

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,**  
**MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**AVALIAÇÃO DE INDICADORES APLICADOS A**  
**SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM**  
**MINAS GERAIS SEGUNDO PORTES**  
**POPULACIONAIS**

**Otávio Henrique Campos Hamdan**

**Belo Horizonte**

**2016**

**AVALIAÇÃO DE INDICADORES APLICADOS A  
SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM  
MINAS GERAIS SEGUNDO PORTES  
POPULACIONAIS**

**Otávio Henrique Campos Hamdan**

**Otávio Henrique Campos Hamdan**

**AVALIAÇÃO DE INDICADORES APLICADOS A  
SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM  
MINAS GERAIS SEGUNDO PORTES  
POPULACIONAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Saneamento

Linha de pesquisa: Qualidade e tratamento de água para consumo humano

Orientador: Marcelo Libânio

Coorientador: Veber Afonso Figueiredo Costa

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG  
2016/1

## AGRADECIMENTOS

Essa seção talvez seja o momento oportuno de reafirmar minha imensa gratidão a todos que de certa maneira contribuíram para minha formação profissional e acadêmica.

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e a dádiva de ter me escolhido para contribuir para a melhoria dos serviços de saneamento, mesmo ainda que de modo ínfimo.

Aos meus pais, Rosângela e Otávio, meus heróis e exemplos imutáveis de fé, perseverança, amor e companheirismo, aos quais dedico cada capítulo dessa dissertação.

Aos meus irmãos, por me impulsionarem a fazer sempre melhor.

Aos meus amigos, em especial ao Alisson e a Cássia, por partilharem comigo desse sonho desde as iniciações científicas na Universidade Federal de São João del-Rei.

Aos meus colegas da Arsae, em especial a Mayara e amigos da Gerência de Informações Operacionais, pelos conselhos, compreensão e pelo aprendizado contínuo.

Ao meu orientador Marcelo Libânio, pela atenção, incentivo, pelo aprendizado imensurável e por confiar no nosso projeto como sendo de grande relevância para a melhoria dos serviços de abastecimento de água.

Ao meu coorientador Veber Costa, por me orientar pelas veredas da estatística com a paciência e competência que lhe são característicos.

A todos os professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SMARH) pela troca de experiências e boa convivência.

Por fim, a Raula, minha melhor companhia e com quem quero viver todos os minutos possíveis, pela compreensão, amor e pelos ótimos momentos que me acalentaram durante essa exaustiva jornada.

A você leitor, agradeço pelo interesse em ler essa dissertação.

*"Uma criança, um professor, um  
livro e uma caneta podem mudar  
o mundo."*

Malala Yousafzai

## RESUMO

A descrição do desempenho financeiro, operacional e de qualidade da água é de grande valia para avaliação da prestação dos serviços de abastecimento de água. O serviço prestado é demasiadamente heterogêneo, variando de acordo com a tipologia do prestador, porte do sistema, dentre outros. Sendo assim, acredita-se que municípios com portes populacionais diferentes apresentem características distintas, tendo assim indicadores de desempenho descritos por diferentes variáveis. O presente trabalho propõe-se a avaliar, por meio da regressão linear múltipla, os indicadores que melhor exprimem a realidade de municípios de acordo com o seu porte, com base no desempenho financeiro, operacional e de qualidade da água como variáveis resposta. A metodologia utilizada consistiu de três etapas principais: (i) organização e seleção da amostra, (ii) modelagem das equações por meio de regressão linear múltipla (RLM) e (iii) constatações e comparações estatísticas. A organização e seleção da amostra avaliou as informações disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento e selecionou dentre 804 municípios e 75 indicadores, por meio da amplitude interquartil e critérios técnicos, 363 municípios e 55 indicadores com informações passíveis de análise. Por meio da RLM, verificou-se que o comprometimento das receitas com a despesa (margem da despesa de exploração) e a razão entre a arrecadação e as despesas (índice de suficiência de caixa) são as variáveis mais relevantes, a depender do porte do município, para descrever o desempenho financeiro. Do mesmo modo, para descrição do desempenho operacional, o índice de perdas por ligação e de faturamento de água foram os mais recorrentes. Por fim, no que tange ao desempenho de qualidade da água, os modelos foram inconclusivos, tendo em vista os baixos coeficientes de determinação e distribuição insatisfatória dos resíduos. Sendo assim, o presente trabalho atesta a necessidade de indicadores diferentes para descrição de sistemas de distintos portes e apresenta as relações matemáticas entre os indicadores de desempenho estudados e diversas informações disponibilizadas pelo SNIS 2014. Com isso, por meio dessas equações, as quais configuram como uma ferramenta para tomada de decisão, é possível promover a melhoria dos sistemas de abastecimento de água.

## ABSTRACT

Financial, operational and water quality performances are important indicators to evaluate water supply systems. However, these are highly heterogeneous services which may be affected by kind of service provider and size of the system. Taking this into consideration, it is possible to conclude that different size of water supply systems demands different indicators. Under this assumption, the overall aim of this research was to evaluate performance indicators for water supply services focusing on population size. The methodology used during the study consisted of three main steps: (i) sample organization and selection, (ii) modelling equations by Multiple Linear Regression (MLR) and (iii) statistical comparisons and evaluating results. The selected sample was obtained at National Sanitation Information System (SNIS), an annual survey that allows evaluating the water supply services in Brazil. This study assessed the sample quality of 804 municipalities and 75 indicators. From these, 363 municipalities and 55 indicators were picked up using interquartile range method and technical criteria. During the analysis, it was verified by MLR that percentage of revenue intended for expenses payment as well as relation between tax revenues and expenses are the most significant variables to describe the financial performance. In the same way, water losses and water billing are the most significant variables to describe the operational performance. Finally, to describe the water quality performance, the models created were inconclusive due of low coefficients of determination and unsatisfying residual distribution. Therefore, this study concludes that different water supply systems need distinct information to describe their performance. In addition, it presents a way to improve the quality of water services by assertive decision making.

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	VI
LISTA DE QUADROS E TABELAS.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	XII
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
3.1 PANORAMA DO SANEAMENTO.....	4
3.2 LEGISLAÇÃO SETORIAL.....	6
3.3 SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	8
3.3.1 <i>Qualidade da água</i> .....	10
3.3.2 <i>Desempenho operacional</i> .....	12
3.3.3 <i>Desempenho financeiro</i> .....	14
3.4 INDICADORES.....	17
3.4.1 <i>Indicadores de saneamento</i> .....	17
3.4.2 <i>Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)</i> .....	19
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>25</b>
4.1 ORGANIZAÇÃO E SELEÇÃO DA AMOSTRA .....	28
4.2 MODELAGEM DAS EQUAÇÕES .....	32
4.2.1 <i>Matrizes de correlação</i> .....	33
4.2.2 <i>Regressão Linear Múltipla (RLM)</i> .....	34
4.3 ESTATÍSTICA DESCRITIVA E ANÁLISE DE VARIÂNCIA .....	40
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>42</b>
5.1 ORGANIZAÇÃO E SELEÇÃO DA AMOSTRA .....	42
5.1.1 <i>Seleção da amostra de municípios</i> .....	42
5.1.2 <i>Seleção da amostra de variáveis</i> .....	43
5.1.3 <i>Representatividade da amostra de municípios</i> .....	44
5.2 MODELAGEM E AVALIAÇÃO DOS MODELOS .....	46
5.2.1 <i>Municípios com população inferior a 5 mil habitantes</i> .....	46
5.2.2 <i>Municípios com população entre 5 mil e 10 mil habitantes</i> .....	53
5.2.3 <i>Municípios com população entre 10 mil e 20 mil habitantes</i> .....	59
5.2.4 <i>Municípios com população entre 20 mil e 50 mil habitantes</i> .....	66
5.2.5 <i>Municípios com população entre 50 mil e 100 mil habitantes</i> .....	72
5.2.6 <i>Municípios acima de 100 mil habitantes</i> .....	78
5.3 CONSTATAÇÕES E COMPARAÇÕES COM BASE NO PORTE POPULACIONAL DOS MUNICÍPIOS.....	84
5.3.1 <i>Desempenho financeiro</i> .....	85
5.3.2 <i>Desempenho operacional</i> .....	92
5.3.3 <i>Desempenho de qualidade da água</i> .....	99
<b>6 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS.....</b>	<b>101</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>105</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>111</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Sistema de abastecimento de água com destaque nas unidades que comumente apresentam representatividade no (1) consumo energético, (2) eficiência de tratamento, (3) capacidade de reservação e (4) perdas e vazamento de água.....	14
Figura 3.2 - Custos de exploração dos prestadores de serviço de abastecimento de água no Brasil.....	15
Figura 3.3 - Tarifa média de água praticada nos estados brasileiros.....	16
Figura 3.4 - Utilidade dos indicadores para diversas etapas de gestão nas organizações. ....	17
Figura 3.5 - Natureza dos indicadores utilizados nos estudos avaliados no presente trabalho. ....	24
Figura 4.1 - Fluxograma das duas primeiras etapas metodológicas utilizadas no presente trabalho, construído no software Bizagi®.....	26
Figura 4.2 - Fluxograma das demais etapas metodológicas utilizadas no presente trabalho, construído no software Bizagi®.....	27
Figura 4.3 - Fluxograma para definição dos limites superior e inferior a serem adotados para identificação de dados anômalos.....	30
Figura 4.4 - Distribuição F-Snedecor para um nível de significância de 5% e F calculado hipotético..	37
Figura 4.5 - Fluxograma de obtenção do modelo com base na função <i>stepwise</i> e na estatística de teste <i>F</i> -parcial. ....	38
Figura 5.1 - (a) Em cinza escuro, municípios que aderiram ao SNIS no ano de 2014; (b) Em cinza escuro, municípios componentes da amostra selecionada para o presente trabalho. ....	44
Figura 5.2 - Histograma de distribuição dos municípios do SNIS e da amostra selecionada neste estudo. ....	46
Figura 5.3 - Distribuição dos resíduos em relação à variável resposta do (a) Indicador de Desempenho Financeiro e (b) Indicador de Desempenho Operacional para os municípios com população inferior a 5 mil habitantes. ....	49
Figura 5.4 - Aderência dos resíduos a reta para o (a) Indicador de Desempenho Financeiro e (b) Indicador de Desempenho Operacional para os municípios com população inferior a 5 mil habitantes. ....	50
Figura 5.5 - Box-plot da participação das despesas de pessoal próprio (V30), energia elétrica (V32), produtos químicos (V33) e outras despesas (V34) na despesa de exploração. ....	51
Figura 5.6 - Índice de perdas por ligação (V42) para os municípios com população inferior a 5 mil habitantes.....	52
Figura 5.7 - Distribuição dos resíduos em relação à variável resposta do (a) Indicador de Desempenho Financeiro e (b) Indicador de Desempenho Operacional para os municípios de 5 mil a 10 mil habitantes.....	56

Figura 5.8 - Aderência dos resíduos a reta para o (a) Indicador de Desempenho Financeiro e (b) Indicador de Desempenho Operacional para os municípios de 5 mil a 10 mil habitantes. ....	57
Figura 5.9 - Distribuição dos resíduos em relação à variável resposta do (a) Indicador de Desempenho Financeiro, (b) Indicador de Desempenho Operacional e (c) Indicador de Qualidade da Água para os municípios de 10 mil a 20 mil habitantes. ....	63
Figura 5.10 - Aderência dos resíduos a reta para o (a) Indicador de Desempenho Financeiro, (b) Indicador de Desempenho Operacional e (c) Indicador de Qualidade da Água para os municípios de 10 mil a 20 mil habitantes. ....	63
Figura 5.11 - Índice de perdas por ligação (V42) para os municípios com população entre 10 mil e 20 mil habitantes. ....	65
Figura 5.12 - Distribuição dos resíduos em relação à variável resposta do (a) Indicador de Desempenho Financeiro, (b) Indicador de Desempenho Operacional e (c) Indicador de Qualidade da Água para os municípios com população entre 20 mil e 50 mil habitantes. ....	69
Figura 5.13 - Aderência dos resíduos a reta para o (a) Indicador de Desempenho Financeiro, (b) Indicador de Desempenho Operacional e (c) Indicador de Qualidade da Água para os municípios com população entre 20 mil e 50 mil habitantes. ....	69
Figura 5.14 - Distribuição dos resíduos em relação à variável resposta do (a) Indicador de Desempenho Financeiro, (b) Indicador de Desempenho Operacional e (c) Indicador de Qualidade da Água para os municípios com população entre 50 mil e 100 mil habitantes. ....	75
Figura 5.15 - Aderência dos resíduos a reta para o (a) Indicador de Desempenho Financeiro, (b) Indicador de Desempenho Operacional e (c) Indicador de Qualidade da Água para municípios com população entre 50 mil e 100 mil habitantes. ....	76
Figura 5.16 - Índice de perdas por ligação (V42) para os municípios com população entre 50 mil e 100 mil habitantes. ....	77
Figura 5.17 - Distribuição dos resíduos em relação à variável resposta do (a) Indicador de Desempenho Financeiro, (b) Indicador de Desempenho Operacional e (c) Indicador de Qualidade da Água para municípios acima de 100 mil habitantes. ....	80
Figura 5.18 - Aderência dos resíduos a reta para o (a) Indicador de Desempenho Financeiro, (b) Indicador de Desempenho Operacional e (c) Indicador de Qualidade da Água para municípios acima de 100 mil habitantes. ....	81
Figura 5.19 - Box-plot da participação das despesas de pessoal próprio (V30), energia elétrica (V32), produtos químicos (V33) e outras despesas (V34) na despesa de exploração para municípios acima de 100 mil habitantes. ....	82
Figura 5.20 - Índice de perdas por ligação (V42) para os municípios acima de 100 mil habitantes. ....	83
Figura 5.21 - Desempenho financeiro dos grupos de municípios analisados. ....	85
Figura 5.22 - Margem de despesa de exploração dos grupos de municípios analisados. ....	87
Figura 5.23 - Índice de suficiência de caixa dos grupos de municípios analisados. ....	88

Figura 5.24 - Desempenho operacional dos grupos de municípios analisados. ....	92
Figura 5.25 - Índice de faturamento de água dos grupos de municípios analisados. ....	94
Figura 5.26 - Índice de perdas por ligação dos grupos de municípios analisados.....	96

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 3.1 - Distribuição dos prestadores de serviços participantes do SNIS 2014 de acordo com a abrangência .....	9
Tabela 3.2 - Distribuição dos prestadores de serviços participantes do SNIS 2014 de acordo com o porte populacional .....	9
Tabela 3.3 - Principais parâmetros de qualidade da água distribuída – Cl (Cloro Residual Livre), Cor, F (Flúor), pH, Turbidez, CT (Coliformes totais) e E. coli (Escherichia coli) e os limites aceitáveis ....	11
Tabela 5.1 - Distribuição populacional dos municípios apresentados no SNIS 2014 e da amostra de municípios selecionadas para o presente estudo .....	45
Tabela 5.2 - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Financeiro nos municípios com população inferior a 5 mil habitantes .....	47
Tabela 5.3 - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Operacional nos municípios com população inferior a 5 mil habitantes .....	48
Tabela 5.4 - Modelos e estatística de teste para os municípios com população inferior a 5 mil habitantes.....	49
Tabela 5.5 - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Financeiro nos municípios com população entre 5 mil e 10 mil .....	54
Tabela 5.6 - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Operacional nos municípios com população entre 5 mil e 10 mil .....	54
Tabela 5.7 - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Qualidade da Água nos municípios com população entre 5 mil e 10 mil .....	55
Tabela 5.8 - Modelos e estatística de teste para os municípios com população entre 5 mil e 10 mil habitantes.....	56
Tabela 5.9 - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Financeiro nos municípios com população entre 10 mil e 20 mil .....	60
Tabela 5.10 - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Operacional nos municípios com população entre 10 mil e 20 mil .....	61
Tabela 5.11 - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Qualidade da Água nos municípios com população entre 10 mil e 20 mil .....	61

Tabela 5.12 - Modelos e estatística de teste para os municípios com população entre 10 mil e 20 mil habitantes.....	62
Tabela 5.13 - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Financeiro nos municípios com população entre 20 mil e 50 mil .....	66
Tabela 5.14 - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Operacional nos municípios com população entre 20 mil e 50 mil .....	67
Tabela 5.15 - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Qualidade da Água nos municípios com população entre 20 mil e 50 mil .....	68
Tabela 5.16 - Modelos e estatística de teste para os municípios com população entre 20 mil e 50 mil habitantes.....	68
Tabela 5.17 - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Financeiro nos municípios com população entre 50 mil e 100 mil .....	73
Tabela 5.18 - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Operacional nos municípios com população entre 50 mil e 100 mil .....	73
Tabela 5.19 - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Qualidade da Água nos municípios com população entre 50 mil e 100 mil .....	74
Tabela 5.20 - Modelos e estatística de teste para os municípios com população entre 50 mil e 100 mil habitantes.....	75
Tabela 5.21 - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Financeiro nos municípios com população acima de 100 mil .....	78
Tabela 5.22 - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Operacional nos municípios com população acima de 100 mil .....	79
Tabela 5.23 - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Qualidade da Água nos municípios com população acima de 100 mil.....	79
Tabela 5.24 - Modelos e estatística de teste para os municípios com população acima de 100 mil .....	80
Tabela 5.25 - Teste de Tukey para o desempenho financeiro entre os grupos analisados, com destaque, em vermelho, para as diferenças significativas (p-valor < 0,05).....	86

Tabela 5.26 - Teste de comparações múltiplas entre os grupos analisados, para a margem de despesa de exploração (distribuição não normal), com destaque, em vermelho, para as diferenças significativas (p-valor < 0,05) .....	87
Tabela 5.27 - Teste de Tukey entre os grupos analisados, para o índice de suficiência de caixa (distribuição normal), com destaque, em vermelho, para as diferenças significativas (p-valor < 0,05) .....	88
Tabela 5.28 - Variáveis significativas nos modelos de desempenho financeiro para municípios de diferentes portes populacionais .....	89
Tabela 5.29 - Teste de comparações múltiplas para o desempenho operacional entre os grupos analisados, com destaque, em vermelho, para as diferenças significativas (p-valor < 0,05) .....	93
Tabela 5.30 - Teste de Tukey entre os grupos analisados, para o índice de faturamento de água (distribuição normal), com destaque, em vermelho, para as diferenças significativas (p-valor < 0,05) .....	94
Tabela 5.31 - Teste de comparações múltiplas entre os grupos analisados, para o índice de perdas por ligação (distribuição não normal), com destaque, em vermelho, para as diferenças significativas (p-valor < 0,05) .....	95
Tabela 5.32 - Variáveis significativas nos modelos de desempenho operacional para municípios de diferentes portes populacionais .....	97
Tabela A1 - Valores tecnicamente plausíveis, delimitados por avaliação técnica.....	112
Tabela A2 - Municípios selecionais para o estudo e percentual de dados analisáveis.....	113
Tabela A3 - Índice de dados analisáveis (IDA) dos indicadores disponibilizados pelo SNIS.....	116
Tabela A4 - Teste Shapiro-Wilk.....	118
Quadro 3.1 - Legislações federais correlatas à temática de saneamento.....	6
Quadro 3.2 - Estudos que utilizaram a base de dados do SNIS .....	21
Quadro 4.1 - Variáveis pré-selecionados do SNIS .....	28
Quadro 4.2 - Estatística de teste F.....	36
Quadro A1 – Correlações entre as variáveis para o Desempenho Financeiro, sendo as variáveis demarcadas com “*” suprimidas da análise.....	119
Quadro A2 – Correlações entre as variáveis para o Desempenho Operacional, sendo as variáveis demarcadas com “*” suprimidas da análise.....	121
Quadro A3 - Correlações entre as variáveis para o Desempenho de Qualidade da Água, sendo as variáveis demarcadas com “*” suprimidas da análise.....	123

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ABAR</b>	Associação Brasileira de Agências de Regulação
<b>ARSAE</b>	Agência Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário
<b>AWWA</b>	American Water Works Association
<b>CERH</b>	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
<b>CESB</b>	Companhias Estaduais de Saneamento Básico
<b>COPAM</b>	Conselho de Política Ambiental
<b>COPANOR</b>	Copasa Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IDA</b>	Índice de dados analisáveis
<b>ID<sub>F</sub></b>	Indicador de desempenho financeiro
<b>ID<sub>O</sub></b>	Indicador de desempenho operacional
<b>ID<sub>Q</sub></b>	Indicador de Qualidade da Água
<b>IQA</b>	Índice de Qualidade da Água
<b>IQAT</b>	Índice de Qualidade da Água Tratada
<b>IWA</b>	Internacional Water Association
<b>MMQ</b>	Método dos mínimos quadrados
<b>OFWAT</b>	Office of Water Services
<b>PLANASA</b>	Plano Nacional de Saneamento
<b>PLANSAB</b>	Plano Nacional de Saneamento Básico
<b>PNSB</b>	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
<b>QMReg</b>	Variância decorrente da regressão linear múltipla
<b>QMR</b>	Variância dos resíduos
<b>R<sup>2</sup></b>	Coefficiente de determinação
<b>R<sup>2</sup><sub>aj</sub></b>	Coefficiente de determinação ajustado
<b>RLM</b>	Regressão Linear Múltipla
<b>SNIS</b>	Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento
<b>SQR</b>	Soma dos Quadrados dos Resíduos
<b>SQReg</b>	Soma dos Quadrados da Regressão
<b>SQT</b>	Soma dos Quadrados Totais
<b>WHO</b>	World Health Organization

# 1 INTRODUÇÃO

O marco regulatório do saneamento instituído pela Lei 11.445/2007 configura um grande passo para o setor, principalmente por apresentar diretrizes nacionais para o saneamento básico. Além disso, a referida lei institui as entidades reguladoras como essenciais na avaliação e no monitoramento da prestação dos serviços de saneamento, incluindo aspectos que tangem o estabelecimento de padrões e indicadores de qualidade dos serviços prestados (BRASIL, 2007).

A regulação e avaliação da prestação de serviços faz-se necessário frente a atual conjuntura da prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil. Apesar dos avanços, ainda há muito o que se percorrer para a universalização desses serviços. Segundo dados do Ministério das Cidades (2016) 17% da população brasileira ainda não recebiam serviço de abastecimento de água no ano de 2014, apenas 3% a menos que o observado em 2004 (20%). Quando se trata de coleta e tratamento de esgoto a situação é ainda mais alarmante, tendo em vista que, segundo o mesmo ministério, apenas 58% da população é servida com coleta de esgoto e menos de 41% com tratamento.

Além disso, mais que a universalização dos serviços faz-se necessário, diante do cenário de crise hídrica observado em todo país em 2015, que os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário operem com eficácia e eficiência. Desse modo, a avaliação de indicadores operacionais, de qualidade de água e de desempenho financeiro tornam-se ferramentas de acompanhamento e tomada de decisão pelas concessionárias. Ademais, além de avaliar os serviços, deve-se atentar aos diferentes cenários e realidades dos municípios, considerando as limitações e desafios inerentes aos diferentes portes populacionais.

Como aliadas à melhoria da prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, as agências reguladoras surgem em contraposição ao monopólio de mercado, combatendo a regulação dos serviços pelos próprios prestadores e o abuso das concessionárias frente aos seus usuários. Segundo Marques e Simões (2008) a autorregulação pode fomentar uma situação de mercado que proporcionaria aos prestadores uma posição privilegiada, podendo acarretar no fornecimento de serviços de baixa qualidade e a preços abusivos.

Nesse âmbito, as agências reguladoras utilizam mecanismos com o intuito de regular os serviços prestados, de modo que esses sejam realizados com eficiência e eficácia. Em



consequência, os indicadores surgem como ferramentas essenciais face à regulação, permitindo a avaliação, inclusive temporal, da prestação de serviços realizados pela concessionária regulada. Muito embora, segundo a Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR), existem apenas dez normatizações em todo o Brasil que tratam especificamente sobre a utilização de indicadores no âmbito das agências, sendo que o estado de Minas Gerais não apresenta nenhuma normatização específica (ABAR, 2015). Atrelado a isso juntam-se o mercado pouco competitivo do setor de saneamento e as características institucionais e regulatórias específicas, que acabam por fomentar uma eficiência desses serviços abaixo da esperada. (TUPPER e RESENDE, 2004).

Além de avaliar o desempenho dos prestadores de serviços, o desenvolvimento de indicadores pelas agências permite exercer pressões competitivas e incentiva a melhoria do serviço prestado, auxiliando, inclusive, na tomada de decisões quanto aos investimentos a serem destinados aos municípios e sistemas (CORTON, 2003).

Muito embora, sabe-se que a concepção dos indicadores deve ser realizada com cautela, avaliando as definições e a essência de cada parâmetro. Muitas variáveis utilizadas podem ser semelhantes, o que pode levar a proposição de indicadores que expressam as mesmas características operacionais. Além disso, estudos revelam que uma menor quantidade de indicadores facilita a compressão dos resultados (COULIBALY; RODRIGUEZ, 2004). Desse modo, os indicadores devem ser selecionados minuciosamente, a fim de que possam descrever de maneira fidedigna a modalidade avaliada (PEROTTO *et al.*, 2008).

Com base no disposto anteriormente, verifica-se a possibilidade de estudos que permeiem pela descrição do desempenho operacional, financeiro e de qualidade de água considerando os diferentes portes populacionais dos municípios. Acredita-se que o grupo de indicadores que explicam um determinado sistema pode não ser o mais apropriado para descrever outra unidade, o que corrobora a necessidade de estudos voltados à realidade de diferentes grupos de municípios. Desse modo, o presente trabalho propõe-se a avaliar, por meio da regressão linear múltipla, os indicadores que melhor exprimem a realidade de municípios de acordo com o seu porte populacional.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 *Objetivo geral***

O objetivo geral desse trabalho é analisar o desempenho financeiro, operacional e de qualidade da água de diferentes portes populacionais de municípios de Minas Gerais, com base nas variáveis disponibilizados pelo SNIS.

### **2.2 *Objetivos específicos***

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- Modelar equações que mais bem descrevam, para distintos intervalos populacionais, o desempenho financeiro, operacional e de qualidade da água de sistemas de abastecimento de água da amostra de municípios de Minas Gerais;
- Avaliar as diferenças estatisticamente significativas entre as prestações do serviço de abastecimento de água para os portes populacionais analisados;
- Propor, por meio da análise das equações geradas, ações prioritárias com foco na melhoria da prestação de serviços.

O presente estudo está dividido em quatro sessões, sendo elas: Revisão da literatura, Metodologia, Resultados e discussão e Conclusões. Vale destacar que as sessões de metodologia e resultados estão particionadas de modo a apresentar as etapas prévias e posteriores à modelagem das equações, permeando pela seleção e organização da amostras, testes estatísticos e constatações por meio dessas equações, para os diferentes portes populacionais dos municípios estudados.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

O setor de saneamento sofreu muitas mudanças ao longo dos séculos. No Brasil, desde as primeiras obras correlatas ao setor em 1723, muito se evoluiu no que tange aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, assim às leis e à regulação (BRASIL, 2009).

As últimas décadas foram marcadas por diversos debates e discussões sobre privatizações e concessões dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Com isso, no início do século XXI, novas diretrizes foram estabelecidas e um reconhecido avanço foi observado nas discussões sobre o saneamento, principalmente no que tange à Política Nacional de Saneamento Básico. Como consequência, aprovou-se a Lei nº 11.445/2007, em 05 de janeiro de 2007, a qual estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico no Brasil, sendo considerada um margo regulatório do setor (BRASIL, 2009).

Com respaldo legal, as iniciativas no setor de saneamento tornaram-se mais efetivas, possibilitando à criação de diretrizes, metas e ações de saneamento básico para o país até o ano de 2033, por meio do Plano Nacional de Saneamento Básico, também denominado PLANSAB. No entanto, as políticas de fiscalização e avaliação de desempenho dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário não acompanharam o expressivo avanço das estruturas legais para o setor, culminando na limitação do acesso aos serviços de saneamento e, em casos onde o serviço é prestado, na má qualidade da prestação de serviço (BRASIL, 2013).

#### 3.1 *Panorama do saneamento*

No mundo, estima-se que cerca de 1,5 milhão de pessoas não têm acesso às condições adequadas de saneamento, contribuindo para graves problemas de saúde e levando cerca de 280 mil pessoas por ano a óbito. Esse cenário alarmante, de certo modo, atrai investimentos de diversas entidades mundiais com o intuito de promover a universalização do serviço de saneamento, na qualidade e continuidade desejada (GUITERAS *et al.*, 2015).

Com o intuito de promover o acesso à água potável e ao saneamento básico de maneira geral, os países membros das Nações Unidas assinaram a Declaração do Milênio em 2000, em que um dos objetivos é o aumento do acesso ao saneamento básico. Como resultado do acordo, verificou-se que cinco regiões de desenvolvimento, dentre elas a América Latina, alcançaram

o objetivo estabelecido para o percentual da população com acesso a água potável. No entanto regiões da África, Ásia e Oceania apresentaram índices abaixo do desejado. Ao todo, 147 países, dentre eles o Brasil, alcançaram a meta, sendo que em 68 países esses índices não foram alcançados. Em consequência, estima-se que no mundo ainda existam cerca de 660 milhões de pessoas sem acesso à água potável (UNICEF e WHO, 2015) .

Embora grandes avanços têm sido notados como a ampliação do acesso à água potável na América Latina, ainda existem muitos desafios a serem superados tendo em vista que em diversos países o saneamento está muito distante do ideal. Na Nigéria, por exemplo, o acesso inapropriado à água tem aumentado em aproximadamente 38% a mortalidade de crianças com menos de onze meses (EZEH *et al.*, 2014). No entanto, embora o processo tenha sido lento em alguns países, algumas iniciativas pontuais têm demonstrado assertividade, como a criação de locais para defecação em comunidades em Mali, cujo as ações proporcionaram a diminuição de aproximadamente 57% dos casos de mortes relacionadas à diarreia em crianças com menos de cinco anos (UNICEF, 2015).

No Brasil, um progresso tem sido verificado no setor de saneamento. Em 2015, 88% da população urbana brasileira tinha acesso a instalações sanitárias adequadas, o que representa um avanço de quase 10% ao observado no início dos anos 1990. Esse avanço também foi observado nas comunidades rurais, sendo verificado um aumento de mais de 20% no acesso a essas instalações, no mesmo período. No entanto, é notório a disparidade entre as condições urbanas e rurais, tendo em vista que, apesar do progresso, apenas 52% da população rural tem condições adequadas de saneamento (UNICEF e WHO, 2015).

No que se refere ao acesso à água potável, verificou-se um aumento progressivo do índice de atendimento. Muito embora, a ampliação dos serviços de abastecimento de água não foi acompanhada de um planejamento estratégico com vistas à manutenção da qualidade do serviço e do equilíbrio econômico financeiro das prestadoras. Sendo assim, muitas prestadoras apresentam desempenho financeiro abaixo do esperado e deficiência na prestação de serviço no que tange a qualidade e continuidade do abastecimento de água (BRASIL, 2016).

### 3.2 Legislação setorial

A fim de possibilitar a melhoria dos serviços de saneamento, com foco no fornecimento de água aos usuários, diversas ferramentas legais podem ser utilizadas como parâmetro. No que se refere aos serviços de abastecimento de água, verifica-se uma ampla gama de normativas, tanto em âmbito federal como estadual e municipal. Ressalta-se que, em sua maioria, as legislações tratam de aspectos mais amplos que o saneamento, abordando assuntos correlatos ao meio ambiente, destacando-se as seguintes normativas apresentadas no Quadro 3.1.

**Quadro 3.1 - Legislações federais correlatas à temática de saneamento**

<b>Legislação</b>	<b>Ementa</b>	<b>Referências</b>
Lei nº 11.445/2007: Diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a Política Federal de Saneamento Básico	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências	Brasil, 2007
Lei nº 12.305/2010: Política Nacional de Resíduos Sólidos	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências	Brasil, 2010
Decreto nº 5.440/2005: Informações aos usuários sobre a qualidade da água.	Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento	Brasil, 2005a
Resolução CONAMA nº 357/2005: Condições e padrões de lançamento de efluentes	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências	Brasil, 2005b
Resolução CONAMA nº 430/2011	Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes	Brasil, 2011a
Resolução CONAMA nº 397/2008	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes	Brasil, 2008
Resolução CONAMA nº 410/2009: Prorrogação de prazo das condições e padrões de lançamento de efluentes	Prorroga o prazo para complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes	Brasil, 2009
Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011: Padrão de Potabilidade da Água	Dispõe sobre procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.	Brasil, 2011b

Dentre as diversas referências legais, vale destacar o marco regulatório do saneamento, materializado pela Lei 11.445/2007, a qual configura um grande passo na regulação dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. A lei institui as entidades reguladoras como essenciais na avaliação e no monitoramento da prestação dos serviços de saneamento, incluindo aspectos que tangem o estabelecimento de padrões e indicadores de qualidade dos serviços prestados (BRASIL, 2007).

Em nível estadual, as normativas estão sujeitas às limitações das legislações federais, ou seja, podem ser mais restritivas embora não possam ser mais flexíveis. Para o estado de Minas Gerais, destaca-se a Deliberação Normativa Conjunta do Conselho de Política Ambiental (COPAM) e Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) n° 01 de 2008, a qual dispõe a classificação dos corpos de água e padrões de lançamento. Especificamente sobre a prestação de serviços, destacam-se as resoluções criadas pela Agência Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário de Minas Gerais (Arsae-MG), dentre elas:

- Resolução n° 40 de 2013: Dispõe as condições gerais da prestação de serviços de água e esgoto;
- Resolução n° 44 de 2014: Estabelece as condições gerais necessárias para as atividades desempenhadas pelos laboratórios dos prestadores de serviços que realizam análise de qualidade da água;
- Resolução n° 83 de 2016: Estabelece as diretrizes gerais para adoção das medidas e elaboração do Plano de Racionamento para os municípios afetados pela diminuição da disponibilidade hídrica.

No estado de Minas Gerais, a Lei n° 18.309/2009 reafirma a importância das agências reguladoras ao estabelecer princípios e diretrizes dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Além disso, a referida lei cria a Arsae-MG com a finalidade de promover a universalização e uso racional da água (MINAS GERAIS, 2009).

Além de avaliar o desempenho dos prestadores de serviços, o desenvolvimento de indicadores pelas agências reguladoras permite exercer pressões competitivas e incentivar a melhoria do serviço prestado, auxiliando, inclusive, na tomada de decisões quanto aos investimentos a

serem destinados aos municípios e sistemas (CORTON, 2003). Vale ressaltar que, segundo a Lei Estadual nº 18.309/2009, a melhoria dos serviços prestados é uma competência da Arsae-MG, e não só do prestador, como pode ser verificado no artigo 6º da referida Lei:

VIII - elaborar estudos para subsidiar a aplicação de recursos financeiros do Estado em obras e serviços de distribuição de água e de esgotamento sanitário;

IX - promover estudos visando ao incremento da qualidade e da eficiência dos serviços prestados e do atendimento a consultas dos usuários, dos prestadores dos serviços e dos entes delegatários.

Muito embora, segundo a ABAR, existem apenas dez normatizações em todo o Brasil que tratam especificamente sobre a utilização de indicadores no âmbito das agências, sendo que o estado de Minas Gerais não apresenta nenhuma normatização específica (ABAR, 2015).

Desse modo, a utilização de indicadores para o saneamento no Brasil tem sido promovida mais efetivamente por outros órgãos, como o Ministério das Cidades, que tem evoluído na área por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), tornando-se referência nacional no provimento de informações dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos. De maneira geral, o desempenho dos serviços de abastecimento de água pode ser avaliado por meio de diversos parâmetros, o que torna necessário o conhecimento aprofundado das variáveis envolvidas em todo o processo de produção e distribuição de água potável.

### **3.3 Serviços de abastecimento de água**

Desde o endividamento crescente das Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESB), as quais operavam com baixa produtividade e custos elevados, e o fracasso do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) na década de oitenta, verificou-se a possibilidade de ampliar a participação da iniciativa privada no setor de saneamento, com vistas à redução do endividamento público e à contenção do contingenciamento dos recursos estatais (BARBOSA e BASTOS, 2013).

Desse modo, os serviços de abastecimento de água têm sido prestados no país por meio da iniciativa pública e privada. Segundo o Ministério das Cidades (2016), a grande maioria das prestadoras regionais são sociedades de economia mista, sendo que entre os prestadores de

serviços locais destacam-se os prestadores de administração pública direta, conforme pode ser observado na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1** - Distribuição dos prestadores de serviços participantes do SNIS 2014 de acordo com a abrangência

Abrangência	Natureza jurídica						Total
	AD	Autarquia	Economia Mista	Empresa Pública	Empresa Privada	OS	
<b>Regional</b>	0	100	3.805	74	52	0	4.031
<b>Microrregional</b>	0	7	0	0	11	0	18
<b>Local</b>	975	423	7	4	68	2	1.479
<b>Total</b>	975	530	3.812	78	131	2	5.528

AD: Administração pública

OS: Organização social

Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades (2016)

Ao avaliar a natureza jurídica frente ao porte populacional dos municípios verifica-se uma clara predominância na natureza das prestadoras de economias mistas em todas as faixas populacionais, como pode ser verificado pela Tabela 3.2.

**Tabela 3.2** - Distribuição dos prestadores de serviços participantes do SNIS 2014 de acordo com o porte populacional

Faixa populacional	Natureza jurídica						Total
	AD	Autarquia	Economia Mista	Empresa Pública	Empresa Privada	OS	
<b>&lt; 5 mil</b>	315	79	696	12	8	2	1.112
<b>5 ---  10 mil</b>	247	77	853	24	25	0	1.226
<b>10 ---  20 mil</b>	246	86	1.054	22	32	0	1.440
<b>20 ---  50 mil</b>	122	140	765	18	32	0	1.077
<b>50 ---  100 mil</b>	34	75	233	0	14	0	356
<b>&gt; 100 mil</b>	11	73	211	2	20	0	317
<b>Total</b>	975	530	3.812	78	131	2	5.528

AD: Administração pública

OS: Organização social

Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades (2016)

Vale ressaltar que a predominância das economias mistas também é verificada em Minas Gerais, onde 57,2% das localidades apresentam serviço prestado por uma companhia dessa natureza (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016).

Muito embora, como verificado por Motta e Moreira (2006), a produtividade não é influenciada diretamente pela natureza da prestadora de serviço. Em contrapartida, Sabbioni (2008), por meio de um modelo para verificar os custos associados aos diferentes tipos de



prestadores, verificou que prestadores regionais apresentam menores custos e em âmbito local as companhias privadas e públicas apresentam custos similares.

Nesse âmbito, a fim de avaliar o desempenho das prestadoras de serviços faz-se necessário discorrer acerca da qualidade da água distribuída, do desempenho operacional, assim como do desempenho financeiro, tendo em vista que para que o serviço de abastecimento de água apresente desempenho satisfatório é inevitável fornecimento de água na qualidade e quantidade necessária e que apresente capital suficiente para manutenção do serviço.

### **3.3.1 Qualidade da água**

A prestação do serviço de abastecimento de água tem por intuito potabilizar a água de modo a adequá-la ao consumo humano em consonância com o padrão de potabilidade vigente, estabelecido pela Portaria 2.914 de 2011. A potabilidade da água torna-se essencial para o consumo humano devido às inúmeras doenças de veiculação hídrica, as quais podem causar efeitos deletérios à saúde humana e até a morte (UNESCO, 2012).

A propriedade de solubilizar e carrear compostos faz com que a água seja um disseminador de patógenos. Dentre as diversas classes de patógenos, os protozoários destacam-se como precursores de doenças como Giardíase e Criptosporidiose em todo mundo. Medani *et al.* (2016) investigaram a ocorrência de oocistos e cistos de *Toxoplasma gondii*, *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* em água para consumo e verificou que a baixa qualidade da água para consumo continua sendo o maior risco à saúde pública. King *et al.* (2016), além de realizar estudos com protozoários, avaliaram a presença de microrganismos patógenos na água bruta e tratada, constatando a presença de protozoários, fungos e bactérias nos mananciais e a resistência das espécies de micobactérias ao tratamento de água.

Alguns estudos apontam, inclusive, a transmissão de doenças viróticas pela água para consumo, como o realizado por Kumar *et al.* (2016). O estudo constatou que um surto de Hepatite A na Índia, na região de Delphi, estava associado ao consumo de água inapropriada devido a contaminação presente na tubulação. Em contrapartida, vale ressaltar que as características da água podem trazer benefícios à saúde, como por exemplo a diminuição dos riscos de doenças cardíacas mediante o consumo de água com certo grau de dureza (MONARCA *et al.*, 2016).

Mediante a relação direta entre as características da água para consumo e a saúde pública, torna-se imprescindível a definição de parâmetros de qualidade e limites aceitáveis para que a água seja própria para consumo humano. Sendo assim, o Ministério da Saúde estabelece, por meio da mencionada Portaria 2.914 de 2011, os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

A Tabela 3.3 apresenta os principais parâmetros legislados e seus respectivos limites aceitáveis (BRASIL, 2011b).

**Tabela 3.3** - Principais parâmetros de qualidade da água distribuída – Cl (Cloro Residual Livre), Cor, F (Flúor), pH, Turbidez, CT (Coliformes totais) e E. coli (Escherichia coli) e os limites aceitáveis

Parâmetro	Físico-químicos					Microbiológicos		
	Cl	Cor	F	pH	Turbidez		CT	<i>E. coli</i>
Unidade	mg/L	uH	mg/L	-	uT		-	-
Valores permitidos	0,2 a 5,0	≤ 15	≤ 1,5	-	≤ 5,0		Variável de acordo com a população <sup>1</sup>	Ausente
Valores recomendados	≤ 2,0	-	-	6,0 a 9,5	-	-		

<sup>1</sup> Para sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes é permitido apenas uma amostra positiva, entre as amostras examinadas no mês. Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes devem apresentar ausência em 95% das amostras examinadas no mês.

Além da qualidade da água, salienta-se a importância de cumprimento do plano de amostragem a fim de que as análises de qualidade da água possam refletir sua potabilidade em todo o sistema de abastecimento do município. Esse plano de amostragem também é estabelecido pela referida portaria, sendo o número de amostras necessárias variável de acordo com o parâmetro, tipo de captação e população do município (BRASIL, 2011b).

A fim de avaliar a qualidade da água a partir de um único índice, a Fundação Nacional de Saneamento dos Estados Unidos criou o Índice de Qualidade da Água (IQA), por meio da opinião de diversos especialistas do setor de meio ambiente. Sendo assim, o IQA foi composto por um conjunto de parâmetros físicos e químicos, sendo eles: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, fosfato, nitrato, pH, sólidos totais dissolvidos, temperatura e turbidez (MORRETO *et al.*, 2012).

No que se refere à qualidade da água tratada, o Ministério da Saúde estabeleceu em 2006 o Índice de Qualidade da Água Tratada (IQAT), o qual é calculado por meio da média

aritmética de outros três índices: Índice de coleta, Índice bacteriológico e Índice físico-químico. Desse modo, o IQAT considera o número de amostras coletadas na rede de distribuição frente ao estabelecido pela Portaria 2.914/2012 (Índice de coleta), o percentual de amostras com ausência de coliformes totais ou termotolerantes (Índice bacteriológico) e o percentual de amostras dentro dos valores máximos permitidos para flúor, pH, turbidez, cloro e cor (Índice físico-químico). Sendo assim, quanto mais próximo o IQAT for de 100, melhores são as condições de potabilidade da água (MELO *et al.*, 2013).

### **3.3.2 Desempenho operacional**

A prestação dos serviços de abastecimento de água pode ser verificada por diversos parâmetros, seja por sua eficiência ou eficácia. Em termos de eficácia, ou seja, no que tange à produção de água na quantidade e qualidade desejáveis, os principais parâmetros são o volume de água produzido por habitante e o cumprimento aos requisitos de qualidade, sendo esse último apresentado no item 1.2.1 desta dissertação. Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO) (2011), 100 litros de água por habitante por dia são suficientes para as necessidades básicas de uma pessoa, o que de certa forma é um parâmetro para o volume de água produzido por habitante por uma companhia. Muito embora, é sabido que o consumo humano varia por região e que, além disso, os prestadores de serviço necessitam de produzir um volume de água superior ao consumido tendo em vistas as perdas de água durante à distribuição (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016).

Em média, considerando-se o volume micromedido, o brasileiro consome aproximadamente 162 litros de água por dia, sendo o maior consumo registrado na Região Sudeste, cujo o índice chega a 187,9 litros por dia, e o menor corresponde ao da Região Norte, que apresenta um consumo *per capita* de 118,9 litros por dia. Além disso, em geral, para garantir esse consumo à população, as perdas de água nos sistemas aproximam-se de 36,7% durante à distribuição (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016).

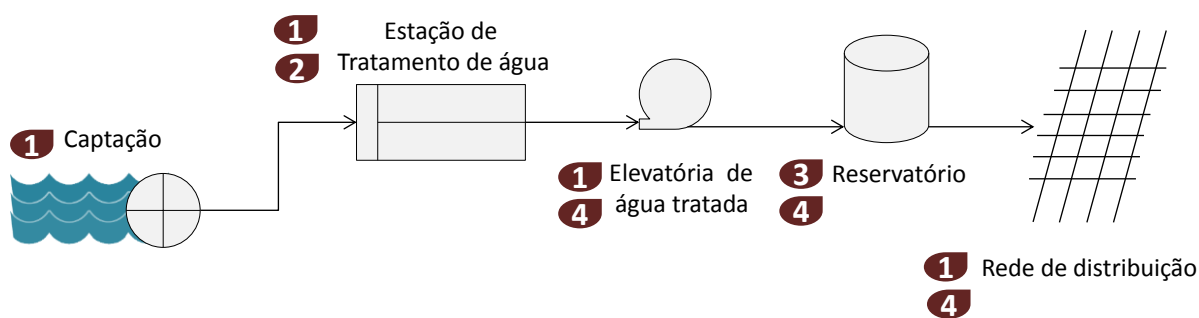
Com relação à eficiência, diversos outros parâmetros, assim como as perdas de água, podem mensurar o quão sustentável é a prestação do serviço de abastecimento de água, tendo em vista que tais parâmetros avaliam se o objetivo de fornecer água ao usuário foi realizado por meio do melhor processo.

A pressão na rede de distribuição de água é um parâmetro amplamente estudado e fundamental para avaliar a eficiência e, inclusive, a segurança da operação do sistema. De acordo com o *Recommended Standards for Water Works* (2007), a pressão normal de operação deve ser pelo menos de 25 metros de coluna d'água (mca) e idealmente entre 42 e 56 mca. No entanto, as pressões no sistema facilmente são menores que 25 e maiores que 70 mca.

Segundo Xu *et al.* (2014) são as tubulações da rede de distribuição são passíveis de contaminação e incrustação. Além disso, a pressão da rede está diretamente ligada às perdas no sistema, havendo assim uma relação intrínseca entre a variação da pressão no sistema de distribuição e as taxas de vazamento. Em consequência, esses parâmetros influenciam diretamente no volume de água distribuído à população, assim como na continuidade do serviço, os quais, como já citados, são parâmetros relativos à eficácia do sistema (LAMBERT e HIRNET, 2000).

Além da pressão na rede de distribuição, o consumo energético é outro parâmetro relacionado à eficiência dos sistemas de abastecimento de água. Segundo Gebrim (2013), a análise e otimização do gasto energético dos sistemas de abastecimento de água é possível por meio de intervenções no sistema, como pelo acionamento de bombas e manobras em válvulas.

Sendo assim, de maneira geral, o desempenho operacional pode ser avaliado nos diversos componentes do sistema de abastecimento de água, conforme pode ser verificado na Figura 3.1. Na captação, nas elevatórias e na estação de tratamento, o consumo energético é um fator importante a ser avaliado no sistema, principalmente no que se refere às bombas. Na estação de tratamento, o desempenho pode ser avaliado por outros fatores, como a carreira de filtração, a eficiência de floculação, dentre outros. Muito embora, o desempenho relativo a esses fatores se refletem na qualidade da água distribuída, principalmente no que se refere a turbidez e cor (VERAS e BERNARDO, 2008).



**Figura 3.1** - Sistema de abastecimento de água com destaque nas unidades que comumente apresentam representatividade no (1) consumo energético, (2) eficiência de tratamento, (3) capacidade de reservação e (4) perdas e vazamento de água.

A capacidade de reservação também pode ser um reflexo do desempenho do sistema, pelo fato de ser um fator limitante na distribuição de água. Desse modo, esse parâmetro está diretamente ligado ao volume de água distribuído *per capita*, o qual é reflexo da eficácia do sistema, conforme já mencionado.

### 3.3.3 Desempenho financeiro

O desempenho financeiro pode ser avaliado com base nos custos, despesas e receita da companhia avaliada, sendo desejável que os custos e despesas sejam minimizados frente a um processo de maximização dos lucros. Segundo a Norma e Procedimento de Contabilidade (2016), os custos são a soma dos gastos incorridos e necessários para a produção de um bem, ao passo que despesas são todos os bens ou serviços consumidos na manutenção de atividades operacionais e na obtenção de receitas, não vinculadas à produção de bens e serviços. Sendo assim, com o intuito de avaliar o desempenho financeiro de uma prestadora de serviços de abastecimento de água, os custos tornam-se alvo da análise tendo em vista que sofrem impacto direto das ações voltadas à otimização do processo.

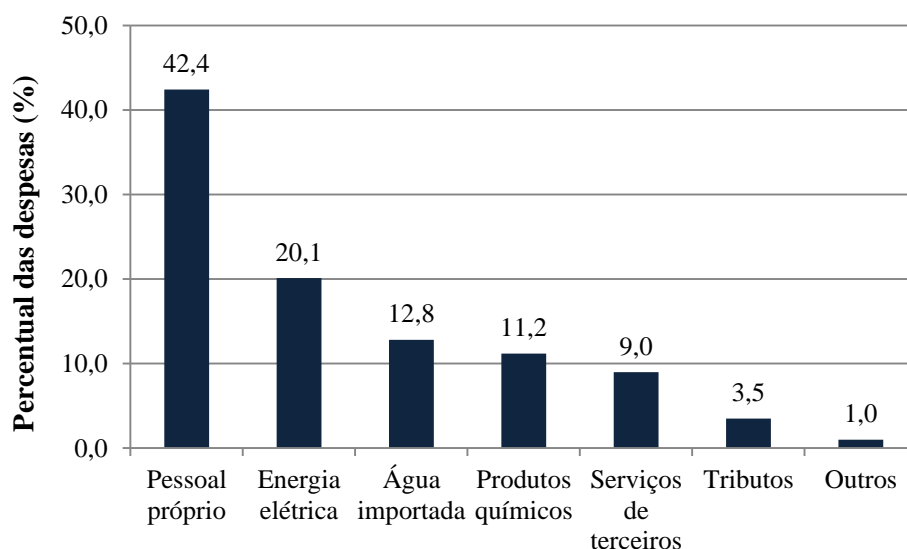
De acordo com Destandau e Garcia (2014), o objetivo básico das prestadoras tem sido reduzir custos e economizar água, sem causar impacto efetivo na qualidade do serviço. Além disso, segundo os autores, uma melhor compreensão entre os custos e a qualidade do serviço de abastecimento de água é essencial para regulação, tendo em vista a comparação entre o desempenho de diferentes operadores.

Nos sistemas de abastecimento de água os principais custos associados são de operação, manutenção, mão de obra, matéria prima e energia, dentre outros menos impactantes no

desempenho (HUMAN RIGHTS COUNCIL, 2015). Dentre esses custos Cherchi (2015) destaca a diminuição do custo de energia como grande desafio das prestadores de serviços de abastecimento de água, tendo em vista o alto consumo energético para bombeamento, elevação e tratamento da água para consumo. Segundo Moreira e Ramos (2013), significativa parte dos custos associa-se à energia necessária para bombeamento da água, o que pode corresponder a até 90% de toda a energia necessária para produção de água para abastecimento.

Além do custo energético, os de manutenção também apresentam significativo comprometimento dos gastos das prestadores de serviço de água. Um estudo conduzido nos Estados Unidos aponta que dos 138 bilhões de dólares necessários para manter e substituir os sistemas de abastecimento de água no país nos próximos 20 anos, cerca de 77 bilhões de dólares serão necessários para reparos e substituições de tubulações da rede de distribuição (SELVAKUMAR *et al.*, 2002).

No Brasil, segundo o Ministério das Cidades (2016), os maiores custos de exploração das prestadores de serviços de abastecimento de água estão relacionados aos gastos com pessoal próprio e com energia elétrica, compreendendo 62,5% de todos os custos das prestadoras no ano de 2014, como pode ser visto na Figura 3.2.

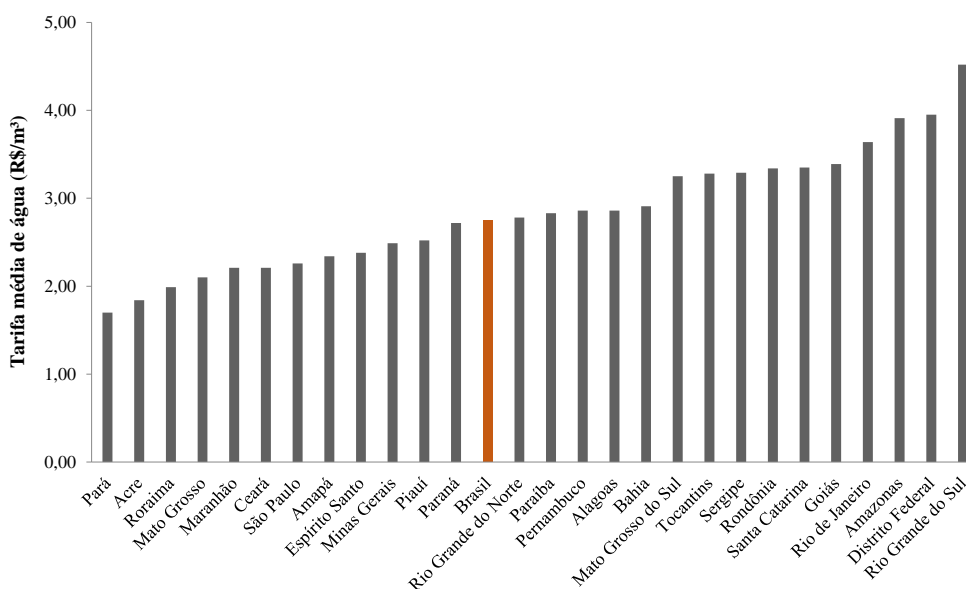


**Figura 3.2** - Custos de exploração dos prestadores de serviço de abastecimento de água no Brasil.

Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades (2016)

No que se refere a receita das prestadoras de serviço de abastecimento de água, a tarifa configura-se como seu principal componente. Embora seja difícil avaliar as políticas tarifárias praticadas, em decorrência das diferentes modalidades aplicadas para o cálculo das tarifas, é possível afirmar que o intuito da tarifação é proporcionar o equilíbrio econômico-financeiro das prestadoras, possibilitando que o serviço continue sendo prestado (ARSAE,2016).

A tarifação em todo o país é variável e a metodologia para definição dos reajustes tarifários é bastante distinta. As tarifas médias praticadas pelas principais empresas e autarquias estaduais de saneamento são apresentadas na Figura 3.3. Vale destacar que a tarifa apresentada na referida figura é calculada pela razão entre a receita proveniente da tarifação e o volume de água faturado pela prestadora (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016).



**Figura 3.3** - Tarifa média de água praticada nos estados brasileiros.

Fonte: Adaptado de Ministérios das Cidades (2016)

A fim de possibilitar a avaliação dos custos e receitas, assim como dos diversos parâmetros operacionais e de qualidade, com o intuito de avaliar o desempenho dos serviços de abastecimento de água, torna-se necessário um conhecimento mais aprofundado acerca dos conceitos e utilização de indicadores, de modo que seja possível avaliar diversos parâmetros por meio dessa ferramenta.

### 3.4 Indicadores

Os indicadores podem ser utilizados em diversas áreas do conhecimento, desde o setor primário, para a escolha dos melhores defensivos agrícolas, como na prestação de serviços, incluindo os de abastecimento de água e esgotamento sanitário. De maneira geral, os indicadores de desempenho são provedores de informações-chave, as quais são primordiais para definição da eficiência e efetividade em qualquer atividade (MATOS *et al.*, 2003).

Segundo Larsson *et al.* (2002), os indicadores podem ser utilizados para uma avaliação de performance pela comparação quantitativa. Os autores salientam que a utilização de indicadores minimizam a subjetividade inerente às avaliações comparativas, cuja as avaliações são realizadas pela identificação de práticas de processos similares. Desse modo, os indicadores tornam-se úteis em diversos setores e para diferentes objetivos, podendo servir desde o planejamento estratégico de uma companhia até como ferramenta para tomada de decisões, como apresentado na Figura 3.4.



**Figura 3.4** - Utilidade dos indicadores para diversas etapas de gestão nas organizações.  
Fonte: Adaptado de Matos *et al.*, 2003

#### 3.4.1 Indicadores de saneamento

No que tange aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, a utilização de indicadores permite a identificação dos setores que necessitam de melhoria e, até mesmo, a tomada de decisões entre possibilidades de investimento. Para as agências reguladoras, especificamente, os indicadores de desempenho também podem ser ferramentas úteis para



prover uma estrutura consistente para comparar a performance dos regulados e identificar áreas que requererem melhorias, assim como para embasar a formulação de políticas para o setor, idealizando a perspectiva para integração do serviço de abastecimento de água, investimentos e desenvolvimento de ferramentas de regulação e provimento de informações de monitoramento chave para resguardar o interesse dos usuários onde os serviços prestados são monopolizados (Matos *et al.*, 2003).

Apesar do consenso sobre a importância dos indicadores no setor, sua utilização para regulação e fiscalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário apresenta um vasto campo a ser explorado, muito embora algumas iniciativas nacionais e internacionais tenham tentado preencher, desde a última década, lacunas referentes ao assunto.

Nacionalmente existem três principais provedores de informações relativas ao saneamento, sendo eles o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), a ABAR e a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB).

Segundo Carvalho (2013), o SNIS é o sistema com o maior rol de indicadores, os quais são divididos em cinco dimensões: Econômico-financeiro, Administrativo, Operacional, Balanço e Qualidade. Em contrapartida, o autor destaca a fragilidade do PNSB, cujo último estudo foi realizado em 2000, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

No âmbito internacional, o setor de saneamento tem a referência de diversos estudos, principalmente os conduzidos pela Internacional Water Association (IWA), American Water Works Association (AWWA), Internacional Benchmarking Network for Water and Sanitation (IBNET), Office of Water Services (OFWAT), além de iniciativas das agências de regulação em Portugal, dentre outros.

Carvalho (2013) destaca a grande heterogeneidade dos indicadores utilizados pelos órgãos supracitados, proporcionando um amplo rol de indicadores passíveis de serem utilizados, o que pode ser desfavorável tendo em vista as análises equivocadas que podem ser geradas por meio de tais informações. Meadows (1998) ressalta que se deve evitar a agregação exagerada dos indicadores, a fim de que não seja perdido a essência da informação desejada, assim como é importante atentar-se para correlações equivocadas e para a confiança exagerada nos indicadores ao explicar um determinado evento. Em contrapartida, ao determinar um rol de

indicadores, deve-se considerar a representatividade, clareza, simplicidade e facilidade de replicação, o que reafirma a necessidade de estudos minuciosos de modo que os resultados possam retratar, com fidedignidade, a realidade (CORTON, 2003; GALVÃO; XIMENES, 2008).

### **3.4.2 Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)**

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento foi criado em 1996 pelo Governo Federal com o intuito de coletar informações sobre os serviços correlatos ao saneamento em todo o Brasil. Os primeiros estudos abordaram especificamente os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, muito embora, desde 2002, os serviços relacionados aos resíduos sólidos urbanos passaram a ser contemplados pelo estudo (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016).

De maneira geral o SNIS tem o objetivo de constituir-se em uma ferramenta de auxílio para (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016):

- Planejamento e execução de políticas públicas de saneamento;
- Orientação da aplicação de recursos;
- Conhecimento e avaliação do setor de saneamento;
- Avaliação de desempenho dos prestadores de serviços;
- Aperfeiçoamento da gestão;
- Orientação de atividades regulatórias e de fiscalização;
- Exercício do controle social.

Desde sua criação, o SNIS tem avançado em seu rol de informações e indicadores, assim como no número de municípios aderentes ao estudo. Em 1996, o estudo considerou apenas 226 municípios em todo o Brasil, sendo que em 2015 o estudo abrangeu 5.114 municípios brasileiros e uma população de quase 168 milhões, o que corresponde a mais de 98% da população urbana do país (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2006). Em sua última edição, o SNIS apresentou 198 informações, a partir das quais o sistema desenvolveu 84 indicadores relativos aos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário (MINISTÉRIO DAS

CIDADES, 2016). Esses indicadores são, atualmente, divididos em cinco grupos, permitindo a construção de um panorama econômico-financeiro, operacional (água e esgoto) e de qualidade do serviço prestado.

Vale destacar que desde 2009 o preenchimento do SNIS pelos prestadores é obrigatório para o acesso aos recursos providos pelo Ministério das Cidades. No entanto, o fato dos próprios prestadores fornecerem as informações configura uma fragilidade do sistema, devido ao perfil autodeclaratório. Além disso, outro ponto de melhoria do SNIS está relacionado à defasagem das informações, as quais são disponibilizadas com atraso superior a um ano em relação à coleta dos dados. No entanto, reconhecem-se os esforços do Ministério das Cidades na minimização dessa defasagem, a qual tem diminuído a cada novo diagnóstico publicado.

Devido a amplitude das informações disponibilizadas pelo SNIS, diversos trabalhos científicos foram desenvolvidos utilizando essa base de dados, dentre eles destacam-se os apresentados no Quadro 3.2.

**Quadro 3.2** – Exemplos de estudos publicados que utilizaram a base de dados do SNIS

<b>Fonte</b>	<b>Periódico</b>	<b>Escopo do estudo</b>	<b>Ferramenta utilizada</b>	<b>Indicadores do SNIS</b>	<b>Natureza dos indicadores<sup>1</sup></b>	<b>Conclusão principal</b>
Alencar e Abreu (2007)	Management of Environmental Quality: An International Journal	Seleção de indicadores para adoção de ações de melhorias nos sistemas de abastecimento de água	Análise fatorial	35	OA (12), OE (8), EF (8) e B (7)	Fatores como proteção ambiental e capacidade econômico-financeira explicam a performance das companhias
Barbosa <i>et al.</i> (2016)	Utilities Policy	Influência da regulação na eficiência da prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário	Avaliação temporal e Análise Envoltória dos dados	8	OA (4), EF (1) e OE (3)	Sem evidências de que as privatizações da prestação de serviço levaram ao aumento da eficiência dos sistemas
Ferro <i>et al.</i> (2013)	Utilities Policy	Avaliação a eficiência do setor de saneamento	Método de Fronteira Estocástica (AFE)	10	EF (4), OA (4), OE (2)	Diferenças nos custos de acordo com a região, mas não quanto ao tipo de prestador
Maiello <i>et al.</i> (2015)	Futures	Investigação da utilização de informações e indicadores para serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em nível municipal	Triangulação de dados: análise quali-quantitativa	5	OA (2), Q (2) e OE (1)	Elementos chaves podem ser utilizados para governança com o intuito de possibilitar a tomada de decisão sobre os serviços em nível municipal

**Quadro 3.2 – Exemplos de estudos publicados que utilizaram a base de dados do SNIS (continuação)**

<b>Fonte</b>	<b>Periódico</b>	<b>Escopo do estudo</b>	<b>Ferramenta utilizada</b>	<b>Indicadores do SNIS</b>	<b>Natureza dos indicadores<sup>1</sup></b>	<b>Conclusão principal</b>
Motta e Moreira (2006)	Utilities Policy	Comparação da produtividade de companhias públicas e privadas	Análise de regressão e Análise Envoltória de dados	15	Indisponível <sup>2</sup>	O âmbito da companhia não influencia a produtividade nem a melhoria dos serviços municipais
Sabbioni (2008)	Utilities Policy	Verificação dos custos associados aos diferentes tipos de prestadores	Modelagem matemática	9	OA (6), EF (2), OE (1)	Prestadores regionais apresentam menores custos e em âmbito local as companhias privadas e públicas apresentam custos similares
Scriptore e Toneto, 2012	Revista de Administração Pública	Comparação de desempenho de provedores públicos e privados dos serviços de saneamento básico	Método de estimativa por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO)	14	EF (9), OA (3), OE (1) e Q (1)	Sem evidências fortes que há diferença de desempenho entre provedores públicos e privados na maior parte dos indicadores

**Quadro 3.2 - Estudos que utilizaram a base de dados do SNIS (continuação)**

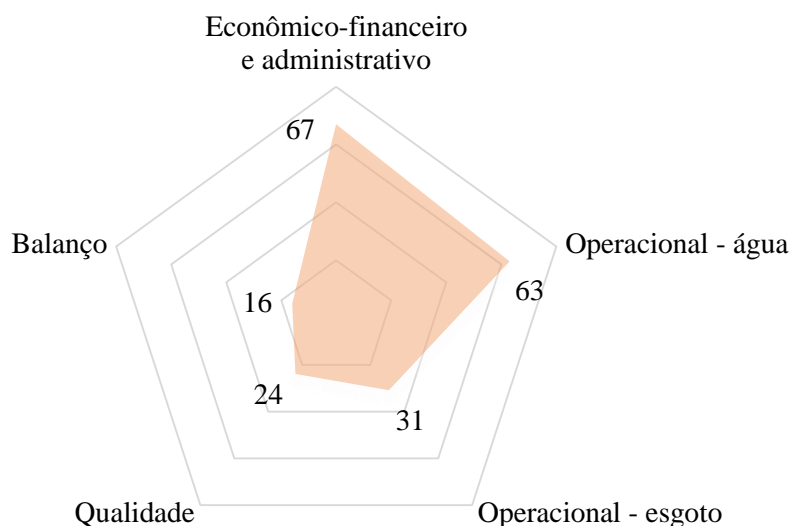
<b>Fonte</b>	<b>Periódico</b>	<b>Escopo do estudo</b>	<b>Ferramenta utilizada</b>	<b>Indicadores do SNIS</b>	<b>Natureza dos indicadores<sup>1</sup></b>	<b>Conclusão principal</b>
Tanigushi (2013)	Tese (Doutorado em Saúde Pública) - USP	Avaliação da abrangência e escala dos prestadores	Teste Shapiro-Wilk, Kruskal-Wallis e post-hoc de Bonferroni	25	EF (9), OA (5), Q (8) e OE (3)	Sem consenso quanto a influência da escala e do escopo dos serviços
Tupper e Resende, (2004)	Utilities Policy	Avaliação da eficiência relativa das companhias estaduais de serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário	Análise Envoltória de Dados	4	OA (2), OE (1) e EF (1)	Possibilidade de relevante redução nos custos de operação
Von Sperling e Von Sperling, 2013	Engenharia Sanitária e Ambiental	Proposição de sistema único de indicadores para o serviço de esgotamento sanitário	Metodologia Delphi	84	EF (32), OA (22), Q (13), B (9) e OE (8)	Rol de indicadores com base em sua relevância para prestadores de serviços, agência reguladora, administração pública e usuário

EF: Econômico-financeiro e administrativo; OA: Operacional-água; OE: Operacional-esgoto; Q: Qualidade e B: Balanço contábil

<sup>1</sup> Entre parênteses encontram-se o número de indicadores utilizados para cada tipo de natureza citada

<sup>2</sup> As informações dos autores são insuficientes para a separação dos indicadores quanto à natureza

A partir da análise dos estudos conduzidos utilizando a base de dados do SNIS, conforme pode ser observado pela Figura 3.5, verifica-se a predominância da utilização de indicadores econômico-financeiros e operacionais relativos aos sistemas de abastecimento de água, o que de certa forma é esperado tendo em vista a maior disponibilidade desses grupos de informações no SNIS.



**Figura 3.5** - Natureza dos indicadores utilizados nos estudos avaliados no presente trabalho.

Apesar dos trabalhos desenvolvidos, percebe-se que há lacunas a serem preenchidas no que tange à utilização das informações do SNIS. A avaliação dos indicadores, quanto ao porte do município e a concepção de minimização do número de indicadores para explicação de um determinado sistema, ainda é assunto pouco explorado pela literatura. Desse modo, verifica-se a necessidade quanto a continuidade da exploração da base de dados do SNIS por meio de novas metodologias, a fim de que seja possível avaliar, dentre diversas vertentes, os indicadores dos sistemas de abastecimento de água face aos diferentes portes populacionais.

## 4 METODOLOGIA

O presente trabalho apresenta dois vieses principais. O primeiro deles tem como intuito modelar equações que reflitam os indicadores de desempenho financeiro, operacional e de qualidade da água, para os municípios amostrados, de acordo com seu porte populacional. O outro viés tem como objetivo a análise das regressões e das variáveis significativas para proposição de ações prioritárias aos municípios. Sendo assim, para que os objetivos pré-estabelecidos sejam alcançados, serão utilizadas técnicas estatísticas que permitam a avaliação e análise das informações disponíveis no SNIS.

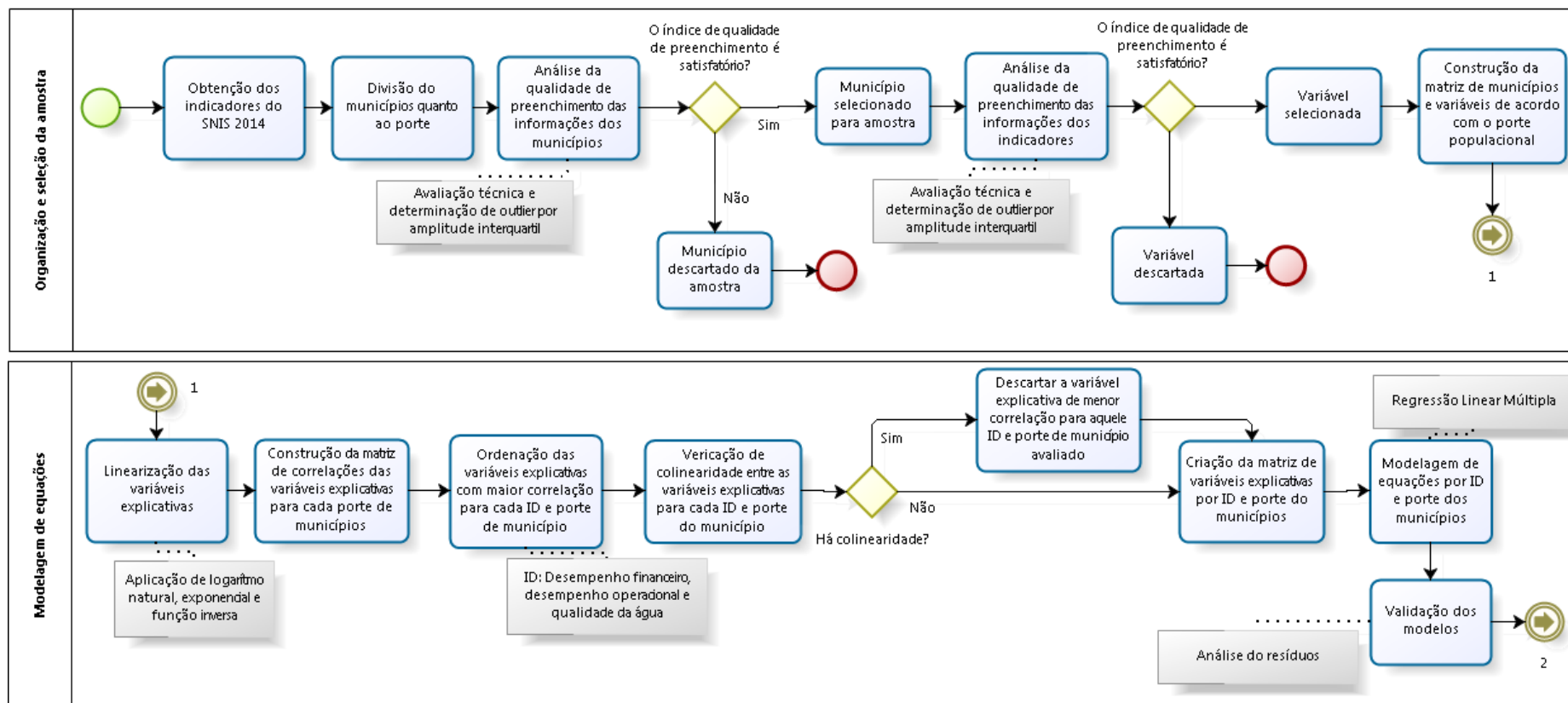
O SNIS foi escolhido como base de dados para o presente estudo por ser o banco de informações mais completo relativo aos serviços de abastecimento de água prestados nos municípios brasileiros, dispondo de um rol de informações que abrangem quesitos operacionais, financeiros, de qualidade e até mesmo relativo ao balanço contábil das prestadoras. Além disso, destaca-se a abrangência desse sistema, o qual apresenta informações de 92% dos municípios e uma representatividade de 98% em relação à população urbana do Brasil, permitindo uma avaliação ampla do desempenho operacional, financeiro e de qualidade da água face às diversas informações disponibilizadas.

Além disso, vale destacar os motivos pelos quais a Regressão Linear Múltipla (RLM) foi escolhida como ferramenta estatística para o desenvolvimento do presente estudo. Como o objetivo cerne do trabalho permeia pela análise simultânea de múltiplas variáveis, fez-se necessário a escolha de uma análise multivariada. Dentre as diversas possibilidades de métodos estatísticos, como análise fatorial e de componentes principais, verificou-se que o instrumento mais adequado para prever uma variável resposta por meio de um conjunto de variáveis explicativas seria a RLM. Desse modo, a escolha da referida técnica permitiu a obtenção de modelos que descrevem, para diferentes portes populacionais, o desempenho financeiro, operacional e de qualidade da água, contribuindo, assim, para o alcance dos objetivos do presente estudo.

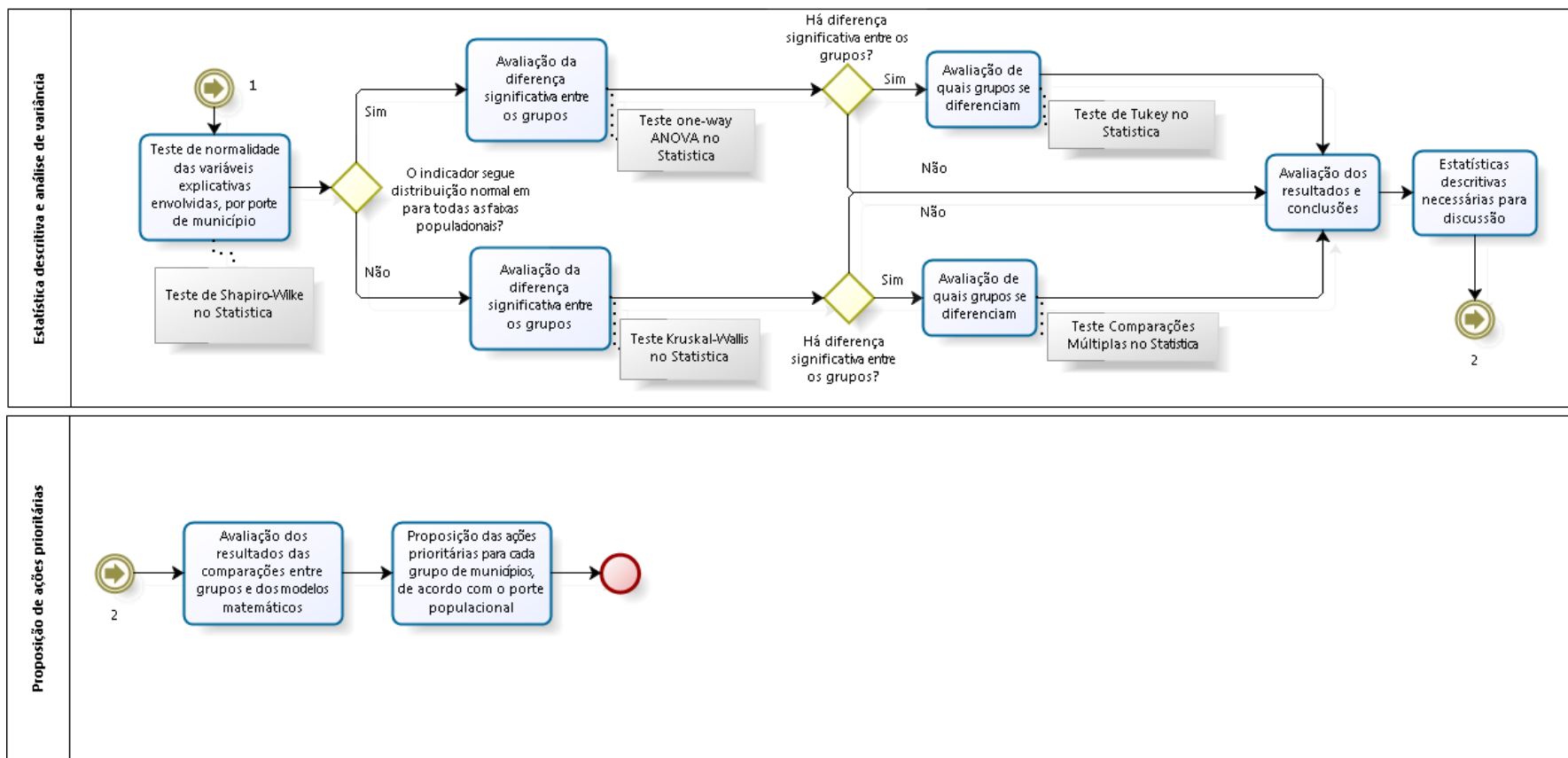
Vale ressaltar que todos os testes de hipóteses apresentados nos itens subsequentes foram realizados para um nível de significância de 5%.

Com o intuito de facilitar a compreensão da estrutura metodológica do trabalho, segue um fluxograma, o qual é apresentado nas figuras 4.1 e 4.2.





**Figura 4.1** - Fluxograma das duas primeiras etapas metodológicas utilizadas no presente trabalho, construído no software Bizagi®.



**Figura 4.2** - Fluxograma das demais etapas metodológicas utilizadas no presente trabalho, construído no software Bizagi®.

#### 4.1 Organização e seleção da amostra

O presente estudo pauta-se na análise de dados referentes à prestação de serviços de abastecimento de água disponibilizados pelo SNIS para o ano de 2014. Sendo assim, esse estudo apresenta uma análise pontual que reflete a conjuntura dos prestadores no referido ano, cujo os dados são os mais atualizados.

O Quadro 4.1 apresenta as 61 variáveis correlatas ao serviço de abastecimento de água, dentre os 84 disponíveis no rol de indicadores do SNIS, conforme disposto no Quadro 4.1.

**Quadro 4.1 - Variáveis pré-selecionados do SNIS**

Nº da variável	Variável	Unidade
1	Densidade de economias de água por ligação	Economia. Ligação <sup>-1</sup>
2	Economias ativas por pessoal próprio	Economia.empregado <sup>-1</sup>
3	Despesa total com os serviços por m <sup>3</sup> faturado	R\$/m <sup>3</sup>
4	Tarifa média praticada	R\$/m <sup>3</sup>
5	Tarifa média de água	R\$/m <sup>3</sup>
6	Incidência da despesa de pessoal e de serviços de terceiros nas despesas totais com os serviços	%
7	Despesa média anual por empregado	R\$.empregado <sup>-1</sup>
8	Índice de hidrometração	%
9	Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado	%
10	Índice de macromedição	%
11	Indicador de desempenho financeiro	%
12	Índice de perdas faturamento	%
13	Consumo micromedido por economia	m <sup>3</sup> .economia.mês <sup>-1</sup>
14	Consumo de água faturado por economia	m <sup>3</sup> .economia.mês <sup>-1</sup>
15	Quantidade equivalente de pessoal total	Empregado
16	Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total	Economia.empregado <sup>-1</sup>
17	Extensão da rede de água por ligação	m.ligação <sup>-1</sup>
18	Consumo médio <i>per capita</i> de água	L.(dia.habitante) <sup>-1</sup>
19	Índice de atendimento urbano de água	%
20	Volume de água disponibilizado por economia	m <sup>3</sup> .(economia.mês) <sup>-1</sup>
21	Despesa de exploração por m <sup>3</sup> faturado	R\$.m <sup>-3</sup>
22	Despesa de exploração por economia	R\$.(economia.ano) <sup>-1</sup>
23	Índice de faturamento de água	%
24	Índice de evasão de receitas	%
25	Margem da despesa de exploração	%
26	Margem da despesa com pessoal próprio	%
27	Margem da despesa com pessoal total (equivalente)	%
28	Margem do serviço da dívida	%
29	Margem das outras despesas de exploração	%

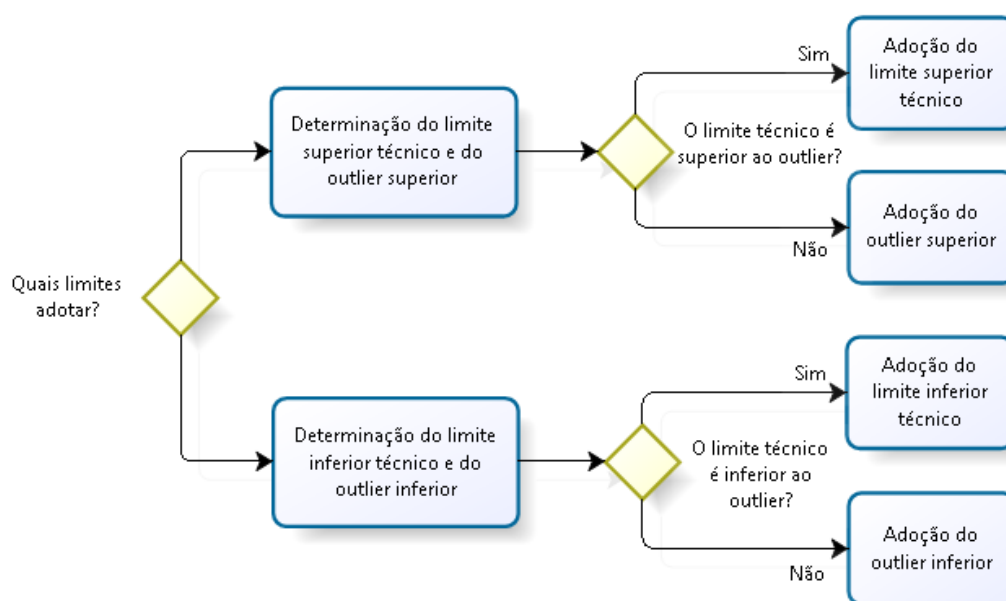
**Quadro 4.1 - Variáveis pré-selecionadas do SNIS (continuação)**

<b>Nº da variável</b>	<b>Variável</b>	<b>Unidade</b>
30	Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração	%
31	Participação da despesa com pessoal total (equivalente) nas despesas de exploração	%
32	Participação da despesa com energia elétrica nas despesas de exploração	%
33	Participação da despesa com produtos químicos nas despesas de exploração (DEX)	%
34	Participação das outras despesas nas despesas de exploração	%
35	Participação da receita operacional direta de água na receita operacional total	%
36	Participação da receita operacional indireta na receita operacional total	%
37	Participação das economias residenciais de água no total das economias de água	%
38	Índice de micromedição relativo ao consumo	%
39	Índice de produtividade: empregados próprios por 1000 ligações de água	Empregados.(mil ligações) <sup>-1</sup>
40	Índice de perdas na distribuição	%
41	Índice bruto de perdas lineares	m <sup>3</sup> .(km.dia) <sup>-1</sup>
42	Índice de perdas por ligação	L.(ligação.dia) <sup>-1</sup>
43	Índice de consumo de água	%
44	Consumo médio de água por economia	m <sup>3</sup> .(economia.mês) <sup>-1</sup>
45	Dias de faturamento comprometidos com contas a receber	Dias
46	Índice de atendimento total de água	%
47	Índice de fluoretação de água	%
48	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água	kWh.m <sup>3</sup>
49	Economias atingidas por paralisações	Economia.paralisações <sub>-1</sub>
50	Duração média das paralisações	Horas.paralisações <sup>-1</sup>
51	Economias atingidas por intermitências	Economia.intermitências <sup>-1</sup>
52	Duração média das intermitências	Horas.intermitências <sup>-1</sup>
53	Incidência das análises de cloro residual fora do padrão	%
54	Incidência das análises de turbidez fora do padrão	%
55	Índice de conformidade da quantidade de amostras - cloro residual	%
56	Índice de conformidade da quantidade de amostras – turbidez	%
57	Duração média dos serviços executados	Horas.serviço <sup>-1</sup>
58	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	%
59	Índice de conformidade da quantidade de amostras - coliformes totais	%
60	Índice de suficiência de caixa	%
61	Índice de produtividade de pessoal total	Ligações.empregados <sup>-1</sup>

Vale ressaltar que a definição de cada informação do SNIS é disponibilizada pelo Ministério das Cidades, podendo ser consultada facilmente. Além disso, destaca-se que o SNIS disponibiliza duas classes de variáveis (informações e indicadores), no entanto, para fins do presente estudo, utilizou-se o rol de indicadores, o qual apresenta de maneira mais sintética as diversas informações coletadas pelo SNIS.

Considerou-se que, anteriormente a utilização efetiva das informações, era necessário promover uma avaliação prévia dos dados, conforme recomendado por Garcia *et al.* (1990). Rousseuw e Zomeren (1990) definem assertivamente que os *outliers* são observações que apresentam certo afastamento das demais, podendo, em alguns casos, serem excluídos da base de informações após avaliação técnica cautelosa. Desse modo, a etapa preliminar do presente estudo consistiu na análise primária de todas as variáveis relativas ao serviço de abastecimento de água do referido rol de indicadores do SNIS do ano de 2014.

Para identificação dos *outliers*, utilizou-se o método exploratório de Amplitude Interquartil em conjunto com análise técnica de cada variável da base de dados (NAGHETTINI e PINTO, 2007). Para isso, foram identificados os valores tecnicamente plausíveis, os quais são apresentados no Apêndice: Tabela A1, assim como calculados os *outliers*. Posteriormente, definiu-se o intervalo aceitável para cada variável, conforme apresentado na Figura 4.3, considerando que os dados que se encontram acima do intervalo superior e abaixo do intervalo inferior estabelecidos são anômalos.



**Figura 4.3** - Fluxograma para definição dos limites superior e inferior a serem adotados para identificação de dados anômalos.

Tendo em vista que o presente trabalho visa avaliar as variáveis com ênfase nos diferentes portes populacionais, o método preliminar foi aplicado separadamente para cada grupo de municípios, de acordo com a população, com o intuito de evitar distorções na identificação dos *outliers* devido a presença de municípios de pequeno e grande porte em uma mesma análise. Desse modo, as classes de população adotadas no presente estudo foram em conformidade com a divisão em faixas utilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016):

- Municípios com população inferior a 5 mil habitantes (Pequeno porte 1);
- Municípios com população entre 5 mil e 10 mil habitantes (Pequeno porte 1);
- Municípios com população entre 10 mil e 20 mil habitantes (Pequeno porte 1);
- Municípios com população entre 20 mil e 50 mil habitantes (Pequeno porte 2);
- Municípios com população entre 50 mil e 100 mil habitantes (Médio porte);
- Municípios com população superior a 100 mil habitantes (Grande porte).

Além da definição dos dados anômalos, foram identificados os dados não preenchidos por cada município. Após a definição de todos os dados anômalos e não preenchidos, foi calculado o Índice de dados analisáveis (IDA) para cada município, obtido conforme Equação 4.1.

$$IDA = \frac{\text{Quantidade de dados anômalos} + \text{Quantidade de dados não preenchidos}}{\text{Total de dados}} \quad (4.1)$$

O IDA, após ter sido calculado para cada município, foi utilizado como critério para seleção da amostra. Sendo assim, foram selecionados os municípios que apresentaram um IDA superior ao terceiro quartil das amostras correspondentes. Posteriormente, avaliou-se a distribuição espacial da amostra pré-selecionada no estado de Minas Gerais, assim como nos grupos populacionais, a fim de se verificar a representatividade da amostra. A representatividade da amostra foi averiguada partindo da premissa que era desejável que houvessem municípios representando as diversas regiões do estado, assim como as seis faixas populacionais avaliadas no presente estudo.

De maneira semelhante, as variáveis do SNIS utilizadas no presente estudo foram selecionadas com base nas anomalias e no não preenchimento, de modo que foram eliminados da amostra aqueles parâmetros que, em sua maioria, não foram preenchidos satisfatoriamente pelos prestadores. Assim, após triagem inicial, foram criadas seis bases de dados para

realização das análises posteriores, uma para cada faixa do porte populacional supracitada, as quais dispunham dos municípios e das variáveis selecionadas.

## 4.2 Modelagem das equações

Selecionada a amostra e criadas as bases de dados, conforme objetivo geral previamente elucidado, os parâmetros oriundos do SNIS foram empregados para se explicar, por meio de modelos de regressão linear múltipla, a variação do desempenho financeiro, desempenho operacional e qualidade da água, os quais foram denominados como indicadores de desempenho e considerados como variáveis dependentes do presente estudo.

Com base na definição de Larsson *et al.* (2002) de que os indicadores devem possibilitar comparações quantitativas, definiu-se os parâmetros de desempenho para avaliação dos municípios por meio equações 4.2, 4.3 e 4.4, cujas as informações estão disponíveis no SNIS 2014.

$$\text{Desempenho financeiro} = \frac{\text{Receitas operacionais}}{\text{Despesa total com os serviços}} \quad (4.2)$$

$$\text{Desempenho operacional} = \frac{\text{Volume de água distribuída}}{\text{Quantidade de economias ativas}} \quad (4.3)$$

$$\text{Qualidade da água} = \frac{\sum \text{Amostras fora do padrão de cloro, turbidez e coliformes totais}}{\sum \text{Amostras analisadas de cloro, turbidez e coliformes totais}} \quad (4.4)$$

Em suma, entende-se que para avaliar o serviço de abastecimento de água é importante avaliar o equilíbrio financeiro da prestadora, o desempenho operacional e a qualidade da água distribuída.

Seria de grande valia poder analisar, também, a continuidade do abastecimento, o qual poderia compor o desempenho operacional. No entanto, verificou-se demasiada fragilidade dos quatro indicadores do SNIS correlacionados com esse fator (economias atingidas por paralisações, duração média das paralisações, economias atingidas por intermitência e duração média das intermitências), conforme evidenciado no Capítulo 5.

Além disso, quanto à qualidade da água, verificou-se uma limitação de informações para composição da variável dependente, apresentada acima na Equação 4.4, devido a carência do SNIS em informações correlatas à temática.

Após o cálculo desses indicadores, procedeu-se à construção das matrizes de correlação.

#### 4.2.1 Matrizes de correlação

As matrizes de correlação foram construídas com o intuito de verificar as potenciais variáveis explicativas para os modelos matemáticos lineares. Considerando a possibilidade das relações funcionais entre as variáveis e os indicadores de desempenho serem não lineares, foram realizadas algumas das transformações propostas por Yevdjovich (1964), tais como a aplicação de logaritmo natural, exponencial e a função inversa. Tencionou-se avaliar, assim, as correlações com os indicadores de desempenho também face às transformações realizadas.

Após as linearizações, foram construídas as matrizes de correlação com auxílio do software Statistica®, considerando as correlações lineares entre cada variável e os indicadores de desempenho, assim como as correlações obtidas posteriormente às transformações propostas.

Para obtenção das correlações utilizou-se a Correlação de Pearson, a qual permite verificar a intensidade da associação linear entre duas variáveis por meio da Equação 4.5 (KOTTEGODA e ROSSO, 2008).

$$r = \frac{C_{x,y}}{S_x S_y} \quad (4.5)$$

em que  $C_{x,y}$  corresponde a covariância das variáveis,  $S_x$  o desvio padrão da variável  $x$  e  $S_y$  o desvio padrão da variável  $y$ .

Vale destacar que, o fato de não se verificar correlação linear por meio da Correlação de Pearson não implica que não haja correlação entre as variáveis analisadas, as quais podem apresentar correlações não-lineares.

Tendo em vista que algumas variáveis apresentam correlação significativa entre si e que, segundo Hair *et al.* (2009), para a construção dos modelos de Regressão Linear Múltipla (RLM), as multicolinearidades devem ser avaliadas para mitigar estimativas errôneas dos coeficientes, realizou-se um filtro das variáveis explicativas pré-selecionadas. Desta forma, eliminou-se, entre dois indicadores correlacionados, aquele com menor correlação linear com o indicador de desempenho. Para isso, considerou-se que duas variáveis apresentam multicolinearidade quando o coeficiente de correlação linear é superior a 85% (NAGHETTINI e PINTO, 2007). Esse procedimento faz-se necessário tendo em vista que o



modelo de regressão pressupõe a independência entre as variáveis explicativas, e a presença de multicolinearidade dificulta a separação de efeitos que duas variáveis exercem sobre a variável dependente. Vale ressaltar que a técnica de construção de modelos de regressão utilizada no presente trabalho, denominada *forward stepwise regression* e explicada no item 4.2.2.1, também mitiga o efeito da multicolinearidade no provimento dos modelos matemáticos (NETER *et al.*, 2004).

Finalizada essa etapa, para cada indicador de desempenho e faixa populacional, elencaram-se as possíveis variáveis explicativas a serem introduzidas no modelo matemático por meio da RLM, com a devida tratativa quanto à multicolinearidade entre as variáveis.

#### 4.2.2 Regressão Linear Múltipla (RLM)

A RLM é uma ferramenta estatística que possibilita prever um determinado valor para uma variável de resposta, ou dependente, por meio de um conjunto de variáveis explicativas, ou independentes. De maneira geral, essa regressão é representada matematicamente pela seguinte Equação (KOTTEGODA e ROSSO, 2008):

$$Y = \varepsilon + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \quad (4.6)$$

em que  $Y$  corresponde à variável de resposta,  $X_i$  às variáveis explicativas,  $\varepsilon$  aos resíduos,  $\beta$  aos coeficientes de regressão de cada variável independente  $X$  e  $k$  ao número de parâmetros.

O método mais usual para estimar os coeficientes da regressão consiste no Método dos Mínimos Quadrados (MMQ), o qual minimiza a soma dos quadrados dos resíduos, ou seja, a diferença entre os valores estimados pela regressão e aqueles observados, também chamados de valores ajustados e observados, respectivamente (MONTGOMERY *et al.*, 2001). Em suma, os estimadores, por intermédio do MMQ, são dados pelo seguinte vetor:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (4.7)$$

em que  $\hat{\beta}$  corresponde ao vetor dos coeficientes de regressão que minimiza a soma dos quadrados dos resíduos,  $X$  a matriz da variável explicativa e  $Y$  a matriz da variável resposta.

Sendo assim, o modelo de regressão linear ajustado e o vetor de resíduos são dados pelas equações 4.8 e 4.9, respectivamente.

$$\hat{Y} = X\hat{\beta} \quad (4.8)$$

$$e = Y - \hat{Y} \quad (4.9)$$

em que  $\hat{Y}$  corresponde a matriz da variável de resposta ajustada e  $e$  denota o vetor de resíduos.

No presente trabalho os indicadores de desempenho corresponderam às variáveis dependentes ( $Y$ ): desempenho financeiro, desempenho operacional e qualidade da água. Esses parâmetros foram explicados pelas variáveis relativas ao serviço de abastecimento de água ( $X$ ) pré-selecionadas, conforme descrito no item 4.1. Desse modo, a utilização da RLM possibilitou avaliar as variáveis explicativas que melhor explicam a variação dos indicadores de desempenho, de acordo com o porte populacional dos municípios amostrados.

Vale ressaltar que, para cada indicador de desempenho e em cada faixa populacional, foi realizada a construção de um modelo matemático, pela RLM, com auxílio do software Statistica®. A construção do modelo foi conduzida por meio da técnica *forward stepwise regression*, a qual possibilita a verificação da significância da inserção de cada variável no modelo. As etapas para construção dos modelos matemáticos por meio da RLM encontram-se descritas nos itens subsequentes.

#### 4.2.2.1 Testes de hipótese

Testes de hipóteses são realizados com a finalidade de verificar se os coeficientes da regressão são significativos. Além de avaliar a significância do modelo, por meio do teste de  $F$ -total, a cada inserção de uma nova variável o teste de hipótese de  $F$ -parcial é aplicado, a fim de verificar se a variável inserida contribuiu significativamente para explicar a variável dependente (FERREIRA, 2011).

O teste de hipótese de  $F$ -total considera as seguintes hipóteses:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0 \text{ para ao menos um coeficiente}$$

Nesse caso, a estatística de teste segue a distribuição F-Snedecor, em que, para rejeição da hipótese nula, o  $F$  calculado ( $F_T$ ) deve ser maior que o crítico, com base no nível de

significância ( $\alpha$ ), graus de liberdade no numerador ( $k$ ) e denominador ( $n-k-1$ ), sendo  $n$  o tamanho da amostra e  $k$  o número de variáveis explicativas (MONTGOMERY *et al.*, 2001).

O cálculo do  $F$  é dado pela razão entre a variância explicada pelo modelo de regressão linear múltipla (QMReg) e a variância dos resíduos (QMR), conforme equações 4.10 e 4.11, respectivamente.

$$QM_{Reg} = \frac{SQ_{Reg}}{k} \quad (4.10)$$

$$QMR = \frac{SQR}{(n - k - 1)} \quad (4.11)$$

em que  $SQR$  corresponde à Soma dos Quadrados dos Resíduos e  $SQ_{Reg}$  à Soma dos Quadrados da Regressão, as quais são dadas pelas equações 4.12 e 4.13.

$$SQR = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (4.12)$$

$$SQ_{Reg} = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 \quad (4.13)$$

nas quais  $Y$  corresponde ao valor observado da variável resposta,  $\hat{Y}_i$  ao valor ajustado pelo modelo da variável resposta e  $\bar{Y}$  ao valor médio observado da variável resposta.

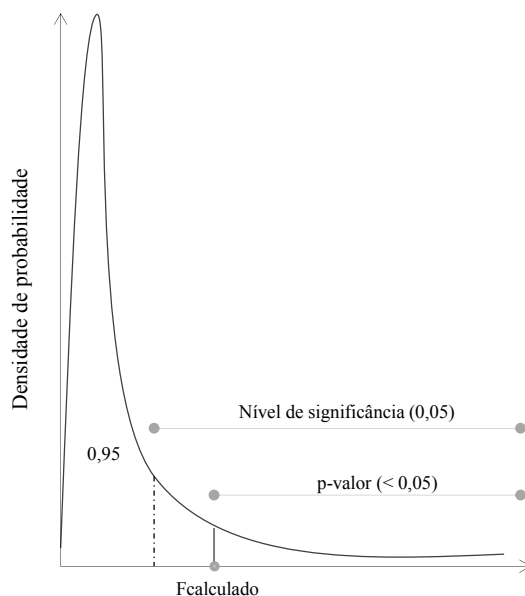
Em resumo, a estatística de teste F pode ser concebida por meio do Quadro 4.2.

**Quadro 4.2 - Estatística de teste F**

Fonte	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Estatística de teste F
Regressão	$k$	$SQ_{Reg}$	$QM_{Reg} = \frac{SQ_{Reg}}{k}$	$F_T = \frac{QM_{Reg}}{QMR}$
Resíduo	$n - k - 1$	$SQR$	$QMR = \frac{SQR}{(n - k - 1)}$	
Total	$n - 1$	$SQT$	-	-

Vale destacar que a rejeição ou não rejeição da hipótese nula pode também ser realizada por meio da avaliação do p-valor, que corresponde ao valor mínimo de significância para o qual a hipótese nula é rejeitada. O p-valor é a probabilidade condicional de verificar um valor da

estatística, no caso F, maior do que o valor observado, caso a hipótese nula seja verdadeira (PREL *et al.*, 2009). Essa situação é ilustrada na Figura 4.4.



**Figura 4.4** - Distribuição F-Snedecor para um nível de significância de 5% e F calculado hipotético.

Fonte: Adaptado de MONTGOMERY *et al.*, 2001

Para avaliar a contribuição de cada variável para os modelos, utilizou-se a análise *forward stepwise selection*, que emprega o teste de hipótese do *F*-parcial. Nesse teste, avalia-se a contribuição de uma nova variável explicativa para a soma dos quadrados decorrente da regressão, iniciando a regressão com a variável de maior contribuição ao coeficiente de determinação múltipla para os modelos e adicionando sucessivamente novos parâmetros ou omitindo-os (FERREIRA, 2011).

Desse modo, a cada nova inserção de variável, foi possível verificar se a hipótese nula foi rejeitada ou não rejeitada, sendo ela:

$$H_0 : \beta_i = 0$$

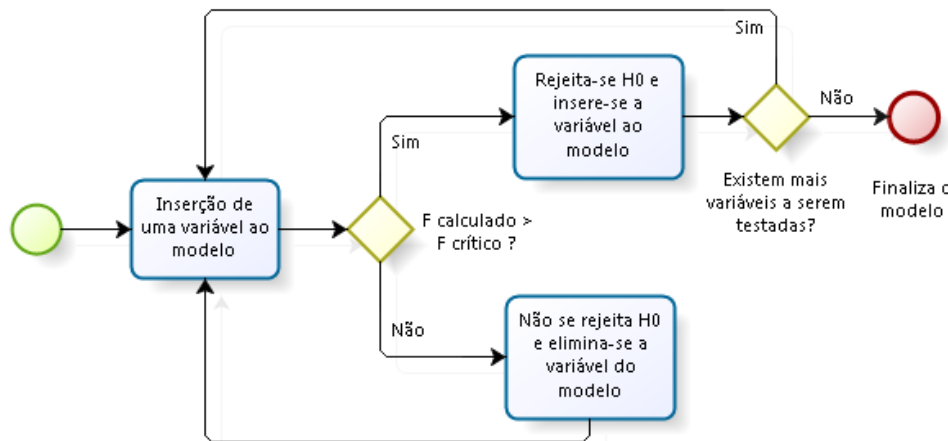
$$H_1 : \beta_i \neq 0 \text{ sendo } i \text{ a variável de teste}$$

A rejeição da hipótese nula foi considerada quando o *F* calculado ( $F_c$ ), que pode ser obtido pela razão entre a Soma dos Quadrados da Regressão ( $SQ_{Reg}$ ) e o Quadrado Médio dos Resíduos ( $QMR$ ), excedeu o *F* crítico. Em suma, essa estatística permite avaliar a contribuição da inserção de uma nova variável face à variância dos resíduos, conforme explicitado pela Equação 4.14 (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

$$F_c = \frac{SQ_{Reg}(x_k)}{QMR} \quad (4.14)$$

em que  $SQ_{Reg}(x_k)$  corresponde a contribuição da variável  $X_k$  à soma dos quadrados devido a regressão, calculada pela subtração entre a soma dos quadrados da regressão considerando todas as variáveis, incluindo  $X_k$ , e a soma dos quadrados da regressão excluindo  $X_k$ .

De maneira geral, o processo de inserção de uma nova variável ao modelo foi realizado conforme fluxograma apresentado na Figura 4.5.



**Figura 4.5** - Fluxograma de obtenção do modelo com base na função *stepwise* e na estatística de teste *F*-parcial.

Vale destacar que, segundo Haan (2002), o número de variáveis explicativas que compõe um modelo não deve exceder em mais que 35% o número de observações. Logo, após a definição do modelo, verificou-se essa prerrogativa.

Aliada à avaliação da estatística de teste *F*-parcial para acréscimo de variáveis ao modelo, a análise do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) faz-se necessária para refletir o percentual da variância de  $Y$  que é explicada pelo modelo (MONTGOMERY *et al.*, 2001). Esse coeficiente é determinado da seguinte maneira:

$$R^2 = \frac{SQ_{Reg}}{SQT} \quad (4.15)$$

em que  $SQT$  corresponde à Soma dos Quadrados Totais, ou seja, Soma dos Quadrados da Regressão ( $SQ_{Reg}$ ) e Soma dos Quadrados dos Resíduos ( $SQR$ ).

No entanto, a inclusão progressiva de variáveis, mesmo que tenham pouco poder explicativo para o modelo, sempre promove o aumento do coeficiente de determinação. Sendo assim, a fim de considerar o número de variáveis explicativas e dirimir a inclusão indiscriminada dessas variáveis no modelo, utilizou-se o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), o qual permitiu avaliar o aumento de  $R^2$  em compensação a perda de um grau de liberdade (MONTGOMERY *et al.*, 2001). O coeficiente de determinação ajustado é calculado da seguinte maneira:

$$R^2_{aj} = 1 - \frac{n-1}{n-p} (1 - R^2) \quad (4.16)$$

Após essas etapas, os modelos matemáticos foram concluídos e passaram por uma etapa de validação, conforme descrito no item subsequente.

#### 4.2.2.2 Validação do modelo

Como a regressão foi aplicada para os três indicadores de desempenho em cada uma das seis faixas populacionais, foram gerados dezoito modelos matemáticos. Foi realizada a análise de resíduos por meio da avaliação das seguintes premissas (KOTTEGODA e ROSSO, 2008):

- Homogeneidade dos resíduos;
- Distribuição normal dos resíduos;
- Independência dos resíduos.

As premissas supracitadas necessitam ser validadas. Caso os erros não sejam normalmente distribuídos, as significâncias dos testes de hipóteses realizados, expressas por meio dos p-valores, não são propriamente estimadas e, dessa maneira, hipóteses nulas podem não ser rejeitadas mesmo que um dado coeficiente da equação de regressão seja estatisticamente significativo, configurando, assim, um erro do tipo II. Além disso, se a hipótese de homocedasticidade não é validada, há indícios que a distribuição dos erros é assimétrica, característica essa não verificada no modelo distributivo Gaussiano. Por fim, se a hipótese de independência é violada, as variâncias associadas aos estimadores de mínimos quadrados são subestimadas e, conseqüentemente, as regiões de rejeição das distribuições de estatísticas de teste podem ser erroneamente delimitadas.

Ressalta-se que os pressupostos foram verificados por meio dos softwares Statistica® e Excel®.

### 4.3 Estatística descritiva e análise de variância

Com o intuito de embasar as conclusões e análises dos modelos matemáticos obtidos pela RLM, foram apresentadas as estatísticas descritivas por meio de gráficos *box-plot* para as três variáveis dependentes e todas as variáveis explicativas necessárias para a discussão.

Ainda no sentido de embasar as discussões, foram realizados testes de hipóteses com o intuito de verificar variações entre medianas e determinar se essas variações, para uma determinada variável, são significativas entre os diferentes portes populacionais dos municípios estudados, possibilitando, assim, encontrar subsídios para justificar e entender os modelos obtidos. Para isso, foram utilizados o teste *One-way* ANOVA, seguido de teste de Tukey, para variáveis com distribuição normal e teste de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas, para variáveis com distribuição não normal. A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk (KOTTEGODA e ROSSO, 2008).

Esses testes permitem a comparação entre duas ou mais amostras, indicando se há diferenças significativas entre suas distribuições. Com isso, torna-se possível avaliar as diferenciações entre as prestações de serviço de abastecimento de água para os portes populacionais considerados no presente estudo.

As hipóteses nula e alternativa para tais testes são:

$$H_0 : u_i = \dots = u_k$$

$H_1$  : Há diferença na medida de tendência central entre pelo menos duas amostras

Em termos gerais, os testes *One-way* ANOVA e Kruskal-Wallis comparam as medidas de tendência central dos diversos grupos e rejeita a hipótese nula quando há diferença significativa entre pelo menos duas amostras. Quando a hipótese nula foi rejeitada, procedeu-se o teste de Tukey ou de comparações múltiplas, conforme critério já mencionado, com o intuito de verificar quais grupos amostrais apresentam diferenças significativas (KOTTEGODA e ROSSO, 2008). As hipóteses nula e alternativa para tais testes são:

$$H_0 : u_i = u_j$$

$$H_1 : u_i \neq u_j$$

Essas análises subsidiaram a construção do tópico “Constatações e comparações com base no porte dos municípios”, presente no Capítulo 5. Todos esses testes foram conduzidos no software Statistica®.

Subsidiada por toda a metodologia previamente apresentada, procedeu-se a proposição de ações prioritárias. Essas ações foram propostas com foco nas necessidades verificadas para os portes populacionais estudados, analisando cada um dos modelos referentes aos indicadores de desempenho e embasando-se nos resultados provenientes da estatística descritiva e análise de variância.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme descrito no Capítulo 4, para que a avaliação do desempenho financeiro ( $ID_F$ ), operacional ( $ID_O$ ) e qualidade da água ( $ID_Q$ ) seja realizada, o estudo deve-se iniciar pela organização e seleção da amostra dentre as informações disponíveis no SNIS 2014.

### 5.1 Organização e seleção da amostra

#### 5.1.1 Seleção da amostra de municípios

Após a pré-seleção dos indicadores, foram selecionados os municípios que compõem a amostra dentre os 804 municípios de Minas Gerais com preenchimento dos formulários do SNIS para o ano de 2014, correspondendo a aproximadamente 94% dos municípios do Estado.

Dentre os municípios disponíveis, alguns apresentam melhor preenchimento das informações em comparação com outros. Como o SNIS constitui um banco de dados cujas informações são fornecidas pelos próprios prestadores, existe uma variação significativa quanto a confiabilidade dos dados disponibilizados. No entanto, avaliações prévias das informações podem mitigar esses efeitos que impactam a confiabilidade dos dados.

A fim de selecionar uma amostra representativa e que apresente maior confiabilidade, realizou-se a análise técnica preliminar das informações e a avaliação de *outliers*. Vale ressaltar que, antes de determinar os *outliers*, os municípios foram separados em grupos, de acordo com a faixa populacional. Esse agrupamento foi necessário pelo fato do porte do município intervir diretamente em indicadores financeiros de receitas, custos e investimentos, por exemplo. Portanto, realizando a análise por grupo populacional, os *outliers* poderiam ser determinados com maior precisão devido à maior semelhança entre municípios do mesmo grupo.

A análise técnica realizada limitou-se a definições simples de limites plausíveis para cada variável, se atendo a limitações em variáveis que apresentam valores percentuais entre 0 e 100% e avaliando cada informação para verificar se era plausível que esta apresentasse valores negativos. Vale ressaltar que o único indicador que apresentou uma análise técnica distinta foi a Densidade de economias de água por ligação, para o qual foi estabelecido um valor mínimo de 1, tendo em vista que o número de economias é sempre maior ou igual ao de ligações.

Com isso, após o cálculo do Índice de Dados Analisáveis (IDA), para cada município, foi possível classificá-los quanto ao percentual de preenchimento dos dados. Utilizando o terceiro quartil como base, foram selecionadas as cidades com mais de 90,16% dos dados analisáveis, totalizando uma amostra de 363 municípios (Apêndice: Tabela A2). Nessa seleção, 441 municípios foram excluídos das amostras, como Jeceaba, Aiuruoca, Pocrane e São Gonçalo do Rio Abaixo, que apresentaram mais de 75% de dados anômalos ou não preenchidos.

### 5.1.2 Seleção da amostra de variáveis

Posteriormente a seleção da amostra de municípios, procedeu-se à verificação de possíveis variáveis que apresentam elevado índice de anomalia e não preenchimento, a fim de que sejam submetidos à regressão linear múltipla apenas aquelas informações com certo índice de anomalias e não preenchimentos.

Percebeu-se que havia uma disparidade entre o IDA de cinco variáveis, as quais apresentavam menos de 50% de dados analisáveis, tendo em vista que as outras 56 variáveis apresentavam no mínimo 94%. Sendo assim, dentre as 61 variáveis pré-selecionadas, com base na mesma metodologia adotada para determinação da amostra de municípios, selecionaram-se as 56 com IDA superior a 94%. Os cinco parâmetros eliminados da amostra, seguidos dos seus respectivos IDAs, foram:

- Duração média das intermitências (4,4%);
- Economias atingidas por intermitências (19,4%);
- Índice de conformidade da quantidade de amostras - cloro residual (19,9%);
- Economias atingidas por paralisações (36,6%);
- Duração média das paralisações (48,8%).

O índice de dados analisáveis de cada variável é apresentado no Apêndice: Tabela A3.

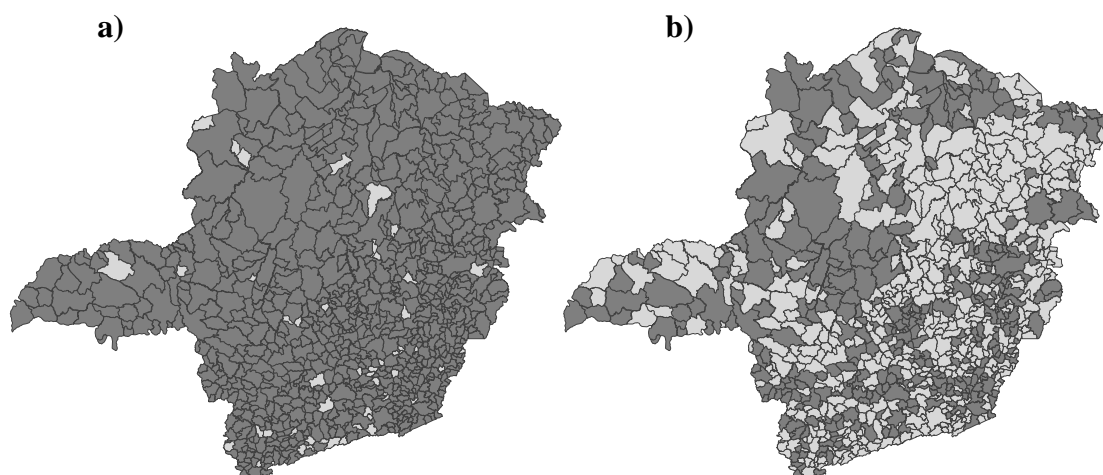
Ressalta-se que, dentre os 56 variáveis pré-selecionadas, duas são variáveis resposta de interesse do presente estudo, sendo eles: Indicador de desempenho financeiro ( $ID_F$ ) e Volume de água disponibilizado por economia ( $ID_O$ ). A variável resposta de qualidade da água ( $ID_Q$ ), utilizada no presente estudo, foi calculada com base nas amostras de cloro, flúor e coliformes totais disponibilizadas pelo SNIS.

Para o desempenho financeiro, tem-se que quanto maior o seu valor melhor é o desempenho. Situação inversa ocorre no desempenho de qualidade da água, o qual está associado ao

número de amostras fora do padrão. No que tange ao desempenho operacional, as análises devem considerar que não há um sentido preferencial e sim uma faixa em que esse desempenho é satisfatório. Valores muito baixos podem indicar, indiretamente, desabastecimento no sistema, ao passo que valores altos podem apontar para uma má gestão do sistema.

### 5.1.3 Representatividade da amostra de municípios

A fim de verificar a representatividade espacial da amostra de municípios, comparou-se a distribuição espacial desses municípios à distribuição de todos os municípios mineiros contemplados pelo SNIS, conforme pode ser verificado na Figura 5.1.



**Figura 5.1** - (a) Em cinza escuro, municípios que aderiram ao SNIS no ano de 2014; (b) Em cinza escuro, municípios componentes da amostra selecionada para o presente trabalho.

Por meio da Figura 5.1, portanto, é possível verificar que os municípios da amostra estão dispersos por todo o território de Minas Gerais, havendo municípios em todas as regiões do Estado, corroborando, assim, a representatividade espacial da amostra.

No entanto, verifica-se a carência de municípios amostrados que representem a região do Vale do Jequitinhonha e Mucuri, região do estado em que a Copasa Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais (COPANOR) é a principal prestadora de serviços. Nesse âmbito, constata-se a deficiência da COPANOR no preenchimento das informações do SNIS, cujo os municípios apresentam elevado índice de anomalias e não preenchimento dos dados.

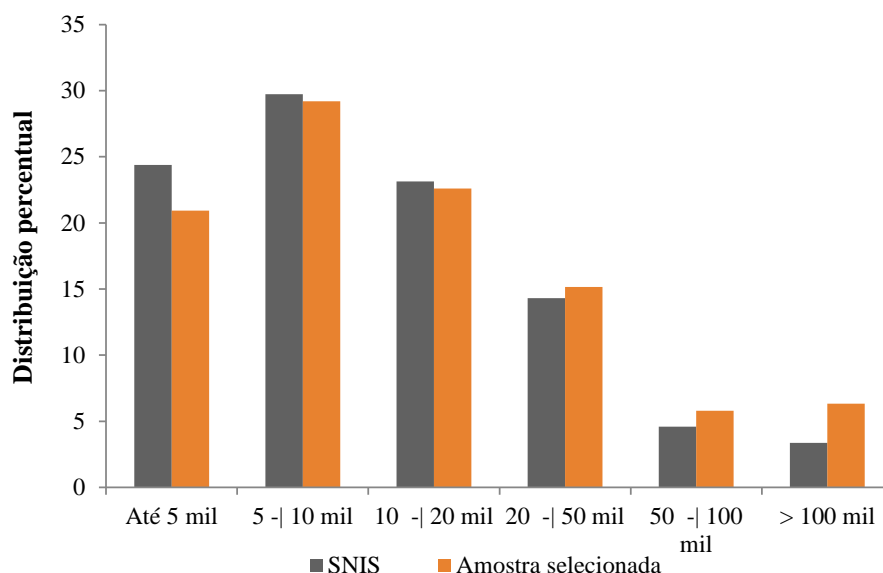
Posteriormente à avaliação espacial da amostra, verificou-se a distribuição destes quanto ao porte populacional, visto que tal característica é um elemento primordial de análise do presente estudo. Utilizando a divisão populacional adotada pelo IBGE e a população prevista para julho de 2014, segundo o mesmo instituto, verificou-se a seguinte distribuição populacional antes e depois da seleção da amostra (IBGE, 2016).

**Tabela 5.1** - Distribuição populacional dos municípios apresentados no SNIS 2014 e da amostra de municípios selecionadas para o presente estudo

Faixa populacional	Municípios do SNIS 2014		Municípios com maior parcela de dados analisáveis		
	Número de municípios	Distribuição percentual	Número de municípios	Distribuição percentual	Representatividade <sup>1</sup>
Até 5 mil	196	24,38	76	20,94	38,78
Entre 5 mil e 10 mil	239	29,73	106	29,20	44,35
Entre 10 mil e 20 mil	186	23,13	82	22,59	44,09
Entre 20 mil e 50 mil	115	14,30	55	15,15	47,83
Entre 50 mil e 100 mil	37	4,60	21	5,79	56,77
Acima de 100 mil	31	4,16	23	6,34	74,19
TOTAL	804	100,00	363	100,00	-

<sup>1</sup> A representatividade corresponde ao percentual de municípios presentes na amostra dentre o total de municípios do Estado para aquela faixa populacional.

Quanto à distribuição de frequências empírica das faixas populacionais, verifica-se que a amostra selecionada apresenta relativa semelhança com a distribuição de frequências de todos os municípios que preencheram os formulários do SNIS em 2014, o que indica uma representatividade da amostra em relação às faixas populacionais e é corroborado pelo histograma abaixo, apresentado na Figura 5.2.



**Figura 5.2** - Histograma de distribuição dos municípios do SNIS e da amostra selecionada neste estudo.

Vale ressaltar que os municípios amostrados representam 58,5% da população do estado de Minas Gerais.

Após a seleção da amostra e avaliação qualitativa que aponta para sua potencial representatividade, os testes estatísticos e modelos matemáticos para os indicadores de desempenho estudados, a partir de regressão linear múltipla, foram construídos para cada porte populacional, separadamente.

## **5.2 Modelagem e avaliação dos modelos**

A modelagem e avaliação das equações obtidas por meio da RLM foram realizadas, conforme mencionado, para municípios de diferentes portes populacionais. Desse modo, a itemização adotada nesse tópico objetiva apresentar, separadamente, as perspectivas e observâncias de cada faixa populacional pré-selecionada.

Vale destacar que as etapas preliminares à construção do modelo, como a verificação de multicolinearidade entre as variáveis e os processos de transformação, foram realizadas tal qual o procedimento metodológico apresentado no Capítulo 4.

### **5.2.1 Municípios com população inferior a 5 mil habitantes**

A amostra com população inferior a 5 mil habitantes foi composta por 76 municípios, sendo os resultados para esse grupo de municípios apresentados abaixo.

### 5.2.1.1 Modelo

Dentre as variáveis explicativas pré-selecionadas, pela técnica *forward stepwise regression* no *Statistica*®, foi possível avaliar quais variáveis comporiam o modelo de regressão para o ID<sub>F</sub>, ID<sub>O</sub> e ID<sub>Q</sub>.

Primeiramente avaliou-se o *F*-parcial de cada variável, o qual possibilita verificar a significância, a um nível de 5%, da inserção de cada uma das variáveis no modelo. Após a inserção da variável ao modelo, avaliou-se se o coeficiente da regressão de cada uma era significativo. Assim, as tabelas 5.2 e 5.3 apresentam as variáveis significativas para os modelos do ID<sub>F</sub> e ID<sub>O</sub>, assim como o *F*-parcial que atesta a inserção da variável e os coeficientes de regressão de cada informação selecionada, seguido do valor do teste *F* (*F*-crítico: 1,96) que atesta a significância desses coeficientes.

**Tabela 5.2** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Financeiro nos municípios com população inferior a 5 mil habitantes

Indicador de Desempenho Financeiro (ID <sub>F</sub> )							
Variável (Numeração)	Inserção da variável		Coeficiente de regressão			Ajuste	
	F-parcial	p-valor	$\beta$	F	p-valor	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	$\Delta R^2_{aj}$
Índice de suficiência de caixa (V60)	718,551	0,0000	1,028	868,152	0,0000	0,9066	0,9066
Índice de evasão de receitas (V24)	8,904	0,0039	0,188	20,733	0,0000	0,9169	0,0102
Incidência da despesa de pessoal e de serviços de terceiros nas despesas totais com os serviços (V6)	9,673	0,0027	0,445	28,010	0,0000	0,9266	0,0099
Duração média dos serviços executados (V57)	6,516	0,0128	0,018	6,940	0,0105	0,9328	0,0062
Quantidade equivalente de pessoal próprio (V15)	5,271	0,0247	-1,256	16,607	0,0001	0,9394	0,0046
Despesa média anual por empregado (V7)	6,909	0,0106	-1,0x10 <sup>-4</sup>	9,211	0,0034	0,9450	0,0056
Consumo médio per capita (V18)	6,003	0,0169	0,044	6,003	0,0169	0,9495	0,0045

**Tabela 5.3** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Operacional nos municípios com população inferior a 5 mil habitantes

<b>Indicador de Desempenho Operacional (ID<sub>O</sub>)</b>							
Variável (Numeração)	Inserção da variável		Coeficiente de regressão			Ajuste	
	F-parcial	p-valor	$\beta$	F	p-valor	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	$\Delta R^2_{aj}$
Índice de perdas por ligação (V42)	105,026	0,0000	0,029	13975,733	0,0000	0,5867	0,5867
Consumo médio de água por economia (V44)	13947,876	0,0000	1,011	17511,302	0,0000	0,9978	0,4112
Densidade de economias de água por ligação (V1)	12,588	0,0007	-0,002	13,808	0,0004	0,9982	0,0003
Índice bruto de perdas lineares (V41)	7,847	0,0066	0,002	10,795	0,0016	0,9984	0,0002
Índice de macromedição (V10)	5,906	0,0177	-0,001	5,906	0,0177	0,9986	0,0001

Como pode ser observado, não foi apresentado o modelo referente ao Indicador de Qualidade da Água visto que nenhum modelo simulado apresentou coeficiente de determinação ajustado acima de 0,1 e distribuição normal dos resíduos insatisfatória.

Selecionadas as variáveis e averiguado que todos os coeficientes de regressão são significativos, avaliou-se a contribuição de cada variável para o aumento do coeficiente de determinação, a fim de obter modelos parcimoniosos. Desse modo, verificou-se que o desempenho financeiro, para esse porte populacional, poderia ser descrito apenas pelo índice de suficiência de caixa, tendo em vista que as demais variáveis significativas pouco contribuíam para o aumento da explicação da variação do desempenho. O mesmo critério foi utilizado para definição do modelo referente ao desempenho operacional, verificando que o índice de perdas por ligação e o consumo médio de água por economia eram suficientes para explicar a variação desse desempenho.

A estatística de teste para o modelo, *F*-total, assim como os modelos são apresentados na Tabela 5.4.

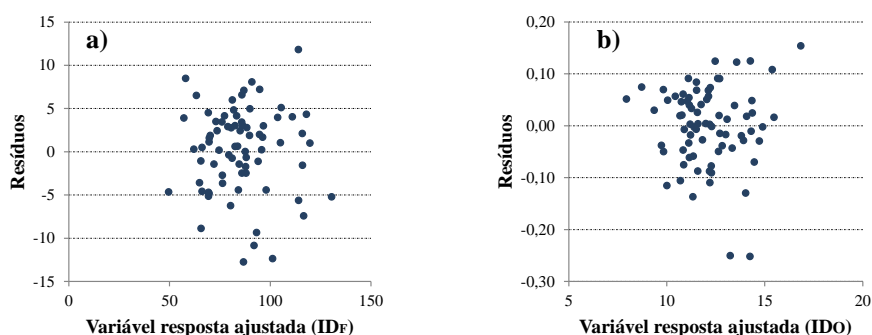
**Tabela 5.4 - Modelos e estatística de teste para os municípios com população inferior a 5 mil habitantes**

Modelo	R <sup>2</sup> aj	Teste F	p-valor
$ID_f = -3,754 + 1,023 \cdot V60$	0,90536	718,5513	0,0000
$ID_o = -0,001 + 0,030 \cdot V42 + 1,000 \cdot V44$	0,99779	16923,65	0,0000

Em termos gerais, verificou-se que os dois modelos são significativos a um nível de confiança de 95%, apresentando coeficientes de determinação acima de 0,90.

### 5.2.1.2 Validação

Após a construção do modelo de regressão, a fim de verificar as premissas apresentadas no Capítulo 4, construiu-se os gráficos apresentados na Figura 5.3 para avaliação da independência dos resíduos.

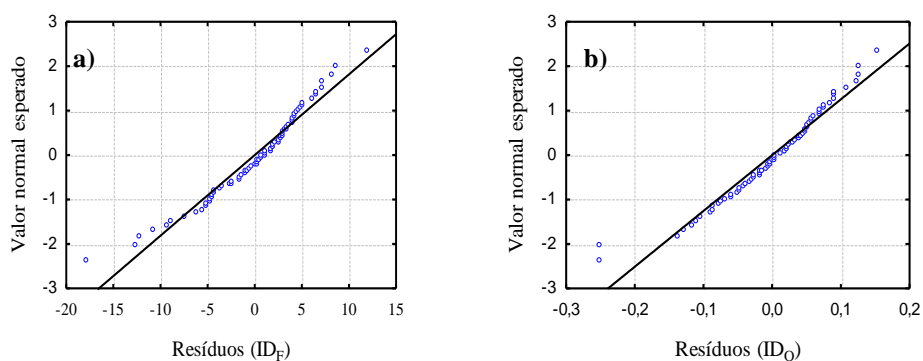


**Figura 5.3 - Distribuição dos resíduos em relação à variável resposta do (a) Indicador de Desempenho Financeiro e (b) Indicador de Desempenho Operacional para os municípios com população inferior a 5 mil habitantes.**

Como pode ser verificado, há uma dispersão dos resíduos em ambos os modelos, o que corrobora a hipótese da independência, tendo-se em vista que nenhum padrão de variação foi observado nos gráficos. Além disso, há indícios de que as hipóteses de constância da variância e independência dos erros são cumpridas, pois a distribuição dos resíduos é aleatória em torno da reta correspondente ao resíduo zero e contida em uma faixa horizontal restrita de valores. Assim, verifica-se que não há sérias violações dos pressupostos de média nula, independência dos erros e homocedasticidade.

A fim de verificar a normalidade dos resíduos, avaliou-se a aderência dos dados a uma reta, conforme evidenciado na Figura 5.4.





**Figura 5.4** - Aderência dos resíduos a reta para o (a) Indicador de Desempenho Financeiro e (b) Indicador de Desempenho Operacional para os municípios com população inferior a 5 mil habitantes.

Como pode ser verificado, não há desvios substanciais em relação à normalidade, principalmente nos valores centrais, para os quais foi observado maior aderência dos resíduos à reta normal.

### 5.2.1.3 Análise

A análise de cada grupo de municípios foi realizada avaliando os aspectos técnicos que embasam as correlações significativas verificadas entre uma variável explicativa e a variável resposta em estudo.

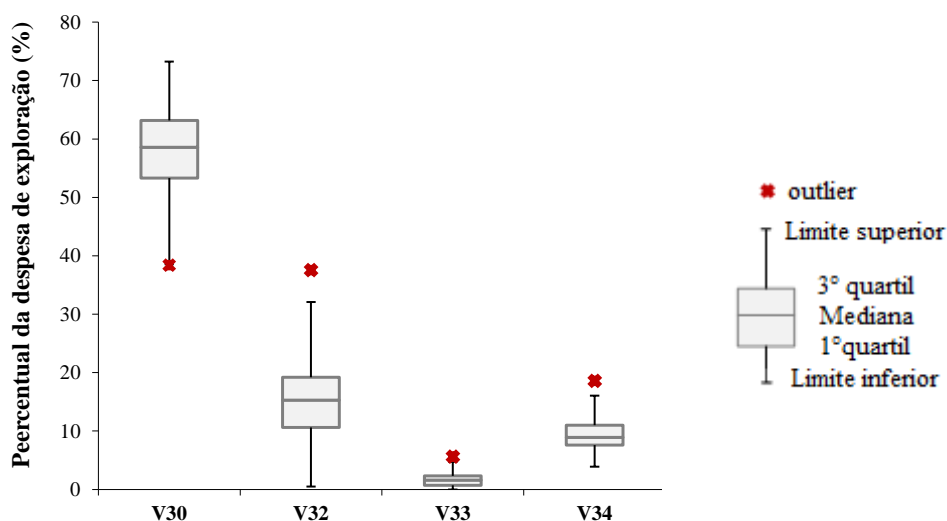
#### Desempenho financeiro

O desempenho financeiro, conforme supracitado, pode ser descrito por meio de uma variável, para um nível de significância de 5% e com um coeficiente de determinação de 90,5%.

A variável de suficiência de caixa, apresentada como suficiente para explicação da variação do desempenho financeiro, é construída pela razão entre a arrecadação total e as despesas inerentes à prestação de serviços. Desse modo, é plausível afirmar que haja relação expressiva entre o índice e o desempenho financeiro, tendo em vista que esse último se refere à razão entre a receita e as despesas totais com os serviços.

Dentre as demais variáveis significativas, que embora não tenham sido incorporadas ao modelo, destaca-se a correlação entre o desempenho e as componentes de despesa, como de pessoal e de serviços de terceiros e com empregados. Nesse sentido, verifica-se que as despesas com produtos químicos, com energia elétrica e com outras despesas, como encargos fiscais, não apresentaram significância para descrever o desempenho financeiro. A significância da despesa com pessoal próprio e com serviços de terceiros pode ser justificada,

nesse grupo de municípios, pelo fato dessas despesas serem as mais pronunciadas dentre os diversos gastos do prestador, como pode ser constatado na Figura 5.5.



**Figura 5.5** - Box-plot da participação das despesas de pessoal próprio (V30), energia elétrica (V32), produtos químicos (V33) e outras despesas (V34) na despesa de exploração.

Ressalta-se que as despesas com pessoal próprio, para esse grupo de municípios, estão acima do cenário apresentado pelo Ministério das Cidades (2016), o qual constatou que no Brasil, em média, as despesas com pessoal próprio correspondem a 42,4% das despesas de exploração. Assim, justifica-se a significância dessa variável nesse modelo que também é reforçada pelo fato da quantidade equivalente de pessoal próprio também ter sido apontada como significativa no modelo.

Observou-se que nenhuma variável diretamente relacionada à receita apresentou significância. No entanto, vale ressaltar a presença das variáveis dos índices de suficiência de caixa, já supracitada, e de evasão de receitas, assim como do consumo médio per capita. Os dois índices estão relacionados à arrecadação dos municípios, estando correlacionados, assim, à receita. Na prática, a arrecadação corresponde ao valor faturado pela prestadora e a receita ao potencial de faturamento de acordo com o volume faturado, levando em consideração a inadimplência dos usuários. Sendo assim, é plausível inferir que o desempenho financeiro esteja relacionado à arrecadação e não somente à receita.

Por fim, vale destacar que a duração média dos serviços executados também está correlacionada significativamente ao desempenho financeiro de municípios com população inferior a 5 mil habitantes. Muito embora, não foram encontrados subsídios técnicos que justifiquem o aumento do desempenho financeiro em face ao aumento da duração dos serviços realizados.

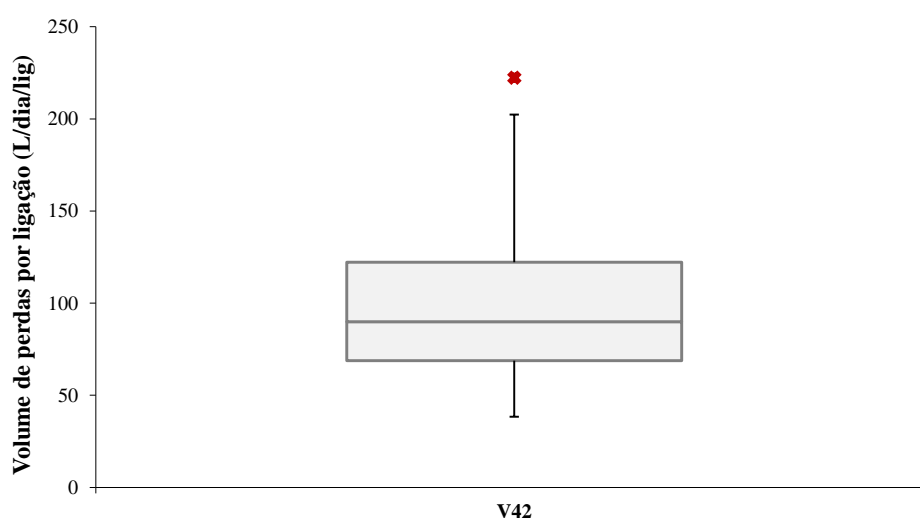
## Desempenho operacional

O desempenho operacional, mensurado no presente estudo como o volume distribuído por economia, apresentou um modelo composto por duas variáveis, para o porte populacional dos municípios em análise, sendo eles: índice de perdas por ligação e consumo médio por economia.

A relação entre o consumo médio e volume distribuído é conhecida, visto que qualquer negócio, seja ele de qual ramo for, pressupõe-se a relação oferta e demanda. Por isso, entende-se a relação direta entre o consumo médio por economia e o desempenho operacional.

A significância do índice de perdas é verificada visto que quanto mais água se perde na distribuição, maior deve ser o volume distribuído para que a população seja abastecida continuamente. No entanto, vale ressaltar que apesar de estar relacionado ao desempenho operacional, o índice de perdas nesses municípios não é um fator limitante. Em média, tais municípios perdem cerca de 97,7 litros diários de água por ligação, bem abaixo da média desse índice para o estado de Minas Gerais (239 L.ligação.dia<sup>-1</sup>). O mesmo é observado para o índice bruto de perdas lineares, em que esses municípios perdem em torno de 7,1 litros diários por quilômetro de rede, muito abaixo dos 30,8 litros perdidos nos municípios com população superior a 100 mil habitantes (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016).

Em suma, conforme pode ser observado na Figura 5.6, todos os municípios do grupo apresentam índice de perdas por ligação menor que a média do Estado.



**Figura 5.6** - Índice de perdas por ligação (V42) para os municípios com população inferior a 5 mil habitantes.

Além dessas duas variáveis que fazem parte do modelo construído para o desempenho operacional, outras variáveis mostraram-se significativas. No que se refere à densidade de economias de água por ligação, pode-se relacioná-la ao grau de verticalização do município. O aumento do índice de verticalização sugere um menor volume distribuído por economia, o que pode ser justificado pelo menor perfil de consumo de água em economias que compõe edifícios, por exemplo. Nesse sentido, verificou-se que a verticalização impacta na diminuição do desempenho operacional e indiretamente pode contribuir para uma menor arrecadação do prestador, tendo em vista o menor consumo. Contudo, é sabido que municípios de pequeno porte apresentam baixo índice de verticalização, podendo, portanto, a significância dessa variável ser atribuída a um indicativo de que o aumento da densidade de economias por ligação pode vir a ser determinante no desempenho operacional, não necessariamente o sendo nesse momento.

Por fim, vale ressaltar uma interessante observância da relação direta entre o desempenho operacional e o índice de macromedição. Essa relação pode ter sido apontada pelo fato da macromedição permitir a mensuração da água produzida e, por conseguinte, possibilitar o combate de perdas de água na distribuição, assim como às ligações clandestinas, diminuindo o volume distribuído requerido para abastecimento da população.

## **5.2.2 Municípios com população entre 5 mil e 10 mil habitantes**

A amostra entre 5 mil e 10 mil habitantes é composta por 106 municípios, sendo os resultados para esse grupo apresentados abaixo.

### **5.2.2.1 Modelo**

Por intermédio dos mesmos procedimentos previamente descritos, apresentam-se nas tabelas 5.5, 5.6 e 5.7 as variáveis significativas para o modelo, assim como o  $F$ -parcial que atesta a inserção da variável e seus coeficientes de regressão, seguido do valor do teste  $F$  ( $F$ -crítico: 3,66) que atesta a significância desses coeficientes.

**Tabela 5.5** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Financeiro nos municípios com população entre 5 mil e 10 mil

<b>Indicador de Desempenho Financeiro (ID<sub>F</sub>)</b>							
<b>Variável (Numeração)</b>	<b>Inserção da variável</b>		<b>Coefficiente de regressão</b>			<b>Ajuste</b>	
	<b>F-parcial</b>	<b>p-valor</b>	<b><math>\beta</math> (<math>10^{-4}</math>)</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>R<sup>2</sup><sub>aj</sub></b>	<b><math>\Delta</math>R<sup>2</sup><sub>aj</sub></b>
Margem da despesa de exploração (V25)	400,154	0,0000	1,348	17123,384	0,0000	0,7937	0,7937
Participação da despesa com pessoal total (equivalente) nas despesas de exploração (V31)	2161,949	0,0000	1,983	2092,485	0,0000	0,8851	0,0914
Incidência da despesa de pessoal e de serviços de terceiros nas despesas totais com os serviços (V6)	81,923	0,0000	-2,627	4298,626	0,0000	0,9948	0,1097
Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total (V16)	5,351	0,0227	-0,004	7,581	0,0070	0,9951	0,0003
Despesa média anual por empregado (V7)	5,207	0,0246	$3,0 \times 10^{-5}$	7,352	0,0079	0,9953	0,0002

**Tabela 5.6** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Operacional nos municípios com população entre 5 mil e 10 mil

<b>Indicador de Desempenho Operacional (ID<sub>O</sub>)</b>							
<b>Variável (Numeração)</b>	<b>Inserção da variável</b>		<b>Coefficiente de regressão</b>			<b>Ajuste</b>	
	<b>F-parcial</b>	<b>p-valor</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>R<sup>2</sup><sub>aj</sub></b>	<b><math>\Delta</math>R<sup>2</sup><sub>aj</sub></b>
Índice de faturamento de água (V23)	161,797	0,0000	-0,146	3414,9198	0,0000	0,6087	0,6087
Consumo micromedido por economia (V13)	2372,663	0,0000	0,928	2910,940	0,0000	0,9837	0,3750
Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água (V48)	12,282	0,0007	0,004	17,995	0,0000	0,9855	0,0017

**Tabela 5.6** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Operacional nos municípios com população entre 5 mil e 10 mil (continuação)

<b>Indicador de Desempenho Operacional (ID<sub>O</sub>)</b>							
Variável (Numeração)	Inserção da variável		Coeficiente de regressão			Ajuste	
	F-parcial	p-valor	$\beta$	F	p-valor	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	$\Delta R^2_{aj}$
Duração média dos serviços executados (V57)	11,382	0,0011	-0,001	13,254	0,0004	0,9869	0,00145
Participação da receita operacional direta de água na receita operacional total (V35)	4,609	0,0342	0,004	5,511	0,0209	0,9875	0,0006
Índice de evasão de receitas (V24)	4,695	0,0326	-0,003	4,695	0,0326	0,9881	0,0006

**Tabela 5.7** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Qualidade da Água nos municípios com população entre 5 mil e 10 mil

<b>Indicador de Qualidade da água (ID<sub>Q</sub>)</b>							
Variável (Numeração)	Inserção da variável		Coeficiente de regressão			Ajustes	
	F-parcial	p-valor	$\beta$	F	p-valor	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	$\Delta R^2_{aj}$
Participação da despesa com produtos químicos nas despesas de exploração (DEX) (V33)	12,577	0,0006	-23,865	15,691	0,0001	0,1079	0,1079
Participação da receita operacional indireta na receita operacional total (V36)	8,428	0,0045	-32,480	8,308	0,0048	0,1754	0,0675
Margem das outras despesas de exploração (V29)	6,088	0,0153	-1,435	8,352	0,0047	0,2218	0,0464
Índice de faturamento de água (V23)	5,371	0,0225	124,832	6,046	0,0157	0,2611	0,0393
Margem do serviço da dívida (V28)	4,291	0,0409	0,948	4,291	0,0409	0,2915	0,0304

Avaliando a contribuição de cada variável para o aumento do coeficiente de determinação, diversas variáveis foram suprimidas dos modelos, a fim de obter modelos parcimoniosos. Para o desempenho financeiro, verificou-se que a margem de despesa de exploração e três

variáveis relacionadas à despesa com pessoal eram suficientes para explicação de mais de 99% da variação desse desempenho. Utilizando o mesmo critério para o desempenho operacional, concluiu-se que o índice de faturamento de água e o consumo micromedido por economia eram suficientes para explicar a variação desse desempenho.

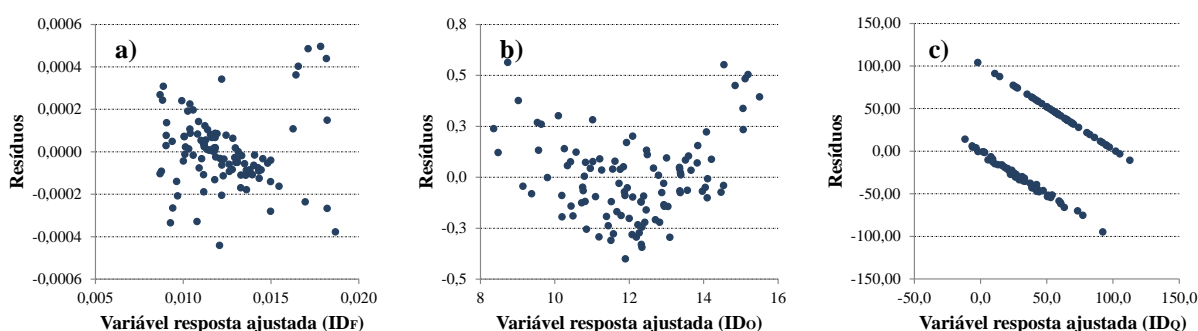
Conforme pode ser verificado na Tabela 5.8, os três modelos são significativos a um nível de confiança de 95%. No entanto, atesta-se que o  $ID_F$  e  $ID_O$  apresentam um coeficiente de determinação maior que o  $ID_Q$ . Desse modo, ressalta-se o pequeno poder de explicação do modelo construído para o  $ID_Q$  que, embora seja significativo, apresenta um ajuste inadequado do modelo estatístico.

**Tabela 5.8** - Modelos e estatística de teste para os municípios com população entre 5 mil e 10 mil habitantes

Modelo	$R^2_{aj}$	Teste F	p-valor
$ID_F = 10^4 / (-3,703 + 1,357 * V25 - 2,617 * V6 + 1,991 * V31)$	0,99467	6533,9448	0,0000
$ID_O = 15,854 - 0,143 * V23 + 0,941 * V13$	0,98340	3112,0708	0,0000
$ID_Q = 1 / (-492,121 - 23,865 / V33 - 32,480 / V36 - 1,435 / V29 + 124,832 / V23 + 0,948 / V28)$	0,25607	8,2285	0,0000

### 5.2.2.2 Validação

Após a construção dos modelos de regressão, a fim de verificar as premissas apresentadas no Capítulo 4, construíram-se os gráficos apresentados na Figura 5.7 para avaliação da independência dos resíduos.

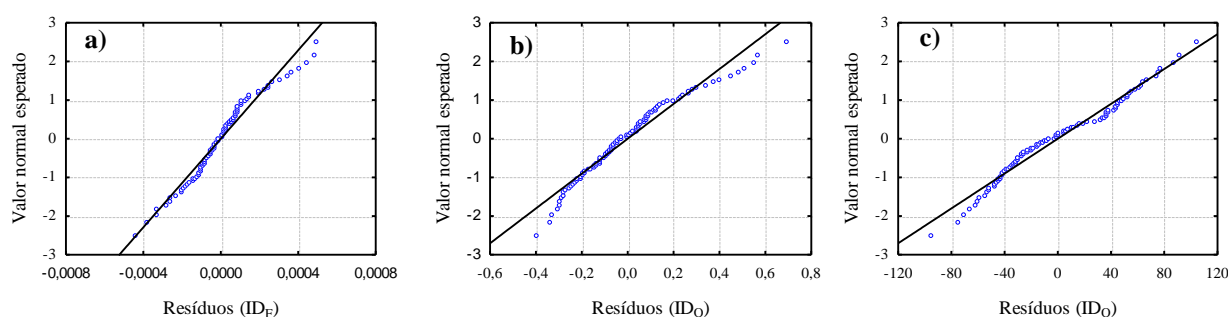


**Figura 5.7** - Distribuição dos resíduos em relação à variável resposta do (a) Indicador de Desempenho Financeiro e (b) Indicador de Desempenho Operacional para os municípios de 5 mil a 10 mil habitantes.

Conforme pode ser visualizado, há uma dispersão dos resíduos nos modelos propostos para o  $ID_F$  e  $ID_O$ , o que corrobora a hipótese da independência, tendo-se em vista que nenhum padrão de variação foi observada nos gráficos. Além disso, há indícios de que, para esses modelos, as hipóteses de constância da variância e independência dos erros são cumpridas,

pois a distribuição dos resíduos é aleatória em torno da reta correspondente ao resíduo zero e contida em uma faixa horizontal restrita. Assim, verifica-se que não há sérias violações dos pressupostos de média nula, independência dos erros e homocedasticidade. As mesmas conclusões não podem ser admitidas para o modelo proposto para o  $ID_Q$ , o qual apresentou não aleatoriedade e tendência dos resíduos. Vale ressaltar que todos os modelos, transformados e não transformados, foram testados para o  $ID_Q$ , no entanto nenhum deles apresentou coeficiente de determinação e distribuição dos resíduos satisfatória. Desse modo, o modelo é invalidado face a esse comportamento, não sendo discutido subseqüentemente.

A fim de avaliar a normalidade dos resíduos, avaliou-se a aderência dos dados a uma reta, conforme evidenciado na Figura 5.8.



**Figura 5.8** - Aderência dos resíduos a reta para o (a) Indicador de Desempenho Financeiro e (b) Indicador de Desempenho Operacional para os municípios de 5 mil a 10 mil habitantes.

Como pode ser verificado, não há desvios substanciais em relação à normalidade, principalmente nos valores centrais, para os quais foi observado maior aderência dos resíduos à reta normal.

### 5.2.2.3 Análise

#### Desempenho financeiro

O desempenho financeiro para municípios com população entre 5 mil e 10 mil habitantes apresenta relação com as despesas, margens de despesa e produtividade. No entanto, para construção do modelo, três variáveis foram suficientes.

A participação da despesa com pessoal dentre as de exploração, nesse grupo de municípios, é a mais alta dentre todos os outros grupos, apresentando uma participação de 70% nas despesas. Além de ser o mais alto, a proporção das despesas com pessoal são maiores que o constatado em todo o Brasil, assim como verificado para municípios com população inferior a 5 mil habitantes. Desse modo, a significância dessas variáveis são justificáveis.



Vale destacar que tanto as despesas com pessoal em relação às despesas de exploração como às relacionadas as despesas totais foram significativas e incorporadas ao modelo. Sendo assim, é importante ressaltar que as despesas de exploração compreendem todas as despesas diretamente ligadas à prestação do serviço, ao passo que as despesas totais abrangem essas despesas de exploração às correlatas aos encargos, tributos, depreciações e juros.

As margens de despesa, também incorporada ao modelo, estão relacionadas ao quanto a receita está comprometida para pagamento das despesas. Desse modo, conforme verificado no modelo, quanto maior a margem, ou seja, quando maior o comprometimento da receita para pagamento das dívidas, menor o desempenho financeiro.

### Desempenho operacional

O desempenho operacional para municípios com população entre 5 mil e 10 mil habitantes apresentou uma característica de mesclar variáveis estritamente operacionais e financeiras para descrição do desempenho.

Dentre as variáveis operacionais destacou-se o consumo micromedido por economia, que além de significativo foi incorporado ao modelo, o consumo de energia elétrica e a duração média dos serviços executados. A relação entre o consumo e o volume distribuído, conforme já discutido, pressupõe a relação oferta e demanda. O consumo micromedido por economia tem uma tendência de aumento com o aumento da população, o que de certo modo justifica a significância de variáveis relacionadas ao consumo em municípios de pequeno porte. Vale destacar que essa relação com o consumo também foi observada nos municípios com população inferior a 5 mil habitantes, o que corrobora, de certo modo, essa hipótese.

Já a duração média dos serviços executados, que apesar de significativa não foi incorporada ao modelo, pode ter se mostrado correlacionada ao desempenho operacional pelo fato desse grupo de municípios apresentar a maior duração. Em geral, os municípios com população entre 5 mil e 10 mil habitantes gastam em torno de 131 horas por serviço, o que corresponde a 5% a mais do tempo gasto nos municípios acima de 100 mil habitantes, os quais são o segundo maior grupo em duração. Em suma, a duração dos serviços estão inversamente relacionados ao desempenho operacional, o que é plausível, tendo em vista que muitos serviços interrompem o abastecimento de água e, portanto, afetam no volume distribuído à população.

A correlação do desempenho operacional com variáveis financeiras permeia pela dependência orçamentária da capacidade produtiva dos prestadores desses municípios. De maneira geral, as variáveis relacionadas são o faturamento de água, que além de significativa foi incorporada ao modelo, evasão de receitas e a participação da receita operacional direta na receita total. Vale distinguir que a receita operacional direta é aquela relacionada diretamente à aplicação da tarifa e àquela indireta é correlata ao faturamento decorrente de outros serviços, como reparo de hidrômetros e serviços de ligação. Desse modo, é razoável inferir que o aumento da participação da receita operacional direta está relacionada ao aumento do consumo e, por conseguinte, está diretamente ligado a um maior volume distribuído, ou seja, maior desempenho operacional.

No que se refere à significância do índice do faturamento de água, correspondente ao quantitativo da água produzida que é faturada, pode-se inferir que a correlação é plausível ao considerar que a medida que fatura-se um maior volume da água produzida, menor será a necessidade de produção excessiva, por economia, para compensação do volume consumido nas ligações clandestinas.

### **5.2.3 Municípios com população entre 10 mil e 20 mil habitantes**

A amostra entre 10 mil e 20 mil habitantes é composta por 82 municípios, sendo os resultados para esse grupo apresentados abaixo.

#### **5.2.3.1 Modelo**

Por meio dos mesmos procedimentos previamente descritos, apresenta-se nas tabelas 5.9, 5.10 e 5.11 as variáveis significativas para o modelo, assim como o *F-parcial* que atesta a inserção da variável e os coeficientes de regressão de cada variável selecionada, seguido do valor do teste F (*F*-crítico: 3,82) que atesta a significância desses coeficientes.

**Tabela 5.9** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Financeiro nos municípios com população entre 10 mil e 20 mil

<b>Indicador de Desempenho Financeiro (ID<sub>F</sub>)</b>							
<b>Variável (Numeração)</b>	<b>Inserção da variável</b>		<b>Coefficiente de regressão</b>			<b>Ajuste</b>	
	<b>F-parcial</b>	<b>p-valor</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>R<sup>2</sup><sub>aj</sub></b>	<b><math>\Delta</math>R<sup>2</sup><sub>aj</sub></b>
Margem da despesa de exploração (V25)	424,619	0,0000	-0,013	267,875	0,0000	0,8415	0,8415
Participação da receita operacional direta de água na receita operacional total (V35)	11,847	0,0009	0,001	9,894	0,0024	0,8621	0,0207
Incidência da despesa de pessoal e de serviços de terceiros nas despesas totais com os serviços (V6)	8,321	0,0051	-0,005	24,861	0,0000	0,8754	0,0133
Despesa de exploração por m <sup>3</sup> faturado (V21)	8,086	0,0057	0,084	12,270	0,0008	0,8873	0,0118
Despesa total com os serviços por m <sup>3</sup> faturado (V3)	4,629	0,0346	-0,002	6,618	0,0121	0,8937	0,0065
Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão (V58)	5,142	0,0262	-0,015	5,493	0,0218	0,9006	0,0068
Índice de micromedição relativo ao consumo (V38)	5,144	0,0262	-0,144	7,252	0,0088	0,9070	0,0065
Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração (V30)	4,094	0,0467	0,003	4,094	0,0467	0,9120	0,0049

**Tabela 5.10** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Operacional nos municípios com população entre 10 mil e 20 mil

<b>Indicador de Desempenho Operacional (ID<sub>O</sub>)</b>							
Variável (Numeração)	Inserção da variável		Coeficiente de regressão			Ajuste	
	F-parcial	p-valor	$\beta$	F	p-valor	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	$\Delta R^2_{aj}$
Índice de perdas por ligação (V42)	122,547	0,0000	0,028	18132,791	0,0000	0,6050	0,6050
Consumo micromedido por economia (V13)	9774,410	0,0000	0,981	17939,420	0,0000	0,9968	0,3918
Densidade de economias de água por ligação (V1)	41,779	0,0000	-0,003	39,548	0,0000	0,9979	0,0011
Participação das economias residenciais de água no total das economias de água (V37)	8,542	0,0046	0,010	7,834	0,0065	0,9981	0,0002
Participação da receita operacional indireta na receita operacional total (V36)	6,499	0,0128	0,041	7,786	0,0067	0,9983	0,0001
Índice de produtividade: empregados próprios por 1000 ligações de água (V39)	4,693	0,0335	0,020	4,693	0,0335	0,9984	0,0001

**Tabela 5.11** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Qualidade da Água nos municípios com população entre 10 mil e 20 mil

<b>Indicador de Qualidade da água (ID<sub>Q</sub>)</b>							
Variável (Numeração)	Inserção da variável		Coeficiente de regressão			Ajuste	
	F-parcial	p-valor	$\beta$	F	p-valor	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	$\Delta R^2_{aj}$
Despesa média anual por empregado (V7)	7,068	0,0095	-0,001	27,274	0,0000	0,0812	0,0812
Participação da despesa com produtos químicos nas despesas de exploração (DEX) (V33)	5,297	0,0240	-9,812	7,579	0,0073	0,1389	0,0577
Índice bruto de perdas lineares (V41)	5,032	0,0277	-0,990	6,628	0,0119	0,1911	0,0522

Avaliando a contribuição de cada variável para o aumento do coeficiente de determinação, diversas variáveis foram suprimidas dos modelos, a fim de obter modelos parcimoniosos. Para o desempenho financeiro, verificou-se que a margem de despesa, a participação da receita operacional de água na receita total, a incidência da despesa de pessoal e de serviços de terceiros nas despesas totais com os serviços e as despesas de exploração por metro cúbico faturado eram suficientes para explicar mais de 88% da variação desse desempenho. Vale destacar que, a margem de despesa de exploração seria suficiente para explicar mais de 84% da variação do desempenho, no entanto, ao avaliar a aderência dos resíduos à reta normal, verificou-se desvios da normalidade, sendo necessário adicionar novas variáveis até que a aderência fosse satisfatória. Para o desempenho operacional a avaliação do coeficiente de determinação foi suficiente, a partir do qual concluiu-se que o índice de perdas de água por ligação e o consumo micromedido por economia eram suficientes para explicar a variação desse desempenho.

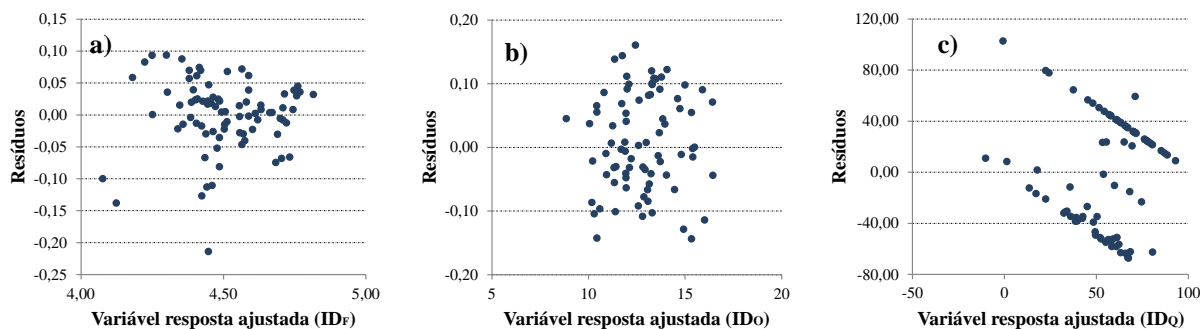
Conforme pode ser verificado na Tabela 5.12, os três modelos são significativos a um nível de confiança de 95%. No entanto, atesta-se que o  $ID_F$  e  $ID_O$  apresentam um coeficiente de determinação maior que o  $ID_Q$ . Desse modo, ressalta-se o pequeno poder de explicação do modelo construído para o  $ID_Q$  que, embora seja significativo, não é adequadamente descrito por uma relação linear.

**Tabela 5.12** - Modelos e estatística de teste para os municípios com população entre 10 mil e 20 mil habitantes

Modelo	$R^2_{aj}$	Teste F	p-valor
$ID_F = 248,091 \cdot \exp(-0,013 \cdot V25 + 0,001 \cdot V35 - 0,003 \cdot V6 + 0,075 \cdot V21)$	0,88141	151,5064	0,0000
$ID_O = + 0,271 + 0,029 \cdot V42 + 0,978 \cdot V13$	0,99675	12434,14	0,0000
$ID_Q = 1/(176,617 - 0,001 \cdot V7 - 9,812 \cdot V33 - 0,990 \cdot V41)$	0,15999	6,1423	0,0008

### 5.2.3.2 Validação

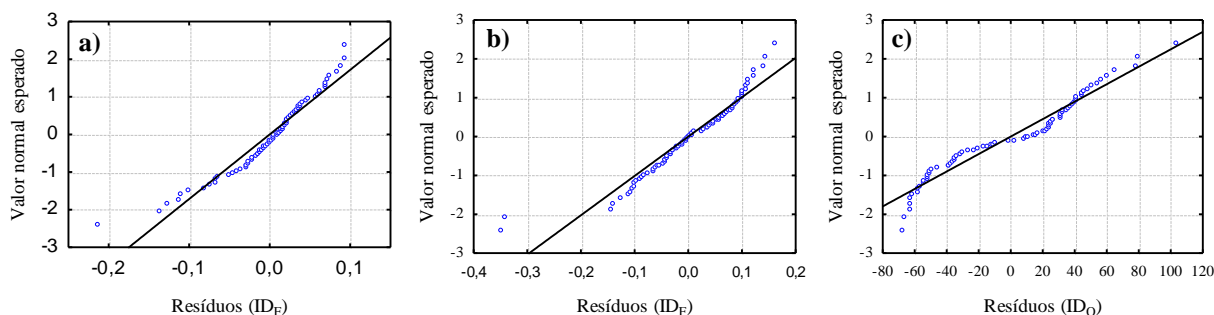
Após a construção dos modelos de regressão, a fim de verificar as premissas apresentadas no Capítulo 4, construiu-se os gráficos apresentados na Figura 5.9 para avaliação da independência dos resíduos.



**Figura 5.9** - Distribuição dos resíduos em relação à variável resposta do (a) Indicador de Desempenho Financeiro, (b) Indicador de Desempenho Operacional e (c) Indicador de Qualidade da Água para os municípios de 10 mil a 20 mil habitantes.

Similarmente aos portes populacionais previamente avaliados, verifica-se que a distribuição dos resíduos não apresenta indícios de que as hipóteses de constância da variância, independência dos erros e homocedasticidade são descumpridas para o ID<sub>F</sub> e ID<sub>O</sub>, sendo que o mesmo não pode ser concluído para o ID<sub>Q</sub>.

A fim de avaliar a normalidade dos resíduos, avaliou-se a aderência dos dados a uma reta, conforme evidenciado na Figura 5.10.



**Figura 5.10** - Aderência dos resíduos a reta para o (a) Indicador de Desempenho Financeiro, (b) Indicador de Desempenho Operacional e (c) Indicador de Qualidade da Água para os municípios de 10 mil a 20 mil habitantes.

Como pode ser observado, para o ID<sub>F</sub> e ID<sub>O</sub>, há aderência dos resíduos à reta, constatando, assim, a normalidade destes. Para o ID<sub>Q</sub>, além da não validade do modelo discutida acima, verifica-se que a aderência é pouco satisfatória, indicando que os resíduos não seguem distribuição normal.

### 5.2.3.3 Análise

#### Desempenho financeiro

O desempenho financeiro para os municípios com população entre 10 mil e 20 mil habitantes foi explicado principalmente por variáveis de despesa.

Dentre as despesas apresentadas no modelo, destaca-se novamente àquelas com pessoal e com serviços de terceiro, os quais contribuem para o decréscimo do desempenho financeiro. Além disso, a participação da receita operacional direta, já explicitada nos municípios com população entre 5 mil e 10 mil habitantes, e a despesa total com os serviços também apresentaram-se como onerosas ao prestador, contribuindo para a diminuição do desempenho financeiro.

A margem de despesa, ou seja, quanto da receita é comprometida para o pagamento das despesas, também foi significativa e incorporada ao modelo, sugerindo que quanto maior o comprometimento da receita com despesas, menor o desempenho financeiro da prestadora.

No que tange a receita, a tarifação média de água foi apontada como correlata ao desempenho, muito embora não foi incorporada ao modelo, pelos motivos já elucidados correlatos ao coeficiente de determinação. Observa-se que essa tarifação é diretamente proporcional ao desempenho, o que é plausível pensando que o aumento da tarifa provoca o aumento da receita da prestadora e, por consequência, melhora o desempenho financeiro.

Uma variável ainda não observada em outros modelos compôs o rol de parâmetros significativos para o desempenho financeiro nesse porte populacional. Os testes indicaram o índice de micromedição como fator depreciador do desempenho, o qual contribuiu para o faturamento dos usuários, mas não apresenta uma clara inter-relação com quesitos financeiros.

Vale destacar a significância da incidência das análises de coliformes totais fora do padrão. No entanto, para explicitar sua relação com o desempenho financeiro, seriam necessárias outras informações para embasamento dos argumentos e uma investigação mais aprofundada.

#### Desempenho operacional

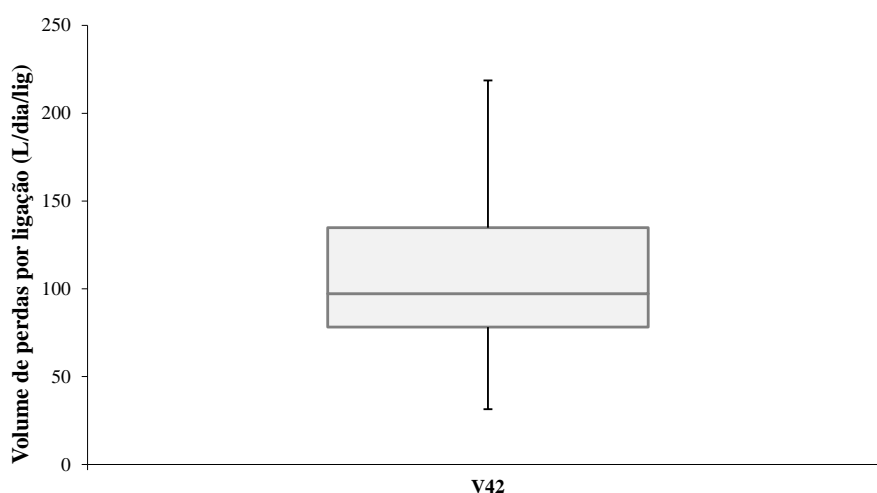
O desempenho operacional, para esse grupo de municípios, apresentou correlação principalmente com o índice de perdas de água, consumo micromedido e verticalização,

sendo que só os dois primeiros compuseram o modelo, pelos motivos já elucidados correlatos ao coeficiente de determinação.

O consumo micromedido por economia tem uma tendência de aumento com o aumento da população, o que de certo modo justifica a significância de variáveis relacionadas ao consumo em municípios de pequeno porte. Vale destacar que essa relação com o consumo também foi observada nos municípios com população inferior a 10 mil habitantes, o que corrobora, de certo modo, essa hipótese.

A verticalização, já discutida para outros grupos de municípios, apresentou significância e correlação inversa com o desempenho operacional, como é previsto devido ao perfil diferenciado correspondente às edificações, em que uma única ligação abastece diversas economias.

No que se refere ao índice de perdas, conforme também já constatado, é razoável admitir que quanto maior o volume de água perdido na distribuição, maior deve ser o volume distribuído para que a população seja abastecida continuamente. Vale ressaltar que, para esse porte populacional, o índice de perdas não é um fator limitante, tendo em vista o valor médio de 105 litros diários de água por ligação, o qual é menor que a média mineira de 239 litros diários por ligação (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016). Além disso, todos os municípios desse porte populacional apresentam esse índice abaixo da média mineira, como observado na Figura 5.11.



**Figura 5.11** - Índice de perdas por ligação (V42) para os municípios com população entre 10 mil e 20 mil habitantes.

Vale ressaltar que outras três variáveis mostraram-se significativas, sendo elas: participação das economias residenciais de água, participação da receita operacional indireta e total de empregados por ligações de água. Essas três variáveis não foram incorporadas ao modelo,



além de não apresentarem vieses técnicos consistentes que justifiquem um aumento no volume distribuído ocasionado pela variação desses parâmetros, necessitando de outras informações para conclusões assertivas quanto a essas relações.

#### 5.2.4 Municípios com população entre 20 mil e 50 mil habitantes

A amostra entre 20 mil e 50 mil habitantes é composta por 55 municípios, sendo os resultados para esse grupo apresentados abaixo.

##### 5.2.4.1 Modelo

Por meio dos mesmos procedimentos previamente descritos, apresenta-se nas tabelas 5.13, 5.14 e 5.15 as variáveis significativas para o modelo, assim como o *F*-parcial que atesta a inserção da variável e seus coeficientes de regressão, seguido do valor do teste *F* (*F*-crítico: 3,47) que atesta a significância desses coeficientes.

**Tabela 5.13** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Financeiro nos municípios com população entre 20 mil e 50 mil

Indicador de Desempenho Financeiro (ID <sub>F</sub> )							
Variável (Numeração)	Inserção da variável		Coeficiente de regressão			Ajuste	
	F-parcial	p-valor	$\beta$ ( $10^{-6}$ )	F	p-valor	R <sup>2</sup> <sub>ai</sub>	$\Delta R^2_{ai}$
Despesa total com os serviços por m <sup>3</sup> faturado (V3)	36,148	0,0000	334,938	3492,731	0,0000	0,7177	0,7177
Tarifa média praticada (V4)	830,773	0,0000	-348,454	1654,646	0,0000	0,8335	0,1157
Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água (V48)	33,705	0,0000	0,923	56,671	0,0000	0,9904	0,1569
Incidência das análises de turbidez fora do padrão (V54)	22,571	0,0000	1,346	29,704	0,0000	0,9942	0,0039
Participação das economias residenciais de água no total das economias de água (V37)	8,038	0,0067	-2,314	7,825	0,0074	0,9961	0,0018
Participação da despesa com produtos químicos nas despesas de exploração (DEX) (V33)	4,437	0,0405	-2,923	4,438	0,0405	0,9966	0,0006

**Tabela 5.14** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Operacional nos municípios com população entre 20 mil e 50 mil

<b>Indicador de Desempenho Operacional (ID<sub>o</sub>)</b>							
<b>Variável (Numeração)</b>	<b>Inserção da variável</b>		<b>Coefficiente de regressão</b>			<b>Ajuste</b>	
	<b>F-parcial</b>	<b>p-valor</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>R<sup>2</sup><sub>aj</sub></b>	<b><math>\Delta</math>R<sup>2</sup><sub>aj</sub></b>
Índice de perdas faturamento (V12)	175,565	0,0000	0,183	1457,472	0,0000	0,7681	0,7681
Consumo micromedido por economia (V13)	279,473	0,0000	1,183	738,593	0,0000	0,9636	0,1955
Participação das outras despesas nas despesas de exploração (V34)	25,509	0,0000	0,047	94,099	0,0000	0,9758	0,0121
Índice de fluoretação de água (V47)	17,133	0,0001	-0,302	46,533	0,0000	0,9819	0,0062
Tarifa média de água (V5)	13,320	0,0006	0,895	31,154	0,0000	0,9858	0,0039
Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração (V30)	10,619	0,0021	0,025	22,420	0,0000	0,9884	0,0026
Despesa de exploração por economia (V22)	14,680	0,0004	0,004	13,794	0,0006	0,9911	0,0028
Despesa média anual por empregado (V7)	5,983	0,0183	-1,1x10 <sup>-5</sup>	7,344	0,0096	0,9922	0,0010
Densidade de economias de água por ligação (V1)	4,384	0,0420	-2,862	5,080	0,0292	0,9929	0,0007
Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão (V58)	5,027	0,0300	0,312	5,027	0,0300	0,9936	0,0007

**Tabela 5.15** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Qualidade da Água nos municípios com população entre 20 mil e 50 mil

<b>Indicador de Qualidade da água (ID<sub>Q</sub>)</b>							
Variável (Numeração)	Inserção da variável		Coeficiente de regressão			Ajuste	
	F-parcial	p-valor	$\beta$	F	p-valor	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	$\Delta R^2_{aj}$
Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total (V16)	10,037	0,0025	0,235	17,539	0,0001	0,1592	0,1592
Participação da receita operacional indireta na receita operacional total (V36)	11,110	0,0016	1,400	15,680	0,0002	0,3072	0,1480
Consumo médio per capita de água (V18)	5,379	0,0244	0,496	5,379	0,0244	0,3733	0,0661

Avaliando a contribuição de cada variável para o aumento do coeficiente de determinação, diversas variáveis foram suprimidas dos modelos, a fim de obter modelos parcimoniosos. Para o desempenho financeiro, verificou-se que a despesa total dos serviços por metro cúbico faturado, a tarifa média e o índice de consumo de energia elétrica eram suficientes para explicar mais de 99% da variação desse desempenho. Utilizando o mesmo critério para o desempenho operacional, concluiu-se que o índice de perdas de faturamento e o consumo micromedido por economia eram suficientes para explicar a variação desse desempenho.

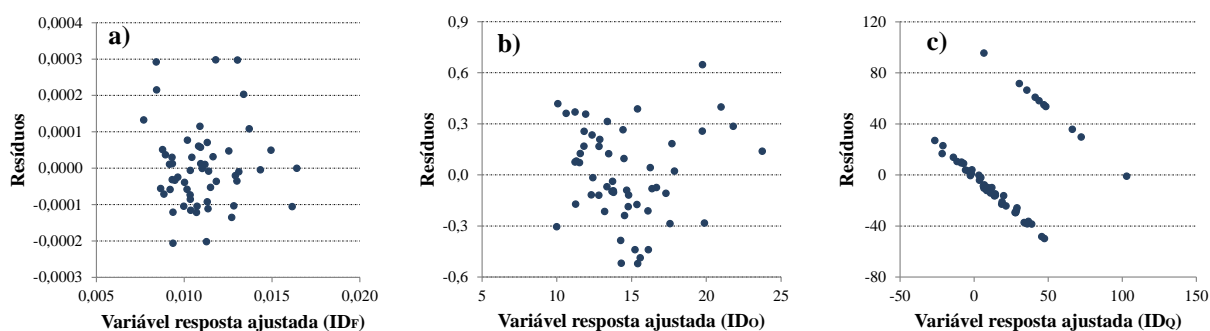
Conforme pode ser verificado na Tabela 5.16, os três modelos são significativos a um nível de confiança de 95%. No entanto, atesta-se que o ID<sub>F</sub> e ID<sub>O</sub> apresentam um coeficiente de determinação maior que o ID<sub>Q</sub>. Desse modo, ressalta-se o pequeno poder de explicação do modelo construído para o ID<sub>Q</sub> que, embora seja significativo, não é adequadamente descrito por uma relação linear.

**Tabela 5.16** - Modelos e estatística de teste para os municípios com população entre 20 mil e 50 mil habitantes

Modelo	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	Teste F	p-valor
$ID_F = 10^5 / (1048,378 + 343,599 * V3 - 358,227 * V4 + 0,962 * V48)$	0,99315	2610,3511	0,0000
$ID_O = -2,5276 + 0,202 * V12 + 1,261 * V13$	0,96222	688,7444	0,0000
$ID_Q = 1 / (-152,410 + 0,235 / V16 + 1,400 / V36 + 0,496 / V18)$	0,33647	10,1277	0,0000

### 5.2.4.2 Validação

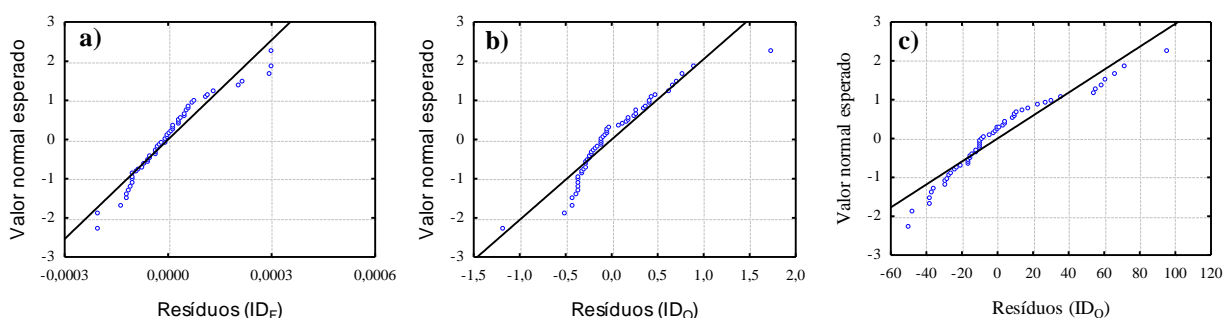
Após validação estatística, a fim de verificar as premissas apresentadas no Capítulo 4, construiu-se os gráficos apresentados na Figura 5.12 para avaliação da independência dos resíduos.



**Figura 5.12** - Distribuição dos resíduos em relação à variável resposta do (a) Indicador de Desempenho Financeiro, (b) Indicador de Desempenho Operacional e (c) Indicador de Qualidade da Água para os municípios com população entre 20 mil e 50 mil habitantes.

Similarmente aos portes populacionais previamente avaliados, verifica-se que a distribuição dos resíduos não apresenta indícios de que as hipóteses de constância da variância, independência dos erros e homocedasticidade são descumpridas para o  $ID_F$  e  $ID_O$ , sendo que o mesmo não pode ser concluído para o  $ID_Q$ .

A fim de avaliar a normalidade dos resíduos, avaliou-se a aderência dos dados a uma reta, conforme evidenciado na Figura 5.13.



**Figura 5.13** - Aderência dos resíduos a reta para o (a) Indicador de Desempenho Financeiro, (b) Indicador de Desempenho Operacional e (c) Indicador de Qualidade da Água para os municípios com população entre 20 mil e 50 mil habitantes.

Como pode ser observado, para os três indicadores há certa aderência dos resíduos à reta, indicando a normalidade destes.

### 5.2.4.3 Análise

#### Desempenho financeiro

Para municípios com população entre 20 mil e 50 mil habitantes, as variáveis financeiras, como para os outros portes, foram as mais relevantes para descrição do desempenho em estudo. Destacaram-se as despesas com serviço, tarifação, consumo energético e a participação das despesas com produtos químicos, cujas relações com o desempenho financeiro são evidentes.

A tarifação média foi apontada como correlata diretamente ao desempenho e, além de significativa, foi incorporada ao modelo. Conforme já discutido, essa relação é entendível visto que o aumento da tarifa provoca o aumento da receita da prestadora e, assim, do desempenho financeiro.

A despesa total com os serviços, também incorporada ao modelo, apresentou-se como onerosa ao prestador, o que é plausível pensando que o aumento das despesas acarretam no aumento do denominador do desempenho financeiro, diminuindo-o. Além dessa despesa, o consumo de energia elétrica, estritamente ligado às despesas, mostrou-se significativo, sendo também incorporado ao modelo.

Outras variáveis, apesar de não terem sido incorporadas ao modelo, mostraram-se significativas, sendo elas: participação das economias residenciais de água e incidência das análises de turbidez fora do padrão. Essas duas variáveis não apresentam grandes variações para os diferentes portes populacionais, além de não apresentarem vieses técnicos consistentes que justifiquem sua relação com o desempenho financeiro. Uma hipótese é que as análises de turbidez tenham se mostrados significativas devido a relação com os custos com produtos químicos, o qual também foi significativo. No que se refere à participação das economias residenciais, pode-se inferir que o aumento dessa classe de economias frente às outras favorece o aumento da receita das prestadoras, no entanto seriam necessárias diversas outras informações, como o consumo médio de economias comerciais e industriais, que propiciassem avaliar o impacto das diferentes classes de consumo no faturamento do prestador.

## Desempenho operacional

O desempenho operacional, para esse porte populacional, apresentou um grande número de variáveis significativas, sendo algumas de natureza financeira e outras operacionais.

Dentre os parâmetros financeiros, a tarifação média de água, participação das despesas com pessoal e com outras despesas, despesas de exploração e despesas por empregado mostraram-se significativos, mas não foram incorporadas ao modelo. A relação do volume distribuído com parâmetros financeiros pode parecer inconsistente, muito embora a produção de água pelas prestadoras balize-se pela capacidade financeira e pelo equilíbrio econômico das companhias. Em geral, as variáveis financeiras apontam que um aumento na despesa ocasionam uma diminuição no volume de água distribuído. Para compreender melhor essa relação, seria necessário avaliar a essência dessas despesas e vincular, se possível, com a interrupção do serviço de abastecimento de água, por exemplo.

No que tange a tarifação, pode-se utilizar o princípio da economia, que pressupõe a relação entre oferta e demanda, para justificar a diminuição do volume distribuído frente o aumento da tarifação. No entanto, vale destacar que no modelo a tarifa é diretamente proporcional ao volume de água distribuído por economia, o que necessita de uma investigação mais aprofundada. Em suma, pode-se cogitar que essa relação existe devido às ligações clandestinas de usuários, que crescem de acordo com o aumento da tarifa e indiretamente pressionam os prestadores a produzirem um volume de água que não será faturado. Do mesmo modo, e talvez ainda mais consistente, pode-se cogitar a relação que pressupõe um aumento no volume distribuído devido ao consumo de grandes economias que acabam por pagar, a depender da metodologia de tarifação, uma alta tarifa em consequência do escalonamento tarifário progressivo.

No que se refere às variáveis operacionais significativas destaca-se o índice de perdas de faturamento, o qual corresponde a perda aparente, ou seja, aquela que não está relacionada às perdas na distribuição e sim ao não faturamento da prestadora de um determinado volume de água distribuído. A relação com o desempenho operacional é direta, implicando que o aumento das perdas de faturamento promovem o aumento do volume distribuído. A relação é plausível partindo do pressuposto que a medida que fatura-se um maior volume da água produzida, ou seja, quanto menor o índice de perdas de faturamento, menor será a necessidade de produção excessiva, por economia, para compensação do volume consumido naquelas ligações clandestinas.

O consumo de água foi abordado em discussões anteriores, o qual apresenta correlação direta com o desempenho operacional, tendo em vista a relação de oferta e demanda, também utilizada para justificar a relação da tarifa com o desempenho. Do mesmo modo, a verticalização (densidade de economias por ligação) também já foi discutida com a prerrogativa de que quanto mais verticalizado é o município menor o volume distribuído por economia, tendo em vista o perfil de consumo das economias que compartilham de uma mesma ligação.

Vale ressaltar que o índice de amostras de coliformes totais fora do padrão e o índice de fluoretação de água foram apontadas como significativas, muito embora essa correlação não apresente contexto claro com o desempenho operacional.

### **5.2.5 Municípios com população entre 50 mil e 100 mil habitantes**

A amostra entre 50 mil e 100 mil habitantes é composta por 21 municípios, sendo os resultados para esse grupo apresentados abaixo.

#### **5.2.5.1 Modelo**

Por meio dos mesmos procedimentos previamente descritos, apresenta-se nas tabelas 5.17, 5.18 e 5.19 as variáveis significativas para o modelo, assim como o  $F$ -parcial que atesta a inserção da variável e os coeficientes de regressão de cada variável selecionada, seguido do valor do teste  $F$  ( $F$ -crítico: 3,60) que atesta a significância desses coeficientes.

**Tabela 5.17** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Financeiro nos municípios com população entre 50 mil e 100 mil

<b>Indicador de Desempenho Financeiro (ID<sub>F</sub>)</b>							
<b>Variável (Numeração)</b>	<b>Inserção da variável</b>		<b>Coefficiente de regressão</b>			<b>Ajuste</b>	
	<b>F-parcial</b>	<b>p-valor</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>R<sup>2</sup><sub>aj</sub></b>	<b><math>\Delta</math>R<sup>2</sup><sub>aj</sub></b>
Índice de suficiência de caixa (V60)	74,768	0,0000	0,529	86,801	0,0000	0,7974	0,7974
Despesa total com os serviços por m <sup>3</sup> faturado (V3)	51,293	0,0000	-24,086	421,435	0,0000	0,9474	0,1500
Tarifa média praticada (V4)	48,768	0,0000	17,587	104,569	0,0000	0,9864	0,0390
Margem das outras despesas de exploração (V29)	12,565	0,0027	-0,077	22,439	0,0003	0,9924	0,0060
Participação das economias residenciais de água no total das economias de água (V37)	15,572	0,0013	0,779	15,572	0,0013	0,9963	0,0039

**Tabela 5.18** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Operacional nos municípios com população entre 50 mil e 100 mil

<b>Indicador de Desempenho Operacional (ID<sub>O</sub>)</b>							
<b>Variável (Numeração)</b>	<b>Inserção da variável</b>		<b>Coefficiente de regressão</b>			<b>Ajuste</b>	
	<b>F-parcial</b>	<b>p-valor</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>R<sup>2</sup><sub>aj</sub></b>	<b><math>\Delta</math>R<sup>2</sup><sub>aj</sub></b>
Índice de perdas por ligação (V42)	85,642	0,0000	0,002	609,504	0,0000	0,8184	0,8184
Consumo médio de água por economia (V44)	51,508	0,0000	0,053	263,469	0,0000	0,9530	0,1346
Densidade de economias de água por ligação (V1)	10,187	0,0053	-0,310	46,770	0,0000	0,9706	0,0176
Índice de conformidade da quantidade de amostras - coliformes totais (V59)	17,857	0,0006	-0,002	30,900	0,0001	0,9861	0,0155



**Tabela 5.18** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Operacional nos municípios com população entre 50 mil e 100 mil (continuação)

Indicador de Desempenho Operacional (ID <sub>O</sub> )							
Variável (Numeração)	Inserção da variável		Coeficiente de regressão			Ajuste	
	F-parcial	p-valor	$\beta$	F	p-valor	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	$\Delta R^2_{aj}$
Índice de conformidade da quantidade de amostras - turbidez (V56)	14,539	0,0017	0,002	23,795	0,0002	0,9929	0,0068
Participação da despesa com energia elétrica nas despesas de exploração (V32)	6,749	0,0211	0,003	6,749	0,0211	0,9952	0,0023

**Tabela 5.19** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Qualidade da Água nos municípios com população entre 50 mil e 100 mil

Indicador de Qualidade da água (ID <sub>Q</sub> )							
Variável (Numeração)	Inserção da variável		Coeficiente de regressão			Ajuste	
	F-parcial	p-valor	$\beta$	F	p-valor	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	$\Delta R^2_{aj}$
Duração média dos serviços executados (V57)	16,532	0,0007	-0,115	11,139	0,0039	0,4653	0,4653
Participação da despesa com energia elétrica nas despesas de exploração (V32)	7,101	0,0158	1,163	12,886	0,0023	0,6165	0,1513
Incidência da despesa de pessoal e de serviços de terceiros nas despesas totais com os serviços (V6)	5,279	0,0346	0,481	5,279	0,0346	0,7074	0,0909

Avaliando a contribuição de cada variável para o aumento do coeficiente de determinação, diversas variáveis foram suprimidas dos modelos, a fim de obter modelos parcimoniosos. Para o desempenho financeiro, verificou-se que a suficiência de caixa, as despesas totais com serviços por metro cúbico faturado e a tarifa média eram suficientes para explicar mais de 98% da variação desse desempenho. Pelo mesmo critério, o índice de perdas de água por

ligação e o consumo médio de água por economia foram incorporados ao modelo do desempenho operacional.

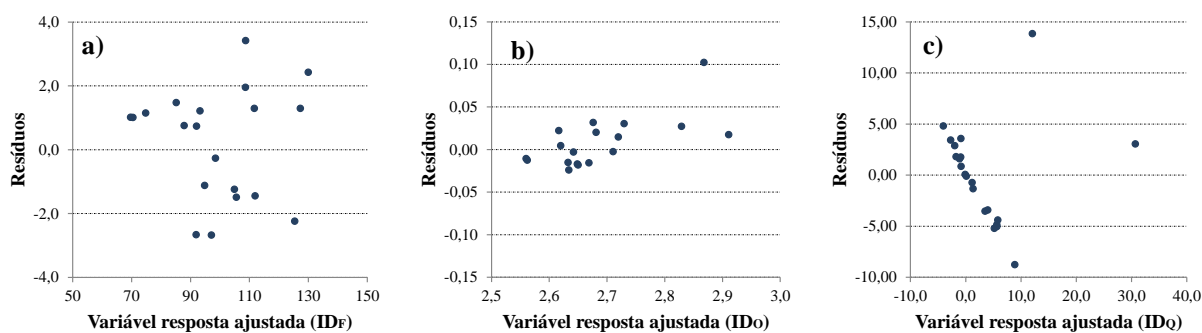
Conforme pode ser verificado na Tabela 5.20, os três modelos são significativos a um nível de confiança de 95%. No entanto, atesta-se que o  $ID_F$  e  $ID_O$  apresentam um coeficiente de determinação maior que o  $ID_Q$ . Desse modo, ressalta-se o pequeno poder de explicação do modelo construído para o  $ID_Q$  que, embora seja significativo, não é adequadamente descrito por uma relação linear.

**Tabela 5.20** - Modelos e estatística de teste para os municípios com população entre 50 mil e 100 mil habitantes

Modelo	$R^2_{aj}$	Teste F	p-valor
$ID_F = 52,287 + 0,532*V60 - 22,083*V3 + 19,113*V4$	0,98399	410,8349	0,0000
$ID_O = 6,136.exp(0,001*V42 + 0,061*V44)$	0,94776	182,4075	0,0000
$ID_Q = \ln(-0,115*V57 + 1,163*V32 + 0,481*V6)$	0,65576	13,6994	0,0001

### 5.2.5.2 Validação

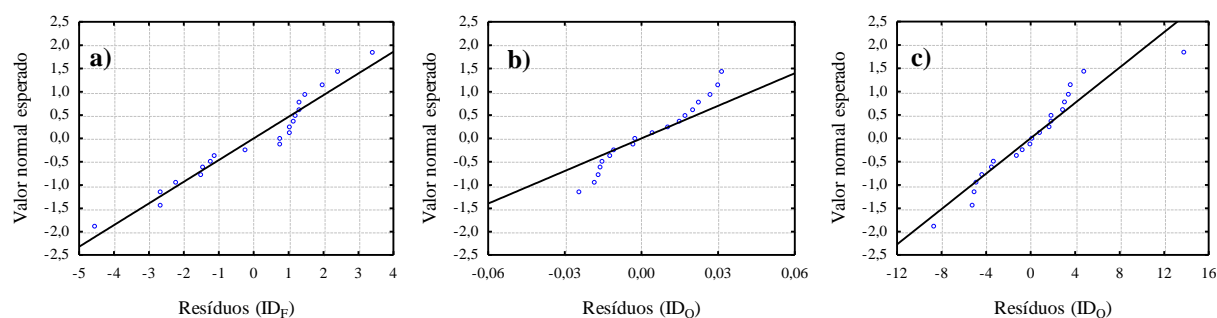
Após validação estatística, a fim de verificar as premissas apresentadas no Capítulo 4, construiu-se os gráficos apresentados na Figura 5.14 para avaliação da independência dos resíduos.



**Figura 5.14** - Distribuição dos resíduos em relação à variável resposta do (a) Indicador de Desempenho Financeiro, (b) Indicador de Desempenho Operacional e (c) Indicador de Qualidade da Água para os municípios com população entre 50 mil e 100 mil habitantes.

Similarmente aos portes populacionais previamente avaliados, verifica-se que a distribuição dos resíduos não apresenta indícios de que as hipóteses de constância da variância, independência dos erros e homocedasticidade são descumpridas para o  $ID_F$  e  $ID_O$ , sendo que o mesmo não pode ser concluído para o  $ID_Q$ .

A fim de avaliar a normalidade dos resíduos, avaliou-se a aderência dos dados a uma reta, conforme evidenciado na Figura 5.15.



**Figura 5.15** - Aderência dos resíduos a reta para o (a) Indicador de Desempenho Financeiro, (b) Indicador de Desempenho Operacional e (c) Indicador de Qualidade da Água para municípios com população entre 50 mil e 100 mil habitantes.

Como pode ser verificado, não há desvios substanciais em relação à normalidade, principalmente nos valores centrais, para os quais foi observado maior aderência dos resíduos à reta normal. No entanto, para o ID<sub>Q</sub>, além da invalidade do modelo discutida acima, verifica-se que a aderência é pouco satisfatória, indicando que os resíduos não seguem distribuição normal.

### 5.2.5.3 Análise

#### Desempenho financeiro

Para municípios de médio porte, a suficiência de caixa mostrou-se significativa e foi incorporada ao modelo, tendo em vista a perspectiva dessa variável avaliar a arrecadação frente às despesas.

A tarifação mostrou-se significativa e também foi incorporada ao modelo, tendo em vista a mesma perspectiva de que o aumento da tarifa provoca um aumento na receita e, assim, do desempenho financeiro. Vale ressaltar que em termos gerais o aumento da tarifa pode impactar na diminuição do consumo e, indiretamente, provocar uma menor receita por economia. No entanto, diante do modelo criado, prevê-se que o aumento da tarifa provoca um aumento da receita mais pronunciado que a diminuição do consumo.

No que se refere à participação das economias residenciais, conforme já discutido, pode-se inferir que o aumento dessa classe de economias frente às outras favorecem o aumento da receita das prestadoras. No entanto, diversas outras informações seriam necessárias para mensurar o impacto do consumo de cada classe de economia no faturamento do prestador.

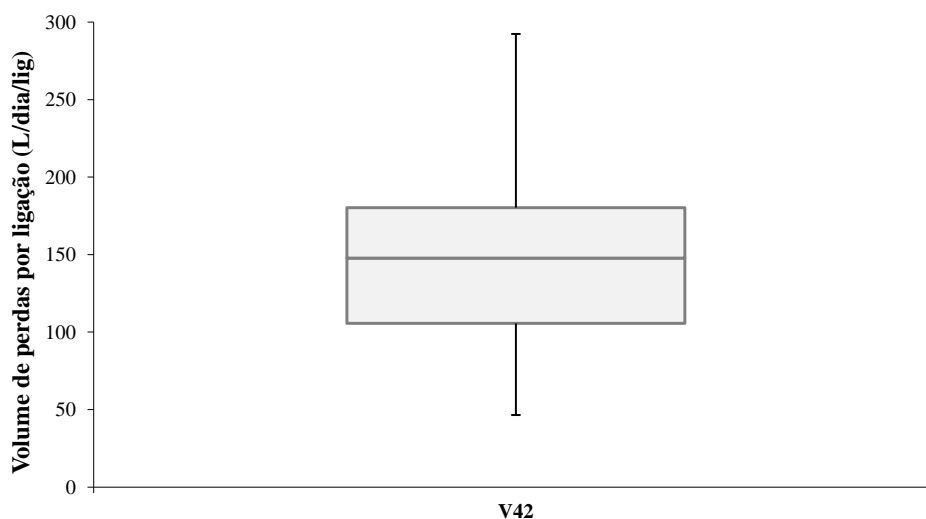
Foi verificada a significância de algumas variáveis de despesa, assim como em todos os outros portes, sendo significativas as despesas totais com o serviço além da margem das outras despesas de exploração. Embora apontados nesse grupo de municípios, não foram

verificados valores médios dessas variáveis discrepantes do observado em outros grupos. No entanto, a relação entre despesa e o desempenho financeiro é evidente.

### Desempenho operacional

O desempenho operacional, para os municípios em estudo, apresentou menos variáveis financeiras significativas quando comparado a outros portes populacionais, atendo-se à despesa com energia elétrica. Embora essa variável seja significativa, foram incorporadas ao modelo do desempenho operacional apenas o índice de perdas por ligação e o consumo médio de água.

As perdas por ligação, conforme já discutido, influem diretamente no volume distribuído sob a perspectiva de que, quanto maiores as perdas no sistema, maior o volume distribuído para que toda a população seja abastecida. Vale ressaltar que esse índice é relativamente alto para esse grupo de municípios (162 L/dia/ligação) quando comparado aos portes populacionais de municípios já avaliados, o que pode configurar um fator operacional limitante para municípios de médio porte. Sendo assim, esse índice está abaixo da média do estado de Minas Gerais (239 L/dia/ligação), mas, como pode ser verificado na Figura 5.16, alguns municípios do grupo apresentam valores superiores a média do estado.



**Figura 5.16** - Índice de perdas por ligação (V42) para os municípios com população entre 50 mil e 100 mil habitantes.

O consumo de água também foi abordado em discussões anteriores, o qual apresenta correlação direta com o desempenho operacional, tendo em vista a relação de oferta e demanda. Do mesmo modo, a verticalização também já foi discutida com a prerrogativa de

que quanto mais verticalizado é o município menor o volume distribuído por economia, tendo em vista o perfil de consumo das economias que compartilham de uma mesma ligação.

Além disso, a conformidade das amostras quanto aos coliformes totais e turbidez foram apontadas no modelo. No entanto, essas variáveis pouco contribuem para explicação do desempenho operacional e de certo modo podem ser consideradas espúrias, não sendo, inclusive, acrescentadas ao modelos.

## 5.2.6 Municípios acima de 100 mil habitantes

A amostra acima de 100 mil habitantes é composta por 23 municípios, sendo os resultados para esse grupo apresentados abaixo.

### 5.2.6.1 Modelo

Por meio dos mesmos procedimentos previamente descritos, apresenta-se nas tabelas 5.21, 5.22 e 5.23 as variáveis significativas para o modelo, assim como o *F-parcial* que atesta a inserção da variável e os coeficientes de regressão de cada variável selecionada, seguido do valor do teste F (*F*-crítico: 1,60) que atesta a significância desses coeficientes.

**Tabela 5.21** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Financeiro nos municípios com população acima de 100 mil

Indicador de Desempenho Financeiro (ID <sub>F</sub> )							
Variável (Numeração)	Inserção da variável		Coeficiente de regressão			Ajuste	
	F-parcial	p-valor	$\beta$	F	p-valor	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	$\Delta R^2_{aj}$
Índice de suficiência de caixa (V60)	135,660	0,0000	0,253	31,006	0,0001	0,8771	0,8771
Despesa total com os serviços por m <sup>3</sup> faturado (V3)	13,707	0,0016	-27,863	394,495	0,0000	0,9303	0,0531
Tarifa média praticada (V4)	22,117	0,0002	25,976	240,651	0,0000	0,9697	0,0394
Índice de evasão de receitas (V24)	33,560	0,0000	0,181	70,881	0,0000	0,9902	0,0205
Despesa de exploração por economia (V22)	13,096	0,0025	-0,033	20,471	0,0005	0,9948	0,0046
Extensão da rede de água por ligação (V17)	8,149	0,0127	0,059	8,149	0,0127	0,9967	0,0019

**Tabela 5.22** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Desempenho Operacional nos municípios com população acima de 100 mil

Indicador de Desempenho Operacional (ID <sub>O</sub> )							
Variável (Numeração)	Inserção da variável		Coeficiente de regressão			Ajuste	
	F-parcial	p-valor	$\beta$	F	p-valor	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	$\Delta R^2_{aj}$
Índice de perdas por ligação (V42)	106,911	0,0000	0,025	3650,601	0,0000	0,8491	0,8491
Índice de fluoretação de água (V47)	60,200	0,0000	-0,103	65,436	0,0000	0,9653	0,1162
Participação da receita operacional direta de água na receita operacional total (V35)	5,637	0,0296	0,009	5,707	0,0328	0,9739	0,0086
Participação da despesa com produtos químicos nas despesas de exploração (DEX) (V33)	2,350	0,1448	-0,321	33,933	0,0001	0,9773	0,0033
Densidade de economias de água por ligação (V1)	42,221	0,0000	-4,824	99,153	0,0000	0,9824	0,0051
Tarifa média de água (V5)	15,389	0,0017	0,568	15,389	0,0017	0,9956	0,0132

**Tabela 5.23** - Variáveis explicativas selecionadas para o modelo e avaliação do coeficiente de regressão ( $\beta$ ) de cada variável selecionada para o Indicador de Qualidade da Água nos municípios com população acima de 100 mil

Indicador de Qualidade da água (ID <sub>Q</sub> )							
Variável (Numeração)	Inserção da variável		Coeficiente de regressão			Ajuste	
	F-parcial	p-valor	$\beta$	F	p-valor	R <sup>2</sup> <sub>aj</sub>	$\Delta R^2_{aj}$
Participação da receita operacional direta de água na receita operacional total (V35)	11,726	0,0028	0,134	20,080	0,0003	0,3816	0,3816
Índice de suficiência de caixa (V60)	5,062	0,0372	19,771	11,404	0,0036	0,5174	0,1357
Despesa de exploração por m <sup>3</sup> faturado (V21)	5,484	0,0316	12,231	5,484	0,0316	0,6351	0,1177

No que tange a contribuição de cada variável para o aumento do coeficiente de determinação, verificou-se que diversas variáveis poderiam ser suprimidas dos modelos, a fim de obter modelos mais parcimoniosos. Para o desempenho financeiro, verificou-se que a suficiência de

caixa, as despesas totais com serviços por metro cúbico faturado, a tarifa média e o índice de evasão de receitas eram suficientes para explicar quase 99% da variação desse desempenho. Pelo mesmo critério, o índice de perdas de água por ligação e o índice de fluoretação de água foram incorporados ao modelo do desempenho operacional, explicando pouco mais de 96% da variação do desempenho.

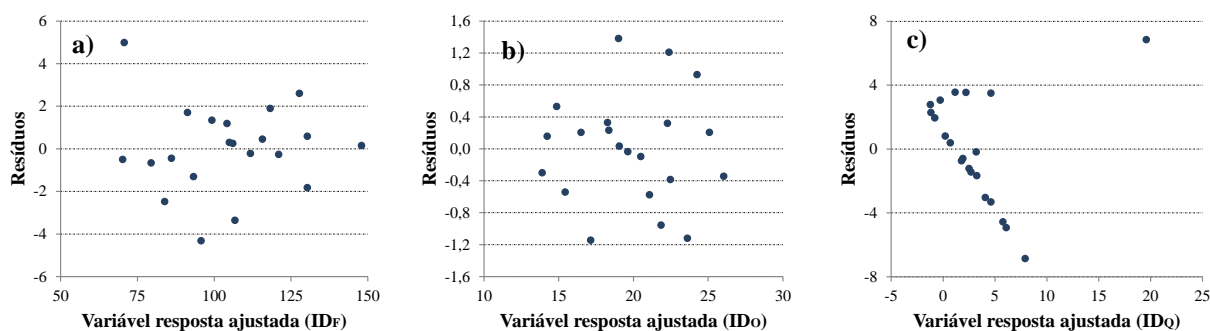
Conforme pode ser verificado na Tabela 5.24, os três modelos são significativos a um nível de confiança de 95%. Embora o ID<sub>Q</sub> tenha apresentado um coeficiente de determinação acima do observado em outros portes populacionais, ainda observa-se que esse coeficiente é inferior ao observado para o ID<sub>F</sub> e ID<sub>O</sub>.

**Tabela 5.24** - Modelos e estatística de teste para os municípios com população acima de 100 mil

Modelo	R <sup>2</sup> aj	Teste F	p-valor
$ID_F = 68,882 + 0,359*V60 - 24,998*V3 + 22,542*V4 + 0,176*V24$	0,98777	404,7726	0,0000
$ID_O = 27,320 + 0,024*V42 - 0,162*V47$	0,96141	250,1120	0,0000
$ID_Q = \ln(-98,629 + 0,134/V35 + 19,771/V60 + 12,231/V21)$	0,57067	9,8615	0,0005

### 5.2.6.2 Validação

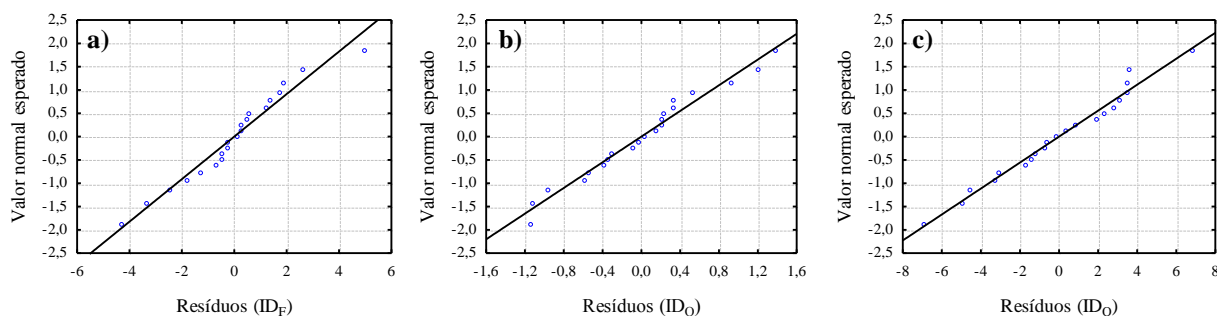
Após a construção do modelo de regressão, a fim de verificar as premissas apresentadas no Capítulo 4, construiu-se os gráficos apresentados na Figura 5.17 para avaliação da independência dos resíduos.



**Figura 5.17** - Distribuição dos resíduos em relação à variável resposta do (a) Indicador de Desempenho Financeiro, (b) Indicador de Desempenho Operacional e (c) Indicador de Qualidade da Água para municípios acima de 100 mil habitantes.

Similarmente aos portes populacionais previamente avaliados, verifica-se que a distribuição dos resíduos não apresenta indícios de que as hipóteses de constância da variância, independência dos erros e homocedasticidade são descumpridas para o ID<sub>F</sub> e ID<sub>O</sub>, sendo que o mesmo não pode ser concluído para o ID<sub>Q</sub>.

A fim de avaliar a normalidade dos resíduos, avaliou-se a aderência dos dados a uma reta, conforme evidenciado na Figura 5.18.



**Figura 5.18** - Aderência dos resíduos a reta para o (a) Indicador de Desempenho Financeiro, (b) Indicador de Desempenho Operacional e (c) Indicador de Qualidade da Água para municípios acima de 100 mil habitantes.

Como pode ser verificado, não há desvios substanciais em relação à normalidade, principalmente nos valores centrais, para os quais foi observado maior aderência dos resíduos à reta normal.

#### 5.2.6.3 Análise

##### Desempenho financeiro

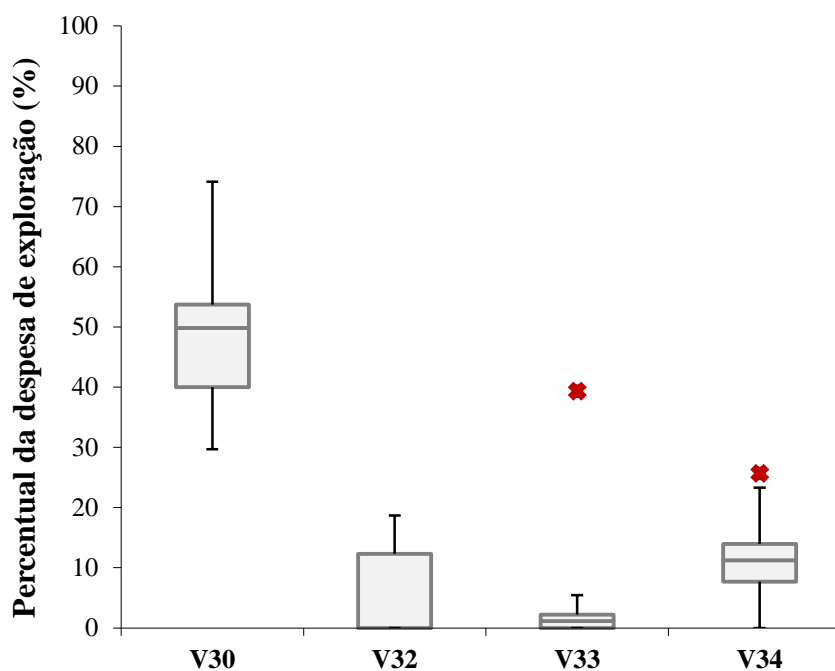
Para municípios de grande porte, ou seja, aqueles com mais de 100 mil habitantes, as três variáveis mais relevantes, e também incorporadas ao modelo, foram as mesmas que as observadas para municípios de médio porte: índice de suficiência de caixa, despesa total com os serviços e tarifa média praticada. Desse modo, as justificativas são semelhantes as apresentadas para municípios com população entre 50 mil e 100 mil habitantes.

É interessante observar que, para esse grupo de municípios, além da tarifação média, o índice de evasão de receitas foi significativo e incorporado ao modelo, o que pode apontar para o descolamento entre as receitas e a arrecadação, proveniente da inadimplência dos usuários. No entanto, o viés é diferente, tendo em vista que os municípios com população acima de 100 mil habitantes apresentam a menor evasão de receitas dentre todos os outros grupos populacionais. Sendo assim, corrobora-se a hipótese de que a evasão de receitas mostrou-se significativa para o desempenho financeiro devido à aproximação da receita com a arrecadação.

A extensão de rede por ligação também mostrou-se significativa, embora não tenha sido acrescida ao modelo. Em tese, quanto maior a extensão de rede, maior o número de economias e, conseqüentemente, maior o faturamento da prestadora.



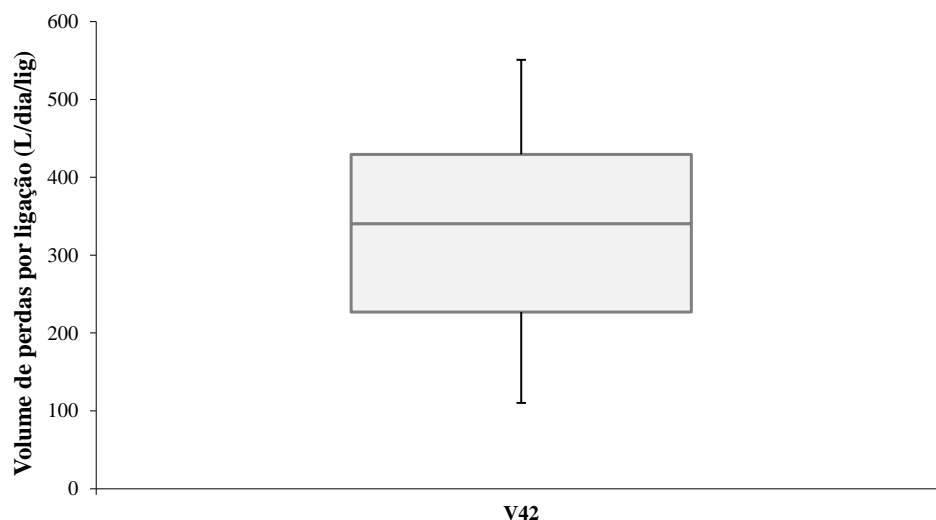
Observou-se, por fim, que as despesas significativas nesse modelo não são especificamente relacionadas a uma determinada despesa, mas sim às despesas globais. Avaliando a Figura 5.19 verifica-se que a despesa com pessoal diminuiu em relação ao observado para os municípios de menor porte, sugerindo que a distribuição das despesas tem alcançado um patamar no percentual na despesa total, o que corrobora o fato das despesas totais terem sido mais relevantes para esse porte populacional.



**Figura 5.19** - Box-plot da participação das despesas de pessoal próprio (V30), energia elétrica (V32), produtos químicos (V33) e outras despesas (V34) na despesa de exploração para municípios acima de 100 mil habitantes.

### Desempenho operacional

Os municípios de grande porte apresentaram como variável mais relevante para descrição do desempenho operacional as perdas por ligação. Conforme discutido, o aumento das perdas no sistema acarretam a necessidade de um maior volume distribuído para manutenção do abastecimento de água aos usuários. Como pode ser observado, as perdas são um fator limitante para esse grupo de municípios, tendo em vista o alto valor médio dessa variável (327 L/dia/ligação), muito acima da média estadual de 239 litros diários por ligação. Além disso, observa-se que esse índice é muito variável, com uma amplitude de 450 litros diários por ligação, como verificado na Figura 5.20.



**Figura 5.20** - Índice de perdas por ligação (V42) para os municípios acima de 100 mil habitantes.

Conforme observado em outros grupos populacionais, algumas variáveis financeiras foram significativas para explicar o desempenho operacional. Para o grupo dos municípios em estudo, a participação da receita operacional direta e àquela relacionada aos produtos químicos, assim como a receita operacional decorrente da tarifação, foram significativas, embora não tenham sido incorporadas ao modelo.

O aumento da receita está correlacionado com o aumento do volume distribuído por economia, partindo da premissa que o aumento do volume distribuído está relacionado ao aumento da demanda e, por consequência, da receita, o que justifica a significância da tarifação no modelo.

Conforme já mencionado, a relação do volume distribuído com parâmetros financeiros pode não ser tão clara, no entanto, é fato que a produção de água pelas prestadoras baliza-se pela capacidade financeira e pelo equilíbrio econômico das companhias, o que de certa forma justifica a aparição de variáveis financeiras em um modelo operacional. Muito embora, diversos fatores circundam essas relações, dificultando uma avaliação conclusiva acerca da significância dessas variáveis.

No que se refere a significância da densidade de economias por ligação (verticalização) verifica-se a recorrência dessa variável nos modelos de desempenho operacional. Conforme já discutido, o aumento do índice de verticalização sugere um menor volume distribuído por economia, o que pode ser justificado pelo menor perfil de consumo de água de economias que compartilham de uma mesma ligação.

Além dessa correlação, o índice de fluoretação também foi significativo e incorporado ao modelo de desempenho operacional. Muito embora, a correlação entre esse parâmetro e o volume de água distribuído é, de certa forma, cabalístico. Para tecer alguma conclusão sobre essa relação, seriam necessárias informações mais específicas quanto ao monitoramento e controle da fluoretação da água distribuída.

### **5.3 Constatações e comparações com base no porte populacional dos municípios**

Com o intuito de compreender melhor os resultados obtidos, foram realizadas comparações entre os modelos criados para municípios de diferentes portes populacionais e a proposição de ações prioritárias com base nas comparações realizadas.

Previamente às análises pontuais relativas aos desempenhos em estudo, destaca-se algumas impressões gerais verificadas ao decorrer das análises realizadas.

- Dentre as 44 variáveis estatisticamente significativas para algum modelo, apenas 16 compuseram de fato os modelos, indicando que o SNIS apresenta, ao menos com base no ano de 2014, variáveis além das necessárias para explicar a variação do desempenho financeiro e operacional da prestação dos serviços de abastecimento de água. Vale ressaltar que, segundo Coulibaly e Rodriguez (2004), um menor número de indicadores pode facilitar a compreensão de resultados, aumentando, assim, a assertividade das análises e inferências;
- Diversas variáveis demonstraram, entre si, correlações lineares superiores a 85%. Os municípios com população entre 50 mil e 100 mil habitantes apresentaram o maior número de variáveis correlacionadas, totalizando 38 correlações dentre as 1.482 possíveis. Em contrapartida, os municípios com população entre 20 mil e 50 mil habitantes apresentaram apenas 10 correlações;
- Devido às diversas correlações verificadas, nos dados do ano de 2014, há indícios de que a supressão de algumas variáveis não trazem prejuízo para inferência quanto a prestação dos serviços de abastecimento de água. Nos Quadros A1, A2 e A3 do apêndice são apresentadas as correlações acima de 85%, sendo que dentre as correlações verificadas entre as variáveis, mostraram-se recorrentes as seguintes:
  - Economias ativas por pessoal próprio e Economias ativas por pessoal total;
  - Participação das despesas com pessoal próprio nas despesas de exploração e Participação das despesas com pessoal total nas despesas de exploração;

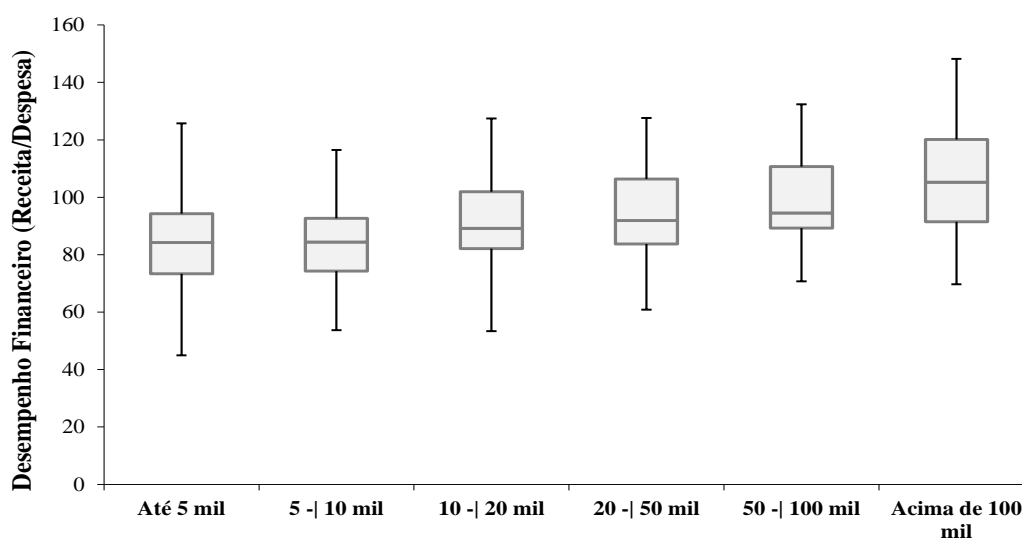
- Consumo micromedido por economia, Consumo de água faturada por economia e Consumo médio de água por economia;
  - Índice de perdas de faturamento, Índice de perdas na distribuição, Índice de perdas por ligação e Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado.
- Para três portes populacionais (população inferior a 5 mil habitantes, entre 10 mil e 20 mil habitantes e entre 50 mil e 100 mil habitantes) o índice de fluoretação de água não foi uma variável explicativa discriminatória, visto que todos os municípios componentes desses portes populacionais apresentaram tal índice igual a 100%;

Além disso, especificamente sobre o SNIS, reitera-se que sejam implementadas ferramentas de auditoria e certificação das informações, tendo em vista que, por meio da análise do Índice de Dados Analisáveis (IDA) conduzida no presente estudo, verificou-se uma quantidade expressiva de informações anômalas e não preenchidas, conforme apresentado no item 5.1 desse capítulo.

Conforme já destacado, o presente estudo avalia informações referentes a um único ano, refletindo, portanto, o cenário dos municípios, quanto ao porte populacional, em 2014. Desse modo, as conclusões e ações propostas nesse trabalho não emanam de uma análise temporal.

### 5.3.1 Desempenho financeiro

A distribuição do desempenho financeiro, nos diferentes portes populacionais, pode ser observada na Figura 5.21.



**Figura 5.21** - Desempenho financeiro dos grupos de municípios analisados.

Por meio do teste de Shapiro Wilk, para um nível de confiança de 95%, verifica-se que esse indicador pode ser modelado pela distribuição normal, conforme pode ser verificado no Apêndice: Tabela A4, e, por meio do teste Anova, seguido do teste de Tukey, verifica-se diferenças significativas nas medianas entre alguns grupos avaliados, conforme Tabela 5.25.

**Tabela 5.25** - Teste de Tukey para o desempenho financeiro entre os grupos analisados, com destaque, em vermelho, para as diferenças significativas (p-valor < 0,05)

GRUPOS	Até 5 mil	5 -  10 mil	10 -  20 mil	20 -  50 mil	50 -  100 mil	Acima de 100 mil
Até 5 mil	-	0,981951	0,159045	0,070349	0,005729	0,000037
5 -  10 mil	0,981951	-	0,012215	0,005447	0,000662	0,000021
10 -  20 mil	0,159045	0,012215	-	0,992170	0,345812	0,011306
20 -  50 mil	0,070349	0,005447	0,992170	-	0,661275	0,061206
50 -  100 mil	0,005729	0,000662	0,345812	0,661275	-	0,898113
Acima de 100 mil	0,000037	0,000021	0,011306	0,061206	0,898113	-

Avaliando o disposto acima, verifica-se que todos os municípios de pequeno porte apresentam desempenho financeiro significativamente menor que os municípios de grande porte. Além disso, salienta-se que o grupo de municípios com população entre 5 mil e 10 mil habitantes apresenta desempenho inferior a todos os outros municípios com população superior.

Desse modo, por meio do disposto na Figura 5.21 e na Tabela 5.25, pode-se inferir que o crescimento da receita é mais acentuado que o da despesa quando aumenta-se o número de usuários, tendo em vista a tendência de aumento do desempenho financeiro com o aumento do porte populacional. Essa constatação é corroborada quando se leva em consideração que o aumento do porte populacional dos municípios é acompanhado, em vias de regra, pelo aumento da receita das prestadoras em detrimento do perfil de consumo dos usuários nesses municípios, conforme informações do Ministério das Cidades (2016). Vale destacar que as inferências apresentadas não constituem uma relação de causa e efeito, sendo tão somente apontamentos oriundos da avaliação das equações e testes estatísticos.

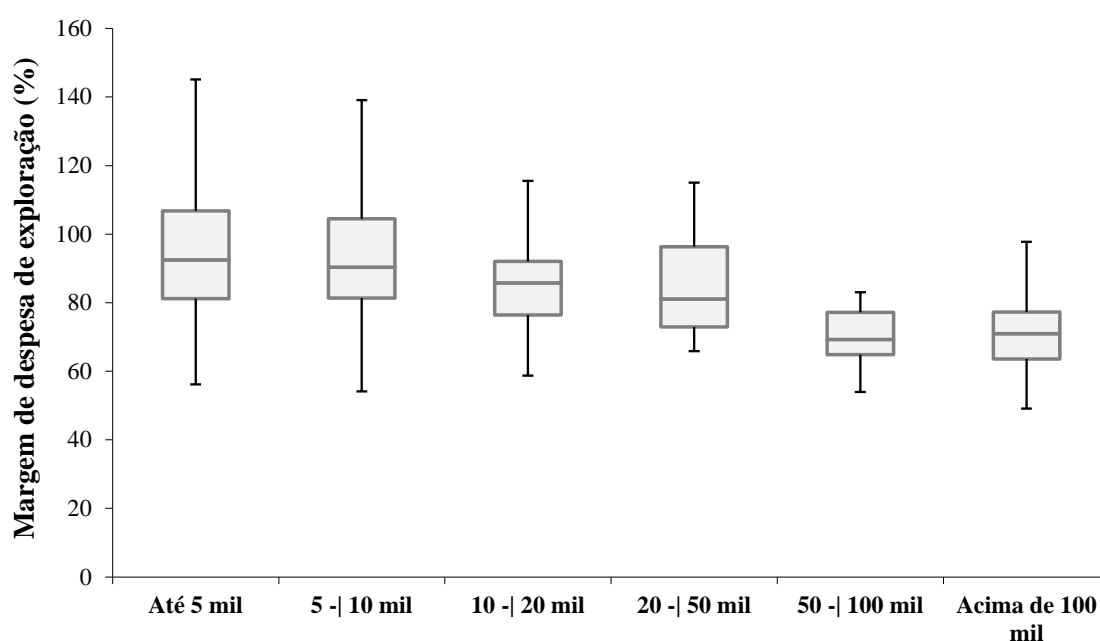
Nos modelos criados para descrição do desempenho financeiro, observou-se que dois parâmetros alternaram-se como mais relevantes. A margem de despesa de exploração foi significativa para municípios com população entre 5 mil e 20 mil habitantes, e o índice de suficiência de caixa para os municípios com população inferior a 5 mil e acima de 50 mil habitantes.

A significância da margem de despesa de exploração alerta para o comprometimento da receita dos municípios com as despesas para manutenção dos sistemas de abastecimento de água. Em suma, observou-se que a margem de despesa é maior em municípios com menos de

10 mil habitantes quando comparados àqueles com mais de 50 mil, conforme pode ser observado na Tabela 5.26 e Figura 5.22.

**Tabela 5.26** - Teste de comparações múltiplas entre os grupos analisados, para a margem de despesa de exploração (distribuição não normal), com destaque, em vermelho, para as diferenças significativas (p-valor < 0,05)

GRUPOS	Até 5 mil	5 -  10 mil	10 -  20 mil	20 -  50 mil	50 -  100 mil	Acima de 100 mil
Até 5 mil	-	1,000000	0,045426	0,584967	0,000002	0,000018
5 -  10 mil	1,000000	-	0,086263	0,955015	0,000003	0,000032
10 -  20 mil	0,045426	0,086263	-	1,000000	0,008910	0,045130
20 -  50 mil	0,584967	0,955015	1,000000	-	0,138847	0,384284
50 -  100 mil	0,000002	0,000003	0,008910	0,138847	-	1,000000
Acima de 100 mil	0,000018	0,000032	0,045130	0,384284	1,000000	-



**Figura 5.22** - Margem de despesa de exploração dos grupos de municípios analisados.

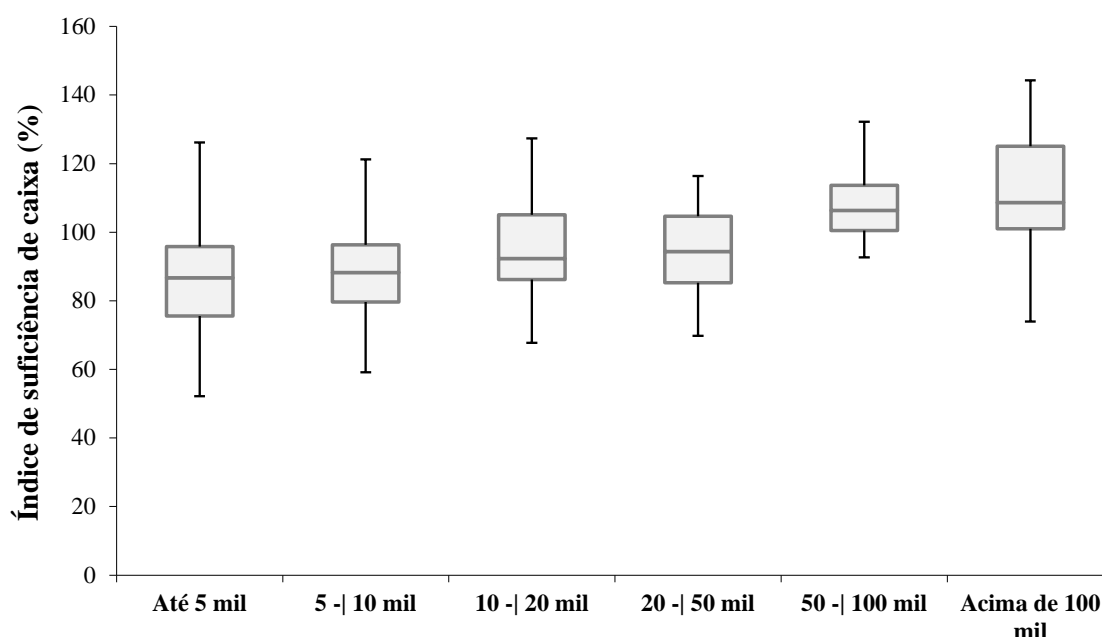
De certa forma, a maior margem de despesa observada para municípios com população inferior a 10 mil habitantes justifica o fato do desempenho financeiro ser inferior nesses municípios, conforme constatação já apresentada.

A não significância desse parâmetro no modelo para municípios com menos de 5 mil habitantes pode estar relacionada com a contribuição mais elevada do índice de suficiência de caixa no coeficiente de determinação múltipla do modelo de regressão para esse grupo. Desse modo, ao testar a contribuição da margem de despesa após a inserção da suficiência de caixa, verificou-se que a margem de despesa não trazia melhora significativa na capacidade explicativa do modelo.

No que se refere ao índice de suficiência de caixa, observa-se um aumento progressivo da arrecadação em detrimento das despesas, com o aumento do porte do município, o que justifica a significância desse parâmetro para municípios com mais de 20 mil habitantes, em termos de composição da receita. Em contrapartida, observou-se, também, a significância desse parâmetro para municípios com menos de 5 mil habitantes, os quais apresentam valores menores desse índice quando comparados com municípios mais populosos, conforme verificado na Tabela 5.27 e Figura 5.23.

**Tabela 5.27** - Teste de Tukey entre os grupos analisados, para o índice de suficiência de caixa (distribuição normal), com destaque, em vermelho, para as diferenças significativas (p-valor < 0,05)

GRUPOS	Até 5 mil	5 -  10 mil	10 -  20 mil	20 -  50 mil	50 -  100 mil	Acima de 100 mil
Até 5 mil	-	0,946248	0,007739	0,188005	0,000020	0,000020
5 -  10 mil	0,946248	-	0,057310	0,451599	0,000021	0,000020
10 -  20 mil	0,007739	0,057310	-	0,999999	0,004603	0,000057
20 -  50 mil	0,188005	0,451599	0,999999	-	0,063350	0,003635
50 -  100 mil	0,000020	0,000021	0,004603	0,063350	-	0,951055
Acima de 100 mil	0,000020	0,000020	0,000057	0,003635	0,951055	-



**Figura 5.23** - Índice de suficiência de caixa dos grupos de municípios analisados.

O aumento da arrecadação com o aumento populacional, observado na Figura 5.23, reafirma o comportamento observado para o desempenho financeiro, em que municípios mais populosos apresentaram maior desempenho.

Os modelos construídos permitem verificar, portanto, as variáveis que mais bem descrevem a variação do desempenho financeiro, subsidiando a proposição de ações que promovam a melhoria do desempenho em detrimento das variáveis explicativas.

Nesse sentido, para o grupo de municípios que apresentaram a margem de despesa de exploração como significativa, o investimento em ações que mitiguem as despesas podem promover o aumento do desempenho financeiro, seja agindo diretamente sobre o corte de gastos, na compra de produtos químicos, na diminuição de quadro de funcionários ou outras despesas que, diante da avaliação do prestador, podem ser mitigadas. Com isso, o comprometimento da receita com as despesas diminuirá e, por consequência, o desempenho financeiro aumentará.

Para o grupo de municípios em que o índice de suficiência de caixa foi mais relevante, pode-se prever ações que fomentem o aumento da arrecadação frente às despesas, seja diminuindo o descolamento entre receita e arrecadação, o qual é proveniente da inadimplência dos usuários, ou por meio da diminuição das despesas, tal qual a margem de despesa de exploração. Desse modo, o prestador pode atuar negociando a dívida dos usuários devedores e, até mesmo, promovendo a suspensão do serviço em consonância com a Resolução Arsaem-MG nº40/2013, no caso de municípios regulados pela agência. Vale destacar que existem estudos, como o conduzido por Fehr *et al.* (2003), que apontam casos de aumento de diarreia nos usuários devido a suspensão do serviço de abastecimento de água. Sendo assim, considerando quesitos de saúde pública, o corte no fornecimento de água pode não ser a solução mais altruísta.

Além dos dois parâmetros mencionados acima, outros também mostraram-se relevantes para explicar a variação do desempenho financeiro, em diferentes portes populacionais, tal como mostrado na Tabela 5.28.

**Tabela 5.28** - Variáveis significativas nos modelos de desempenho financeiro para municípios de diferentes portes populacionais

Variável	Modelos de acordo com a população (mil hab.)					
	Até 5	5 -  10	10 -  20	20 -  50	50 -  100	Acima de 100
Índice de suficiência de caixa	•				•	•
Índice de evasão de receitas	•					•
Incidência da despesa de pessoal e de serviços de terceiros nas despesas totais com os serviços	•	•	•			
Duração média dos serviços executados	•					



**Tabela 5.28 - Variáveis significativas nos modelos de desempenho financeiro para municípios de diferentes portes populacionais (continuação)**

Variável	Modelos de acordo com a população (mil hab.)					
	Até 5	5 -  10	10 -  20	20 -  50	50 -  100	Acima de 100
Quantidade equivalente de pessoal total	.					
Despesa média anual por empregado	.	.				
Consumo médio per capita de água	.					
Margem da despesa de exploração		.	.			
Participação da despesa com pessoal total (equivalente) nas despesas de exploração		.	.			
Índice de macromedição		.				
Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total		.				
Participação da receita operacional direta na receita operacional total			.			
Despesa de exploração por m <sup>3</sup> faturado			.			
Índice das análises de coliformes totais fora do padrão			.			
Índice de micromedição relativo ao consumo			.			
Despesa total com os serviços por m <sup>3</sup> faturado			.	.	.	.
Participação das economias residenciais de água no total das economias de água				.	.	
Participação da despesa com produtos químicos nas despesas de exploração (DEX)				.		
Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento				.		
Incidência das análises de turbidez fora do padrão				.		
Tarifa média praticada				.	.	.
Margem das outras despesas de exploração					.	
Despesa de exploração por economia						.
Extensão da rede de água por ligação						.

Observou-se que diversos parâmetros foram significativos para os diferentes grupos de municípios, embora nem todos tenham sido incorporados ao modelo. Algumas variáveis foram mais recorrentes que outras, como a despesa total com os serviços por metro cúbico

faturado e a tarifa média, por exemplo. Além de serem significativas, essas variáveis compõem os modelos para municípios com população superior a 20 mil habitantes.

Sendo assim, para esses municípios, ações que mitiguem as despesas, de maneira geral, favorecem o aumento do desempenho financeiro. Outras despesas pontuais, como as com energia elétrica, pessoal próprio e produtos químicos foram apontadas em diferentes portes populacionais, possibilitando ao prestador maior assertividade na diminuição de despesas que impactam o desempenho financeiro.

Vale destacar o apontamento das despesas com pessoal, por meio de diferentes variáveis, para municípios com população entre 5 e 20 mil habitantes, o que pode ser utilizado pelo prestador como uma das ferramentas para tomada de decisão quanto à diminuição ou aumento do quadro de funcionários. Nesse âmbito, verifica-se que os municípios com população inferior a 10 mil habitantes apresentam o maior número de empregados por ligação, o que evidencia um maior comprometimento com despesas com pessoal nos municípios de menor porte populacional.

No que tange à tarifa, salienta-se que o impacto no desempenho financeiro é esperado, embora não haja ações que propiciem alteração na tarifa, de modo a promover melhoria do desempenho, a não ser diante de cenários de reajuste e revisões tarifárias, por meio das quais a tarifa é alterada.

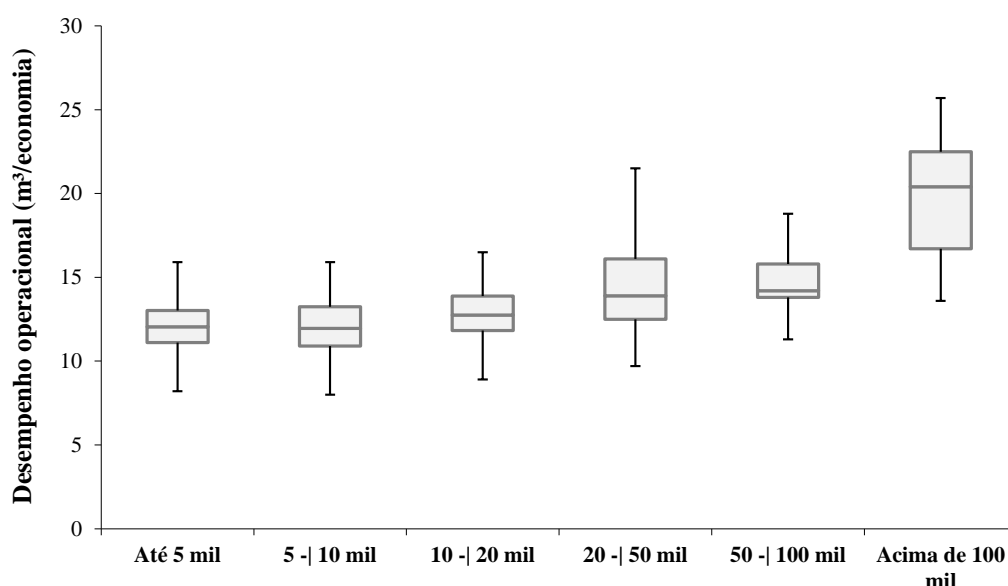
Outras variáveis compuseram os modelos para esse desempenho, de acordo com a especificidade de cada porte populacional, como o índice de consumo de energia elétrica, nos municípios com população entre 20 mil e 50 mil, e o índice de evasão de receitas, nos municípios com população superior a 100 mil habitantes.

Quanto ao consumo com energia elétrica, em suma, verifica-se que esse índice é semelhante em todos os portes populacionais, como verificado por meio do teste de Kruskal-Wallis ( $p$ -valor  $< 0,05$ ). Apesar desse indício, o fato dessa variável compor o modelo desses municípios pode ser uma ferramenta importante para provimento de ações que possibilitem o aumento do desempenho financeiro por meio de iniciativas que impactem o consumo de energia elétrica, como por meio de intervenções no sistema que propiciem um menor gasto energético com bombeamento. Vale destacar que as despesas com energia elétrica representam, em geral, 20% das despesas das prestadoras, impactando diretamente no desempenho financeiro (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016).

No que se refere a evasão de receitas, verifica-se que os municípios com população acima de 100 mil habitantes apresentaram, no ano de 2014, cerca de 2% de receita não arrecadada, sendo esse o maior índice entre todos os portes populacionais. Desse modo, ações que propiciem a diminuição do descolamento entre receita e arrecadação pode favorecer o incremento do desempenho financeiro, nesses municípios. Esse descolamento pode ser mitigado por meio de ações que diminuam a inadimplência, com as ressalvas apresentadas nas ações propostas para o índice de suficiência de caixa.

### 5.3.2 Desempenho operacional

A distribuição do desempenho operacional nos portes populacionais pode ser observado na Figura 5.24.



**Figura 5.24** - Desempenho operacional dos grupos de municípios analisados.

Por meio do teste de Shapiro Wilk, conforme Apêndice: Tabela A4, verifica-se que esse indicador apresenta distribuição não normal e, por meio do teste Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas, verificou-se diferenças significativas nas medianas entre alguns grupos avaliados, conforme Tabela 5.29.

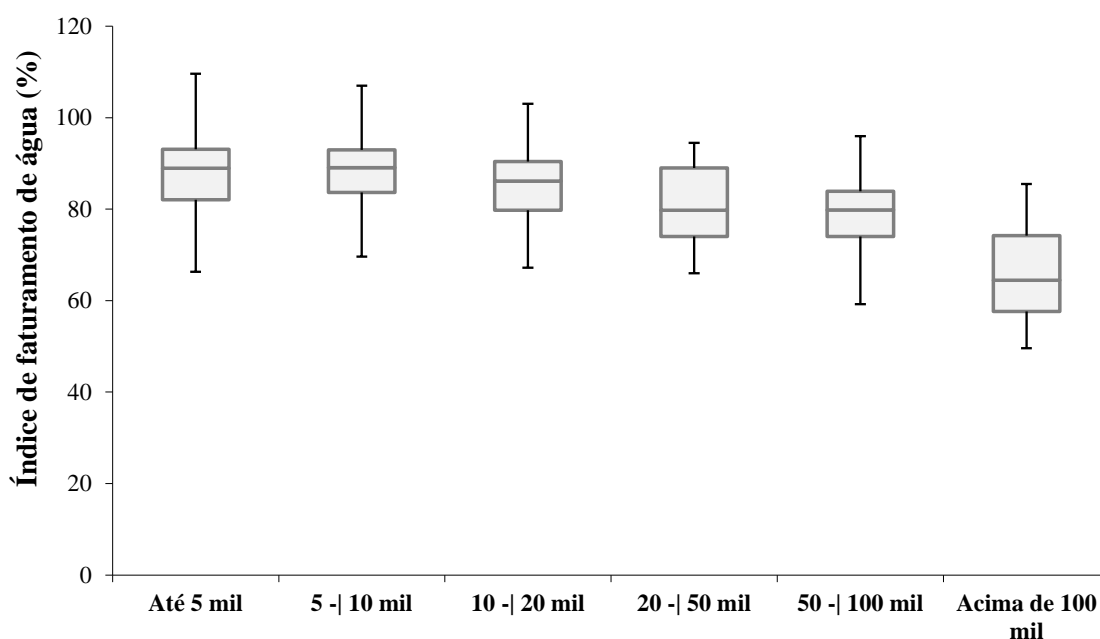
**Tabela 5.29** - Teste de comparações múltiplas para o desempenho operacional entre os grupos analisados, com destaque, em vermelho, para as diferenças significativas ( $p$ -valor < 0,05)

<b>GRUPOS</b>	<b>Até 5 mil</b>	<b>5 -  10 mil</b>	<b>10 -  20 mil</b>	<b>20 -  50 mil</b>	<b>50 -  100 mil</b>	<b>Acima de 100 mil</b>
<b>Até 5 mil</b>	-	1,000000	0,372572	0,000002	0,000005	0,000000
<b>5 -  10 mil</b>	1,000000	-	0,125847	0,000000	0,000001	0,000000
<b>10 -  20 mil</b>	0,372572	0,125847	-	0,012887	0,003582	0,000000
<b>20 -  50 mil</b>	0,000002	0,000000	0,012887	-	1,000000	0,005588
<b>50 -  100 mil</b>	0,000005	0,000001	0,003582	1,000000	-	0,806212
<b>Acima de 100 mil</b>	0,000000	0,000000	0,000000	0,005588	0,806212	-

Por meio do disposto acima, verifica-se que todos os municípios de pequeno porte apresentam desempenho operacional significativamente inferior aos dos municípios de grande porte. O maior desempenho em municípios mais populosos é esperado, tendo em vista o perfil de consumo de grandes cidades. Esses municípios apresentam economias que consomem um maior volume de água, o que justifica a necessidade de uma maior volume distribuído por economia (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016).

No que se refere aos modelos para esse desempenho, verificou-se que os parâmetros mais relevantes foram o índice de perdas por ligação, para municípios com menos de 5 mil, entre 10 mil e 20 mil e acima de 50 mil habitantes, o índice de faturamento de água, para municípios com população entre 5 mil e 10 mil habitantes, e o índice de perdas de faturamento para o municípios com população entre 20 mil e 50 mil habitantes.

O índice de faturamento de água, ou seja, a mensuração do volume de água faturado, apresenta uma tendência de decaimento com o aumento do porte populacional, indicando que a inadimplência dos usuários aumenta com esse fator. Conforme observado abaixo na Figura 5.25, os municípios com população entre 5 mil e 10 mil habitantes apresentam o maior índice de faturamento, o que pode justificar o apontamento dessa variável para esse porte populacional, como sendo determinante para o desempenho operacional desse grupo.



**Figura 5.25** - Índice de faturamento de água dos grupos de municípios analisados.

Complementarmente, conforme pode ser verificado pela Tabela 5.30, o índice de faturamento é inferior nos municípios de médio e grande porte quando comparados com os municípios com população inferior a 20 mil habitantes. Além disso, municípios de grande porte apresentam esse índice inferior a todos os outros portes populacionais, indicando que um há maior descolamento entre arrecadação e receita nesses municípios, conforme já apontado na discussão relativa ao índice de evasão de receitas no modelo de desempenho financeiro.

**Tabela 5.30** - Teste de Tukey entre os grupos analisados, para o índice de faturamento de água (distribuição normal), com destaque, em vermelho, para as diferenças significativas (p-valor < 0,05)

GRUPOS	Até 5 mil	5 -  10 mil	10 -  20 mil	20 -  50 mil	50 -  100 mil	Acima de 100 mil
<b>Até 5 mil</b>		0,978065	0,809081	0,042914	0,000115	0,000020
<b>5 -  10 mil</b>	0,978065		0,283356	0,007234	0,000025	0,000020
<b>10 -  20 mil</b>	0,809081	0,283356		0,282356	0,002750	0,000020
<b>20 -  50 mil</b>	0,042914	0,007234	0,282356		0,798262	0,000020
<b>50 -  100 mil</b>	0,000115	0,000025	0,002750	0,798262		0,000028
<b>Acima de 100 mil</b>	0,000020	0,000020	0,000020	0,000020	0,000028	

Vale ressaltar que esse índice apresenta relação inversa com o desempenho operacional, necessitando de uma avaliação mais cautelosa. O aumento do faturamento de água é desejável para que os prestadores garantam seu equilíbrio econômico financeiro, no entanto, como consequência desse aumento, o volume distribuído tende a diminuir, refletindo no decréscimo do desempenho operacional proposto para esse trabalho. Vale lembrar que o aumento do faturamento provoca a diminuição do volume distribuído ao considerar que à medida que

fatura-se um maior volume da água produzida, menor será a necessidade de produção excessiva, por economia, para compensação do volume consumido nas ligações clandestinas.

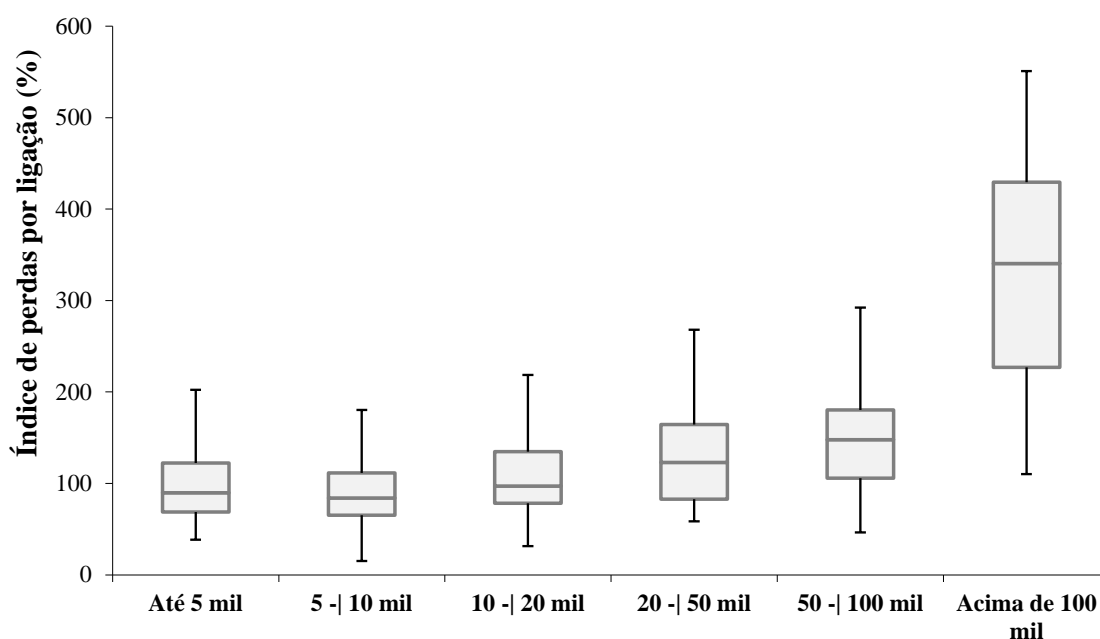
No que tange às perdas de faturamento, componente do modelo para os municípios com população entre 20 mil e 50 mil habitantes, também verificou-se uma tendência de crescimento com o aumento da população, não sendo observado um índice alto para esse grupo que justifique a significância dessa variável para o modelo. A lógica quanto ao impacto dessa variável no desempenho operacional é semelhante àquela descrita para o índice de faturamento: quanto menor o índice menor a necessidade de produção excessiva para compensação do volume consumido nas ligações clandestinas.

No que se refere ao índice de perdas, a correlação com o desempenho operacional é sempre direta, tendo em vista que o aumento desse índice está relacionado a necessidade de um maior volume a ser distribuído, a fim de que toda população seja abastecida. Conforme apresentado abaixo na Figura 5.26 e Tabela 5.31, os índices de perdas por ligação são significativamente maiores nos municípios acima de 50 mil, o que indica que esse parâmetro foi apontado nos modelos desses municípios devido à necessidade de ações que mitiguem tais perdas.

**Tabela 5.31** - Teste de comparações múltiplas entre os grupos analisados, para o índice de perdas por ligação (distribuição não normal), com destaque, em vermelho, para as diferenças significativas (p-valor < 0,05)

<b>GRUPOS</b>	<b>Até 5 mil</b>	<b>5 -  10 mil</b>	<b>10 -  20 mil</b>	<b>20 -  50 mil</b>	<b>50 -  100 mil</b>	<b>Acima de 100 mil</b>
<b>Até 5 mil</b>		1,000000	1,000000	0,294680	0,000605	0,000000
<b>5 -  10 mil</b>	1,000000		0,207674	0,033610	0,000015	0,000000
<b>10 -  20 mil</b>	1,000000	0,207674		1,000000	0,014948	0,000000
<b>20 -  50 mil</b>	0,294680	0,033610	1,000000		1,000000	0,004963
<b>50 -  100 mil</b>	0,000605	0,000015	0,014948	1,000000		0,445578
<b>Acima de 100 mil</b>	0,000000	0,000000	0,000000	0,004963	0,445578	

Vale ressaltar que, conforme verificado na Figura 5.26, o índice de perdas nos municípios de grande porte é destoante do índice observado nos outros grupos populacionais. Essa constatação pode ser justificada pela dificuldade de combate às perdas de água com o aumento do tamanho dos sistemas de abastecimento, em decorrência do aumento da complexidade do controle da pressão e do tamanho da rede de distribuição, os quais são fatores cruciais mencionados por Lambert e Hirnet (2000).



**Figura 5.26** - Índice de perdas por ligação dos grupos de municípios analisados.

Com relação aos municípios mineiros, vale destacar que apenas os municípios com população acima de 100 mil habitantes apresentaram índice de perdas acima da média.

Novamente, cabe ressaltar que os modelos construídos permitem verificar as variáveis que mais bem descrevem a variação do desempenho operacional, subsidiando a proposição de ações que promovam a melhoria do desempenho em detrimento das variáveis explicativas.

Sendo assim, para os municípios em que o índice de perdas por ligação compôs o modelo, pode-se propor ações que permitam a diminuição das perdas na distribuição, sejam elas estruturais ou não, como por meio da setorização, combate a fraudes, melhoria estrutural nas redes de distribuição, redução de vazamentos, melhorias nos ramais prediais, substituição do parque de hidrômetros, dentre outros, a depender das características de cada município (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2014).

No que tange aos municípios em que o índice de faturamento de água e de perdas de faturamento foram mais relevantes, ações que aumentem o faturamento ou diminuam as perdas de faturamento, promovem o decréscimo do desempenho operacional. *A priori*, pode parecer contraditório, mas o aumento do faturamento está atrelado às ligações clandestinas e à diminuição da inadimplência. Nesse sentido, o prestador deve promover ações que permitam a diminuição desses fatores, como por meio de renegociação de dívidas, conscientização da população quanto à ilegalidade de ligações clandestinas, dentre outras ações.

Além desses parâmetros mencionados acima e incorporados aos modelos, outros mostraram-se significativos para explicar o desempenho operacional em diferentes portes populacionais, como mostrado na Tabela 5.32.

**Tabela 5.32** - Variáveis significativas nos modelos de desempenho operacional para municípios de diferentes portes populacionais

Variável	Modelos de acordo com a população (mil hab.)					
	Até 5	5 -  10	10 -  20	20 -  50	50 -  100	Acima de 100
Índice de perdas por ligação	•		•		•	•
Índice bruto de perdas lineares	•					
Índice de macromedição	•					
Densidade de economias de água por ligação	•		•	•	•	•
Consumo médio de água por economia	•				•	
Índice de faturamento de água		•				
Consumo micromedido por economia		•	•	•		
Índice de evasão de receitas		•				
Participação da receita operacional direta de água na receita operacional total		•				•
Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água		•				
Duração média dos serviços executados		•				
Participação da receita operacional indireta de água na receita operacional total			•			
Índice de produtividade: empregados próprios por 1000 ligações de água			•			
Participação das economias residenciais de água do total das economias de água			•			
Índice de perdas de faturamento				•		
Tarifa média de água				•		•
Despesa média anual por empregado				•		
Despesa de exploração por economia				•		
Participação das outras despesas nas despesas de exploração				•		
Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração				•		
Índice de fluoretação de água				•		•



**Tabela 5.32** - Variáveis significativas nos modelos de desempenho operacional para municípios de diferentes portes populacionais (continuação)

Variável	Modelos de acordo com a população (mil hab.)					
	Até 5	5 -  10	10 -  20	20 -  50	50 -  100	Acima de 100
Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão				.		
Índice de conformidade da quantidade de amostras - coliformes totais					.	
Índice de conformidade da quantidade de amostras - turbidez					.	
Participação da despesa com energia elétrica nas despesas de exploração					.	

Observou-se que duas variáveis mostraram-se recorrentes nos modelos que descrevem o desempenho operacional, sendo elas: Consumo de água por economia e Densidade de economias por ligação.

No que se refere ao consumo por economia, seja micromedido ou não, verificou-se a relevância dessa variável para todos os municípios com menos de 100 mil habitantes, sendo, inclusive, parte integrante dos modelos. A relação do consumo com o desempenho operacional é direta, tendo em vista que quanto maior o consumo, maior o volume a ser distribuído. Nesse âmbito, o prestador deve avaliar a faixa de volume distribuído desejável e desestimular o consumo conforme necessário. O desestímulo ao consumo pode ser realizado por meio da sensibilização da população quanto ao consumo racional da água ou até mesmo por aumento na tarifação. No entanto, deve-se atentar para o impacto que mudanças tarifárias trarão para o desempenho financeiro.

A densidade de economias por ligação, também conhecida como índice de verticalização, foi significativa para todos os grupos populacionais, com exceção dos municípios com população entre 5 mil e 10 mil habitantes. Apesar de significativa, essa variável não foi incorporada aos modelos, tendo em vista sua pequena contribuição para o aumento do coeficiente de determinação. No entanto, vale evidenciar que a verticalização apresenta uma tendência de aumento com o aumento da população, sendo que municípios de grande porte apresentam uma verticalização significativamente maior que municípios de pequeno porte, conforme constatado por meio do teste de Kruskal-Wallis seguido de comparações múltiplas.

De maneira geral, quanto mais verticalizado é o município, menor o volume distribuído, tendo em vista o perfil de consumo menor em economias que compartilham uma mesma ligação. Sendo assim, há indícios de que a significância dessa variável nos municípios de médio e

grande porte esteja associada à dificuldade no controle da pressão na rede de distribuição e às perdas de água no sistema, as quais estão diretamente ligadas à verticalização do município, conforme ressaltado por Lambert e Hirnet (2000). No entanto, assim como a tarifa, esse é um fator inerente ao sistema que é pouco mutável por ações pontuais do prestador.

Observou-se, ainda, que algumas variáveis relativas aos aspectos financeiros mostram-se significativas para descrever o desempenho operacional, o que corrobora a importância de analisar as ações operacionais e financeiras em conjunto, tendo em vista o impacto que uma pode provocar na outra.

### **5.3.3 Desempenho de qualidade da água**

Em relação ao desempenho de qualidade da água, verificou-se que a regressão linear múltipla não foi um método adequado para explicar a variação do indicador proposto, tendo em vista a violação das hipóteses associadas ao comportamento probabilístico dos resíduos, assim como os baixos coeficientes de determinação quando comparados aos obtidos nos modelos para o desempenho operacional e financeiro. Desse modo, as constatações são especificamente relacionadas às informações vinculadas pelo SNIS e as ações prioritárias voltadas à melhoria dessas informações.

Verifica-se que, no que tange à qualidade da água, o SNIS vincula apenas informações referentes à fluoretação, coliformes totais, turbidez e cloro. Esses parâmetros são importantes e preconizados pela Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914 de 2011, ainda que insuficientes para atestar a qualidade da água distribuída à população.

O SNIS solicita ao prestador apenas uma informação qualitativa sobre o atendimento à portaria supracitada, além das relacionadas à cloro, coliformes e turbidez. Essa informação é insuficiente, pois o atendimento à portaria é amplo, podendo estar relacionado ao atendimento aos padrões de potabilidade como também ao plano de amostragem. Além disso, diversos parâmetros são mencionados na portaria, o que torna a informação solicitada pelo SNIS subjetiva, pois prestadores diferentes podem considerar parâmetros diferentes para responder essa pergunta.

Além disso, conforme apresentado por Melo *et al.* (2013), para o cálculo do índice de qualidade da água tratada é necessário ter informações sobre os índices de coleta, bacteriológico e físico-químico. No entanto, devido à limitação das informações apresentadas no SNIS, não é possível inferir quanto a qualidade da água distribuída.

Sugere-se as seguintes ações para melhoria do sistemas de informações vinculado pelo Ministério das Cidades:

- Expansão de informações quanto ao cumprimento dos padrões de potabilidade para os parâmetros *Escherichia coli*, pH e cor;
- Informações específicas relacionadas ao cumprimento do plano de amostragem preconizado pela referida portaria;
- Informações acerca da qualidade da água dos mananciais utilizados para abastecimento de água.

Sendo assim, com o avanço dessas informações, aumenta-se a possibilidade de avaliações mais completas acerca da qualidade da água nos municípios. No entanto, suspeita-se que o porte populacional não será fator preponderante para determinação da qualidade da água, tendo em vista que, mais do que a capacidade do prestador de fornecer água nos padrões de potabilidade, esse parâmetro está intimamente ligado a fatores ambientes que fogem da alçada do prestador, como a qualidade do manancial utilizado para abastecimento da população.

## 6 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Diante dos vieses do presente estudo, as conclusões estão itemizadas por frentes de atuações embasadas na metodologia. Vale destacar que as conclusões são provenientes da exploração realizada pelo presente estudo, por meio da base de dados do SNIS 2014 e segundo critérios arbitrários apresentados na metodologia.

### Organização e seleção dos dados

Com base na avaliação preliminar da base de dados do SNIS no ano de 2014, foi possível inferir que:

- Dentre as sessenta e uma variáveis do SNIS, cinco apresentavam índice de não preenchimento e anomalias acima de 50%;
- As informações mais frágeis estão relacionadas mais claramente com o desempenho operacional, por mensurarem a intermitência e paralisações do sistema;
- Alguns municípios necessitam de melhorias quanto ao preenchimento das informações do SNIS, tendo em vista que observou-se baixos índices de dados analisáveis, como no caso de Jeceaba, Aiuruoca, Pocrane e São Gonçalo do Rio Abaixo, que apresentaram mais de 75% de dados anômalos ou não preenchidos.

### Modelagem das equações

Com as amostras selecionadas, a Regressão Linear Múltipla, por meio do Método dos Mínimos Quadrados, permitiu avaliar, para os diferentes portes populacionais, as variáveis que melhor explicam o desempenho financeiro, operacional e de qualidade da água. As perspectivas verificadas com os modelos foram:

- Para os modelos correlatos ao desempenho financeiro observou-se:
  - Todos os modelos, para os diferentes portes populacionais, apresentaram coeficiente de determinação acima de 88%;
  - A distribuição dos resíduos e aderência desses á reta normal não apresentaram indícios de que as hipóteses de constância da variância, independência dos erros, homocedasticidade e normalidade dos dados são descumpridas;

- Para municípios com população inferior a 5 mil habitantes o índice de suficiência de caixa mostrou-se suficiente para explicar em 90% a variação do desempenho;
  - As despesas com pessoal compuseram os modelos referentes aos municípios com população entre 5 mil e 20 mil habitantes, ao passo que, para os municípios acima dessa população, a tarifa média e despesa total com serviços por m<sup>3</sup> faturado mostraram-se significativas;
  - O índice de suficiência de caixa compôs os modelos para municípios de médio e grande porte, assim como para aqueles com população inferior a 5 mil habitantes;
  - A margem das despesas de exploração esteve presente nos modelos referentes aos municípios com população entre 5 e 20 mil habitantes.
- Para os modelos relacionados ao desempenho operacional observou-se:
    - Todos os modelos, para os diferentes portes populacionais, apresentaram coeficiente de determinação acima de 94%;
    - Assim como para o desempenho financeiro, a distribuição dos resíduos e aderência desses à reta normal foram satisfatórias;
    - O índice de perdas por ligação compôs os modelos referentes aos municípios com população inferior a 5 mil habitantes, assim como para os municípios de médio e grande porte;
    - As perdas de faturamento e índice de faturamento de água compuseram os modelos correlatos aos municípios com população entre 20 mil e 50 mil habitantes e entre 5 mil e 10 mil habitantes, respectivamente;
    - O consumo de água por economia, micromedido ou médio, esteve presente em todos os modelos, exceto para municípios com população acima de 100 mil habitantes.
  - Os modelos referentes ao desempenho de qualidade da água apresentaram baixos coeficientes de determinação e distribuição dos resíduos distinta daquela preconizada *a priori*, dificultando ou mesmo impossibilitando a avaliação desse desempenho;

#### Proposições de ações prioritárias

As proposições foram realizadas de acordo com os modelos gerados e com base nas análises de variância realizadas. Quanto ao desempenho operacional, vale ressaltar que a análise deve

ser cautelosa tendo em vista que trata-se do volume de água distribuído por economia. Desse modo, o aumento ou diminuição desse desempenho é relativo, tendo em vista que baixos volumes distribuídos podem indicar limitações no abastecimento de água do município e, em contrapartida, altos volumes podem atestar um sistema de distribuição ineficiente, com alto índice de vazamentos e perdas. As conclusões obtidas foram:

- Para municípios com população entre 5 e 20 mil habitantes, ações que minimizem as despesas de exploração podem ser úteis para promover a melhoria do desempenho financeiro, devido a diminuição da margem da despesa de exploração;
- O aumento da arrecadação, e conseqüentemente do índice de suficiência de caixa, por meio da diminuição da inadimplência dos usuários, pode ser uma ação eficiente para os municípios com população inferior a 5 mil e superior a 50 mil habitantes;
- Para municípios com população inferior a 5 mil, entre 10 mil e 20 mil e acima de 50 mil habitantes, ações que propiciem a diminuição das perdas na distribuição, sejam elas estruturais ou não, como pelo combate a fraudes, redução de vazamentos, substituição do parque de hidrômetros, dentre outros, podem ser importantes para diminuir o volume distribuído por economia nesses municípios;
- Para municípios com população entre 5 mil e 10 mil e entre 20 mil e 50 mil habitantes, ações que estejam relacionadas ao combate às ligações clandestinas e à diminuição da inadimplência podem ser efetivas para diminuição do desempenho operacional, ou seja, da água distribuída.

#### Percepções e encaminhamentos

Mediante a avaliação realizada é possível perceber que:

- As informações relativas a qualidade da água presentes no SNIS são insuficientes e limitadas, mediante a análise realizada e arbitrariedades do estudo, requerendo uma reavaliação, por parte do Ministério das Cidades, para acréscimo de novas variáveis ao sistema;
- Diversos indicadores apresentados pelo SNIS refletem uma mesma realidade, podendo ser suprimidos de modo a simplificar o preenchimento dos prestadores e, por

consequência, aumentar a qualidade dos dados e a objetividade quando da análise desses indicadores;

- Para um estudo mais aprofundado, que tenha o intuito de verificar tendências e vieses quanto a prestação de serviço de abastecimento de água, torna-se primordial uma análise temporal das informações do SNIS, o que pode ser tema de próximos estudos.

Por fim, mediante o trabalho desenvolvido, foi possível verificar as correlações existentes entre os indicadores de desempenho avaliados e outras variáveis disponíveis no SNIS e avaliar, segundo modelos que refletem a realidade de grupos de municípios quanto ao porte populacional, as informações mais relevantes, possibilitando a tomada de decisão e a delimitação de ações prioritárias que promovam as mudanças desejadas nos indicadores de desempenho. Além disso, tendo em vista os diferentes modelos obtidos, pode-se inferir que, sob as prerrogativas e arbitrariedades consideradas, municípios de portes populacionais diferentes necessitam de diferentes indicadores para descrever os desempenhos avaliados.

Vale destacar que o presente estudo mostra-se como uma nova diretriz quanto a utilização das informações vinculadas pelo SNIS face aos portes populacionais, tendo em vista que diversos trabalhos foram conduzidos por outros autores avaliando vieses quanto ao tipo de prestador e quesitos regionais, mas poucos exploraram o porte do municípios como fator relevante para análise de indicadores.

## REFERÊNCIAS

ABAR. *Saneamento Básico: Regulação 2014*. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2015.

ALENCAR, F. M. A., ABREU, L. M. An alternate methodology for the evaluation of the performance of basic sanitation. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, v. 18, p. 22-35, 2007.

ARSAE. Detalhamento do Cálculo da 1ª Etapa da Revisão Tarifária Periódica da Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Disponível em: [http://www.arsae.mg.gov.br/images/documentos/10\\_2016/NTCRFEF%2026\\_RevCopasa\\_2016.pdf](http://www.arsae.mg.gov.br/images/documentos/10_2016/NTCRFEF%2026_RevCopasa_2016.pdf). Acesso em 07 de setembro de 2016.

BARBOSA, A., LIMA, S. C., BRUSCA, I. Governance and efficiency in the Brazilian water utilities: A dynamic analysis in the process of universal access. *Utilities Policy*, p. 1-15, 2016.

BARBOSA, R. P., BASTOS, A. P. V. A participação privada na provisão dos serviços de água e esgotamento sanitário no Brasil: um estudo comparativo da eficiência dos prestadores de serviços. *Revista de Estudos Sociais*, v. 15, n. 30, p. 106, 2013.

BRASIL. Decreto nº 5.440, de 04 de maio de 2005. Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília-DF, 2005a.

\_\_\_\_\_. *Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano/Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília-DF, 2010.

\_\_\_\_\_. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília-DF, 2007.

\_\_\_\_\_. *Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB*. Brasília: Ministério das Cidades, 2013.

\_\_\_\_\_. Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília-DF, 2011b.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília-DF, 2005b.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA nº 397, de 03 de abril de 2008. estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília-DF, 2008.



\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA n° 410, de 04 de maio de 2009. Prorroga o prazo para complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília-DF, 2009.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA n° 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília-DF, 2011a.

CARVALHO, B. E. F. C., *A avaliação de desempenho da prestação de serviços de abastecimento de água independente da perspectiva do avaliador, se usuário ou prestador?* Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

CHERCHI, C., BADRUZZAMAN, M., GORDON, M., BUNN, S., JACANGELO, J. G. Investigation of cost and energy optimization of drinking water distribution systems. *Environmental Science e Technology*, n. 49, p. 724-732, 2015.

CORTON, M. L. Benchmarking in the Latin American water sector: the case of Peru. *Utilities Policy*, v. 11, n. 3, p. 133-142, 2003.

COULIBALY, H. D.; RODRIGUEZ, M. J. Development of performance indicators for small Quebec drinking water utilities. *Journal of Environmental Management*, v. 73, n. 3, p. 243-255, 2004.

DESTANDAU, F., GARCIA, S. Service quality, scale economies and ownership: an econometric analysis of water supply costs. *Journal of Regulatory Economics*, n. 46, p. 152-182, 2014.

EZEH, O. K., AGHO, K. E., DIBLEY, M. J., HALL, J., PAGE, A. N. The Impact of Water and Sanitation on Childhood Mortality in Nigeria: Evidence from Demographic and Health Surveys, 2003–2013. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 11, n. 9, p. 9256–9272, 2014.

FEHR, R., MEKEL, O., LACOMBE, M., WOLF, U. Towards health impact assessment of drinking-water privatization: the example of waterborne carcinogens in North Rhine-Westphalia (Germany). *Bull World Health Organ*, v. 81, n. 6, p. 408-414, 2003.

FERREIRA, S. P. Estudo comparativo do pós-processamento estatístico aplicado ao modelo BRAMS. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

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

GALVÃO JÚNIOR, A. C.; XIMENES, M. M. A. F. *Regulação: normatização da prestação de serviços de água e esgoto*. Fortaleza: ARCE, 2008. p. 512.

GARCIA, J. M., REBOLLO, J. L. M., ACOSTA, A. P. Outliers: a formal approach. *International Statistical Review*, n. 58, p. 215-226, 1990.

GEBRIM, D. V. B. Otimização operacional de sistemas de abastecimento de água com objetivo de redução de custo de energia elétrica. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

GUITERAS, R., LEVINSOHN, J., MOBARAK, A. M. Encouraging sanitation investment in the developing world: A cluster-randomized trial. *Science*, n. 348, p. 903-906, 2015.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E. *Multivariate data analysis: a global perspective*. Boston: Pearson, 2009. 816 p.

HAAN, C. T. *Statistical methods in hydrology*. Iowa: Iowa State Press, 2002. p.496.

HUMAN RIGHTS COUNCIL. Report of the Special Rapporteur on the human right to safe drinking water and sanitation. Disponível em: <http://www.ohchr.org/EN/HRBodies/HRC/RegularSessions/Session30/Pages/ListReports.aspx> . Acesso em 06 de setembro de 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Estimativas populacionais para os municípios brasileiros. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa\\_dou.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_dou.shtm). Acesso em: 28 de março de 2016.

KING, D. N., DONOHUE, M. J., VESPER, S. J., VILLEGAS, E. N., WARE, M. W., VOGEL, M. E., FURLONG, E. F., KOLPIN, D., GLASSMEYER, S. T. PFALLER, S. Microbial pathogens in source and treated waters from drinking water treatment plants in the United States and implications for human health. *Science of the Total Environment*, n. 562, p. 987-995, 2016.

KOTTEGODA, N. T., ROSSO, R. *Applied Statistics for Civil and Environmental Engineers*. Nova Iorque: Blackwell Publishing, 2008. p. 736.

KUMAR, T., SHRIVASTAVA, A., KUMAR, A., KHASNOBIS, P., NARAIN, J. P., LASERSON, K. F., VENKATESH, S. Hepatitis A outbreak associated with unsafe drinking water in a medical college student's hostel. *17<sup>th</sup> International Congress on Infectious Diseases*. Índia, 2016.

LAMBERT, A; HIRNER, W. Losses from Water Supply Systems: standard terminology and recommended performance measures. *The Blue Pages. International Water Association*, p. 1-13, 2000.

LARSSON, M., PARENA, R., SMEETS, E., TROQUET I. *Process Benchmarking in the Water Industry. Manual of Best Practice Series*. Londres: IWA Publishing, 2002, p. 62.

MAIELLO, A. BRITTO, A. L. N. P., MELLO, Y. R., BARBOSA, P. S. O. (Un)used and (un)usable? The role of indicators in local decision-making. A Brazilian case study. *Futures*, n. 74, p. 80-92, 2015.

MARQUES, R. C.; SIMÕES, P. Does the sunshine regulatory approach work? Governance and regulation model of the urban waste services in Portugal. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 52, n. 8-9, p. 1.040-1.049, 2008.

MATOS, R., CARDOSO, A., ASHLEY, R., DUARTE, P., MOLINARI, A., SCHULZ, A. *Performance indicators for wastewater services*. Londres: IWA Publishing, 2003. p. 192.

MEADOWS, D. *Indicators and information systems for sustainable development*. Hartland: The Sustainability Institute, 1998.

MEDANI, M.Y. I., KHOGALI, H., RAHMAN, S. A., KHOGALI, S. Biological pollution of drinking water ponds (hafirs) with *Toxoplasma gondii*, *Giardia* and *Cryptosporidium* spp in Eastern Sudan. *17<sup>th</sup> International Congress on Infectious Diseases*. Índia, 2016.

MELO, F. A. C., UENO, M. Caracterização e modelagem de indicadores de qualidade ambiental urbana integrada e aplicação à Vila Habitacional União, bairro da Terra Firme, Belém, Pará. *Revista Ambiente e Água*, v. 8, 2013.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH n° 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Diário Executivo de Minas Gerais, 2008.

\_\_\_\_\_. Resolução ARSAE n° 40, de 03 de outubro de 2013. Estabelece as condições gerais para prestação e utilização dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário regulados pela ARSAE-MG. Diário Executivo de Minas Gerais, 2013.

\_\_\_\_\_. Resolução ARSAE n° 44, de 17 de fevereiro de 2014. Estabelece as condições gerais para as atividades desempenhadas pelos Laboratórios dos prestadores de serviços públicos que realizam análises do controle da qualidade da água, submetidos à regulação da ARSAE-MG. Diário Executivo de Minas Gerais, 2014.

\_\_\_\_\_. Resolução ARSAE n° 68, de 28 de maio de 2015. Estabelece as diretrizes gerais para a adoção de medidas de racionamento do abastecimento público de água potável e o conteúdo mínimo do Plano de Racionamento, a serem observados pelos prestadores de serviços regulados pela ARSAE-MG. Diário Executivo de Minas Gerais, 2015.

\_\_\_\_\_. Lei n° 18.309, de 03 de agosto de 2009. Estabelece normas relativas aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Diário Executivo de Minas Gerais, 2009.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2005*. Brasília: Ministério das Cidades, 2006.

\_\_\_\_\_. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014*. Brasília: Ministério das Cidades, 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água*. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

MONARCA, S., DONATO, F., ZERBINI, I., CALDERON, R. L., CRAUN, G. F. Review of epidemiological studies on drinking water hardness and cardiovascular diseases. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, n. 13, p. 495-506, 2006.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. *Introduction to Linear Regression Analysis*. New York: Wiley-Interscience, 2001. 641 p.

MOREIRA, D. F., RAMOS, H. M. Energy cost optimization in water supply system case study. *Journal of Energy*, v. 2013, 2013.

MORETTO, D. L., PANTA, R. E., COSTA, A. B., LOBO, E. A. Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution n° 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 24, n. 1, p. 29-42, 2012.

MOTTA, R. S., MOREIRA, A. Efficiency and regulation in the sanitation sector in Brazil. *Utilities Policy*, n. 14, p. 185-195, 2006.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. Hidrologia Estatística. Belo Horizonte: CPRM, 2007. p. 552.

NETER, J.; KUTNER, M.; NACHTSHEIM, C.; LI, W. *Applied Linear Statistical Models*. New York: Mc Graw-Hill/Irwin, 2004. 1396 p.

Norma e Procedimento de Contabilidade. Disponível em: <http://www.ibracon.com.br/ibracon/Portugues/lisPublicacoes.php?codCat=3&pagina=3>. Acesso em 06 de setembro de 2016.

PEROTTO, E.; CANZIANI, R.; MARCHESI, R.; BUTELLI, P. Environmental performance, indicators and measurement uncertainty in EMS context: a case study. *Journal of Clean Production*, v. 16, n. 4, p. 517-530, 2008.

PREL, J. B., HOMMEL, G., ROHRIG, B., BLETTNER, M. Confidence interval or p-value? *Deutsches Arzteblatt Internacional*, v. 106, n. 19, p. 335-339, 2009.

Recommended Standards for Water Works. Disponível em: <http://10statesstandards.com/waterstandards2007.html>. Acesso em 07 de setembro de 2016.

ROUSSEUW, P. J., ZOMEREN, B. C. Unmasking multivariate outliers and leverage points. *Journal of the American Statistical Association*, n. 85, p. 633-651, 1990.

SABBIONI, G. Efficiency in the Brazilian sanitation sector. *Utilities Policy*, n. 16, p. 11-20, 2008.

SCRIPTORE, J. S., TOLETO JÚNIOR, R. A estrutura de provisão dos serviços de saneamento básico no Brasil: uma análise comparativa do desempenho dos provedores públicos e privados. *Revista de Administração Pública*, v. 46, n. 6, p. 1479-1504, 2012.

SELVAKUMAR, A., CLARK, R. M., SIVAGANESAN, M. Costs for water supply distribution system rehabilitation. *Journal of water resources planning and management*, vol. 128, n. 4, p. 303-306, 2002.

TANIGUSHI, D. G. *Avaliação dos ganhos de escala e escopo na eficiência da prestação dos serviços de saneamento básico segundo dados do SNIS*. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública da USP, São Paulo 2013.

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.

UNESCO. *Facts and figures - from the United Nations World Water Development Report 4: managing water under uncertainty and risk*. Paris, 2012.

UNICEF. *Annual Results Report 2014: Water, sanitation and hygiene*. New York, 2015.

UNICEF; WHO. *Progress on Sanitation and Drinking-Water – 2015 update and MDG Assessment*. Switzerland, 2015.

VERAS, L. R. V., BERNARDO, L. Tratamento de água de abastecimento por meio da tecnologia de filtração em múltiplas etapas – FIME. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 13, n. 1, 2008.

VON SPERLING, T. L. VON SPERLING, M. Proposição de um Sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, n. 4, p. 313-322, 2013.

WHO. *Guidelines for drinking-water quality*. Switzerland, 2011.

XU, M., YANG, J., HUGHES, D. M., LECHEVALLIER, M. W. Survey of pressure management in water distribution systems. *American Water Works Association*, v. 106, n. 11, p. 518-524, 2014.

YEVJEVICH, V. M. *Handbook of Applied Hydrology: Regression and correlation analysis*. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1964. p. 845.

# APÊNDICE

**Tabela A1 - Valores tecnicamente plausíveis, delimitados por avaliação técnica**

Variável	Unidade	Mínimo	Máximo
Densidade de economias de água por ligação	Economia. Ligação <sup>-1</sup>	1	-
Economias ativas por pessoal próprio	Economia. empregado <sup>-1</sup>	0	-
Despesa total com os serviços por m <sup>3</sup> faturado	R\$/m <sup>3</sup>	0	-
Tarifa média praticada	R\$/m <sup>3</sup>	0	-
Tarifa média de água	R\$/m <sup>3</sup>	0	-
Incidência da despesa de pessoal e de serviços de terceiros nas despesas totais com os serviços	%	0	-
Despesa média anual por empregado	R\$. empregado <sup>-1</sup>	0	-
Índice de hidrometração	%	0	100
Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado	%	0	-
Índice de macromedição	%	0	-
Indicador de desempenho financeiro	%	0	-
Índice de perdas faturamento	%	-	100
Consumo micromedido por economia	m <sup>3</sup> .economia.mês <sup>-1</sup>	0	-
Consumo de água faturado por economia	m <sup>3</sup> .economia.mês <sup>-1</sup>	0	-
Quantidade equivalente de pessoal total	Empregado	0	-
Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total	Economia. empregado <sup>-1</sup>	0	-
Extensão da rede de água por ligação	m.ligação <sup>-1</sup>	0	-
Consumo médio <i>per capita</i> de água	L.(dia.habitante) <sup>-1</sup>	-	-
Índice de atendimento urbano de água	%	0	-
Volume de água disponibilizado por economia	m <sup>3</sup> .(economia.mês) <sup>-1</sup>	0	-
Despesa de exploração por m <sup>3</sup> faturado	R\$.m <sup>3</sup>	0	-
Despesa de exploração por economia	R\$. (economia.ano) <sup>-1</sup>	0	-
Índice de faturamento de água	%	0	-
Índice de evasão de receitas	%	-	100
Margem da despesa de exploração	%	0	-
Margem da despesa com pessoal próprio	%	0	-
Margem da despesa com pessoal total (equivalente)	%	0	-
Margem do serviço da dívida	%	0	-
Margem das outras despesas de exploração	%	0	-
Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração	%	0	100
Participação da despesa com pessoal total (equivalente) nas despesas de exploração	%	0	100
Participação da despesa com energia elétrica nas despesas de exploração	%	0	100
Participação da despesa com produtos químicos nas despesas de exploração (DEX)	%	0	100
Participação das outras despesas nas despesas de exploração	%	0	100
Participação da receita operacional direta de água na receita operacional total	%	0	100
Participação da receita operacional indireta na receita operacional total	%	0	100
Participação das economias residenciais de água no total das economias de água	%	0	100
Índice de micromedição relativo ao consumo	%	0	-
Índice de produtividade: empregados próprios por 1000 ligações de água	Empregados.(mil ligações) <sup>-1</sup>	0	-
Índice de perdas na distribuição	%	-	100
Índice bruto de perdas lineares	m <sup>3</sup> .(km.dia) <sup>-1</sup>	-	-
Índice de perdas por ligação	L.(ligação.dia) <sup>-1</sup>	-	-
Índice de consumo de água	%	0	-
Consumo médio de água por economia	m <sup>3</sup> .(economia.mês) <sup>-1</sup>	0	-
Dias de faturamento comprometidos com contas a receber	Dias	0	-
Índice de atendimento total de água	%	0	100
Índice de fluoretação de água	%	0	100
Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água	kWh.m <sup>3</sup>	0	-
Economias atingidas por paralisações	Economia.paralisações <sup>-1</sup>	0	-

**Tabela A1** - Valores tecnicamente plausíveis, delimitados por avaliação técnica  
(continuação)

<b>Variável</b>	<b>Unidade</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Duração média das paralisações	Horas.paralisações <sup>-1</sup>	0	-
Economias atingidas por intermitências	Economia.intermitências <sup>-1</sup>	0	-
Duração média das intermitências	Horas.intermitências <sup>-1</sup>	0	-
Incidência das análises de cloro residual fora do padrão	%	0	100
Incidência das análises de turbidez fora do padrão	%	0	100
Índice de conformidade da quantidade de amostras - cloro residual	%	0	-
Índice de conformidade da quantidade de amostras – turbidez	%	0	-
Duração média dos serviços executados	Horas.serviço <sup>-1</sup>	0	-
Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	%	0	100
Índice de conformidade da quantidade de amostras - coliformes totais	%	0	-
Índice de suficiência de caixa	%	0	-
Índice de produtividade de pessoal total	Ligações.empregados <sup>-1</sup>	0	-



**Tabela A2 - Municípios selecionados para o estudo e percentual de dados analisáveis (IDA)**

<b>Município</b>	<b>IDA</b>	<b>Município</b>	<b>IDA</b>	<b>Município</b>	<b>IDA</b>	<b>Município</b>	<b>IDA</b>	<b>Município</b>	<b>IDA</b>	<b>Município</b>	<b>IDA</b>
Abadia dos Dourados	90,16	Baependi	90,16	Burititis	90,16	Caratinga	93,44	Cônego Marinho	90,16	Divinópolis	93,44
Abaeté	90,16	Barão de Monte Alto	91,80	Cachoeira de Minas	90,16	Carlos Chagas	90,16	Congonhas	93,44	Divisa Alegre	93,44
Açucena	91,80	Barra Longa	95,08	Cajuri	90,16	Carmo do Paranaíba	91,80	Conquista	91,80	Divisa Nova	90,16
Água Comprida	95,08	Barroso	95,08	Caldas	90,16	Carmo do Rio Claro	90,16	Conselheiro Lafaiete	95,08	Divisópolis	90,16
Além Paraíba	90,16	Belo Horizonte	96,72	Camacho	93,44	Carneirinho	91,80	Contagem	96,72	Dom Cavati	95,08
Alfenas	90,16	Betim	93,44	Campanário	95,08	Carvalhópolis	91,80	Cordislândia	90,16	Dom Joaquim	90,16
Alfredo Vasconcelos	95,08	Biquinhas	90,16	Campanha	91,80	Carvalhos	90,16	Corinto	90,16	Dom Silvério	91,80
Almenara	90,16	Bom Despacho	93,44	Campina Verde	90,16	Cássia	90,16	Coroaci	93,44	Dona Eusébia	90,16
Alpercata	95,08	Bom Jardim de Minas	91,80	Campo Azul	90,16	Cataguases	90,16	Coromandel	91,80	Dores do Indaiá	90,16
Alpinópolis	95,08	Bom Jesus da Penha	91,80	Campo Florido	90,16	Catuti	93,44	Coronel Fabriciano	90,16	Dores do Turvo	91,80
Alto Jequitibá	90,16	Bom Jesus do Galho	90,16	Campos Altos	91,80	Cedro do Abaeté	90,16	Coronel Xavier Chaves	91,80	Engenheiro Caldas	98,36
Alto Rio Doce	93,44	Bom Repouso	90,16	Campos Gerais	90,16	Chácara	90,16	Córrego Danta	91,80	Entre Folhas	90,16
Andrelândia	95,08	Bonfim	91,80	Cana Verde	93,44	Chapada Gaúcha	91,80	Cristais	95,08	Ervália	90,16
Antônio Prado de Minas	90,16	Bonfinópolis de Minas	90,16	Canápolis	90,16	Cipotânea	90,16	Crucilândia	91,80	Esmeraldas	91,80
Araponga	91,80	Borda da Mata	90,16	Candeias	91,80	Claro dos Poções	93,44	Cruzeiro da Fortaleza	90,16	Espera Feliz	93,44
Araxá	91,80	Brasilândia de Minas	91,80	Cantagalo	90,16	Cláudio	91,80	Curral de Dentro	90,16	Espinosa	93,44
Arceburgo	90,16	Brasópolis	90,16	Capetinga	90,16	Coimbra	90,16	Curvelo	90,16	Estrela do Indaiá	95,08
Areado	90,16	Braúnas	93,44	Capinópolis	90,16	Conceição da Aparecida	90,16	Desterro do Melo	90,16	Estrela do Sul	90,16
Arinos	91,80	Brumadinho	91,80	Capitão Enéas	95,08	Conceição da Barra de Minas	90,16	Divinésia	91,80	Extrema	90,16
Astolfo Dutra	98,36	Bueno Brandão	90,16	Caputira	96,72	Conceição do Rio Verde	90,16	Divino	90,16	Fama	90,16
Augusto de Lima	90,16	Bugre	90,16	Carandaí	95,08	Conceição dos Ouros	90,16	Divino das Laranjeiras	90,16	Felixlândia	90,16

**Tabela A2 - Municípios selecionados para o estudo e percentual de dados analisáveis (IDA) (continuação)**

<b>Município</b>	<b>IDA</b>	<b>Município</b>	<b>IDA</b>	<b>Município</b>	<b>IDA</b>	<b>Município</b>	<b>IDA</b>	<b>Município</b>	<b>IDA</b>	<b>Município</b>	<b>IDA</b>
Fernandes Tourinho	96,72	Ibitiúra de Minas	91,80	Itutinga	93,44	Machacalis	90,16	Monjolos	91,80	Orizânia	93,44
Ferros	100,00	Icaraí de Minas	90,16	Jacinto	93,44	Maravilhas	90,16	Monsenhor Paulo	90,16	Ouro Branco	93,44
Formoso	90,16	Igarapé	93,44	Jafba	91,80	Maria da Fé	90,16	Monte Belo	91,80	Ouro Verde de Minas	90,16
Francisco Dumont	90,16	Igaratinga	90,16	Janaúba	91,80	Marilac	90,16	Monte Santo de Minas	93,44	Padre Paraíso	90,16
Franciscópolis	91,80	Ilicínea	93,44	Januária	93,44	Mário Campos	90,16	Montezuma	90,16	Pai Pedro	93,44
Frei Inocêncio	90,16	Inconfidentes	90,16	Japonvar	90,16	Maripá de Minas	93,44	Morada Nova de Minas	90,16	Paineiras	91,80
Fronteira	90,16	Indaiabira	90,16	João Pinheiro	91,80	Martinho Campos	96,72	Morro da Garça	90,16	Palma	90,16
Frutal	90,16	Indianópolis	90,16	Joaquim Felício	90,16	Martins Soares	90,16	Munhoz	90,16	Paracatu	90,16
Glaucilândia	95,08	Ingaí	90,16	Jordânia	90,16	Mata Verde	90,16	Muriae	90,16	Patos de Minas	93,44
Governador Valadares	91,80	Inhapim	93,44	Juatuba	95,08	Mateus Leme	90,16	Mutum	93,44	Patrocínio	91,80
Grupiara	90,16	Ipatinga	91,80	Juramento	95,08	Mathias Lobato	96,72	Muzambinho	90,16	Peçanha	96,72
Guaranésia	95,08	Ipuiúna	90,16	Juruáia	90,16	Matias Cardoso	96,72	Nacip Raydan	95,08	Pedra Azul	91,80
Guarda-Mor	90,16	Iraí de Minas	95,08	Juvenília	91,80	Matipó	90,16	Nanuque	93,44	Pedralva	90,16
Guaxupé	91,80	Itabira	90,16	Lagoa dos Patos	90,16	Mato Verde	91,80	Natércia	90,16	Pedro Leopoldo	98,36
Guidoval	95,08	Itabirito	93,44	Lagoa Santa	93,44	Matozinhos	96,72	Nazareno	90,16	Perdões	91,80
Guiricema	91,80	Itapecerica	96,72	Lavras	95,08	Matutina	90,16	Nepomuceno	90,16	Periquito	95,08
Gurinhatã	90,16	Itapeva	90,16	Leandro Ferreira	90,16	Mercês	90,16	Nova Lima	91,80	Piedade de Caratinga	91,80
Heliodora	90,16	Itatiaiuçu	93,44	Leopoldina	91,80	Minduri	90,16	Nova Módica	98,36	Piedade de Ponte Nova	90,16
Ibertioga	90,16	Itaverava	90,16	Liberdade	95,08	Mirabela	91,80	Nova Porteirinha	95,08	Piedade do Rio Grande	90,16
Ibiaí	90,16	Itueta	93,44	Limeira do Oeste	90,16	Miraí	90,16	Nova Resende	90,16	Piedade dos Gerais	95,08
Ibiraci	90,16	Itumirim	90,16	Lontra	91,80	Miravânia	90,16	Nova Serrana	100,00	Pingo-d'Água	95,08
Ibirité	96,72	Iturama	90,16	Luislândia	90,16	Moeda	91,80	Nova União	93,44	Pintópolis	90,16

**Tabela A2 - Municípios selecionados para o estudo e percentual de dados analisáveis (IDA) (continuação)**

<b>Município</b>	<b>IDA</b>	<b>Município</b>	<b>IDA</b>	<b>Município</b>	<b>IDA</b>	<b>Município</b>	<b>IDA</b>	<b>Município</b>	<b>IDA</b>
Pirajuba	90,16	Rio Pardo de Minas	90,16	Santana do Jacaré	90,16	São Pedro da União	90,16	Tumiritinga	90,16
Pirapetinga	90,16	Rio Pomba	91,80	Santana do Manhuaçu	93,44	São Pedro dos Ferros	95,08	Ubá	96,72
Piraúba	93,44	Rio Vermelho	93,44	Santana do Paraíso	91,80	São Roque de Minas	90,16	Uberaba	90,16
Planura	91,80	Ritópolis	98,36	Santo Antônio do Amparo	91,80	São Sebastião do Paraíso	90,16	Uruana de Minas	95,08
Poço Fundo	90,16	Rodeiro	93,44	Santo Antônio do Grama	96,72	São Tiago	93,44	Vargem Grande do Rio Pardo	90,16
Poços de Caldas	93,44	Rosário da Limeira	90,16	Santo Antônio do Monte	98,36	São Tomás de Aquino	91,80	Varão de Minas	90,16
Pompéu	95,08	Sabará	93,44	Santo Antônio do Retiro	90,16	Sapucaí-Mirim	90,16	Várzea da Palma	93,44
Ponto Chique	90,16	Sacramento	93,44	Santos Dumont	91,80	Sardoá	90,16	Vazante	90,16
Porteirinha	91,80	Salto da Divisa	95,08	São Bento Abade	90,16	Sarzedo	90,16	Verdelândia	90,16
Porto Firme	100,00	Santa Bárbara do Leste	90,16	São Brás do Suaçuí	90,16	Senhora do Porto	95,08	Veríssimo	90,16
Prados	90,16	Santa Bárbara do Tugúrio	95,08	São Domingos das Dores	90,16	Silveirânia	95,08	Vermelho Novo	90,16
Prata	93,44	Santa Efigênia de Minas	96,72	São Francisco de Sales	90,16	Simonésia	90,16	Vespasiano	96,72
Presidente Olegário	90,16	Santa Juliana	90,16	São Gonçalo do Abaeté	90,16	Sobralia	98,36	Vieiras	90,16
Quartel Geral	90,16	Santa Luzia	93,44	São Gonçalo do Sapucaí	90,16	Taiobeiras	93,44	Virgolândia	96,72
Resende Costa	98,36	Santa Margarida	93,44	São João da Ponte	91,80	Tapiraí	90,16	Visconde do Rio Branco	95,08
Resplendor	93,44	Santa Rita de Caldas	90,16	São João das Missões	91,80	Taquaraçu de Minas	95,08	-	-
Riachinho	90,16	Santa Rita de Ibitipoca	95,08	São João del Rei	90,16	Tarumirim	95,08	-	-
Riacho dos Machados	95,08	Santa Rita do Itueto	90,16	São João do Oriente	90,16	Teixeiras	96,72	-	-
Ribeirão das Neves	93,44	Santa Rita do Sapucaí	90,16	São João Evangelista	90,16	Teófilo Otoni	91,80	-	-
Rio Casca	91,80	Santa Rosa da Serra	90,16	São João Nepomuceno	90,16	Tiros	91,80	-	-
Rio Espera	90,16	Santana da Vargem	91,80	São José da Lapa	98,36	Três Corações	91,80	-	-
Rio Novo	96,72	Santana de Cataguases	90,16	São José da Safira	93,44	Três Marias	91,80	-	-

**Tabela A3 - Índice de dados analisáveis (IDA) dos indicadores disponibilizados pelo SNIS**

<b>Indicador</b>	<b>IDA</b>
Densidade de economias de água por ligação	99,17
Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio	97,51
Despesa total com os serviços por m <sup>3</sup> faturado	99,72
Tarifa média praticada	99,72
Tarifa média de água	100,00
Incidência da desp. de pessoal e de serv. de terc. nas despesas totais com os serviços	99,72
Despesa média anual por empregado	99,72
Índice de hidrometração	100,00
Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado	99,72
Índice de macromedição	97,51
Indicador de desempenho financeiro	99,72
Índice de perdas faturamento	100,00
Consumo micromedido por economia	99,17
Consumo de água faturado por economia	100,00
Quantidade equivalente de pessoal total	98,61
Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total	98,06
Extensão da rede de água por ligação	98,89
Consumo médio percapita de água	99,45
Índice de atendimento urbano de água	100,00
Volume de água disponibilizado por economia	100,00
Despesa de exploração por m <sup>3</sup> faturado	99,72
Despesa de exploração por economia	97,51
Índice de faturamento de água	100,00
Índice de evasão de receitas	97,23
Margem da despesa de exploração	99,72
Margem da despesa com pessoal próprio	99,45
Margem da despesa com pessoal total	99,72
Margem do serviço da dívida	98,89
Margem das outras despesas de exploração	98,06
Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração	99,72
Participação da despesa com pessoal total (equivalente) nas despesas de exploração	100,00
Participação da despesa com energia elétrica nas despesas de exploração	99,72
Participação da despesa com produtos químicos nas despesas de exploração	100,00
Participação das outras despesas nas despesas de exploração	98,61
Participação da receita operacional direta de água na receita operacional total	99,45
Participação da receita operacional indireta na receita operacional total	98,34
Participação das economias residenciais de água no total das economias de água	99,45
Índice de micromedição relativo ao consumo	98,34
Índice de produtividade: empregados próprios por 1000 ligações de água	98,34
Índice de perdas na distribuição	99,72
Índice bruto de perdas lineares	96,95
Índice de perdas por ligação	99,45
Índice de consumo de água	100,00
Consumo médio de água por economia	99,72
Dias de faturamento comprometidos com contas a receber	96,68
Índice de atendimento total de água	100,00
Índice de fluoretação de água	100,00
Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água	96,68
Economias atingidas por paralisações	36,57
Duração média das paralisações	48,75
Economias atingidas por intermitências	19,39
Duração média das intermitências	4,43
Incidência das análises de cloro residual fora do padrão	100,00
Incidência das análises de turbidez fora do padrão	100,00
Índice de conformidade da quantidade de amostras - cloro residual	19,94
Índice de conformidade da quantidade de amostras - turbidez	96,68
Duração média dos serviços executados	94,74
Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	100,00
Índice de conformidade da quantidade de amostras - coliformes totais	95,29
Índice de suficiência de caixa	100,00
Índice de produtividade de pessoal total (equivalente)	99,72

**Tabela A4 - Teste Shapiro-Wilk**

<b>Indicador</b>	<b>População</b>	<b>p-valor</b>	<b>Distribuição do grupo</b>	<b>Distribuição do indicador</b>
Índice de desempenho financeiro	Inferior a 5 mil	0,14525	Normal	Normal
	5 mil -  10 mil	0,19717	Normal	
	10 mil -  20 mil	0,23732	Normal	
	20 mil -  50 mil	0,77616	Normal	
	50 mil -  100 mil	0,63571	Normal	
	Acima de 100 mil	0,91357	Normal	
Índice de desempenho operacional	Inferior a 5 mil	0,39487	Normal	Não normal
	5 mil -  10 mil	0,71229	Normal	
	10 mil -  20 mil	0,5445	Normal	
	20 mil -  50 mil	0,00032	Não normal	
	50 mil -  100 mil	0,00414	Não normal	
	Acima de 100 mil	0,49538	Normal	
Índice de faturamento de água	Inferior a 5 mil	0,202	Normal	Normal
	5 mil -  10 mil	0,40048	Normal	
	10 mil -  20 mil	0,92402	Normal	
	20 mil -  50 mil	0,43949	Normal	
	50 mil -  100 mil	0,25651	Normal	
	Acima de 100 mil	0,43073	Normal	
Margem da despesa de exploração	Inferior a 5 mil	0,00283	Não normal	Não normal
	5 mil -  10 mil	0,20168	Normal	
	10 mil -  20 mil	0,12726	Normal	
	20 mil -  50 mil	0,12101	Normal	
	50 mil -  100 mil	0,33486	Normal	
	Acima de 100 mil	0,20729	Normal	
Índice de perdas por ligação	Inferior a 5 mil	0,00177	Não normal	Não normal
	5 mil -  10 mil	0,00029	Não normal	
	10 mil -  20 mil	0,05249	Normal	
	20 mil -  50 mil	0,17166	Normal	
	50 mil -  100 mil	0,00373	Não normal	
	Acima de 100 mil	0,70241	Normal	
Índice de suficiência de caixa	Inferior a 5 mil	0,09637	Normal	Normal
	5 mil -  10 mil	0,26626	Normal	
	10 mil -  20 mil	0,06665	Normal	
	20 mil -  50 mil	0,89131	Normal	
	50 mil -  100 mil	0,10343	Normal	
	Acima de 100 mil	0,54979	Normal	

**Quadro A1 – Correlações entre as variáveis para o Desempenho Financeiro, sendo as variáveis demarcadas com “\*” suprimidas da análise**

<b>Porte populacional</b>	<b>Desempenho financeiro Variáveis correlacionadas</b>
Até 5 mil	<p>Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado x Índice de consumo de água*  Consumo de água faturado por economia x Consumo médio de água por economia*  Índice de faturamento de água x Índice de perdas faturamento*  Margem da despesa de exploração x Índice de suficiência de caixa*  Margem da despesa com pessoal próprio x Índice de suficiência de caixa*  Margem da despesa com pessoal total (equivalente) x Índice de suficiência de caixa*  Participação da despesa com pessoal total (equivalente) nas despesas de exploração x Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração*  Índice de perdas na distribuição x Índice de perdas faturamento*  Índice de perdas por ligação x Índice de perdas faturamento*  Índice de consumo de água x Índice de perdas faturamento*</p>
Entre 5 mil e 10 mil	<p>Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio x Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total*  Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado x Índice de faturamento de água*  Índice de perdas faturamento x Índice de faturamento de água*  Consumo micromedido por economia x Tarifa média de água*  Consumo de água faturado por economia x Tarifa média de água*  Despesa de exploração por m3 faturado x Despesa total com os serviços por m3 faturado*  Margem da despesa com pessoal próprio x Margem da despesa de exploração*  Margem da despesa com pessoal total (equivalente) x Margem da despesa de exploração*  Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração x Participação da despesa com pessoal total (equivalente) nas despesas de exploração*  Índice de perdas na distribuição x Índice de faturamento de água*  Índice de perdas por ligação x Índice de faturamento de água*  Índice de consumo de água x Índice de faturamento de água*  Consumo médio de água por economia x Tarifa média de água*  Índice de suficiência de caixa x Margem da despesa de exploração*</p>
Entre 10 mil e 20 mil	<p>Índice de hidrometração x Índice de fluoretação de água*  Índice de perdas faturamento x Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado*  Consumo de água faturado por economia x Consumo micromedido por economia*  Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total x Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio*  Índice de faturamento de água x Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado*  Margem da despesa com pessoal próprio x Margem da despesa de exploração*  Margem da despesa com pessoal total (equivalente) x Margem da despesa de exploração*  Participação das outras despesas nas despesas de exploração x Margem das outras despesas de exploração*  Índice de perdas na distribuição x Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado*  Índice de perdas por ligação x Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado*  Índice de consumo de água x Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado*  Consumo médio de água por economia x Consumo micromedido por economia*  Índice de suficiência de caixa x Margem da despesa de exploração*  Índice de produtividade de pessoal total x Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio*</p>
Entre 20 mil e 50 mil	<p>Índice de perdas faturamento x Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado*  Consumo micromedido por economia x Consumo de água faturado por economia*  Despesa de exploração por m3 faturado x Despesa total com os serviços por m3 faturado*  Índice de faturamento de água x Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado*  Margem da despesa com pessoal total (equivalente) x Margem da despesa de exploração*  Índice de consumo de água x Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado*  Consumo médio de água por economia x Consumo de água faturado por economia*  Índice de produtividade de pessoal total x Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total*</p>

**Quadro A1 – Correlações entre as variáveis para o Desempenho Financeiro, sendo as variáveis demarcadas com “\*” suprimidas da análise (continuação)**

<b>Porte populacional</b>	<b>Desempenho financeiro Variáveis correlacionadas</b>
Entre 50 mil e 100 mil	<p>Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio x Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total*</p> <p>Índice de hidrometração x Incidência das análises de cloro residual fora do padrão*</p> <p>Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado x Índice de perdas na distribuição*</p> <p>Índice de perdas faturamento x Índice de perdas na distribuição*</p> <p>Consumo micromedido por economia x Consumo médio percapita de água*</p> <p>Consumo de água faturado por economia x Consumo médio percapita de água*</p> <p>Índice de atendimento urbano de água x Índice de atendimento total de água*</p> <p>Índice de faturamento de água x Índice de perdas na distribuição*</p> <p>Margem da despesa com pessoal total (equivalente) x Índice de suficiência de caixa*</p> <p>Margem do serviço da dívida x Incidência das análises de cloro residual fora do padrão*</p> <p>Margem das outras despesas de exploração x Incidência das análises de cloro residual fora do padrão*</p> <p>Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração x Participação da despesa com pessoal total (equivalente) nas despesas de exploração*</p> <p>Índice de micromedição relativo ao consumo x Incidência das análises de cloro residual fora do padrão*</p> <p>Índice de perdas por ligação x Índice de perdas na distribuição*</p> <p>Índice de consumo de água x Índice de perdas na distribuição*</p> <p>Índice de conformidade da quantidade de amostras - cloro residual x Incidência das análises de cloro residual fora do padrão*</p> <p>Índice de produtividade de pessoal total x Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total*</p>
Acima de 100 mil	<p>Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio x Incidência da despesa de pessoal e de serviços de terceiros nas despesas totais com os serviços*</p> <p>Tarifa média de água x Duração média dos serviços executados*</p> <p>Despesa média anual por empregado x Despesa total com os serviços por m3 faturado*</p> <p>Índice de hidrometração x Índice de conformidade da quantidade de amostras - cloro residual*</p> <p>Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado x Índice de faturamento de água*</p> <p>Índice de macromedição x Extensão da rede de água por ligação*</p> <p>Índice de perdas faturamento x Índice de faturamento de água*</p> <p>Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total x Índice de produtividade de pessoal total*</p> <p>Índice de atendimento urbano de água x Consumo micromedido por economia*</p> <p>Margem da despesa com pessoal total (equivalente) x Margem da despesa de exploração*</p> <p>Participação das outras despesas nas despesas de exploração x Margem das outras despesas de exploração*</p> <p>Índice de perdas na distribuição x Índice de faturamento de água*</p> <p>Índice de perdas por ligação x Índice de faturamento de água*</p> <p>Índice de consumo de água x Índice de faturamento de água*</p> <p>Consumo médio de água por economia x Consumo micromedido por economia*</p>

**Quadro A2 – Correlações entre as variáveis para o Desempenho Operacional, sendo as variáveis demarcadas com “\*” suprimidas da análise**

<b>Porte populacional</b>	<b>Desempenho operacional Variáveis correlacionadas</b>
Até 5 mil	<p>Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado x Índice de perdas por ligação*                      Índice de perdas faturamento x Índice de perdas por ligação*                      Consumo de água faturado por economia x Consumo médio de água por economia*                      Índice de faturamento de água x Índice de perdas por ligação*                      Margem da despesa de exploração x Índice de suficiência de caixa*                      Margem da despesa com pessoal próprio x Índice de suficiência de caixa*                      Margem da despesa com pessoal total (equivalente) x Índice de suficiência de caixa*                      Participação da despesa com pessoal total (equivalente) nas despesas de exploração x Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração*                      Índice de perdas na distribuição x Índice de perdas por ligação*                      Índice de consumo de água x Índice de perdas por ligação*</p>
Entre 5 mil e 10 mil	<p>Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio x Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total*                      Despesa total com os serviços por m3 faturado x Despesa de exploração por m3 faturado*                      Tarifa média de água x Consumo micromedido por economia*                      Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado x Índice de faturamento de água*                      Índice de perdas faturamento x Índice de faturamento de água*                      Consumo de água faturado por economia x Consumo micromedido por economia*                      Margem da despesa de exploração x Margem da despesa com pessoal total (equivalente)*                      Margem da despesa com pessoal próprio x Margem da despesa com pessoal total (equivalente)*                      Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração x Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração*                      Índice de perdas na distribuição x Índice de faturamento de água*                      Índice de perdas por ligação x Índice de faturamento de água*                      Índice de consumo de água x Índice de faturamento de água*                      Consumo médio de água por economia x Consumo micromedido por economia*                      Índice de suficiência de caixa x Margem da despesa com pessoal total (equivalente)*</p>
Entre 10 mil e 20 mil	<p>Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado x Índice de perdas por ligação*                      Índice de perdas faturamento x Índice de perdas por ligação*                      Consumo de água faturado por economia x Consumo micromedido por economia*                      Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total x Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio*                      Índice de faturamento de água x Índice de perdas por ligação*                      Margem da despesa de exploração x Índice de suficiência de caixa*                      Margem da despesa com pessoal próprio x Índice de suficiência de caixa*                      Margem da despesa com pessoal total (equivalente) x Índice de suficiência de caixa*                      Participação das outras despesas nas despesas de exploração x Margem das outras despesas de exploração*                      Índice de perdas na distribuição x Índice de perdas por ligação*                      Índice de consumo de água x Índice de perdas por ligação*                      Consumo médio de água por economia x Consumo micromedido por economia*                      Índice de fluoretação de água x Índice de hidrometração*                      Índice de produtividade de pessoal total x Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio*</p>
Entre 20 mil e 50 mil	<p>Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado x Índice de faturamento de água*                      Índice de perdas faturamento x Índice de faturamento de água*                      Consumo de água faturado por economia x Consumo micromedido por economia*                      Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total x Índice de produtividade de pessoal total*                      Despesa de exploração por m3 faturado x Despesa total com os serviços por m3 faturado*                      Margem da despesa com pessoal total (equivalente) x Margem da despesa com pessoal próprio*                      Índice de consumo de água x Índice de faturamento de água*                      Consumo médio de água por economia x Consumo micromedido por economia*</p>



**Quadro A2 – Correlações entre as variáveis para o Desempenho Operacional, sendo as variáveis demarcadas com “\*” suprimidas da análise (continuação)**

<b>Porte populacional</b>	<b>Desempenho operacional Variáveis correlacionadas</b>
Entre 50 mil e 100 mil	<p>Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio x Índice de perdas por ligação*</p> <p>Despesa total com os serviços por m<sup>3</sup> faturado x Índice de perdas por ligação*</p> <p>Tarifa média de água x Índice de perdas por ligação*</p> <p>Incidência da despesa de pessoal e de serviços de terceiros nas despesas totais com os serviços x Índice de perdas por ligação*</p> <p>Despesa média anual por empregado x Consumo médio de água por economia*</p> <p>Índice de hidrometração x Índice de perdas por ligação*</p> <p>Consumo micromedido por economia x Consumo médio de água por economia*</p> <p>Consumo de água faturado por economia x Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração*</p> <p>Duração média dos serviços executados x Índice de atendimento total de água*</p> <p>Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão x Margem do serviço da dívida*</p> <p>Margem do serviço da dívida x Índice de produtividade de pessoal total*</p> <p>Participação da despesa com energia elétrica nas despesas de exploração x Índice de hidrometração*</p> <p>Participação da despesa com produtos químicos nas despesas de exploração (DEX) x Índice de hidrometração*</p> <p>Participação das outras despesas nas despesas de exploração x Índice de hidrometração*</p> <p>Participação da receita operacional indireta na receita operacional total x Margem da despesa com pessoal total (equivalente)*</p> <p>Participação das economias residenciais de água no total das economias de água x Índice de hidrometração*</p>
Acima de 100 mil	<p>Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio x Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total*</p> <p>Tarifa média de água x Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total*</p> <p>Despesa média anual por empregado x Margem do serviço da dívida*</p> <p>Índice de micromedicação relativo ao volume disponibilizado x Índice de perdas por ligação*</p> <p>Índice de macromedicação x Dias de faturamento comprometidos com contas a receber*</p> <p>Índice de perdas faturamento x Índice de perdas por ligação*</p> <p>Consumo micromedido por economia x Índice de atendimento urbano de água*</p> <p>Índice de faturamento de água x Índice de perdas por ligação*</p> <p>Margem da despesa com pessoal total (equivalente) x Margem da despesa de exploração*</p> <p>Participação das outras despesas nas despesas de exploração x Margem das outras despesas de exploração*</p> <p>Índice de perdas na distribuição x Índice de perdas por ligação*</p> <p>Índice de consumo de água x Índice de perdas por ligação*</p> <p>Consumo médio de água por economia x Índice de atendimento urbano de água*</p> <p>Índice de conformidade da quantidade de amostras - cloro residual x Índice de hidrometração*</p> <p>Índice de produtividade de pessoal total x Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total*</p>

**Quadro A3 – Correlações entre as variáveis para o Desempenho de Qualidade da Água, sendo as variáveis demarcadas com “\*” suprimidas da análise**

<b>Porte populacional</b>	<b>Desempenho de qualidade da água Variáveis correlacionadas</b>
Até 5 mil	Incidência da despesa de pessoal e de serviços de terceiros nas despesas totais com os serviços x Participação da despesa com pessoal total (equivalente) nas despesas de exploração* Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado x Índice de perdas na distribuição* Índice de perdas faturamento x Índice de perdas na distribuição* Índice de faturamento de água x Índice de perdas na distribuição* Margem da despesa de exploração x Índice de suficiência de caixa* Margem da despesa com pessoal próprio x Índice de suficiência de caixa* Margem da despesa com pessoal total (equivalente) x Índice de suficiência de caixa* Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração x Participação da despesa com pessoal total (equivalente) nas despesas de exploração* Participação da despesa com energia elétrica nas despesas de exploração x Participação da despesa com pessoal total (equivalente) nas despesas de exploração* Índice de perdas por ligação x Índice de perdas na distribuição* Índice de consumo de água x Índice de perdas na distribuição* Consumo médio de água por economia x Consumo de água faturado por economia*
Entre 5 mil e 10 mil	Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado x Índice de perdas na distribuição* Índice de perdas faturamento x Índice de perdas na distribuição* Consumo micromedido por economia x Tarifa média de água* Consumo de água faturado por economia x Tarifa média de água* Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total x Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio* Despesa de exploração por m3 faturado x Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração* Índice de faturamento de água x Índice de perdas na distribuição* Margem da despesa de exploração x Índice de suficiência de caixa* Margem da despesa com pessoal próprio x Índice de suficiência de caixa* Margem da despesa com pessoal total (equivalente) x Índice de suficiência de caixa* Participação da despesa com pessoal total (equivalente) nas despesas de exploração x Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração* Índice de perdas por ligação x Índice de perdas na distribuição* Índice de consumo de água x Índice de perdas na distribuição* Consumo médio de água por economia x Quantidade equivalente de pessoal total*
Entre 10 mil e 20 mil	Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado x Índice de consumo de água* Índice de perdas faturamento x Índice de consumo de água* Consumo de água faturado por economia x Consumo micromedido por economia* Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total x Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio* Índice de faturamento de água x Índice de consumo de água* Margem da despesa com pessoal próprio x Margem da despesa de exploração* Margem da despesa com pessoal total (equivalente) x Margem da despesa de exploração* Participação das outras despesas nas despesas de exploração x Margem das outras despesas de exploração* Índice de perdas na distribuição x Índice de consumo de água* Índice de perdas por ligação x Índice de consumo de água* Índice de fluoretação de água x Índice de hidrometração* Índice de suficiência de caixa x Margem da despesa de exploração* Índice de produtividade de pessoal total x Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio*
Entre 20 mil e 50 mil	Margem da despesa com pessoal total (equivalente) x Margem da despesa de exploração* Consumo micromedido por economia x Consumo de água faturado por economia* Consumo médio de água por economia x Consumo de água faturado por economia* Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado x Índice de consumo de água* Índice de perdas faturamento x Índice de consumo de água* Índice de faturamento de água x Índice de consumo de água* Índice de produtividade de pessoal total x Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total* Despesa total com os serviços por m3 faturado x Despesa de exploração por m3 faturado*

**Quadro A3 – Correlações entre as variáveis para o Desempenho de Qualidade da Água, sendo as variáveis demarcadas com “\*” suprimidas da análise (continuação)**

<b>Porte populacional</b>	<b>Desempenho de qualidade da água Variáveis correlacionadas</b>
Entre 50 mil e 100 mil	<p>Índice de micromedição relativo ao consumo x Incidência das análises de cloro residual fora do padrão*</p> <p>Margem das outras despesas de exploração x Incidência das análises de cloro residual fora do padrão*</p> <p>Margem do serviço da dívida x Incidência das análises de cloro residual fora do padrão*</p> <p>Índice de conformidade da quantidade de amostras - cloro residual x Incidência das análises de cloro residual fora do padrão*</p> <p>Margem da despesa com pessoal total (equivalente) x Margem da despesa de exploração*</p> <p>Índice de hidrometração x Incidência das análises de cloro residual fora do padrão*</p> <p>Índice de faturamento de água x Índice de perdas faturamento*</p> <p>Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total x Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio*</p> <p>Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado x Índice de perdas faturamento*</p> <p>Participação da despesa com pessoal próprio nas despesas de exploração x Participação da despesa com pessoal total (equivalente) nas despesas de exploração*</p> <p>Consumo médio de água por economia x Consumo de água faturado por economia*</p> <p>Consumo médio percapita de água x Consumo de água faturado por economia*</p> <p>Índice de perdas por ligação x Índice de perdas faturamento*</p> <p>Índice de perdas na distribuição x Índice de perdas faturamento*</p> <p>Consumo micromedido por economia x Consumo de água faturado por economia*</p> <p>Índice de atendimento urbano de água x Índice de atendimento total de água*</p> <p>Índice de consumo de água x Índice de perdas faturamento*</p>
Acima de 100 mil	<p>Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado x Extensão da rede de água por ligação*</p> <p>Índice de faturamento de água x Índice de perdas por ligação*</p> <p>Margem do serviço da dívida x Participação da despesa com pessoal total (equivalente) nas despesas de exploração*</p> <p>Participação da despesa com energia elétrica nas despesas de exploração x Índice de perdas por ligação*</p> <p>Índice de produtividade: empregados próprios por 1000 ligações de água x Incidência da despesa de pessoal e de serviços de terceiros nas despesas totais com os serviços*</p> <p>Índice bruto de perdas lineares x Índice de perdas por ligação*</p> <p>Índice de perdas por ligação x Consumo médio de água por economia*</p> <p>Índice de consumo de água x Índice de produtividade de pessoal total*</p> <p>Consumo médio de água por economia x Índice de perdas por ligação*</p> <p>Dias de faturamento comprometidos com contas a receber x Índice de perdas por ligação*</p> <p>Índice de atendimento total de água x Margem da despesa com pessoal total (equivalente)*</p> <p>Incidência das análises de turbidez fora do padrão x Índice de conformidade da quantidade de amostras - cloro residual*</p> <p>Índice de conformidade da quantidade de amostras - cloro residual x Margem do serviço da dívida*</p> <p>Índice de conformidade da quantidade de amostras - turbidez x Incidência da despesa de pessoal e de serviços de terceiros nas despesas totais com os serviços*</p> <p>Índice de produtividade de pessoal total x Consumo médio de água por economia*</p>