{y_{it-T}} \right) = x_i + \log \left(\frac{y_i}{y_{it-T}} \right) \cdot \left(\frac{1 - e^{-\beta T}}{T} \right) + u_{it} \quad (5.6)$$

Como demonstrado por Barro e Sala-i-Martin (1991), a Equação 5.6 pode ser modificada, conforme se observa na Equação 5.7, para representar o teste de β -convergência em regressões do tipo *cross-section*.

$$\frac{1}{T} \ln \left(\frac{y_{it}}{y_{i0}} \right) = \beta_1 + \beta_2 \ln(y_{i0}) + u_i \quad (5.7)$$

em que y_{it} e y_{i0} são os indicadores das séries no período final e inicial, respectivamente; T representa o intervalo de tempo entre as séries; e u_i , o termo de erro aleatório. Além disso, β_1 e β_2 são os parâmetros que representam o coeficiente de convergência. Se o coeficiente β_2 for negativo e significativo, haverá convergência para o estado estacionário.

Segundo Alves e Fontes (2001), beta e sigma convergência estão relacionados entre si, visto que beta convergência é uma condição necessária, embora não suficiente, para a ocorrência de sigma convergência. A sigma convergência é indicada pela redução na

dispersão entre as unidades de análise, representada pela variância ou pelo coeficiente de variação, como na Equação 5.8.

$$\sigma_t > \sigma_{t+1}; \forall n > 0 \quad (5.8)$$

A Equação 5.8 mostra que a ocorrência de sigma convergência está associada à menor dispersão ao longo do tempo, indicando tendência de equalização entre as unidades de estudo.

5.3 Resultados e Discussão

Ao analisar o setor de saneamento no Brasil, é possível identificar avanços nos indicadores em anos recentes, principalmente os que sucedem a Lei 11.445/2007. Ainda assim, em alguns casos, esses números estão distantes do ideal. A Tabela 5.1 apresenta, com base no SNIS, as estatísticas de média e mediana dos indicadores IN030 (Margem da despesa de exploração), IN049 (Índice de perdas na distribuição), IN023 (Índice de atendimento urbano de água) e IN024 (Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água) para Minas Gerais, nos anos de 2008 e 2013.

Tabela 5.1 – Indicadores de Margem de Exploração, Perdas e Atendimento Urbano de Água e Esgoto em 2008 e 2013 para Minas Gerais

Ano	2008		2013	
Indicador	Média	Mediana	Média	Mediana
IN030	64,57	79,55	68,76	86,47
IN049	33,66	26,07	33,47	22,59
IN023	100,00	100,00	99,08	100,00
IN024	67,28	88,24	84,87	96,69

Fonte: SNIS (2015).

A escolha de 2008 e 2013 foi feita no propósito de avaliar a trajetória do setor de saneamento após a edição da Lei Nacional do Saneamento, considerada o marco regulatório do setor, que estabeleceu as diretrizes para a evolução dos serviços em todo o país.

Como se observa, os níveis de atendimento urbano de água para os municípios que responderam ao questionário do SNIS são extremamente satisfatórios. Embora a média tenha se reduzido levemente entre 2008 e 2013, o acesso à água tratada pela população dos centros urbanos do estado se aproxima da universalização. É possível verificar evolução no atendimento urbano de esgoto para o serviço de coleta. Assim, metade dos municípios considerados atende mais de 96,69% de sua população, mas ainda há espaço para avanços, tendo em vista que o índice médio para o estado passou de 67,28% para 84,87% no período analisado. Ademais, o esgotamento sanitário não se resume ao serviço de coleta, sendo necessário tratamento dos rejeitos para retorno aos corpos hídricos sem comprometer o ambiente.

Similarmente à coleta de esgoto, os níveis de perdas de água na distribuição parecem apresentar melhoria, com redução da mediana em 4 pontos percentuais. Mas é preciso atentar para o indicador de média, que não revela avanço significativo. Ainda deve-se ter cautela quanto ao correto dimensionamento das perdas, que está condicionado à macromedição e hidromedidação adequadas e confiáveis.

Por outro lado, o indicador de margem de despesa de exploração, calculado como a relação entre despesas de exploração e as receitas operacionais obtidas pela prestação dos serviços, apresenta uma elevação preocupante. As estatísticas de média e de mediana aumentaram entre 2008 e 2013, indicando deterioração da capacidade financeira dos prestadores. As despesas de exploração comprometeram, em 2013, aproximadamente 70% da receita operacional, sendo que em metade dos municípios foi superior a 86,47%. Desta forma, resta pouca margem para cobrir outras despesas e fazer investimentos, obtidos da própria operação dos serviços.

Ainda assim, considerando os níveis de atendimento, a análise dos indicadores gerais do estado permite verificar avanços. Entretanto, é preciso avaliar a evolução dos indicadores de acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário especialmente nos municípios mineiros. A Figura 5.1 e a Figura 5.2 trazem os indicadores IN023 e IN024 para os anos de 2008 e 2013, representados individualmente para cada município de Minas Gerais.



Figura 5.1 – Evolução dos serviços de abastecimento de água de 2008 a 2013 por município de Minas Gerais

Fonte: Elaboração própria com dados do SNIS (2015).

De acordo com os resultados apresentados pela Figura 5.1, é possível constatar melhorias nos níveis de atendimento do setor. O serviço de abastecimento de água se aproxima da universalização em todo o estado. A grande maioria dos municípios já operava em 2013 com níveis de atendimento da população urbana superiores a 95%, com menores indicadores sendo observados nas mesorregiões Campo das Vertentes, Zona da Mata e Vale do Rio Doce.

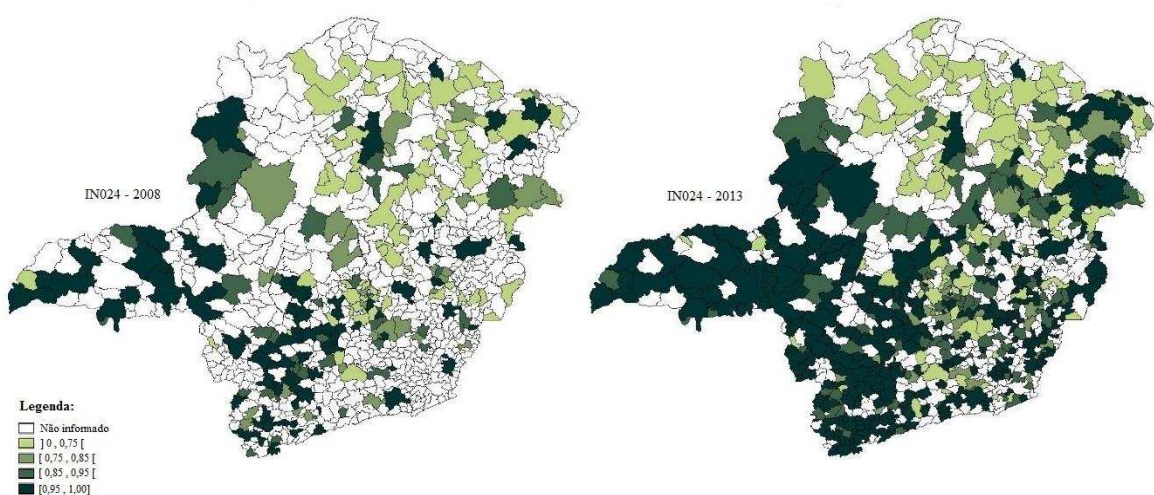


Figura 5.2 – Evolução dos serviços de esgotamento sanitário de 2008 a 2013 por município de Minas Gerais

Fonte: Elaboração própria com dados do SNIS (2015).

Do mesmo modo que o abastecimento de água, o serviço de esgotamento sanitário apresenta melhorias, principalmente nas regiões mais desenvolvidas de Minas Gerais. Embora haja grande número de prestadores que não prestaram informações para esse indicador, é possível verificar que, nas mesorregiões Norte e Jequitinhonha, se concentra a maior parte dos municípios que carecem de avanços na prestação do serviço.

Considerando uma amostra com 152 municípios mineiros, atendidos por diversos prestadores e concessão simultânea dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, que forneceram dados ao SNIS para ambos os anos de 2008 e 2013, podem ser extraídas importantes informações.

Inicialmente se observa um significativo aumento no número de economias ativas para o período analisado. O total de economias ativas de água apresentou incremento médio anual de 3,3%, saltando de 3.320.211 para 3.906.523. Enquanto isso, as economias ativas de esgoto passaram de 2.830.608 para 3.429.124. Embora o total de economias de esgoto seja inferior a 88% do total de economias atendidas com água, sua variação média foi de aproximadamente 3,9% ao ano, no mesmo período, revelando significativas taxas de avanço para os serviços.

Outro ponto interessante é que a variação observada para o número de economias ativas de ambos os serviços supera a taxa de crescimento da população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE, 2015) para o intervalo temporal analisado. O aumento anual médio da população brasileira foi de 1,2%, ao passo que Minas Gerais apresentou crescimento médio populacional, ainda menor, da ordem de 0,7% ao ano.

Com base nos dados apresentados até então, é possível contextualizar a situação dos serviços de saneamento em Minas Gerais. Torna-se necessário ainda verificar a condição de eficiência das diversas unidades geográficas do estado. A justificativa se dá porque a eficiência é princípio básico da legislação que regula o setor e condição essencial para a sustentabilidade dos prestadores de serviços, a modicidade tarifária aos usuários e a universalização do acesso.

O cálculo da eficiência deve ser feito após deflacionamento de variáveis monetárias para uma mesma base e a detecção e eliminação de eventuais observações discrepantes ou *outliers*. Assim, para o primeiro caso, as séries de gastos serão convertidas em preços de 2008, utilizando como referência o Índice Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), calculado

e divulgado pelo IBGE. A metodologia a ser adotada para o caso dos *outliers* é de *Jackknife* associada ao *Bootstrap*. Após os procedimentos de tratamento das variáveis, foram excluídas seis observações, assim a amostra ficou reduzida para 146 municípios, composta por 117 municípios com prestador regional e 29, com prestador local.

Como num primeiro momento se pretende apenas verificar a trajetória dos níveis de eficiência a partir da edição do marco regulatório do setor de saneamento, isso se dará por meio da estimação do Índice de *Malmquist*. Este índice permite avaliar a eficiência da unidade em relação às demais e em relação a si mesma no tempo. Na Tabela 5.2 estão apresentadas as estatísticas dos indicadores de eficiência verificados para a amostra de municípios mineiros.

Tabela 5.2 – Medidas de Eficiência Temporal dos Municípios de Minas Gerais

	Convencional				Temporal	
	Retornos Constantes		Retornos Variáveis		Retornos Variáveis	
	2008	2013	2008	2013	2008	2013
Mínimo	0,440	0,400	0,499	0,448	0,499	0,435
Máximo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Mediana	0,801	0,766	0,901	0,909	0,881	0,845
Média	0,795	0,793	0,871	0,864	0,857	0,822
Desvio Padrão	0,164	0,150	0,144	0,142	0,145	0,159

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Pode-se inferir inicialmente que a eficiência média entre os períodos se reduziu. As colunas denominadas convencionais trazem as estatísticas dos valores da eficiência de cada município, calculada em relação às demais unidades da mesma unidade de tempo e subdivididas de acordo com os retornos à escala, como constantes ou variáveis. Contudo, a análise comparativa fica prejudicada por não haver uma clara relação entre os períodos. Muito embora não se possa estabelecer tal relação temporal entre os valores encontrados em cada período para uma mesma unidade de análise, a redução do índice médio de eficiência em ambos os casos deve ser mais bem analisada.

As colunas denominadas temporais incluem em suas estatísticas a questão do tempo como um painel. Uma mesma unidade de análise é avaliada em relação às demais e a si mesma nos diferentes períodos. Desse modo, é possível verificar que a eficiência média dos municípios analisados reduziu-se de 0,857 para 0,822. Da mesma forma que a média, os

valores mínimos de eficiência e a mediana variaram negativamente. Da mediana, conclui-se que a metade da amostra apresentou, em 2013, nível de eficiência inferior a 0,845, enquanto no ano de 2008, esse indicador fora de 0,881.

Outra interessante observação a ser feita está no desvio padrão das eficiências. Embora os níveis de eficiência tenham minorado no tempo, o desvio padrão aumentou, indicando uma maior dispersão dos municípios no tempo. Considerando a questão temporal e retornos variáveis, no ano de 2008, 58 municípios, entre os 146 avaliados, apresentaram eficiência máxima na relação entre os insumos e produtos considerados. Para o ano de 2013, 53 foram considerados eficientes. Curiosamente, dos municípios 100% eficientes no primeiro ano, apenas 37 permaneceram com esse nível de eficiência em 2013. Ou seja, 21 municípios eficientes em 2008 tiveram seus indicadores de eficiência reduzidos, enquanto 16 melhoraram seu processo de produção.

De acordo com Medina (2005), é possível decompor o Índice de Malmquist, de produtividade total de fatores, em mudanças na eficiência, ou seja, deslocamento das unidades em relação à fronteira tecnológica (efeito *catching up*) e mudanças no progresso tecnológico, que é o deslocamento da própria fronteira de tecnologia (efeito *frontier shift*).

A interpretação usual do Índice de Malmquist implica que valores superiores a 1 indicam aumento da produtividade total dos fatores, valor inferior indica queda e, em caso de igualdade a 1, não ocorreram mudanças. A mesma interpretação se aplica aos componentes do índice, mudança na eficiência e na tecnologia (MEDINA, 2005).

Na Tabela 5.3 encontram-se os valores de mudança de produtividade, eficiência e tecnologia dos serviços de saneamento nos municípios mineiros entre 2008 e 2013. Para a amostra de 146 municípios, 64 apresentaram melhoria do nível de eficiência, ao passo que 65 apresentaram redução e 17 mantiveram seu nível. Em relação à tecnologia, 116 unidades tiveram regresso tecnológico, enquanto 30 melhoraram sua tecnologia. O regresso tecnológico ocorrido na grande maioria dos municípios se refletiu então na mudança da produtividade total dos fatores. O indicador variou negativamente em 89 municípios, enquanto nos demais 57 houve melhoria de produtividade.

Tabela 5.3 – Distribuição dos Índices de Mudança nos Níveis de Eficiência e Tecnologia entre 2008 e 2013 para Minas Gerais

Índice	Mudança na eficiência	Mudança na tecnologia	Mudança na eficiência pura	Mudança na eficiência de escala	Mudança na produtividade de total dos fatores
Superior a 1	64	30	55	61	57
Igual a 1	17	0	38	22	0
Inferior a 1	65	116	53	63	89
Média	1,001	0,966	0,992	1,008	0,967
Mínimo	0,564	0,590	0,511	0,713	0,338
Máximo	1,876	4,542	1,874	1,638	4,542

Fonte: Resultados da pesquisa.

Em termos gerais, a mudança de eficiência no período foi praticamente nula, da ordem de 0,1%. O resultado foi decorrente de uma compensação entre uma variação negativa na eficiência pura de 0,8% e uma variação de igual magnitude, porém positiva, na eficiência de escala. Dessa forma, a variação negativa na produtividade total dos fatores é integralmente explicada pela variação de -3,4% na tecnologia dos prestadores, ou seja, uma queda anual de 0,67%.

A Tabela 5.4 traz os valores das mudanças de eficiência e produtividade dos fatores exclusivamente para os municípios com prestação regionalizada dos serviços, excluindo da análise os prestadores locais. Os valores e escores foram então recalculados para os 117 municípios restantes.

Tabela 5.4 - Distribuição dos Índices de Mudança nos Níveis de Eficiência e Tecnologia entre 2008 e 2013 para os municípios com prestador regional de Minas Gerais

Índice	Mudança na eficiência	Mudança na tecnologia	Mudança na eficiência pura	Mudança na eficiência de escala	Mudança na produtividade de total dos fatores
Superior a 1	54	14	38	67	41
Igual a 1	15	0	31	16	0
Inferior a 1	48	103	48	34	76
Média	1,031	0,866	0,989	1,042	0,892
Mínimo	0,583	0,506	0,493	0,838	0,310
Máximo	1,797	1,353	1,793	1,638	1,930

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os indicadores obtidos para a subamostra apresentaram comportamento similar ao verificado na Tabela 5.3 em termos de distribuição dos municípios, sendo também observada redução na produtividade total dos fatores, decorrente de variação negativa na tecnologia. Uma interessante diferença nesse caso é que a eficiência variou positivamente, resultado de uma variação positiva na eficiência de escala, superior à redução na pura eficiência.

Na Figura 5.3, os municípios do estado de Minas Gerais estão dispersos, de acordo com os respectivos índices de eficiência calculados para os anos de 2008 e 2013. Mesmo com a constatação de que apenas 37 municípios se apresentaram totalmente eficientes nos dois anos analisados, é possível afirmar que a maioria das unidades que apresentaram elevado nível de eficiência no primeiro período também mostraram valores altos no segundo ano analisado. Da mesma forma, parte importante dos municípios com os menores indicadores de eficiência no primeiro ano permaneceu na mesma situação no período posterior ao estabelecimento do marco regulatório do setor.

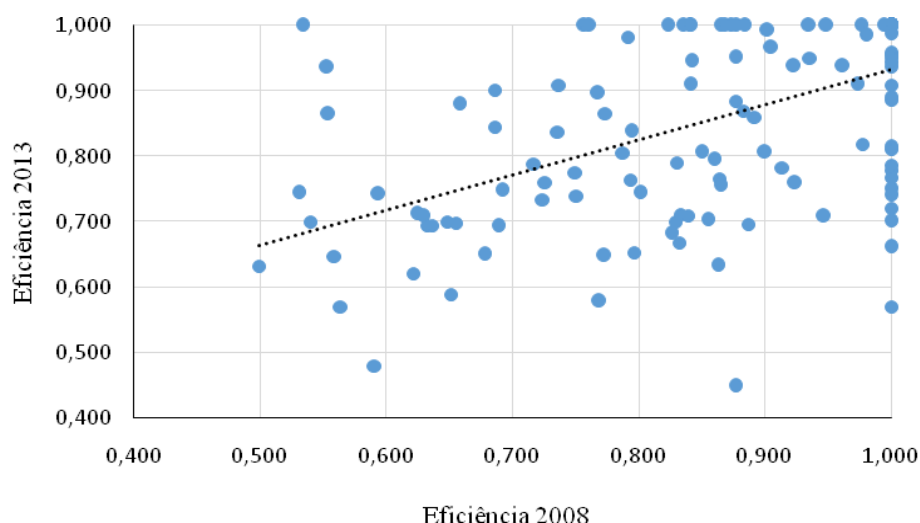


Figura 5.3 – Dispersão dos Municípios de Minas Gerais por Índice de Eficiência nos anos 2008 e 2013

Fonte: Resultados da pesquisa.

Repetindo o procedimento adotado para a construção da Tabela 5.4, ou seja, recalculando os escores de eficiência para 2008 e 2013 apenas para os municípios cuja abrangência do prestador seja regional, é possível verificar comportamento também semelhante a toda a amostra (Figura 5.4).

Os municípios então considerados, quando avaliados entre si, apresentam-se mais concentrados no quadrante com ordenada e abscissa superiores a 0,700. Das 117 observações, 87,18% (102 municípios) estão nesta situação, sendo que 31 foram totalmente eficientes tanto em 2008 como em 2013.

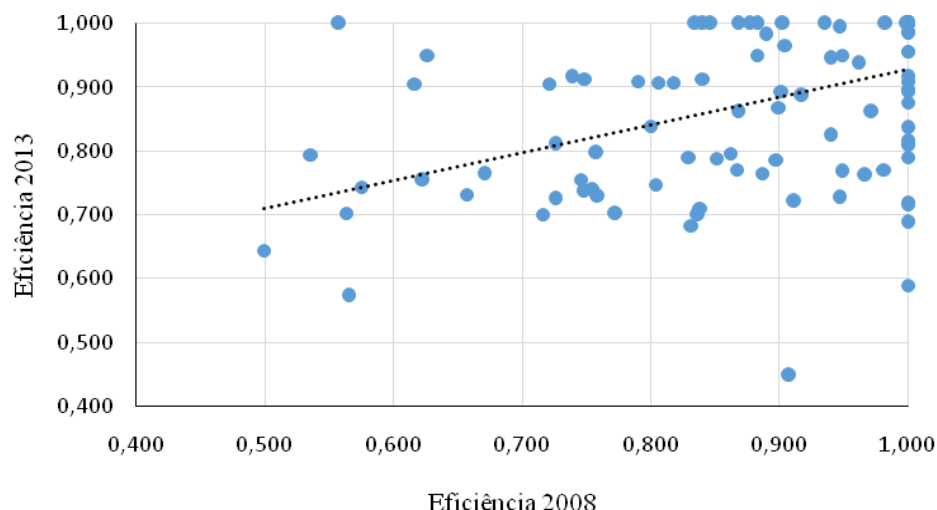


Figura 5.4 – Dispersão dos Municípios de Minas Gerais com prestador regional por Índice de Eficiência nos anos 2008 e 2013.

Fonte: Resultados da pesquisa.

É importante lembrar, no entanto, que embora comparativamente aos demais municípios e à fronteira os municípios tenham permanecido bem posicionados e mais homogêneos, a Tabela 5.4 mostrou que, temporalmente, houve regresso tecnológico e na pura eficiência, com consequente redução na produtividade total dos fatores.

Como verificado, pelo cálculo do Índice de Malmquist, é possível encontrar o valor de mudança na eficiência pura de cada unidade de análise. Com base nesses valores, constatou-se então que a mudança na eficiência pura média para todos os municípios da amostra, entre os períodos, foi de 0,992, ou seja, houve redução de eficiência pura média dos municípios da ordem de 0,8%.

Ao analisar os escores de eficiência dos 146 municípios da amostra em relação aos pares e a si mesmos no tempo, tem-se o exposto na Figura 5.5, que mostra um maior afastamento entre as observações e o vértice, formado por ordenada e abscissa iguais a 1, que representa eficiência máxima em ambos os períodos.

Embora tenha ocorrido redução na eficiência média dos municípios entre 2008 e 2013, é possível que eles estejam sim convergindo para um determinado valor de eficiência. Isso porque a convergência pode estar associada à diminuição da dispersão entre as unidades de análise ou equalização em torno de um nível determinado de eficiência.

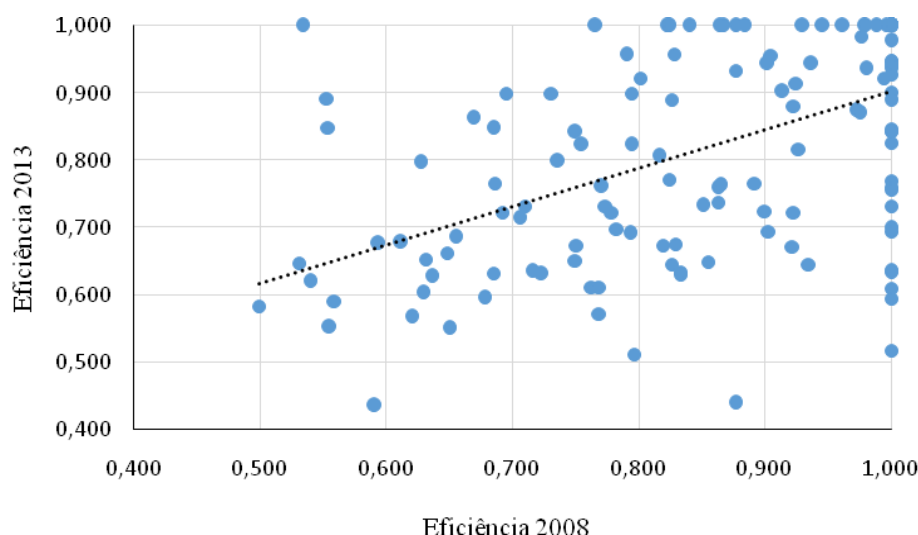


Figura 5.5 – Dispersão dos Municípios de Minas Gerais por Índice de Eficiência Temporal em 2008 e 2013.

Fonte: Resultados da pesquisa.

De acordo com Gomes, Daniel e Dias (2013), é possível verificar ocorrência de mudança de nível através do teste de beta-convergência. O teste consiste em verificar a existência de relação negativa entre o nível inicial de eficiência e a taxa de mudança na eficiência, ou seja, os municípios que apresentaram menor eficiência no primeiro período devem alcançar maior taxa de mudança.

Os coeficientes e estatísticas obtidos para o teste de β -convergência constam na Tabela 5.5. Para tanto, regrediu-se a taxa de mudança na eficiência pura dos municípios como função do valor inicial de sua eficiência, ou seja, em 2008, acrescida de uma constante. Como se pode verificar, os coeficientes apresentaram os sinais esperados e foram estatisticamente significativos, assim como a regressão de forma global.

Tabela 5.5 – Coeficientes estimados para o teste de β -convergência

Variável	Coeficiente Estimado	Erro Padrão	Estatística t	Probabilidade
Intercepto	0,92332096	0,01640989	56,2661387	0,0000
ln eficiência 2008	-0,5493527	0,06886976	- 7,9766892	0,0000

Fonte: Resultados da pesquisa.

Com base nos parâmetros estimados pela regressão, verifica-se que menores valores iniciais de eficiência estão associados com maiores taxas de mudança, cuja elasticidade calculada é de -0,549. Os resultados da regressão podem ser mais bem visualizados na Figura 5.5.

A Figura 5.6 mostra relação negativa existente entre a eficiência calculada para o período inicial e o índice de mudança de pura eficiência. Observa-se que nenhum município que alcançou eficiência máxima em 2008 apresentou ganho relativo de eficiência. Por outro lado, maiores taxas de mudança estão associadas aos municípios que apresentaram menores eficiências no primeiro ano, comprovando a ocorrência de β -convergência.

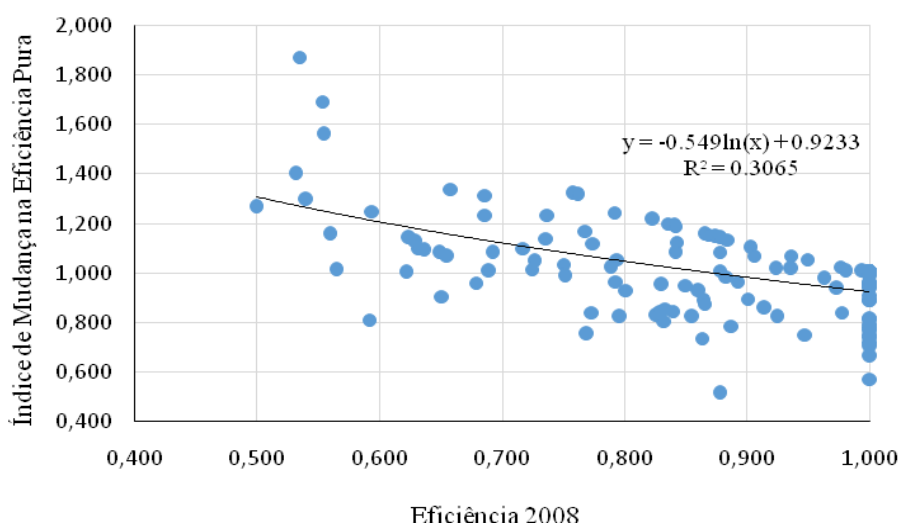


Figura 5.6 – Dispersão entre nível de eficiência técnica inicial e índice de mudança na eficiência pura com linha de tendência ajustada.

Fonte: Resultados da pesquisa.

De forma a avaliar a existência de beta convergência também entre apenas os municípios atendidos por prestador regionalizado, pode-se repetir o exercício, fazendo os

cálculos para a subamostra de 117 municípios com essa característica. Os coeficientes estimados estão apresentados na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Coeficientes estimados para o teste de β -convergência para municípios com prestador regional

Variável	Coeficiente Estimado	Erro Padrão	Estatística t	Probabilidade
Intercepto	0,9206261	0,01536253	59,9267069	0,0000
ln eficiência 2008	-0,6632642	0,07406003	-8,9557647	0,0000

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os municípios atendidos por prestador regional, como visualizado na Tabela 5.6, também apresentaram convergência de nível entre si para o período de 2008 a 2013. Adicionalmente, a velocidade ou taxa de convergência verificada, comparativamente à amostra que inclui os prestadores locais, Tabela 5.5, foi superior em termos absolutos, da ordem de -0,663. A Figura 5.7 ilustra a relação obtida na regressão da Tabela 5.6.

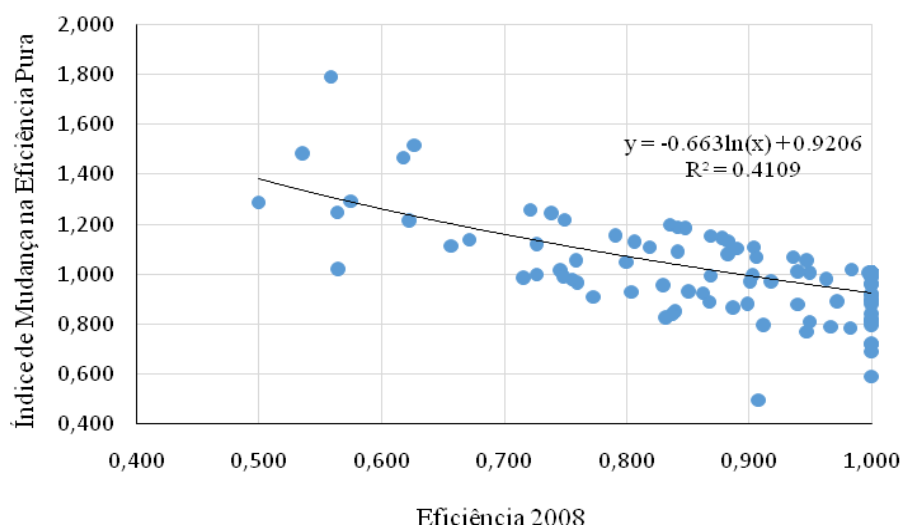


Figura 5.7 – Dispersão entre nível de eficiência técnica inicial e índice de mudança na eficiência pura com linha de tendência ajustada para municípios com prestador regional.
Fonte: Resultados da pesquisa.

A relação negativa entre o nível de eficiência obtido no ano inicial e a taxa de mudança da pura eficiência confirma que os municípios inicialmente menos eficientes têm se aproximado daqueles mais eficientes por meio de uma maior variação da pura eficiência.

Diante do exposto, os resultados obtidos pelo estudo atestam a existência de beta convergência entre os municípios mineiros considerados para o período de 2008 a 2013.

Segundo Alves e Fontes (2001), a beta convergência é condição necessária para a ocorrência de sigma convergência. Logo, constatada a existência de beta convergência entre os municípios, faz-se necessário verificar os indicadores de dispersão entre eles para confirmar ou rejeitar a hipótese de sigma convergência.

Considerando o desvio padrão como medida de avaliação do grau de dispersão entre os municípios, bem como retornos variáveis e orientação insumo para o cálculo dos escores de eficiência, a estatística para toda a amostra em 2008 foi de 0,144, enquanto para 2013, foi de 0,142. Admitindo-se apenas retornos constantes à escala, o desvio padrão se reduziu de 0,164 para 0,150, para o mesmo período.

Especificamente para os municípios com prestador regional, o desvio padrão também apresentou redução. Sob a hipótese de retornos variáveis, houve diminuição de 0,132 para 0,125 no desvio padrão entre os escores de eficiência, enquanto com retornos constantes, passou de 0,157 para 0,129. Os valores ainda sinalizam para uma maior homogeneidade entre os municípios atendidos por prestador regional em detrimento dos prestadores locais.

Para verificar se há realmente maior homogeneidade entre os municípios com prestador regional em relação aos prestadores locais, é possível aplicar o Teste F. Embora haja pressuposição de normalidade na distribuição das observações para a aplicação do teste, Reis e Júnior (2007) afirmam que não há necessidade de substituir o teste paramétrico F pelos seus respectivos competidores não paramétricos na ausência de normalidade.

Assim, dividindo os escores de eficiência com retornos variáveis para 2013, foram obtidos dois subgrupos: o primeiro contendo 117 observações dos municípios com prestador regional e o segundo, 29 observações de prestadores locais. A partir do Teste F, com duas amostras para variâncias, foi estimada variância de 0,01737 (desvio padrão de aproximadamente 0,132) para o primeiro subgrupo, enquanto o segundo apresentou variância de 0,03194 (desvio padrão aproximado de 0,179). O Teste F estimou um nível de probabilidade de rejeição da hipótese nula, ou seja, variâncias não estatisticamente diferentes, de 0,0132. A partir de então, ao nível e 5% de significância é possível rejeitar a hipótese nula e afirmar que os municípios com prestador regional considerados na amostra foram mais homogêneos em seus escores de eficiência.

Então, complementarmente à análise de beta convergência, considerando a amostra obtida, é possível confirmar a ocorrência de sigma convergência entre os anos de 2008 e 2013 para os níveis de eficiência dos prestadores de serviços de saneamento em Minas Gerais. Assim, ainda que se observe redução da eficiência média dos municípios, houve maior equalização entre eles no período analisado, sendo reduzida a disparidade inicialmente encontrada.

5.4 Conclusões

Através de uma análise dos indicadores de atendimento da população com serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, em Minas Gerais, é possível verificar avanços entre os anos de 2008 e 2013. Isso se torna mais claro especificamente para a coleta de esgoto, uma vez que os níveis iniciais distavam mais da universalização que o acesso à água tratada. Similarmente, os indicadores de perdas na distribuição, de acordo com os dados informados ao SNIS (2015), indicam maior racionalização no uso dos recursos hídricos.

Observa-se, contudo, majoração nos custos dos prestadores em relação à capacidade de geração de receita operacional, que pode, inclusive, comprometer futuramente a sustentabilidade financeira dos prestadores. Nesse mesmo sentido e diretamente associado à deterioração da relação entre despesas e receitas, os níveis médios de eficiência pura e tecnologia do setor apresentaram redução no período de 2008 a 2013, tanto para municípios com prestadores regionais como locais.

Com a seleção de uma amostra com 152 municípios, foi possível verificar o comportamento dos prestadores no período. O regresso tecnológico e a queda na pura eficiência foram suavizados por pequena melhoria na eficiência de escala, mas não suficiente para implicar redução na produtividade total dos fatores da ordem de 3,4% no período.

Em contrapartida, com a utilização das técnicas de Análise Envoltória de Dados associadas a métodos estatísticos de regressão e análise de variância, constatou-se que os municípios, embora com redução do nível médio de eficiência, apresentaram comportamento convergente em relação aos níveis iniciais de pura eficiência. Esse processo de equalização se deu tanto para o nível médio (beta convergência) quanto para a dispersão (sigma convergência) entre as unidades de análise.

Nesse sentido, tanto municípios operados por prestador regional quanto aqueles com prestação de serviços de água e esgoto feita por instituições locais apresentaram convergência. Entretanto, foi possível ainda inferir que os municípios com prestação regionalizada apresentaram menor variância entre si, ou seja, mostraram-se mais homogêneos.

6. A PRESTAÇÃO EFICIENTE DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO E O IMPACTO NA GERAÇÃO DE EMPREGO E RENDA EM MINAS GERAIS

A busca de performance cada vez mais eficiente na prestação dos serviços de saneamento tem previsão legal e importantes externalidades para a sociedade em termos de indicadores de saúde, educação e modicidade tarifária. Entretanto, os efeitos não se restringem a possíveis melhorias e avanços indiretos. É possível afirmar que a eficiência, aliada ao setor de saneamento, pode promover ganhos de emprego e renda através das relações intersetoriais que regem a economia. Uma forma de mensurar esse impacto é feita por simulações de choques na Matriz Insumo-Produto do estado de Minas Gerais, cerne da análise deste capítulo.

6.1 Introdução

As ações de promoção de saneamento básico transcendem os efeitos imediatos observados na saúde e na qualidade de vida da população. O acesso a serviços adequados de saneamento tem implicação no aumento da produtividade dos indivíduos em sua vida ativa, redução de gastos com saúde, públicos e particulares, atração de indústrias, valorização imobiliária e incentivo ao turismo.

De acordo com estudo do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS, 2014), a ausência de saneamento adequado afeta a produtividade da sociedade à medida que aumenta o afastamento do trabalho pelo acometimento de infecções e doenças de veiculação hídrica, deteriora a saúde do indivíduo e prejudica o desempenho escolar. Todos esses efeitos implicam custo às empresas e ao governo, pois reduzem a produção efetiva e geram ineficiência à economia.

O estudo do CEBDS (2014) traz interessantes estatísticas de aumento da remuneração, da renda, expectativa de vida e níveis de saúde no Brasil, decorrentes da universalização do acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Adicionalmente, sugere que, como o saneamento é relativamente mais restrito em municípios pobres, sua universalização contribuiria para a redução de desigualdades regionais.

Costa e Guilhoto (2014) avaliaram os impactos ambiental, social e econômico da construção de fossa séptica em áreas rurais. Para a mensuração de aspectos econômicos, utilizaram o instrumental da Matriz Insumo Produto brasileira para o ano de 2008. Através da matriz, que considera todos os encadeamentos entre os setores da economia, foram identificados os impactos de transbordamento na produção, emprego, remunerações e importações, bem como nos demais setores da economia.

Este capítulo pretende estimar a economia potencial decorrente da operação eficiente dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário em Minas Gerais e simular o seu efeito na economia do estado através de simulações com a Matriz Insumo Produto. Para isso, este trabalho está dividido em quatro seções, incluindo a Introdução. Na segunda seção, são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados, na terceira seção, são apresentados e discutidos os resultados e, por fim, no quarto tópico, são apontadas as conclusões da discussão.

6.2 Metodologia

Buscando atender aos objetivos propostos para esta unidade, serão utilizados os resultados do capítulo 4 deste estudo, através da utilização da Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*), que mede o grau de eficiência dos municípios mineiros em termos de prestação de serviços de saneamento, após a detecção e remoção de unidades tomadoras de decisão (*Decision Making Unities – DMUs*) discrepantes (*outliers*).

Para a avaliação de eficiência dos prestadores, utilizando as técnicas de Análise Envoltória de Dados, feita no capítulo 4, foram considerados quatro insumos [despesas com pessoal (próprio + terceiros), energia elétrica, produtos químicos e outras despesas de exploração] e dois produtos (total de economias ativas de água e de esgoto), além de orientação insumo e retornos variáveis à escala. A opção por retornos variáveis permite a definição da fronteira de tecnologia convexa e contempla as grandes diferenças existentes no porte dos municípios mineiros.

Com base nas estimativas de economia potencial de recursos em decorrência da operação eficiente dos serviços de saneamento nos municípios mineiros, para uma amostra de 256 observações, foram simulados impactos na Matriz insumo produto de Minas Gerais.

Os impactos foram simulados pela aplicação dos recursos nos setores de Eletricidade, gás, água e limpeza urbana e Administração Pública.

Os softwares utilizados para fazer os cálculos deste capítulo foram o Microsoft Office Excel, DEAP (COELLI, 1996), R, com os pacotes “AER”, “Benchmarking”, “censReg”, “openxlsx”, “rpart” e “truncnorm”, e o aplicativo Insumo_Produto_MG_2005.xlsx (FINAMORE, 2013).

6.2.1 Matriz Insumo-Produto e Multiplicadores de Renda e Emprego

A interdependência dos setores econômicos é o motivador fundamental do Modelo de Insumo-Produto, proposto pelo economista russo Wassily Leontief. Para Leontief (1987), a análise da relação insumo-produto trata de uma extensão prática da teoria clássica de interdependência geral, que considera a economia um sistema simples. Daí, é possível descrever e interpretar a operação da economia através de relações estruturais básicas, revelando grande afinidade com a Teoria do Fluxo Circular da Renda.

A construção de Matrizes de Relações Intersetoriais (MRIs) é a aplicação da Teoria Insumo-Produto com grande relevância para os agentes econômicos na formulação de políticas, planejamento e tomada de decisões. Configura-se então ferramenta essencial para estudos setoriais, análises estruturais e planejamento econômico, sendo utilizada tanto pelo setor público como pelo setor privado (MILLER e BLAIR, 1985).

Rocha (1997) afirma que a Matriz Insumo-Produto (MIP) apresenta os principais fluxos reais verificados na economia em determinado período de tempo, necessários à análise dos fluxos de bens e serviços e aspectos básicos no processo produtivo. A apresentação deve ser organizada, padronizada, e as atividades, agrupadas por estruturas homogêneas de consumo e produção. Um ponto de atenção está na dificuldade de captar atividades informais, subestimando o tamanho de determinados setores.

Ainda assim, de acordo com Leão et al. (1973), a construção da matriz visa à criação de um instrumento de grande relevância para a programação global de curto prazo. Além de permitir a análise, a ferramenta possibilita visão imediata de prováveis resultados da utilização de diversas alternativas de política econômica, a exemplo da política tributária e da programação do mercado de trabalho.

Para Guilhoto (2001), os modelos embasados nas relações de insumo-produto podem ser classificados como estáticos ou dinâmicos de acordo com a existência de uma teoria de investimento que coloque o sistema em movimento. A matriz mostra como ocorrem os fluxos de vendas, compras e suprimentos na economia, dando uma visão única e compreensiva do seu funcionamento bem como das relações diretas e indiretas entre os setores. Além disso, assume-se que todos os mercados da economia operem em equilíbrio.

Para a produção, são necessários insumos e importações, pagam-se impostos e são gerados valor agregado (salários, remuneração do capital, aluguéis...) e emprego. A depender do envolvimento dos setores nas compras e vendas dos demais, têm-se diferentes efeitos multiplicadores, como o efeito multiplicativo e o induzido. Aqueles setores com maiores multiplicadores são identificados como chave e respondem melhor a choques resultantes de políticas econômicas ou alterações no comportamento dos agentes (GUILHOTO, 2001).

A estrutura da matriz busca discriminar o consumo intermediário entre os setores e a demanda final da economia. Nesse sentido, segundo Ribeiro, Montenegro e Pereira (2013), é essencial a identificação dos setores-chave de uma determinada estrutura produtiva para a adoção e implementação de estratégias de planejamento. A definição desses setores está condicionada ao seu poder de encadeamento tanto a jusante quanto para trás.

Segundo Haddad (1989), setores com maior encadeamento são aqueles nos quais o aumento do investimento tem efeitos multiplicadores sobre a renda superiores à média dos demais. Um forte encadeamento para frente significa que este setor tem impactos positivos sobre os setores compradores, enquanto um forte encadeamento para trás implica efeitos substanciais sobre os fornecedores.

Guilhoto (2001) destaca o Índice de Rasmussem/Hirschman como importante técnica para análises estruturais, mas que desconsidera o nível de produção de cada setor, o que pode gerar gargalos limitadores do crescimento econômico. Por outro lado, o Índice Puro de ligação é utilizado na análise da estrutura produtiva, levando em consideração os níveis produtivos. Portanto, as análises para definição de políticas devem ser combinadas no intuito de obter resultados mais consistentes das políticas propostas.

Os modelos de insumo-produto, de acordo com Finamore e Montoya (2013), não somente descrevem a economia em um ponto particular no tempo como permitem, por meio das transações interindustriais, mensurar a reação da economia a determinadas mudanças.

Para Guilhoto (2011), as relações fundamentais de insumo-produto mostram que as vendas dos setores podem ser destinadas ao consumo final (famílias, governo, investimentos e exportações) ou ser utilizadas dentro do processo produtivo para suprir as demandas intermediárias dos setores da economia. Pela ótica da produção, são necessários insumos, importações e o pagamento de tributos, que geram valor adicionado (salários, juros e aluguéis) e emprego.

A Figura 6.1 mostra a estrutura de uma matriz insumo-produto para uma economia simples. Nesta figura, Z_{ij} é o fluxo monetário entre os setores i e j ; C_i é o consumo das famílias dos produtos do setor i ; G_i é o gasto do governo; I_i é a demanda por bens de investimento; E_i é o total exportado; X_i é o total de produção; T_i é o total de impostos indiretos; M_i é a importação realizada; e W_i é o valor adicionado, todos referentes ao setor i .

	Setor 1	Setor 2	...	Setor n	Cons Fam	Gov	Invest	Export	Total
Setor 1	Z_{11}	Z_{12}	...	Z_{1n}	C_1	G_1	I_1	E_1	X_1
Setor 2	Z_{21}	Z_{22}	...	Z_{2n}	C_2	G_2	I_2	E_2	X_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮					
Setor n	Z_{n1}	Z_{n2}	...	Z_{nn}	C_n	G_n	I_n	E_n	X_n
Importação	M_1	M_2	...	M_n	M_C	M_G	M_I		M
Impostos	T_1	T_2	...	T_n	T_C	T_G	T_I		T
Valor Adicionado	W_1	W_2	...	W_n					W
Total	X_1	X_2	...	X_n	C	G	I	E	

Figura 6.1 – Matriz insumo-produto simplificada

Fonte: Adaptado de Guilhoto (2011).

Com base nas relações apresentadas na Figura 6.1, é possível estabelecer a identidade descrita na Equação 6.1.

$$X_1 + X_2 + \dots + X_n + C + G + E = X_1 + X_2 + \dots + X_n + M + T + W \quad (6.1)$$

Subtraindo as demandas intermediárias $(X_1 + X_2 + \dots + X_n)$ em ambos os lados da Equação 6.1 e rearranjando o termo de importações M para o lado esquerdo da igualdade, tem-se a Equação 6.2, que comprova que a Matriz Insumo-Produto conserva as identidades macroeconômicas entre renda e demanda.

$$C + G + (E - M) = T + W \quad (6.2)$$

É possível ainda derivar o sistema aberto de Leontief, assumindo fixos os fluxos intermediários por unidade do produto final e os retornos à escala constantes, como se observa nas Equações 6.3 a 6.5. Na Equação 6.3, a_{ij} é o coeficiente técnico que indica a necessidade de insumo do setor i para uma unidade de produção final de j ; y_i é a demanda final por produtos do setor i ; e x_i é a produção doméstica total do setor i . Em 6.4, A é a matriz de coeficientes diretos de insumo de ordem $(n \times n)$ e x e y são vetores coluna de ordem $(n \times 1)$. Em 6.5, $(I - A)^{-1}$ é a matriz de Leontief ou de coeficientes diretos e indiretos.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + y_i = x_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (6.3)$$

$$Ax + y = x \quad (6.4)$$

$$x = (I - A)^{-1}y \quad (6.5)$$

A Equação 6.4 é a representação matricial da Equação 6.3, enquanto a Equação 6.5 é a resolução de 6.4 de forma a obter a produção necessária que satisfaça a demanda final. Os termos da matriz de Leontief devem ser interpretados como a produção total do setor i necessária para produzir uma unidade de demanda final do setor j (GUILHOTO, 2011).

O sistema aberto de Leontief considera exógena a demanda final, desprezando os efeitos multiplicadores da renda e do consumo. Faz-se necessário então endogenizar a renda e o consumo das famílias ao modelo, fazendo com que haja transferência do consumo das famílias aos setores produtivos. Para Guilhoto (2011), o efeito induzido com a endogenização da economia pode ser calculado com a adoção da matriz $\bar{A}$, descrita na Equação 6.6, em

substituição à matriz A . A matriz $\bar{A}$ passa então a considerar a renda (H_r) e o consumo das famílias (H_c).

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} A & H_c \\ H_r & 0 \end{bmatrix} \quad (6.6)$$

Ao dividir as demandas finais em demandas endógenas e exógenas (gastos do governo, investimentos e exportações), Miyazawa (1976) considerou no modelo o fluxo de circular da renda em complemento ao fluxo da produção e permitiu ao modelo não subestimar os efeitos de choques exógenos na economia.

Para quantificar os impactos de alterações exógenas sobre determinadas atividades da economia, é comum o emprego de multiplicadores de renda, emprego e produção. Os multiplicadores que se restringem à demanda de insumos intermediários são conhecidos como tipo I, enquanto aqueles que endogenizam o consumo das famílias ao sistema, considerando o efeito induzido, são conhecidos como do tipo II (GUILHOTO, 2011).

Para Finamore e Montoya (2013), o multiplicador de renda ou valor adicionado é obtido pela multiplicação da matriz de Leontief $(I - A)^{-1}$ pelo vetor de coeficientes de valor adicionado ($V = v_j$), como na Equação 6.7.

$$MR = V(I - A)^{-1} \quad (6.7)$$

Para mensurar a renda total gerada por uma variação na demanda exógena f , basta fazer o cálculo do produto do multiplicador de renda com o vetor coluna de demanda final f .

É possível ainda tornar endógeno ao sistema o consumo das famílias, que, após manipulações algébricas, resultará na Equação 6.8, em que a matriz CV é obtida pelo produto da matriz C , que é um vetor coluna contendo a propensão marginal a consumir das famílias, pelo vetor linha V .

$$MR^* = (I - A - CV)^{-1} \quad (6.8)$$

O mesmo raciocínio pode ser aplicado para a determinação dos multiplicadores de emprego e produção.

6.3 Resultados e Discussão

Diante do contexto de essencialidade e externalidades positivas das políticas de saneamento, Ferreira e França (2007) destacam a necessidade de uma discussão sobre a melhor forma de provimento desses serviços no Brasil. Segundo os autores, o tradicional modelo de gestão dos serviços de água e esgoto, feito por empresas públicas, tem provocado serviços de má qualidade e baixos níveis de cobertura, em função principalmente de um baixo nível de investimento no setor, consequência da reduzida capacidade orçamentária da administração pública para tais ações.

Dessa forma, a incorporação do setor privado possibilita a realização de novos investimentos e o abandono de práticas características das empresas de saneamento, a exemplo de baixas tarifas, gestão ineficiente, ações comerciais obsoletas e confusão entre política e gestão interna das empresas. Obviamente, deve haver também a associação de marcos regulatórios adequados e realidade tarifária por meio de revisão gradual (FERREIRA e FRANÇA, 2007).

Independentemente de mudanças na forma de provimento dos serviços e maior participação do capital privado no setor, a simples operação eficiente das unidades prestadoras de serviços de saneamento já produziria substancial impacto em termos econômicos e sociais, bem como possibilitaria a expansão e a melhoria dos serviços no setor.

Uma importante característica e uma grande vantagem dos modelos de Análise Envoltória de Dados é permitir quantificar o ganho potencial que pode ser obtido com a eliminação de ineficiências das unidades de estudo. Esta mensuração pode se dar tanto pelo potencial aumento no produto como na redução da utilização de insumos, através de sua maior racionalização.

Para mensurar os ganhos potenciais, as DMUs que apresentam algum grau de ineficiência podem se basear em outras unidades que obtiveram máxima eficiência, de modo a observar e implementar melhores práticas para corrigir seus problemas. Alternativamente, se um município é considerado ineficiente, isso se dá porque pelo menos algum outro

consegue, como o mesmo volume de insumos, atender maior número de economias com os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

É importante que os municípios que apresentam melhores escores de eficiência sejam observados e seguidos, buscando otimização no uso de recursos e melhores níveis de atendimento. Através das técnicas de *Benchmarking*, associadas ao modelo DEA, tem-se então um guia para nortear o município ineficiente com referências de pares para melhorar seu desempenho.

Assim, por meio da utilização da Análise Envoltória de Dados, foi possível estimar os níveis de eficiência dos municípios mineiros para o ano de 2013, com retornos variáveis e orientação insumo. A amostra é composta por 256 unidades de prestação de serviços de água e esgoto, consideradas no Capítulo 4 deste estudo. A operação totalmente eficiente dos municípios, conforme se observa na Tabela 6.1, implicaria significativa redução de recursos gastos ou ampliação da oferta dos serviços. Os valores de despesas (insumos do modelo de eficiência) estão expressos em milhares de reais.

Tabela 6.1 –Potencial de aumento no atendimento e economia de recursos com operação eficiente dos serviços de água e esgoto

Valores	Economias ativas de água	Economias ativas de esgoto	Despesa com pessoal próprio e terceiros	Despesa com produtos químicos	Despesa com energia elétrica	Outras despesas de exploração
Atual	4.714.679	4.119.866	1.378.686,20	51.348,90	235.136,30	331.845,20
Potencial	4.724.055	4.272.584	1.253.472,35	46.552,80	208.722,27	299.798,58
Diferença	9.376	152.718	-125.213,85	-4.796,10	-26.414,03	-32.046,62
Variação	0,20%	3,71%	-9,08%	-9,34%	-11,23%	-9,66%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Para a amostra selecionada, a operação totalmente eficiente dos municípios resultaria em incremento de 0,20% no total de economias ativas de água, passando de 4.714.679 para 4.724.055, e 3,71% no total de economias de esgoto, saltando de 4.119.866 para 4.272.584. Embora possa parecer, os números não são modestos, considerando que não se trata da totalidade dos municípios, pois o estudo considera apenas o ano de 2013.

A economia potencial de recursos com a operação eficiente dos sistemas da amostra representa uma redução superior a 188 milhões de reais, correspondente à diminuição de 9,44% no montante gasto em 2013 com pessoal, energia elétrica, materiais de tratamento e outras despesas de exploração pelos 256 municípios analisados. Somente para fins de comparação, embora a amostra contemple diversos prestadores locais, o montante representa 6,26% da receita operacional líquida e 20,7% do total de investimentos feitos em 2013 pela Copasa, empresa responsável pela operação dos serviços de água em 625 municípios e de esgoto em 223 municípios de Minas Gerais (COPASA, 2015).

O montante de economia estimado ainda corresponde a pouco mais do que a soma das despesas de exploração (exceto despesas fiscais e tributárias) do terceiro e quarto mais populosos municípios mineiros (Contagem e Juiz de Fora). A população destes municípios é superior a 1,2 milhão de pessoas ou 6% do total de habitantes do estado.

Ainda de forma a ilustrar a magnitude da economia potencial com a operação eficiente dos serviços de saneamento, pode-se também simular a aplicação desses recursos na construção de estações de tratamento de esgoto (ETEs), serviço cujos níveis de atendimento no estado ainda estão muito distantes da universalização e que podem gerar receita adicional para o prestador e externalidades positivas ao meio ambiente.

Jordão e Pessôa (2011) estimaram em R\$ 157,00 o custo de implantação por habitante de uma ETE de lodos ativados, em novembro de 2002. Corrigindo esse valor pela inflação pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) de 2003 até o ano de 2013, tem-se um custo aproximado de R\$ 293,66 por habitante, desconsiderando possíveis ganhos de escala para ETEs de maior porte, com redução de custos médios de implantação. Dessa forma, seria possível tratar, com a tecnologia de lodos ativados, os esgotos de 641.808 habitantes.

De modo geral, a economia de recursos resultante de níveis maiores de eficiência está diretamente associada à possibilidade de atendimento de maior número de pessoas, ampliação da oferta dos serviços, melhoria da qualidade ou redução das tarifas aos usuários. Mas, além dos efeitos no próprio setor de saneamento, a eficiência produtiva ou ampliação dos serviços de saneamento pode produzir resultados positivos a toda a economia.

Buscando mensurar os efeitos multiplicadores para a economia, decorrentes da operação eficiente dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, pode-se

então utilizar o modelo Leontief-Miyazawa, associado à Matriz Insumo-Produto do estado de Minas Gerais, para o ano de 2005.

Supondo de que a operação eficiente dos municípios mineiros possa gerar recursos que devem ser reaplicados no próprio setor de saneamento (setor 24 – Eletricidade, gás, água e limpeza urbana) ou realocados pela administração pública (setor 34 – Administração pública) para outras atividades em benefício da sociedade, é possível quantificar seu impacto na economia mineira.

A definição dos setores respeita a metodologia de agrupamento e a apresentação proposta pela Fundação João Pinheiro (FJP, 2009). A Matriz Insumo Produto de Minas Gerais é dividida em 35 atividades e 53 produtos, nas quais os serviços de água e esgoto estão agrupados, somados aos serviços de eletricidade, gás e limpeza urbana (atividade 24 e produto 2401).

Os valores simulados da aplicação dos recursos na matriz insumo-produto de Minas Gerais estão apresentados na Tabela 6.2. A simulação permite avaliar o impacto pelo aumento do valor bruto da produção, incremento no nível de empregos diretos e indiretos e na arrecadação do governo com tributos, considerando endógenos os gastos das famílias, como proposto por Miyasawa, o que gera melhores efeitos multiplicadores.

Os valores apresentados na Tabela 6.2 tornam possível avaliar os efeitos de choques na economia, de acordo com as relações intersetoriais estimadas pela Fundação João Pinheiro (FJP, 2009) para o estado de Minas Gerais. A simulação permite comparar o impacto da injeção de R\$ 188.470.610,00 na economia através dos setores de Eletricidade, gás, água e limpeza urbana e da Administração pública.

Tabela 6.2 – Simulação de efeitos multiplicadores da correção de ineficiências na prestação de serviços de água e esgoto sobre indicadores econômicos de Minas Gerais

Indicador	Especificação do Impacto	Setor	
		Eletricidade, gás, água e limpeza urbana	Administração Pública
Valor bruto da produção	Direto	R\$ 188.470.610,00	R\$ 188.470.610,00
	Indireto	R\$ 212.574.021,19	R\$ 225.724.892,50
	Total	R\$ 401.044.631,19	R\$ 414.195.502,50
Emprego	Direto	555	5.351
	Indireto	6.266	7.379
	Total	6.820	12.731
Impostos	Direto	R\$ 1.671.886,96	R\$ 19.163,27
	Indireto	R\$ 2.072.328,69	R\$ 2.383.886,05
	Total	R\$ 3.744.215,65	R\$ 2.403.049,32

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os dados utilizados para a simulação baseiam-se apenas na economia de recursos calculada para a amostra. É possível ainda, por simples extrapolações, admitir montantes maiores, tendo em vista que os 256 municípios considerados correspondem a cerca de 65% da população e a apenas 30% do total de municípios do estado. Entretanto, o objetivo deste estudo se limita a chamar a atenção para a importância e o impacto positivo na economia mineira da eficiência no setor de saneamento. Dessa forma, os valores obtidos podem ser considerados suficientes para mostrar a relevância do tema.

Com base na Tabela 6.2, observa-se um elevado impacto indireto resultante do choque simulado. Ambos os setores contribuem em montantes aproximados para o acréscimo do valor bruto da produção, embora apresentem significativas diferenças na geração de empregos e na arrecadação de impostos sobre a produção. A alocação dos recursos no setor de serviços públicos, incluindo o próprio saneamento, tem menor impacto em termos de postos de trabalho criados relativamente à alocação na administração pública. Em contrapartida, a capacidade de geração de tributos é superior no setor de eletricidade, gás, água e limpeza urbana.

Ainda assim, os efeitos em ambos os setores não são desprezíveis e chamam a atenção para a necessidade de introduzir os conceitos de eficiência na prestação e operacionalização dos serviços de saneamento. De modo geral, os ganhos de eficiência no setor de saneamento

têm impactos substanciais na economia mineira. Os recursos gerados pela operação eficiente dos serviços podem contribuir significativamente para aumentar os níveis de emprego e renda no estado e, conforme amplamente debatido na literatura econômica, gerar externalidades positivas, como ganhos de produtividade e melhorias em indicadores de saúde pública e desenvolvimento humano.

Contudo, é possível fazer um exercício simples de simulação pela extrapolação dos dados da amostra a todo o estado de Minas Gerais. Entre os 256 municípios analisados, 192, o que corresponde a 75%, não apresentaram eficiência máxima. Para esse grupo, o montante de R\$ 188.470.610,00 resultaria em uma economia média de R\$ 981.617,76 por município.

Considerando que 75% dos 853 municípios mineiros estão na mesma situação, há 639 municípios com potencial de melhorias pela redução de ineficiências. Este total poderia gerar então um ganho da ordem de R\$ 627.253.748,91. Este montante aplicado na Matriz Insumo-Produto da mesma forma que a simulação da Tabela 6.2 teria capacidade de gerar incremento no valor bruto da produção estadual superior a 1,3 bilhão de reais. A geração de empregos seria de 22.697 se o choque ocorresse no setor de saneamento e até 42.370 postos de trabalho caso o choque seja dado em outras áreas da administração pública.

Tendo em vista a interdependência existente entre os setores econômicos e considerando que o aumento na renda das famílias, proveniente de choques exógenos na economia, tem efeito multiplicador nos indicadores econômicos, o impacto inicial também fará surtir efeitos em outros setores. De forma a melhor visualizar aqueles setores mais afetados, a Figura 6.2 e a Figura 6.3 apresentam o Valor Bruto da Produção (VBP) e o número de empregos gerados, respectivamente, distribuídos entre os principais setores.

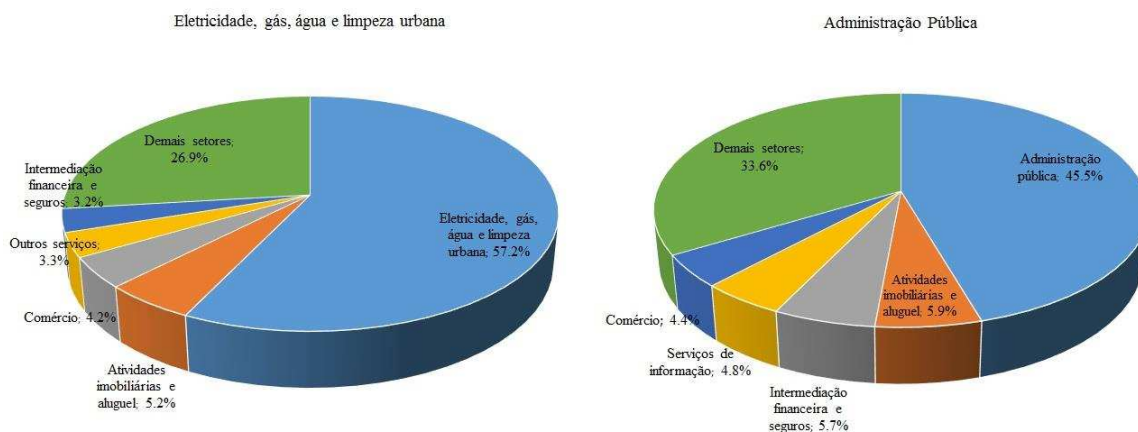


Figura 6.2 – Distribuição do impacto do valor bruto da produção entre os setores econômicos de Minas Gerais

Fonte: Resultados da pesquisa.

Analisando o impacto no valor bruto da produção, a injeção dos recursos na economia, através do próprio setor de saneamento, teria efeitos substanciais nos segmentos de prestação de serviços. Além do próprio setor, cujo impacto se estima superior a 57%, esperam-se incrementos significativos em atividades imobiliárias, comércio e intermediação financeira.

Similarmente, caso os agentes públicos formuladores de políticas optem por aplicar nas atividades da própria administração pública, espera-se que os efeitos positivos se deem na majoração do setor de administração pública, também seguido por atividades de prestação de serviços e comércio.

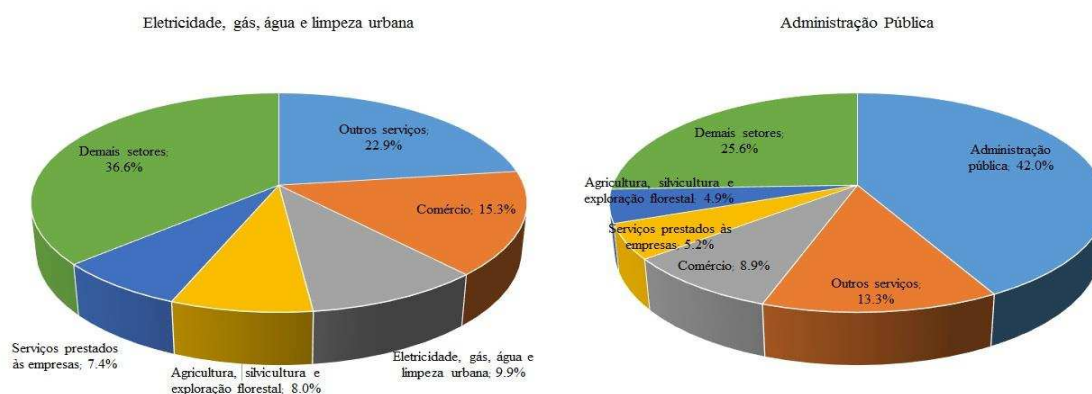


Figura 6.3 – Distribuição do impacto da geração de emprego entre os setores econômicos de Minas Gerais.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Pela análise da distribuição dos empregos gerados pelos choques, mais uma vez o que se observa é um grande estímulo ao comércio e aos serviços. Embora com pequenas variações entre si, choques tanto na administração pública quanto no setor de saneamento geram resultados em setores afins. A grande diferença se dá pelo impacto direto no setor escolhido pelos agentes formuladores de políticas.

Independentemente dos valores projetados para aumento da produção, criação de empregos e arrecadação, é necessário destacar que os ganhos de eficiência no setor de saneamento são suficientes para gerar diversos benefícios à economia e à sociedade. A economia de recursos gerada pela operação eficiente, comparativamente aos municípios de referência, permite ampliação do atendimento e dos investimentos, melhoria na qualidade dos serviços ou mesmo ser compartilhada com os usuários na forma de modicidade tarifária.

6.4 Conclusões

É sabido que a ampliação do acesso aos serviços de saneamento tem importantes efeitos em indicadores de saúde, educação e desenvolvimento humano, embora algumas dessas relações não sejam mensuráveis. A eficiência na prestação de serviços pode implicar maiores níveis de atendimento ou maior racionalização dos recursos empregados no setor.

Muito além dos efeitos indiretos da operação com eficiência e da ampliação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, os potenciais ganhos de produtividade podem ter impactos diretos na economia dos municípios e do estado a exemplo da geração de emprego e renda, associada à dinamização dos setores.

De forma a captar esse impacto, foram estimados os ganhos possíveis com a projeção de todos os municípios na fronteira de eficiência. Em seguida, foram simulados, através de choques na matriz insumo-produto de Minas Gerais, os resultados da aplicação desses recursos na economia mineira. Os impactos potenciais da operação eficiente em todo o estado são estimados em variação do valor bruto da produção superiores a 1,3 bilhão de reais e geração de até 42.370 novos postos de trabalho.

A economia de insumos calculada apenas para a amostra seria suficiente para melhorar a situação financeira dos prestadores, muitas vezes deficitários, aumentar

indicadores de atendimento como o tratamento de esgotos e melhorar a qualidade dos serviços.

A simulação pela matriz insumo-produto é feita com base na hipótese de que os recursos gerados pela eficiência serão reinvestidos pelo setor público na administração pública ou no próprio setor de saneamento. Mas estes ganhos de produtividade podem ser compartilhados com os usuários e a sociedade em geral, gerando ainda mais externalidades positivas e influenciando maior número de setores da economia mineira.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário são notadamente essenciais ao desenvolvimento humano, social e econômico. O estado de Minas Gerais, cuja importância em termos nacionais é destacada, apresentou avanços nos níveis de atendimento destes serviços nos últimos anos. Especificamente após a edição do marco regulatório do setor de saneamento em 2007, também foram verificadas melhorias de acesso da população.

Contudo, os avanços do setor devem ser compatibilizados com progresso tecnológico e ganhos de eficiência. Nesse sentido, o presente estudo utilizou técnicas paramétricas e não paramétricas para a análise dos escores de eficiência e seus determinantes. Na determinação dos indicadores de eficiência, foi empregada a Análise Envoltória de Dados, com orientação insumo e retornos variáveis à escala.

Os indicadores obtidos permitem afirmar que ainda há grande espaço de melhoria no setor, com a correção de ineficiências. A performance do município, de acordo com o Modelo Tobit e o Método de Dois Estágios de Simar e Wilson (2007), ao nível de significância de 5%, é influenciada negativamente pelo salário médio pago ao trabalhador no município, importante componente de custos, e pela característica do prestador como regional, que adota subsídio cruzado entre localidades. Destaca-se que as diferenças de eficiência entre prestadores regionais e locais são mais acentuadas entre os municípios com menor população.

Em sentido contrário, os níveis de eficiência tendem a melhorar de acordo com o número de habitantes da região urbana, revelando economias de escala, e pela captação de água em reservatórios subterrâneos, com impacto na redução de despesas de tratamento. Adicionalmente, verificou-se que os municípios com maior capacidade de geração de receita frente às despesas incorridas na exploração dos serviços obtêm resultados mais satisfatórios em seus escores de eficiência. Os resultados mostram então que o setor apresenta ganhos decorrentes de economias de escala, e a estrutura de subsídio cruzado utilizada entre localidades com prestação regionalizada não gera incentivos à eficiência no setor.

Considerando a evolução dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário após a Lei Nacional do Saneamento, verificou-se que os níveis de eficiência dos prestadores não apresentaram o mesmo comportamento. A tecnologia, a pura eficiência e, por conseguinte, a produtividade total dos fatores se mostraram e minoradas. Este resultado

pode estar associado a um processo de convergência de nível e dispersão verificado entre os municípios mineiros de 2008 a 2013, mostrando maior equalização entre seus indicadores de eficiência.

A correção das ineficiências verificadas nos municípios seria possível com a adoção de práticas de municípios pares de referência, ou seja, *benchmarks*. Esse processo representaria enormes ganhos de produtividade e otimização de custos, cujos impactos seriam substanciais na expansão dos serviços, na modernização do setor ou mesmo na dinamização da economia do estado.

Apenas para a amostra considerada no estudo, que compreende 30% dos municípios mineiros e aproximadamente 65% da população, estimam-se ganhos potenciais superiores a 188 milhões de reais. Estes ganhos poderiam ser revertidos ao setor, com ampliação dos serviços de coleta de esgoto em 3,71% do total de economias atendidas, construção de estações de tratamento de esgotos, suficientes para o atendimento de mais de 640 mil habitantes.

Os ganhos também poderiam ser aplicados pelo setor público na economia mineira, com impactos significativos. Com base em simulações, através de choques na Matriz Insumo-Produto de Minas Gerais, foram estimados impactos diretos e indiretos superiores a 400 milhões no valor bruto da produção, aumento da arrecadação de tributos e criação de milhares de postos de trabalho, via dinamização principalmente do setor de comércio e serviços.

De forma conclusiva, verifica-se que, além das externalidades positivas à sociedade, decorrentes da ampliação dos serviços de saneamento, a conjugação de eficiência à operação dos prestadores do setor é capaz de gerar resultados extremamente satisfatórios à economia mineira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A. C. **Saneamento Básico: Concessões, Permissões e Convênios Públicos**. Editora Edipro. São Paulo, 1998.
- ALVES, L. F.; FONTES, R. M. O. **Clubes de convergência entre municípios de Minas Gerais. Revista Econômica do Nordeste**. V. 32, p. 546-568. Fortaleza, 2001.
- AMEMIYA, T. Tobit Models: A Survey. **Journal of Econometrics**. P 3-61, v. 24.1984.
- BANKER, R. D.; CHARNES, H.; COOPER, W. W. **Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis**. Management Science, v. 30, n.9, p.1078-1092, 1984.
- BAPTISTA, A. J. M. S. Sustentabilidade da Produção Pesqueira em Cabo Verde. **Tese**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2005.
- BARRO, R. J. SALA-I-MARTIN, X. **Convergence across States and Regions**. Brookings Papers on Economic Activity. Washignton, n. 1, p. 107-126. 1991.
- BERG, S.V. **Conflict Resolution: Benchmarking Water Utility Performance**. Public Administration and Development, v. 27, p. 1-11, 2007.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Diário Oficial. 1988.
- BRASIL. **Lei Federal 11.445 de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em 01 de novembro de 2014.
- BRASIL. **Lei Federal 11.107 de 06 de abril de 2005**. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11107.htm. Acesso em 13 de novembro de 2015.
- CAIRNCROSS, F. **Meio Ambiente: Custos e Benefícios**. Nobel, 269 p. São Paulo, 1992.
- CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics Using Stata**. Stata Press. Texas, 2009.

- CARDOSO, E. R. **Subsídio: Um Instrumento Econômico de Política Ambiental: Usos e Limitações**. Anais do XLII Congresso da SOBER de 2004 - Cuiabá- MT. Disponível em <<http://www.sober.org.br/palestra/12/08P411.pdf>> Acesso em 07 de novembro de 2014.
- CARNEIRO, R. **Estado, Mercado e o Desenvolvimento do Setor Elétrico Brasileiro**. Tese. Doutorado - UFMG. Belo Horizonte, 2000.
- CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity. *Econometrica*, v. 50, n.6, p. 1393-1414, 1982.
- CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. **Measuring the Efficiency of Decision Making Units**. European Journal of Operational Research, n. 2, 1978.
- CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – CEBDS. **Benefícios econômicos da expansão do saneamento**. Relatório de Pesquisa. 72p. 2014.
- COELLI, T. J. **A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program**. Department of Econometrics, University of New England, Armidale, Australia, 1996.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERIAS – COPASA. **Relatórios Anuais**. Disponível em < http://www.mzweb.com.br/copasa/web/conteudo_pt.asp?idioma=0&conta=28&tipo=19706>. Acesso em: 03 de novembro de 2015.
- COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M. **Saneamento Rural no Brasil: Impacto da Fossa Séptica Biodigestora**. Eng. Sanit. Edição Especial, p. 51-60. 2014.
- CRUZ, K. E. A., RAMOS, F. S. **Efficiency in the Management of Sanitation and its Impacts on Health Promotion: Na Application of Data Envelopment Analysis – DEA**. Data Envelopment Analysis: Theory and Applications, p. 106. Proceedings of the 10th International Conference on DEA–Brazil, 2012.
- ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS ENERGÉTICOS - ERSE. **Estrutura Tarifária do Setor Elétrico em 2013**. Rio de Janeiro, 2012.
- FAGEDA, X., VOLTES-DORTA, A. **Efficiency and Profitability of Spanish Airports: A Composite Non-Standard Profit Function Approach**. Universitat de Barcelona, 2012. Disponível em www.ub.edu/graap/airport_ef.pdf. Acesso em 05 de janeiro de 2015.

FERNANDEZ, J. C. **Curso Básico de Microeconomia**. Universidade Federal da Bahia. 3 ed. Salvador, 2009.

FERREIRA, P. C.; FRANÇA, J. M. S. **Um estudo sobre infraestrutura: impactos positivos, cooperação público-privada e desempenho recente na América Latina**. FGV. Disponível em www.fgv.br/professor/ferreira/InfraAmeLatCepal.pdf. 2007.

FERREIRA, C. M. C., GOMES, A. P. **Introdução à Análise Envoltória de Dados: Teoria, Modelos e Aplicações**. Viçosa: Editora UFV, 389 p. Viçosa, 2009.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO – FJP. **Tabela de Recursos e Usos (TRU-Regional) e Matriz Insumo-Produto para o Estado de Minas Gerais para o ano de 2005**. Belo Horizonte, 2009.

FIUZA, E. P. S. **Governança, Custos e Subsídios Cruzados no Sistema Infraero**. IPEA. Texto para Discussão n. 1365. Dez. Rio de Janeiro, 2008.

GALHARDI, A. C.; GALHARDI, W. M. P.; BRETERNITZ, V. J. **Análise e Regressão em Árvore (CART) Aplicada ao Data Mining em Saúde Pública**. XI Safety, Health and Environment World Congress. Santos, 2011.

GOMES, A. P.; DANIEL, L. P.; DIAS, M. A. Setores chave e multiplicadores de produção, renda e emprego para a economia mineira. Uma análise com base no modelo Leontief-Miyasawa. **Anais. 53 Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. João Pessoa, 2013.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. Prentice Hall. 5th ed. New York University. New Jersey, 2003.

GUJARATI, D.; PORTER, D. C. **Econometria Básica**. 5ª ed. Ed Campus. Rio de Janeiro, 2011.

GUASCH, J.L.; LAFFONT, J.J.; STRAUB, S. **Renegotiation of Concession Contracts in Latin America**. Policy Research Working Paper Series. The World Bank. Washington, D.C., n.3011 nov. 2003.

GUILHOTO, J. J. M. **Leontief e Insumo-Produto: Antecedentes, Princípios e Evolução**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

- GUIMARÃES, E. F.; COUTINHO, S. M. V.; MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JR., A. Os **Indicadores de Saneamento Medem a Universalização em Áreas de Vulnerabilidade Social?** Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 19 n. 1, p. 53-60, jan-mar. Rio de Janeiro, 2014.
- HADDAD, P. R. **Métodos de Análise de Setores-Chave e de Complexos Industriais.** Em HADDAD, P. R. (org.) Economia Regional: Teorias e Métodos de Análise. Etene, BNB. Fortaleza, 1989.
- HAYEK, F. A. **O Caminho da Servidão.** 6ª ed. Série Clássicos Liberais, Instituto Liberal. Rio de Janeiro, 1997.
- HEALD, D. **Contrasting Approaches to the ‘Problem’ of Cross Subsidy.** Management Accounting Research, n. 7, p. 53-72. Aberdeen, United Kingdom, 1996.
- HOMBURG, C. **Using Data Envelopment Analysis to Benchmark Activities.** Int. J. Production Economics, 73, p. 51-58. 2001.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico de 2010.** Disponível em <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=mg>. Acesso em 08 de junho de 2015.
- JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** 6 ed. ABES. Rio de Janeiro, 2011.
- JOURAVLEV, A. **Drinking-Water Supply and Sanitation Services on the Threshold of the XXI Century.** CEPAL, Chile. Santiago, 2004.
- LAFFONT, J. J., N’GBO, A. **Cross-Subsidies and Network Expansion in Developing Countries.** European Economic Review. N. 44, p. 797-805. France, 2000.
- LAFFONT, J.J.; TIROLE, J. **A Theory of Incentives in Procurement and Regulation.** Cambridge. The MIT Press, 1993.
- LEÃO, A. S. C.; SILVA, C. R.; NÓBREGA, J; GIESTAS, E. **Matriz Insumo-Produto do Brasil.** Revista Brasileira de Economia. Vol. 27, n. 3. FGV. Rio de Janeiro, 1973.
- LEONTIEF, W. **Input-Output Analysis,** em EATWELL, J.; MILGATE, M.; NEWMAN, P. (eds.) The New Palgrave. A Dictionary of Economics. Vol. 2, p 860-864. Londres, 1987.

- MADEIRA, R. F. **O Setor de Saneamento Básico no Brasil e as Implicações do Marco Regulatório para a Universalização do Acesso.** Revista do BNDES, n. 33, p. 123-154. Rio de Janeiro, 2010.
- MARINHO, E. L. L.; BARRETO, F. A. F. D. **Análise da produtividade e progresso tecnológico dos estados do Nordeste.** Cener, 30 p. Fortaleza, 2000.
- MELO, J. A. M.; NETO, P. M. J. **Bem-Estar Social, Regulação e Eficiência no Setor de Saneamento Básico.** Revista Econômica do Nordeste, v. 41, n. 4. Fortaleza, 2010.
- MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output Analysis: Foundations and Extensions.** Prentice-Hall. Englewood, 1985.
- MONTALVÃO, E. **Impacto de Tributos, Encargos e Subsídios Setoriais Sobre as Contas de Luz dos Consumidores.** Brasília: Centro de Estudos da Consultoria do Senado Federal, nº 62, set. Brasília, 2009.
- MONTEIRO, J. R. R. **Plano Nacional de Saneamento – Planasa: Análise de Desempenho.** 1993. Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. Disponível em www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/fulltext/.../planasa.pdf. Acesso em 05 de janeiro de 2015.
- MOREIRA, J. N. M. **Custos e Preços como Estratégia Gerencial numa Empresa de Saneamento.** Dissertação. Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.
- MOTTA, R. S. **As Opções de Marco Regulatório de Saneamento Brasil.** Revista Plenário, n. 3, ano III, p 100-116. Brasília, 2006.
- MOTTA, S. R.; MOREIRA, A. R. B. **Efficiency and Regulation in the Sanitation Sector in Brazil.** IPEA, 29p. Rio de Janeiro, 2004.
- PEDROSA, V. A. **Práticas Tarifárias do setor de Saneamento Brasileiro.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 6, n. 2, p. 59-71, abr-jun. Porto Alegre, 2001.
- PEREIRA, D. S.; EMERENCIANO, E. M. BALTAR, L. A. A. **Os Serviços de Água e Esgotos no Brasil – A Questão dos Subsídios.** In: Agência Nacional de Águas (ANA). O Estado Nacional das Águas no Brasil: 2001-2002, p. 159-163. Brasília, 2003.

- PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 5ª ed. São Paulo, 2002.
- PIONER, H. M. **Análise da Experiência Internacional em Regulação de Aeroportos**. Disponível em http://www.en.ipea.gov.br/agencia/images/stories/q9_capt05_Heleno.pdf. Acesso em 01 de novembro de 2014. Rio de Janeiro, 2009.
- PNAD. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. IBGE. Rio de Janeiro, 2008.
- PNAD. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. IBGE. Rio de Janeiro, 2009.
- PNAD. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. IBGE. Rio de Janeiro, 2013.
- QUEIROZ, B. L. **Diferenciais Regionais de Salários nas Microrregiões Mineiras**. Dissertação. UFMG. Belo Horizonte, 2001.
- REIS, G. M.; JÚNIOR, J. I. R. **Comparação de testes paramétricos e não paramétricos aplicados em delineamentos experimentais**. III Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção. UFV. Viçosa, 2007.
- RIBEIRO, L. C. S.; MONTENEGRO, R. L. G.; PEREIRA, R. M. **Estrutura Econômica e Encadeamentos Setoriais de Minas Gerais: Uma Contribuição para as Políticas de Planejamento**. Revista Planejamento e Políticas Públicas, n. 41, jul/dez. IPEA. Brasília, 2013.
- RIGOLON, F. **Regulação da Infra-Estrutura: A Experiência Recente no Brasil**. Revista do BNDES, v.4, n.7, junho 1997.
- ROCHA, F. **Composição do Crescimento dos Serviços na Economia Brasileira: Uma Análise da Matriz Insumo-Produto – 1985/92**. Texto para Discussão n 522. Ipea. Rio de Janeiro, 1997.
- SAINTIVE, M. B.; CHACUR, R. S. **A Regulação Tarifária e o Comportamento dos Preços Administrados**. SEAE, Ministério da Fazenda. Brasília, 2006.
- SEN, A. **Desenvolvimento como Liberdade**. São Paulo: Companhia das Letras: 2000.
- SHUTZE, A. M. **Efeitos da Regulação no Custo de Aquisição de Energia Elétrica no Brasil**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro. FGV, 2010.

SIMAR, L.; WILSON, P. W. Estimation and inference in two-stage, semi parametric models of production processes. *Journal of Econometrics*. V. 136, p. 31-64. 2007

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Série Histórica**. Ministério das Cidades. Disponível em <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em 05 de fevereiro de 2015.

SOUZA, J. C. **Saneamento Básico: Universalização, Subsídio e Meio Ambiente**. Dissertação. Mestrado em Economia. Universidade de Brasília. Brasília, 2008.

SPENDOLINI, M. J. **Benchmarking**. 1ª ed., Makron Books do Brasil. São Paulo, 1994.

TACONELI, C. A. Árvores de Classificação Multivariadas Fundamentadas em Coeficientes de Dissimilaridade e Entropia. Tese. Esalq/USP. Piracicaba, 2008.

TAFAREL, M.; SILVA, W. V.; CLEMENTE, A. **Risco Regulatório e Reação do Mercado: Análise do Setor de Energia Elétrica Brasileiro**. Revista Universo Contábil v. 9, n. 1, p. 121-134. Blumenau, 2013.

TAVARES, M. L. **Análise e Evolução da Tarifa Social de Energia Elétrica no Brasil, 1985/2002**. Dissertação. Mestrado em Economia Aplicada. USP. Piracicaba, 2003.

THANASSOULIS, E. **DEA and its Use in the Regulation of Water Companies**. European Journal of Operational Research. N. 127, p. 1-13, 2000.

THE INTERNATIONAL BENCHMARKING NETWORK FOR WATER AND SANITATION UTILITIES -IBNET. **The IBNET Water Supply and Sanitation Blue Book 2014: The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities Databook**. World Bank Group, Washington, 2014.

TUPPER, H. C.; RESENDE, M. **Efficiency and Regulatory Issues in the Brazilian Water and Sewage Sector: An Empirical Study**. *Utilities Policy*. N. 12, p. 29-40, 2004

TUROLLA, F. A.; OHIRA, T. H. **Saneamento Básico: Experiência Internacional e Avaliação de Propostas para o Brasil**. CNI. Brasília, 2006.

TUROLLA, F. A. **Política de Saneamento Básico: Avanços Recentes e Opções Futuras de Políticas Públicas**. Textos para Discussão. IPEA, n.922, p. 1-26, dez. Brasília, 2002.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: Princípios Básicos**. Elsevier Brasil. Tradução 7ª ed. Rio de Janeiro, 2006.

VASCONCELLOS, V. A.; CANEN, A. G.; LINS, M. P. E. **Identificando as Melhores Práticas Operacionais Através da Associação Benchmarking-DEA: O Caso das Refinarias de Petróleo**. Revista Pesquisa Operacional, v. 26, n. 1, p. 51-67, jan-abr. Rio de Janeiro, 2006.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à Econometria: Uma abordagem moderna**. Ed. Cengage Learning, 4 ed. São Paulo, 2011.

ZAIRI, M.; LEONARD, P. **Benchmarking Prático: O Guia Completo**. Atlas. São Paulo, 1995.

ZHU, J. **Imprecise Data Envelopment Analysis (Idea): A Review and Improvement with an Application**. European Journal of Operational Research, 144, p. 513-529, 2003.