



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

SIDRACK FELIPE DA SILVA JÚNIOR

AVALIAÇÃO DE ÍNDICES DE PERDAS EM PEQUENOS
MUNICÍPIOS DO BRASIL

Caruaru – PE – Brasil, 2015

SIDRACK FELIPE DA SILVA JÚNIOR

**AVALIAÇÃO DE ÍNDICES DE PERDAS EM PEQUENOS MUNICÍPIOS
DO BRASIL**

Proposta de trabalho a ser apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, como requisito para a aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso I.

Área de concentração: Recursos Hídricos

Orientador: Prof. Saulo de Tarso Marques Bezerra

Catálogo na fonte:
Bibliotecária - Simone Xavier CRB/4-1242

S586a Silva Júnior, Sidrack Felipe da.
Avaliação de índice de perdas em pequenos municípios do Brasil. / Sidrack Felipe da Silva Júnior. - Caruaru: O Autor, 2015.
56f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Saulo de Tarso Marques Bezerra.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia Civil, 2015.
Inclui referências bibliográficas

1. Água – Abastecimento - Brasil. 2. Perdas de água. 3. Indicadores de desempenho. 4. Benchmarking. 5. Recursos hídricos. I. Bezerra, Saulo de Tarso Marques. (Orientador). II. Título

620 CDD (23. ed.)

UFPE (CAA 2015-130)

SIDRACK FELIPE DA SILVA JÚNIOR

AVALIAÇÃO DE ÍNDICES DE PERDAS EM PEQUENOS MUNICÍPIOS DO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: **Recursos Hídricos.**

A banca examinadora composta pelos professores abaixo, considera o candidato aprovado com nota_____.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Saulo de Tarso Marques Bezerra_____

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientador)

Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva_____

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

Prof.^a Dr.^a Leijdane Maria Maciel de Oliveira_____

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

Prof.^a Dr.^a Sylvana Melo dos Santos_____

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Coordenadora da disciplina)

RESUMO

O Brasil é um país com regime pluviométrico diversificado, normalmente, enquanto estados das Regiões Sul e Sudeste sofrem com as consequências das chuvas, grande parte do Nordeste sofre com a escassez hídrica. Mas, ultimamente, é sabido que todo o Brasil vem sofrendo com a falta de água, o que mostra claramente a importância de um controle mais eficiente da água e também a necessidade de novos investimentos em sistema de gerenciamento voltados para o desperdício de água. É necessário que os prestadores de serviço de abastecimento de água tenham um mínimo de eficiência operacional no que diz respeito ao controle de perdas de água. A avaliação dos indicadores de desempenho é uma das melhores alternativas para os prestadores de serviço de abastecimento de água, pois apresentam informações que podem ser utilizadas pelos gestores para auxiliar na solução de problemas. O objetivo desse estudo foi avaliar e classificar os pequenos municípios do país, divididos por região, quanto à eficiência dos serviços de abastecimento de água, com base em quatro indicadores de desempenho definidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), relacionados às perdas de água. A análise foi feita com dados de cinco anos consecutivos, período de 2009 a 2013, de 1.229 cidades de todo o país, cuja população é de até cinco mil habitantes. Verificou-se que 527 municípios apresentaram dados válidos, dos quais 55 foram classificados no Grupo 1 - *Benchmarking*. Observou-se que as regiões Norte e Nordeste obtiveram os piores resultados, o que se traduziu na pequena quantidade de municípios enquadrados no grupo *Benchmarking*. Na região Centro-Oeste, dos 84 municípios com dados válidos, 4 se enquadraram no grupo de melhor resultado, ou seja, praticamente 5% dos municípios estão entre os melhores do país. Dos 100 municípios com dados válidos da região Sudeste, 20 municípios se enquadraram no grupo de melhor resultado, mas destaca-se que nem o estado do Rio de Janeiro nem o de São Paulo contribuíram para este estudo, pois não apresentavam dados suficientes. Na região Sul o resultado foi similar, dos 199 municípios com dados válidos, 29 obtiveram melhores resultados. Apesar do desenvolvimento tecnológico dos últimos anos, os resultados mostram a necessidade urgente de investimentos na gestão eficiente dos sistemas de abastecimento de água localizados no Norte e Nordeste do Brasil.

Palavras-chave: Abastecimento de água, *Benchmarking*, Perdas de água, Indicadores de desempenho, Regiões brasileiras.

ABSTRACT

Brazil is a country with diverse pluviometric regime. While some states in the south, and south east, suffer consequences from this large amount of rain, other parts of the country, such as the north east, usually experience drought. However, lately all of Brazil has been suffering from a water shortage. This clearly demonstrates that Brazil is in need of a better system water control. This could also reveal a need for new investments in management systems for water loss. It is necessary for water companies that have a list of operational efficiency regarding lost water. The evaluation of performance indicators is one of the best alternatives to supplying water companies because they show information that can be used by the managers to find solutions to problems. The aim of this study is to evaluate and to classify small cities of Brazil, divided by region, in how efficient their water supply services are based on four performance indicators defined by the Information National System of Sanitation (SNIS) related to water loss. The analysis has been made with five years data, 2009-2013, with 1229 cities of the country with a maximum of 5000 inhabitants each. With the result of the research, it was verified 527 cities with valid data, 55 were classified in Group 1. It can be noted that most of cities in the north and north east obtained worse results than the Brazilian average. It is clear to see these results in the small amount of cities in the benchmarking group. On the other hand, the other regions obtained better result, the center west region, out of 84 cities with valid data, 4 are in the benchmarking group. This means that almost 5% of the cities are in the best of the country. In the south east from 100 cities with valid data, 20 are in the group with the best results. It should be noted that São Paulo and Rio de Janeiro didn't have enough data to participate in this study. In the south, the result was similar, from 199 cities with valid data, only 29 obtained the best results. Despite the technological development in the last few years, the results show the urgent need of investments in efficient management of the water supply systems in the north and north east.

Key Words: Water supply, Benchmarking, Water loss, Performance indicators, Brazilian regions.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, por não ter me deixado fracassar em todos os momentos de dificuldade durante todo o curso e também na fase do Trabalho de Conclusão de Curso.

À minha família, que são as pessoas que mais acreditam na minha capacidade, sempre me dão apoio e incentivo, nunca deixando fraquejar seja lá qual for a situação.

Aos meus amigos, que sempre que surgiam minhas dúvidas, era a eles que eu recorria.

Ao professor doutor Saulo de Tarso Marques Bezerra, que me deu a oportunidade de fazer este trabalho. Obrigado pela orientação e compreensão durante todo o trabalho.

Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para minha formação e para realização deste trabalho.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de pequenos municípios por região	31
Tabela 2 – Quantidade de pequenos municípios com dados válidos por região	32
Tabela 3 – Valores de referência dos indicadores e valores médios brasileiros.....	33
Tabela 4 – Quantidade de municípios pertencentes ao Grupo 1 (<i>Benchmarking</i>)	34
Tabela 5 – Comparação dos valores de referência dos indicadores com os valores médios das regiões.....	35
Tabela 6 – Quantidade de municípios com índices superiores à média brasileira	36
Tabela 7 – Metas do Plano Nacional de Saneamento Básico	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Balanço hídrico proposto pela IWA/AWWA para sistemas de abastecimento de água.....	14
Quadro 2 – Principais causas dos surgimentos de vazamentos	16
Quadro 3 – População residente e número de municípios, total e respectiva distribuição percentual, segundo as classes de tamanho da população dos municípios – 2010	27
Quadro 4 – Indicadores utilizados do SNIS	28
Quadro A.1 – Municípios pertencentes ao Grupo 2, situados na região Centro-oeste.....	46
Quadro A.2 – Municípios pertencentes ao Grupo 2 situados na região Nordeste.....	46
Quadro A.3 – Municípios pertencentes ao Grupo 2 situados na região Sudeste.....	47
Quadro A.4 – Municípios pertencentes ao Grupo 2 situados na região Sul.....	48
Quadro B.1 – Municípios com prestadores de serviços locais e regionais, simultaneamente	50
Quadro C.1 – Municípios pertencentes ao Grupo 1 situados na região Centro-oeste.....	55
Quadro C.2 – Municípios pertencentes ao Grupo 1 situados na região Nordeste.....	55
Quadro C.3 – Municípios pertencentes ao Grupo 1 situados na região Sudeste.....	55
Quadro C.4 – Municípios pertencentes ao Grupo 1 situados na região Sul	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Porcentagem de água tratada desperdiçada por país, ano base 2012	11
Figura 2 – Comportamento do indicador micromedição relativo ao volume disponibilizado – IN ₀₁₀ para as regiões brasileiras.....	37
Figura 3 – Comportamento do indicador de perdas de faturamento – IN ₀₁₃ para as regiões brasileiras.....	38
Figura 4 – Comportamento do indicador índice de perdas totais na distribuição – IN ₀₄₉ para as regiões brasileiras	38
Figura 5 – Comportamento do indicador índice de perdas por ligação – IN ₀₅₁ para as regiões brasileiras.....	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	12
3. OBJETIVOS.....	13
3.1. Objetivo geral	13
3.2. Objetivos específicos.....	13
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
4.1. Perdas reais	15
4.2. Perdas aparentes	17
4.3. Indicadores de desempenho.....	19
4.4. Sistema de indicadores para os serviços de abastecimento de água.....	20
4.5. <i>Benchmarking</i>	23
4.6. <i>Boxplot</i>	24
5. METODOLOGIA DO TRABALHO	25
5.1. Estudo de caso	25
5.2. Seleção dos indicadores de desempenho	27
5.3. Análise de dados	31
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	42
APÊNDICE A – Municípios pertencentes ao Grupo 2	46
APÊNDICE B – Municípios com prestadores de serviços locais e regionais, simultaneamente.	50
APÊNDICE C – Municípios com desempenho superior à média nacional	55

1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos vêm sendo objetivo de preocupação e estudos em todo o planeta, visto que as reservas mundiais de água potável estão reduzindo gradativamente. Neste contexto, as perdas de água, comuns em todo o território nacional, proporcionam impactos ambientais e redução das receitas das empresas.

Segundo Trow e Farley (2003), as perdas de água ocorrem em todos os sistemas de abastecimento, apenas o volume é que varia, isso depende das características da tubulação, rede, de fatores locais, da prática operacional da companhia de água e do nível de tecnologia aplicada. O volume perdido varia amplamente de país para país e dentro do país de região para região.

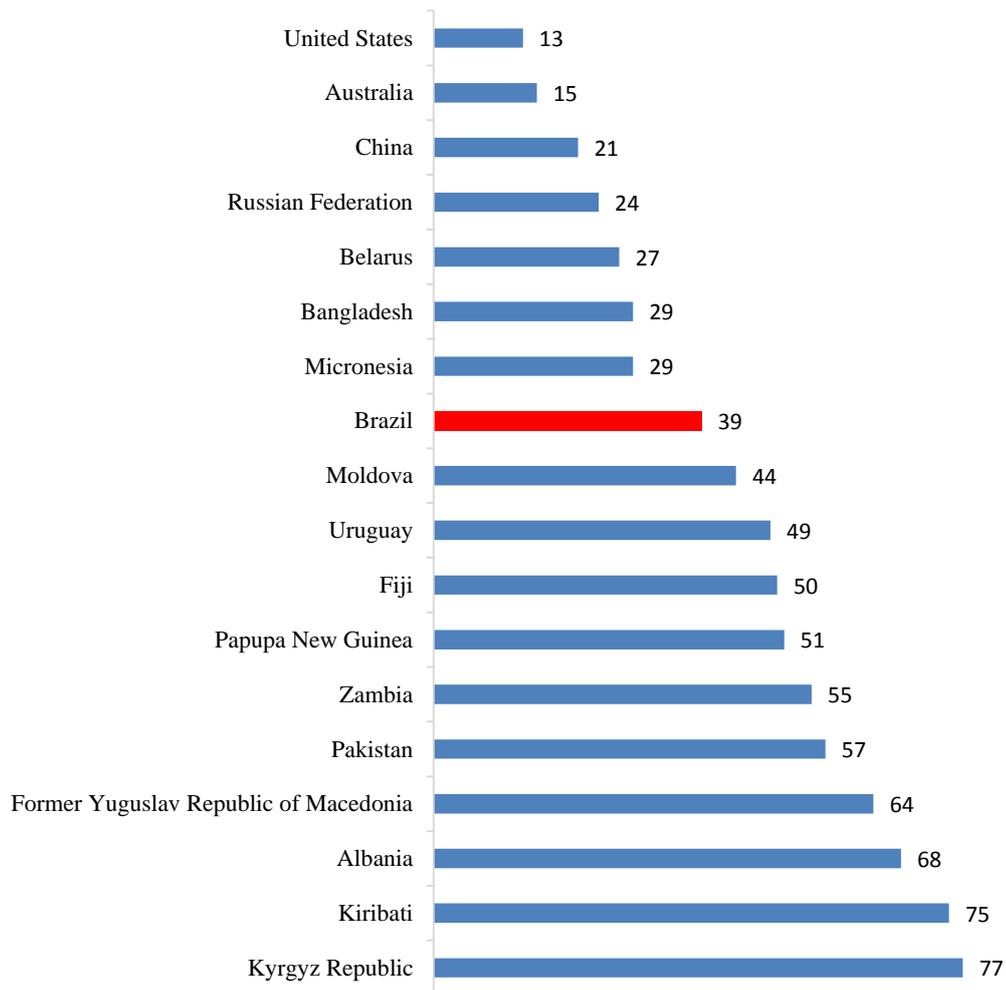
As perdas nos sistemas de abastecimento são relacionadas aos volumes de água não contabilizados. Estas podem ser reais, quando a água desperdiçada não é consumida, e aparentes, que é a água consumida e não registrada.

Um dos principais indicadores de eficiência da operação dos sistemas de abastecimento de água é o índice de perdas. O combate às perdas de água tornou-se um grande desafio para os sistemas de abastecimento de água.

Segundo dados do Sistema Nacional de Informação sobre o Saneamento – SNIS (Ministério das Cidades, 2014), o índice de perdas na distribuição de água no Brasil tem média de 36,9%, o que é um valor alto. Um nível aceitável de perdas, segundo Tsutiya (2006), seria de 25%.

O levantamento feito pelo IBNET (*International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities*) com dados de 2011 e 2012, mostra resultados de vários países do mundo. Na Figura 1 estão representados 18 países de um total de 102. A maioria dos países não consta na figura abaixo, pois os dados são antigos. Países como Austrália, Brasil, República do Quirguizistão, Estados Unidos e Uruguai estão representados na figura com dados de 2011, o restante com dados de 2012. Nota-se que o Brasil ainda perde mais água do que países como: Bielorrússia (27%), Bangladesh (29%) e Micronésia (29%). Os Países que menos perdem são: Estados Unidos (13%) e Austrália (15%). O país que mais perde é a República do Quirguizistão (77%) que é um país da Ásia central.

Figura 1 - Porcentagem de água tratada desperdiçada por país, anos bases 2011 e 2012



Fonte: Adaptado pelo autor de IBNET (2014)

Para alcançar um patamar aceitável de perdas de água, um bom gerenciamento das redes de distribuição é imprescindível. Segundo recomendações do grupo de trabalho sobre perdas de água da IWA (*IWA Water Loss Task Force*), a gestão da infraestrutura é uma das ações que devem ser adotadas em um programa de combate a perdas de água.

De acordo com TONETO JÚNIOR, SAIANI & RODRIGUES (2013), uma simples redução de 10% nas perdas de distribuição de água no país acarretaria em um ganho de R\$ 1,3 bilhão ao ano. Se as perdas caíssem para 20%, haveria um acréscimo de 10,3 bilhões, cerca de 50% do faturamento anual do setor, estimado em R\$ 20,8 bilhões, que poderiam ser investidos na melhoria dos sistemas pré-existentes e na universalização dos serviços de água e esgoto.

Portanto, é de suma importância que os prestadores de serviços de abastecimento estabeleçam um nível mínimo de eficiência operacional e de controle de perdas, avaliando o

desempenho dos sistemas aos quais atendem, de modo a ter conhecimento das áreas mais carentes de investimentos. A avaliação de desempenho permite medir as metas e os objetivos da prestação de serviços e se apresenta como a melhor alternativa para o acompanhamento dos serviços prestados, com aplicação direta para os gestores, as agências reguladoras, os investidores, os usuários, a sociedade e os próprios prestadores de serviços (BEZERRA & CHEUNG, 2013).

2. JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

O elevado índice de perdas nos sistemas de abastecimentos é uma realidade da maioria das empresas de saneamento. Apesar dos avanços tecnológicos, muitos problemas continuam existindo.

É importante observar que não existem redes totalmente estanques, ou seja, em maiores ou menores proporções, todas desperdiçam água. Entretanto, índices de perdas reais da ordem de 40% do total disponibilizado para o abastecimento, com certeza, são inaceitáveis. Vale ressaltar que este “privilegio” não é só do Brasil, existem diversos países com sistemas que possuem índices superiores à média brasileira (BEZERRA & CHEUNG, 2014).

O combate efetivo a perdas de águas é um dos problemas mais desafiadores da operação e manutenção de sistemas de abastecimento de água. Existem muitos fatores que influenciam o gerenciamento de perdas, tais como: condições físicas da infraestrutura, aspectos culturais e políticos, disponibilidade financeira, tecnologias disponíveis, qualificação da mão de obra etc. Entretanto, toda empresa prestadora de serviço de saneamento deve buscar níveis elevados de eficiência a estar apta a fornecer o melhor serviço aos seus usuários.

As perdas trazem prejuízos de ordem ambiental, pela exploração irrestrita e irresponsável de mananciais cada vez mais escassos de ordem social, ao negar à população o acesso à água de qualidade e suficiente para atender as suas necessidades. Associados a este problema, estão os prejuízos financeiros da companhia, que reprimem o crescimento, e impedem investimentos na ampliação, manutenção e no controle operacional de seus sistemas (TSUTIYA, 2006). Cabe ressaltar que a participação do poder público no fornecimento, financiamento e intervenções nas ações de saneamento representa uma questão de soberania e interesse institucional. Afinal, são serviços essenciais para a população e constituem monopólios naturais (ROSSONI *et al.*, 2015).

Diante do exposto, a análise qualitativa de índices de desempenho é um importante passo na avaliação de sistemas de abastecimento de água. O uso destes indicadores permite conhecer e avaliar melhor a eficiência hidráulica dos sistemas, possibilitando a hierarquização dos investimentos no interior do país, definindo os municípios com sistemas em situação crítica.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O presente estudo objetiva avaliar os índices de perdas em pequenos municípios do Brasil.

3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos da pesquisa são:

- Classificar os municípios quanto à eficiência dos serviços de abastecimento de água;
- Analisar a eficiência dos indicadores quanto às perdas de água;
- Determinar o *benchmarking* entre as cidades analisadas.
- Comparar a eficiência do abastecimento de água dos pequenos municípios com os índices médios brasileiros.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

Um dos principais desafios das operadoras de água em países em desenvolvimento é reduzir as perdas de água em todas as etapas do processo de seu fornecimento. As perdas de água em sistemas de abastecimento de água são influenciadas por diversos fatores infraestruturais e operacionais. Estas dependem basicamente das características da rede hidráulica e de fatores relacionados às práticas de operação, do nível de tecnologia do sistema e da expertise dos técnicos responsáveis pelo controle dos processos (BEZERRA & CHEUNG, 2013).

Até alguns anos atrás, a avaliação das perdas era distinta em cada companhia, até mesmos em empresas de um mesmo país. A *International Water Association (IWA)* procurou padronizar o entendimento dos componentes dos usos de água em um sistema de abastecimento através de um quadro que representa o balanço hídrico, que é resumido no Quadro 1. Neste método, são feitas hipóteses para determinar as perdas aparentes e, pela diferença, chega-se então às estimativas de perdas reais.

Quadro 1 – Balanço hídrico proposto pela IWA/AWWA para sistemas de abastecimento de água

Volume de entrada no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (incluir água exportada)	Água faturada
			Consumo faturado não medido (estimados)	
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado (usos próprios, caminhão pipa etc.).	Água não faturada
			Consumo não faturado não medido (combate a incêndios, favelas etc.)	
	Perda de água	Perdas aparentes	Uso não autorizado (fraudes e falhas de cadastro)	
			Erros de medição (micromedição)	
		Perdas reais	Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição	
			Vazamentos e extravasamentos em reservatórios	
			Vazamento em ramais prediais (a montante do ponto de medição)	

Fonte: Bezerra & Cheung (2013)

4.1. Perdas reais

São inerentes a todos os sistemas de abastecimento de água. Não é possível zerar este tipo de perda, porém o volume de perdas reais na maioria dos sistemas do Brasil é significativamente mais elevado do que o justificável (BEZERRA & CHEUNG, 2013).

Este tipo de perda é decorrente de vazamentos que ocorrem nas tubulações das adutoras e redes de distribuição, nos ramais das ligações prediais, nas ETAs e nos extravasamentos de reservatórios. As suas principais causas estão apresentadas no Quadro 2.

Os vazamentos originados nas redes de distribuição de água são classificados em três grandes grupos, segundo Gumier (2005).

- Visíveis – são derivados de rupturas das tubulações e peças, que são provocadas por sobrepressões ou sobrecargas excessivas, defeitos estruturais, recalque do terreno e cargas excessivas sobre o pavimento. Manifestam-se imediatamente e são facilmente detectáveis. Possuem grandes vazões e provocam falhas no abastecimento e queda na pressão da rede. Estes vazamentos das redes são na maioria dos casos informados à companhia de água pela população.
- Detectáveis (não visíveis) – são os vazamentos que percolam o subsolo até encontrar um lençol freático, um canal subterrâneo ou alguma galeria existente, por onde irão escoar, contribuindo para manter estes vazamentos ocultos. São localizáveis por equipamento de detecção acústica, possuem vazões moderadas. Como, na maioria das empresas, não é realizada campanha de detecção de vazamentos, estes acabam resultando em uma parcela significativa das perdas reais.
- Inerentes – são os vazamentos com vazões pequenas, em tubulações profundas, que, geralmente, não são detectados por meio de equipamentos. Apesar de possuírem baixa vazão, é comum que o volume perdido seja representativo nas perdas de água, em virtude destes vazamentos permanecerem por longos períodos de tempo. Como solução, deve-se controlar a pressão e a reabilitação da infraestrutura.

Quadro 2 – Principais causas do surgimento de vazamentos

Localização	Causas internas	Causas externas
Reservatórios	Má qualidade dos materiais Má execução da obra Envelhecimento dos materiais Falta de manutenção	<p>Ambiente:</p> <p>Carga de tráfego</p> <p>Agressividade do solo</p> <p>Poluição do solo</p> <p>Desastres naturais:</p> <p>Movimentos de terra</p> <p>Deslizamentos</p> <p>Movimentos sísmicos</p>
Sistemas de bombeamento	Desgaste das gaxetas Ajustes inadequados nos registros Pressões elevadas Envelhecimento Falta de manutenção	
Tubulações	Má qualidade dos materiais Corrosão Envelhecimentos Assentamento inadequado Encaixes inadequados Aterramento incorreto Danos nas tubulações Profundidade inadequada Transientes hidráulicos Qualidade da água Excesso de pressão Variações bruscas de pressão	

Fonte: TARDELLI FILHO (2005 *apud* BEZERRA & CHEUNG, 2013)

Diversos trabalhos têm apresentado estudos voltados para o controle de perdas reais. O cálculo do balanço de águas corresponde a um dos modelos para a avaliação e controle de perdas. Segundo Alegre *et al.* (2004) é possível estimar as perdas reais a partir das perdas totais – método *top down*.

Outro método recomendado adota o monitoramento contínuo da vazão mínima noturna para determinar as perdas reais. A partir daí, tendo-se o volume de perdas totais, o balanço é completado com o cálculo das perdas aparentes (método *bottom up*). Alegre *et al.*

(2004) informam que, mesmo empregando o primeiro método, é recomendável confrontar os resultados das perdas reais com aqueles calculados via monitoramento da vazão noturna.

Mambretti & Orsi (2012) e Mambretti, Martins & Moraes (2013) adotaram algoritmos evolucionários para a modelagem de redes de distribuição de água visando à localização e estimação das perdas reais de água. A primeira pesquisa adotou Algoritmos Genéticos (AG) como método de otimização, enquanto a segunda, além de AG, também usou *Simulated Annealing*. Mambretti & Orsi (2012) aplicaram a metodologia no sistema de abastecimento de uma pequena cidade (Castegnato) no norte da Itália, com 8.000 habitantes. Segundo os autores, as simulações preliminares mostram que a metodologia respondeu satisfatoriamente o previsto.

Quevedo *et al.* (2013) apresentaram uma metodologia para detectar perdas reais de águas em redes de distribuição de água. O método baseia-se no emprego combinado das técnicas de vazão mínima noturna e Balanço Hídrico da IWA. A vazão mínima noturna permitiu distinguir as perdas reais e aparentes em um determinado distrito de medição e controle. A metodologia foi aplicada em um distrito de medição e controle (DMC) da rede de distribuição de água na cidade de Barcelona, Espanha.

Diversos trabalhos pesquisados reconhecem o monitoramento contínuo da vazão mínima noturna como a melhor ferramenta para quantificação das perdas reais. Bessey & Lambert (1994) e Gonçalves (1998) apresentam uma discussão sobre a interpretação da vazão mínima noturna e sua aplicação como referência do nível de perdas de uma determinada área em análise e como instrumento de orientação às equipes de manutenção, já que, a medida da vazão mínima noturna em uma área definida, é uma eficiente referência para a detecção de vazamentos não comunicados, podendo orientar as atividades de locação e reparo de vazamentos.

4.2. Perdas aparentes

As perdas aparentes representam a parcela da perda total que não é causada por vazamentos e extravasamentos nos reservatórios. Também são denominadas perdas comerciais (PILCHER *et al.* 2008). São causadas por erros de medição e cadastro, ligações clandestinas, roubo e/ou uso ilegal.

Em comparação com as perdas reais, as perdas aparentes têm um efeito negativo muito maior sobre o orçamento das companhias, pois, além do gasto com a produção, perde-se o valor agregado à água entregue (BEZERRA & CHEUNG, 2013).

As perdas aparentes ocorrem principalmente por três formas:

- Erros de medição de leitura;
- Erros cadastrais ou na contabilidade do consumo de água;
- Consumo não autorizado.

O erro de medição é uma das principais causas das perdas aparentes nas companhias de saneamento e ocorrem por diversos motivos. Abaixo estão algumas razões pelas quais os hidrômetros não conseguem medir com precisão a vazão fornecida:

- Fraudes;
- Tempo em operação;
- Qualidade da água;
- Adulteração;
- Falha na manutenção;
- Instalação incorreta.

Rios Santos-tellez & Rodríguez (2013) compararam o fluxo de entrada de água em cada região com os volumes consumidos pelos usuários e assim quantificaram a quantidade de perda existente em cada região das duas cidades analisadas, Pátzcuaro e Quiroga, que pertencem ao estado de Michoacán, México.

Arregui *et al.* (2013) afirmaram que a estimativa de componentes de perdas aparentes pode ser uma ferramenta valiosa para as companhias de água, pois a partir desta avaliação, as companhias poderão fazer investimentos mais rentáveis. Também afirmam que uma das prováveis justificativas para que não se tenha informações adequadas sobre estas perdas é a complexidade do cálculo destas perdas, que envolvem o uso de vários parâmetros que são mal compreendidos.

Mutikanga *et al.* (2013) revisaram as ferramentas e metodologias que já foram aplicadas para o controle de perdas em redes de distribuição de água. Afirmaram que ferramentas de gestão de perda têm sido desenvolvidas e aplicadas nos últimos anos. Entre as mais citadas, destacam-se os indicadores de desempenho para métodos de otimização e

ferramentas mais sofisticadas, como algoritmos evolucionários. Mas ainda há dificuldades no uso das várias ferramentas disponíveis pelas companhias de água.

4.3. Indicadores de desempenho

Diversos trabalhos têm apresentado estudos voltados para o uso de indicadores de desempenho na avaliação dos sistemas de abastecimento de água, principalmente como o uso dos indicadores proposto pela IWA e pelo SNIS (MARTINS, 2009; FERREIRA, 2010; BOAVENTURA, 2013; PERTEL *et al.*, 2013; BEZERRA *et al.*, 2014 etc.).

São medidas da eficiência e da eficácia das entidades gestoras relativamente aos aspectos específicos da atividade desenvolvida ou do comportamento dos sistemas. A eficiência mede até que ponto os recursos disponíveis são utilizados de modo otimizado para a produção do serviço. A eficácia mede até que ponto os objetivos de gestão, definidos especificamente e realisticamente, foram cumpridas.

Segundo a definição da NBR ISO 24512/21012, os indicadores de desempenho são utilizados para medir a eficiência e a eficácia de um prestador de serviço em atingir seus objetivos. De acordo com a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos de Portugal (ERSAR), os indicadores de desempenho são medidas de avaliação quantitativa da eficiência e da eficácia de um elemento do serviço prestado pela entidade gestora.

Os indicadores, se bem desenvolvidos, têm como principal qualidade apresentar valores numéricos que permitem aos técnicos terem informações claras, concisas, simples e servem para tornar mais fácil o processo de decisão dos gestores quanto à solução de problemas.

Além disso, os indicadores de desempenho podem trazer outros benefícios para as unidades gestoras ou para os usuários diretos, como os destacados por Alegre *et al.* (2004):

- Facilita uma resposta melhor e mais rápida por parte dos gestores;
- Permite uma melhor monitoração dos efeitos das decisões da gestão;
- Facilita a implantação de rotinas de *benchmarking*, seja ela internamente a entidade gestora (comparando o desempenho obtido em unidades operacionais ou em subsistemas diferentes), ou externamente (comparando o seu desempenho com o de outras entidades gestoras semelhantes), promovendo melhoras no desempenho;
- Avalia objetivamente e sistematicamente a prestação dos serviços;
- Verifica a evolução de um sistema ao longo do tempo;

- Proporciona um meio de traduzir processos complexos em informações objetiva e de fácil interpretação para os cidadãos;
- Fornece um quadro de referência comum para comparação do desempenho de entidades gestoras e para identificação de possíveis medidas corretivas.

Apesar de serem ótimas ferramentas, deve-se ter cuidado ao usar esses indicadores, pois retrata, de maneira simplificada, a realidade, que é mais complexa. De acordo com Galvão Júnior & Silva (2006), é importante a utilização de vários indicadores, que forneçam todas as informações necessárias para a avaliação do serviço em questão, pois a utilização de um ou dois indicadores de desempenho pode ter resultados errados, por que corre o risco de retratar a realidade de maneira errada.

Na escolha dos indicadores, devem-se evitar alguns erros, de acordo com Galvão Júnior & Silva (2006):

- Agregar muitos dados: se muitos dados forem reunidos, a mensagem final que este acarreta pode ser indecifrável;
- Confiar demais nos indicadores: levar em consideração a possibilidade de que os indicadores possam estar incorretos e por serem um reflexo parcial da realidade, podendo deixar de apresentar detalhes;
- Depender de falsos modelos: por exemplo, pensar que a taxa de natalidade reflete a disponibilidade de programas de planejamento familiar, quando, na verdade, reflete a liberdade da mulher em utilizar tais programas;
- Medir o que é mensurável em detrimento de medir o que é importante: como exemplo clássico, tem-se a medida da riqueza das pessoas em valores monetários, ao invés de medi-la pela qualidade de vida.

4.4. Sistema de Indicadores para os serviços de abastecimento de água

Na literatura encontram-se vários sistemas de avaliação de desempenhos aplicados aos serviços de abastecimento de água (RODRIGUES, 2009; NEGRISOLLI, 2009; FERREIRA, 2010; TEMÓTEO, 2012). Destacam-se: Banco Mundial, *International Water Association*, Entidade Reguladora dos Serviços Águas e Resíduos de Portugal, *Office of Water Services* – Reino Unido, *Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de Iás Américas*, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS

Desde a década de 1990, observam-se enormes avanços na sistematização de bases de dados e referenciais de desempenho dos serviços de saneamento, tanto no Brasil como no exterior. No Brasil, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS foi criado em 1995, no âmbito do Programa de Modernização do Setor Saneamento – PMSS. Na estrutura atual do Governo Federal, o SNIS é gerenciado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades.

O sistema foi desenvolvido com base em um banco de dados administrado na esfera federal. O banco de dados foi composto a partir de informações de caráter operacional, financeiro e gerencial, fornecido pelos prestadores de serviços. Os dados referentes à água e esgoto são atualizados anualmente.

São objetivos do SNIS:

- Planejamento e execução de políticas públicas;
- Orientação da aplicação de recursos;
- Avaliação de desempenho dos serviços;
- Aperfeiçoamento da gestão, elevando os níveis de eficiência e eficácia;
- Orientação de atividades regulatórias;
- *Benchmarking* e guia de referência para medição de desempenho.

Os indicadores calculados pelo SNIS são apresentados nos diagnósticos agrupados por famílias de mesma natureza. As famílias de mesma natureza são:

- Indicadores econômico-financeiros e administrativos.
- Indicadores operacionais – água;
- Indicadores operacionais – esgoto;
- Indicadores de balanço contábil;
- Indicadores sobre qualidade dos serviços.

Sistema de Indicadores da *International Water Association* – IWA

A *International Water Association* – IWA é uma organização sem fins lucrativos que tem a missão de servir como rede mundial para profissionais da área de Recursos Hídricos e no avanço das melhorias das práticas sustentáveis da água. A associação fornece serviços de

informação sobre todos os aspectos da água, inclusive sobre os indicadores de desempenho. Em meados de 2006, a IWA possuía cerca de 170 indicadores.

Em julho de 2008, a IWA publicou a primeira edição do Manual de Boas Práticas (*Manual of Best Practice*), que apresentou o sistema de indicadores da IWA. Os indicadores de perdas proposto pela IWA classificam-se em três níveis:

- Básicos – composto por indicadores derivados de informações técnicas mínimas, exigíveis de todos os sistemas indistintamente. São basicamente as perdas percentuais ou volumétricas associadas à extensão da rede ou ao número de ligações, em termos de perdas totais.
- Intermediários – composto por indicadores derivados de informações técnicas específicas mais refinadas. Tem a mesma forma que os indicadores básicos, mas separando perdas reais de aparentes.
- Avançados – composto por indicadores derivados de informações técnicas que, adicionalmente aos atributos das anteriores envolvem um grande esforço de monitoramento e controle operacional, utilizando técnicas e equipamentos mais sofisticados.

Os indicadores de desempenho da IWA são apresentados no Guia Técnico – Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água (ALEGRE *et al.*, 2004), disponível no site da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos de Portugal – ERSAR.

Segundo a classificação da IWA, os indicadores de desempenho voltados para análise do abastecimento de água podem ser agrupados nos seguintes grupos:

- Indicadores de recursos hídricos;
- Indicadores de recursos humanos;
- Indicadores infraestruturais;
- Indicadores operacionais;
- Indicadores de qualidade de serviço;
- Indicadores econômico-financeiros.

Martins (2009) avaliou o nível de perdas de um sistema de abastecimento de água da cidade de São João de Lobrigos (Portugal), utilizando como metodologia a aplicação do balanço hídrico e de indicadores de desempenho proposto pela IWA. Os resultados obtidos

foram preocupantes, encontrando-se muito acima de valores cientificamente aceitos. Assim, a pesquisa verificou o quanto é necessário o estabelecimento de estratégias de controle de perdas de água voltadas para os sistemas avaliados.

Negrissolli (2009) apresentou uma sistemática para avaliação de dados e indicadores de perdas utilizadas nas empresas de saneamento, para tal, o autor calculou e avaliou três indicadores de perdas: índice de perdas percentual, índice de perdas por ligação, índice de perdas total. Para a avaliação final da proposta, foram utilizadas as ferramentas estatísticas da qualidade como instrumento de análise e gestão de dados e informações geradoras dos indicadores.

Ferreira (2010) realizou um estudo em Portugal utilizando como metodologia a aplicação do balanço hídrico e dos indicadores de desempenho da IWA. O local de estudo foi o município de Santiago do Cacém e os resultados obtidos mostraram que a necessidade de se ter um bom controle de perdas de água.

Boaventura (2013) relatou a experiência da empresa Águas do Douro e Paiva (AdDP), que é uma concessionária de um sistema municipal de abastecimento de água com atuação em Portugal, na área dos indicadores de desempenho. Em 2001, a AdDP começou a implantar um sistema de gestão integrada nas áreas de qualidade, ambiente e segurança que juntando com um sistema de indicadores de desempenho, permitiu estabelecer metas para os objetivos e a monitoração de todos os processos. Essa ação resultou numa melhora da AdDP e fez com que ela fosse referência no setor em relação as reduções de perdas de água, melhora energética.

4.5. Benchmarking

A origem da palavra *benchmarking* ajuda a entendê-la. Significa referência, modelo, padrão de desempenho. A definição de *benchmarking* no mundo dos negócios é simples: comparação a partir de um modelo padrão. Tem por objetivo melhorar as funções e processos de uma determinada empresa. O conceito ganhou força na metade do século XX, com o aumento da competitividade industrial. Mas nas últimas duas décadas é que se tornou uma ferramenta do dia-a-dia das empresas, já que a competitividade aumentou bastante. Então, pode-se notar que, o uso desta prática pode trazer benefícios como: profissionalização dos processos da empresa, diminuição do número de erros, redução de custos, etc.

O *benchmarking* analisa as estratégias e possibilita a outra empresa criar e ter ideias novas em cima do que já é realizado, ou seja, não é copiar, mas aprender com outras

empresas, sendo um trabalho que requer tempo e disciplina. É relevante para qualquer organização, visto que se trata de um instrumento que vai contribuir para melhorar o desempenho da empresa.

De acordo com Blokland (2009), o *benchmarking* é um processo de análise de dados, que busca fazer comparações, para a melhoria das práticas na atividade de um determinado setor, identificando problemas e também pontos fortes do setor.

Na avaliação dos sistemas de abastecimento de águas, a metodologia de *benchmarking* está sendo muito utilizada, como meio de garantir a melhoria da eficiência operacional dos sistemas.

Pertel *et al.* (2013) definiram quais companhias estaduais de saneamento no Brasil tem o melhor desempenho em termos de controle de perdas – *benchmarking*, tendo como base de avaliação os indicadores de desempenho relacionados ao controle de perdas totais definidos pelo SNIS. A metodologia utilizada baseou-se em estatística descritiva para a determinação do *benchmarking* e avaliou as companhias segundo diferentes extratos populacionais. Como resultado final, foram destacados quatro prestadores com o melhor desempenho (Cagece, Copasa, Saneatins e Sanepar). Através dos resultados apresentados na pesquisa, os prestadores poderão avaliar seu desempenho quanto aos indicadores e classes de tamanho populacional, para assim buscar soluções para os problemas existentes.

Bezerra *et al.* (2014) avaliaram o fornecimento de água das companhias que atuam no Agreste Brasileiro, tendo como base dados de indicadores de desempenho operacionais do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Brasileiro. Os resultados apontaram para a necessidade urgente da implantação de estratégias de controle de perdas de água na grande maioria das cidades localizadas na região analisada.

De uma maneira geral o *benchmarking* ajuda a aperfeiçoar os processos e práticas de gestão das empresas, operadoras, companhias e etc.

4.6. Boxplot

O *boxplot*, ou diagrama de caixa, é um gráfico que capta importantes aspectos de um conjunto de dados através do seu resumo de cinco números, formados pelos seguintes valores: valor mínimo, primeiro quartil, segundo quartil, terceiro quartil e valor máximo. Este deve ser utilizado quando se deseja mostrar a tendência central, a dispersão e os dados que apresentam valores extremos (*outliers*).

Este tipo de gráfico já vem sendo utilizado para a avaliação de indicadores que tem relação com perdas de água. Pertel *et al.* (2013) utilizaram este tipo de gráfico para avaliar os indicadores de perdas de água segundo diferentes extratos populacionais, de acordo com os critérios de classe de cidades do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

5. METODOLOGIA DO TRABALHO

A pesquisa refere-se à avaliação da eficiência do abastecimento de água nos pequenos municípios do Brasil. Para essa avaliação, foram utilizados indicadores de desempenho relacionados às perdas de água disponibilizados no Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos do SNIS (2014). A utilização destes indicadores permite conhecer e avaliar melhor a eficiência hidráulica dos sistemas, possibilitando a hierarquização dos investimentos no interior do país, definindo os municípios com sistemas em situação crítica.

5.1. Estudo de Caso

Sabe-se que, nestes municípios, os recursos financeiros, institucionais e administrativos impõem desafios distintos dos encontrados em médios e grandes centros.

As principais dificuldades encontradas em pequenos municípios são a falta de recurso financeiro, falta de mão de obra e capacidade técnica municipal. Com tudo isso, fica claro que a falta de saneamento é um dos principais problemas, visto que existem cidades que não possuem saneamento básico e como consequência disso trazem problemas como doenças, má qualidade de vida, etc. Estas questões podem ser melhoradas, já que existe o PAC (Programa de Aceleração do Crescimento), o Plano Nacional de Habitação e o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA).

A Lei Federal 11.445/2007, que trata da Política Nacional de Saneamento Básico, aponta o planejamento a partir da elaboração de planos de saneamento básico dos quais dependem a validade dos contratos de prestação de serviços, os planos de investimentos e projetos dos prestadores, a atuação da entidade reguladora e fiscalizadora, a alocação dos recursos públicos federais e os financiamentos da união ou geridos por órgão ou entidades da União (GALVÃO JÚNIOR, SOBRINHO & SILVA, 2012). Esta demanda de planejamento tem aberto novas perspectivas para os municípios, incluindo a possibilidade de ampliação de aspectos relevantes para gestão dos serviços como os mecanismos de participação social.

Estes novos planos tendem a serem instrumentos de planejamento participativo que podem contribuir para o desenvolvimento sustentável no município e região (LIMA NETO & SANTOS, 2012).

Existem divergências quanto ao tamanho da população que define o corte entre cidades pequenas e médias. Santos & Silveira (2001) admitem a faixa de 20 e 500 mil habitantes para as cidades médias. Portanto, abaixo de 20 mil habitantes para as cidades pequenas. Por outro lado, Veiga (2004) propõe, para a classificação das cidades, a associação entre porte e densidade do município, baseado na constatação da *Pesquisa Caracterização e Tendências da Rede Urbana no Brasil* (1999) do IBGE/IPEA e UNICAMP. A pesquisa constata a queda abrupta de densidade demográfica conforme diminui o porte populacional dos municípios. Enquanto nos municípios com mais de 100 mil habitantes, considerados centros urbanos pela referida pesquisa, a densidade média é superior a 80 hab/km², na classe imediatamente inferior (entre 75 e 100 mil habitantes), ele cai para menos de 20 hab/km². E se reduz ainda mais nas cidades na faixa de 50 mil habitantes, em que a densidade média é de 10 hab/km². Segundo o autor, as duas quedas abruptas de densidade populacional permitem considerar de pequeno porte os municípios com menos de 50 mil habitantes.

Apesar da maioria das pesquisas adotar a faixa de 0 a 10 mil habitantes para pequenos municípios, esta pesquisa os designou como aqueles cuja população é de até 5 mil habitantes, seguindo a identificação da primeira Classe de tamanho da população adotada nas Pesquisas de Informações Básicas Municipais realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

O Quadro 3 traz informações com a quantidade de cidades e seus respectivos números de habitantes. De acordo com o censo do ano de 2010 do IBGE, quase ¼ dos municípios se enquadra em pequenos municípios (conforme estrato adotado nesta pesquisa), 54,7% da população vivem em 283 municípios com população maior que 100 mil habitantes; 28,1% vivem em municípios considerados de porte médio e 17,1% vivem em municípios com população abaixo de 20 mil.

Quadro 3 – População residente e número de municípios, total e respectiva distribuição percentual, segundos as classes de tamanho da população dos municípios – 2010

Classe de tamanho da população dos municípios (habitantes)	População residente		Número de municípios	
	Total	%	Total	%
Brasil	190 755 799	100,0	5 565	100,0
Até 5000	4 374 345	2,3	1 301	23,4
De 5001 até 10000	8 541 935	4,5	1 212	21,8
De 10001 até 20000	19 743 967	10,4	1 401	25,2
De 20001 até 50000	31 34 671	16,4	1 043	18,7
De 50001 até 100000	22 314 204	11,7	325	5,8
De 100001 até 500000	48 565 171	25,5	245	4,4
Mais de 500000	55 871 506	29,3	38	0,7

Fonte: IBGE (2010)

Cabe destacar que a densidade demográfica constitui um referencial importante para avaliação da distribuição de infraestrutura e serviços públicos. No caso dos sistemas de abastecimento de água, devido às suas características de monopólio natural, fatores como abrangência e números de potenciais usuários são importantes para o ganho de economia de escala (ROSSONI *et al.*, 2015).

5.2. Seleção dos indicadores de desempenho

Seguindo a metodologia apresentada por BEZERRA *et al.* (2014), a seleção de indicadores efetivou-se segundo a norma ISO 24512/2007. De acordo com esta norma, a seleção de indicadores associados ao planejamento de uma entidade gestora de serviço de abastecimento de água deve ser precedida pela definição de objetivos e critérios de avaliação de serviços.

Nesta pesquisa foram adotados os seguintes objetivos estratégicos da entidade gestora, os quais são exemplificados pela ISO 24512/2007:

- Fornecimento de serviços em condições satisfatórias aos usuários;
- Sustentabilidade da entidade gestora;
- Maximização do uso dos recursos naturais visando à proteção ao meio ambiente.

A pesquisa adotou os quatro indicadores de desempenho disponibilizados pelo SNIS apresentado no Quadro 4, estes são os mais fortemente ligados a perda de água. A nomenclatura dos mesmos é compatível com o original. Vale lembrar que os indicadores do SNIS são calculados com base nas perdas totais, não separam as perdas reais das perdas aparentes. Então, estes indicadores devem ser interpretados como sendo referentes às perdas totais que estão sujeitos os sistemas de abastecimento de água.

Quadro 4 – Indicadores utilizados do SNIS

Indicador	Unidades
IN ₀₁₀ : Micromedição relativo ao volume disponibilizado	(%)
IN ₀₁₃ : Perdas de faturamento	(%)
IN ₀₄₉ : Índice de perdas totais na distribuição	(%)
IN ₀₅₁ : Índice de perdas por ligação	(L/dia/lig.)

Fonte: Ministério das cidades.

O indicador Micromedição relativo ao volume disponibilizado (IN₀₁₀), corresponde à razão entre o volume de água micromedido e o volume de água disponibilizado para distribuição (Equação 1).

$$IN_{010}(\%) = \frac{V_M}{V_{CA} - V_{TE}} \times 100 \quad (1)$$

Onde V_M é o volume micromedido, V_{CA} é o volume de consumo autorizado e V_{TE} é o volume de água tratado exportado.

O índice de perdas de faturamento (Equação 2) é considerado um indicador básico, alguns pesquisadores, recomendam que não seja aplicado para fins operacionais, pois os volumes de água faturados são normalmente superiores aos volumes de água consumidos. Isso decorre dos critérios de faturamento adotados no Brasil, sendo, portanto, melhor indicador de desempenho comercial/financeiro do que operacional.

$$IN_{013}(\%) = \frac{V_P - V_F}{V_P} \times 100 \quad (2)$$

Onde V_P é o volume produzido (entrada no sistema) e V_F é o volume de água faturado.

De acordo com informações da AWWA (*American Water Works Association*), acredita-se que o cálculo da perda por meio do indicador geral de perdas tenha sido documentado pela primeira vez em 1957 no relatório da AWWA *Revenue Producing vs. Unaccounted for Water*. Nas décadas seguintes, este indicador foi adotado por diversas empresas e agências para medir a perda de água. Infelizmente, há falhas na aplicação e análise deste indicador (BEZERRA & CHEUNG, 2013).

O indicador geral de perdas na distribuição, referenciado no SNIS como IN_{049} , relaciona o volume disponibilizado ou de entrada no sistema com o consumo autorizado (Equação 3). É considerado um indicador básico e não pode ser aplicado para fins operacionais. O uso isolado desse indicador traz muitas distorções na análise de desempenho e comparação entre os sistemas. A água que é disponibilizada e não é utilizada, constitui uma parcela não contabilizada, que incorpora o conjunto de perdas reais e aparentes no subsistema de distribuição (BEZERRA & CHEUNG, 2013). Os volumes disponibilizados e utilizados são anuais.

$$IN_{049}(\%) = \frac{V_F - V_{CA}}{V_F} \times 100 \quad (3)$$

Onde V_F é o volume fornecido (entrada no sistema) e V_{CA} é o volume de consumo autorizado (volume de água consumido por todos os usuários, compreendendo o volume micromedido somando com o volume de consumo estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro ou com hidrômetro parado). O V_{CA} não deve ser confundido com o volume de água faturado, pois para o cálculo desse último, as empresas adotam consumos mínimos ou médios. De forma geral, índices superiores a 40% representam más condições do sistema quanto às perdas. Numa condição intermediária, estariam os sistemas com índices de perda entre 25% e 40%, enquanto valores abaixo de 25% indicam sistemas com bom gerenciamento de perdas (BEZERRA & CHEUNG, 2013).

Vale ressaltar que este indicador não é adequado para a comparação de desempenho entre sistemas e prestadores de serviços distintos, principalmente por que não levam em consideração características que implicam diretamente no grau da perda de água dos sistemas, como, por exemplo, topografia, comprimento das tubulações, números de ligações e a forma como o sistema é operado e mantido. A conotação dada pela IWA é que esse é um indicador financeiro da companhia, não primordialmente técnico (BEZERRA & CHEUNG, 2013).

Apesar do que foi dito anteriormente, é importante a apuração sistemática do Indicador Geral de Perdas, que mostrará, com certo grau de fidelidade, as tendências e a evolução das perdas nos sistemas e nas companhias, constituindo-se em uma ferramenta útil para o controle e acompanhamento do nível de perdas (BEZERRA & CHEUNG, 2013).

O índice de perdas por ligação, referenciado como IN₀₅₁ (SNIS) e Op23 (IWA), classificado como intermediário operacional, relaciona a diferença entre volume disponibilizado e volume utilizado ao número de ligações ativas. Também é um indicador volumétrico de desempenho, e as magnitudes obtidas neste indicador incorporam as perdas reais e aparentes. Recomenda-se seu uso para sistemas com número superior a 20 ligações/km de rede (Equação 4).

$$IN_{051}(\text{litros} / \text{ligação} / \text{dia}) = \frac{V_F - V_{CA}}{LIG} \quad (4)$$

Onde VF é o volume fornecido, VCA é o volume de consumo autorizado e LIG é o número de ligações ativas.

Uma alternativa ao IN₀₅₁ é o IN₀₅₀, mas este é recomendado quando o número de ligações é inferior a 20 ligações/km, o que representa, geralmente, sistemas de adução e subúrbios com características mais próximas as zonas rurais.

Como é esperado, não há um indicador perfeito que possa ser aplicado com eficácia em 100% das redes. No caso do IN₀₅₁, observa-se que existe problema na sua adoção em locais com elevada verticalização (as ligações abastecem várias economias) (BEZERRA & CHEUNG, 2013).

A metodologia a ser utilizada se baseia em estatísticas descritiva para a determinação do *benchmarking* e na avaliação dos sistemas, segundo a população de cada cidade. Conforme as avaliações realizadas por Pertel *et al.* (2013) e Bezerra *et al.* (2014), assumiu-se o valor do percentil 25% como valor de referência. Foi feito uma média dos indicadores escolhidos dos últimos 5 anos para cada cidade analisada, as cidades com melhores desempenhos serão aquelas que tem um bom desempenho, simultaneamente, nos quatro indicadores analisados.

Os valores do *benchmarking* serão comparados com os dados das cidades para assim avaliar a eficiência e estabelecer dois grupos:

- Grupo 1 – Municípios com melhores desempenhos (*benchmarking*): aqueles que apresentam um bom desempenho em todos os indicadores selecionados.

- Grupo 2 – Outros municípios: aqueles que não apresentam um bom desempenho em pelo menos um dos indicadores analisados.

Os critérios que definem o primeiro grupo são:

- $IN_{010} > \text{Percentil } 75\%$.
- $IN_{013} < \text{Percentil } 25\%$; $IN_{049} < \text{Percentil } 25\%$ e $IN_{051} < \text{Percentil } 25\%$.

5.3. Análise de dados

A realização de análises preliminares de consistência de dados ocorreu a partir da montagem e da sistematização do banco de dados, visando o conhecimento das variáveis envolvidas foram levantadas as informações atípicas ou faltantes, de acordo com a natureza de cada indicador. As cidades com dados inconsistentes foram excluídos da amostra final. Após a avaliação inicial, procedeu-se a avaliação dos indicadores selecionados com base em valores médios para o período de 2009 a 2013.

Esta pesquisa analisou cidades com população de até cinco mil habitantes, segundo dados do IBGE. Este valor foi escolhido, pois, de acordo com o IBGE, existe um número significativo de cidades com esta população. Existem alguns estados - Acre, Amazonas, Rio de Janeiro e Roraima - que não tem cidades com esse número de habitantes. Neste caso foi analisada a cidade com a população mais próxima do número estimado para a pesquisa, a fim de se ter todos os estados envolvidos no trabalho.

Ao todo foram analisadas 1229 cidades do Brasil, sendo a maior parte encontrada na região Sul, seguida das regiões Sudeste, Nordeste, Centro-oeste e Norte, respectivamente. A distribuição das cidades por região é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidades de pequenos municípios por região

Região	Número de Municípios
Norte	81
Nordeste	220
Centro-Oeste	138
Sudeste	376
Sul	414
Total	1229

Fonte: Elaborado pelo autor

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta análise, das 1229 cidades estudadas, 699 foram descartadas por não terem dados suficientes para a pesquisa ou por serem abastecidas por concessionárias locais, Apêndice B. E mais 3 cidades foram excluídas por possuírem os indicadores IN049 e IN051 com valores negativos. No total, das 1229 cidades analisadas, 527 cidades tiveram dados válidos para pesquisa, Tabela 2.

Tabela 2 – Quantidade de pequenos municípios com dados válidos por região

Região	Número de Municípios
Norte	10
Nordeste	134
Centro-Oeste	84
Sudeste	100
Sul	199
Total	527

Fonte: Elaborado pelo autor

É considerado como falta de dados, as cidades que, de acordo com o SNIS, não têm dados de um ou mais anos sobre os indicadores escolhidos. Não foram consideradas as cidades que são abastecidas por concessionárias locais, pois o número de cidades nessa situação, 226 cidades, é bem menor do que a quantidade de cidades que são abastecidas por concessionárias regionais e, também, a maioria delas não têm dados suficientes.

Na pesquisa também foi observado que existem algumas cidades que são abastecidas por concessionárias locais e regionais, simultaneamente (Apêndice B). Neste caso, foram adotadas as concessionárias regionais pelos motivos acima citados.

Todos os estados foram considerados na avaliação, porém alguns não tiveram uma contribuição efetiva para a pesquisa - Amazonas, Ceará, Mato Grosso, Pará, Rio de Janeiro e São Paulo. Os estados de Amazonas, Pará e Rio de Janeiro só possuem um município com a característica desejada, porém este não tem dados suficientes. O estado do Mato Grosso possui a maioria de suas cidades abastecidas por concessionárias locais, e as cidades abastecidas pelas companhias regionais não têm dados suficientes. O estado do Ceará tem dois municípios com as características desejadas, mas nenhum dos dois tem dados suficientes. Paraíba e Rio Grande do Norte possuem uma quantidade considerável de municípios que se

enquadram nas características da pesquisa, 66 e 49, respectivamente. Porém, a maioria destes municípios não tem o valor do IN₀₁₀ para o ano de 2009 e os demais não têm vários dados. Assim sendo, para o indicador IN₀₁₀ destes dois estados, foram considerados apenas os quatro últimos anos. Em relação a São Paulo, o estado possui 150 municípios com as características desejadas, mas, de acordo com o SNIS, nenhum destes apresenta dados no banco de dados do SNIS. Esta situação contribui bastante para o número elevado de municípios descartados na pesquisa, 21,49%.

Uma observação importante a se fazer é que o estado de Minas Gerais tem duas companhias regionais, COPASA e COPANOR, nesta situação, foi escolhida a companhia COPASA por atender a maior parte dos municípios analisados.

Com base na metodologia apresentada, a análise estatística apontou que apenas 10,5% dos municípios foram enquadrados como *benchmarking* (Grupo I). Os valores de referência são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de referência dos indicadores e valores médios brasileiros

Indicador	Média Brasileira	Valores de Referência	Unidade
IN ₀₁₀ – Micromedicação relativo ao volume disponibilizado	51,96	76,51	(%)
IN ₀₁₃ – Perdas de faturamento	35,48	9,78	(%)
IN ₀₄₉ – Índice de perdas totais na distribuição	36,94	21,7	(%)
IN ₀₅₁ – Índice de perdas por ligação	368,19	93,59	(L/dia/lig.)

Fonte: Ministério das cidades

De acordo com os critérios estabelecidos na metodologia proposta, para os pequenos municípios serem enquadrados no Grupo 1 – *Benchmarking* seus resultados devem ser comparados com os valores da Tabela 3, ou seja:

- O valor do IN₀₁₀ tem que ser maior que 76,51%;
- O valor do IN₀₁₃ tem que ser menor que 9,78%;
- O valor do IN₀₄₉ tem que ser menor que 21,7%;
- O valor do IN₀₅₁ tem que ser menor que 93,59 L/dia/lig.

Os resultados consolidados da avaliação estão apresentados na Tabela 4, que dispõe a quantidade de municípios, para cada região, que obtiveram índices iguais ou superiores aos valores de referência, ou seja, enquadrados no Grupo 1.

Tabela 4 – Quantidade de municípios pertencentes ao Grupo 1 (*benchmarking*)

Região	Índice de micromedição		Índice de faturamento		Índice de perdas totais		Índice de perdas por ligação		Classificados no Grupo 1	
	Qtd	(%)	Qtd	(%)	Qtd	(%)	Qtd	(%)	Qtd	(%)
Centro-Oeste	27	32	4	5	22	26	25	30	4	5
Nordeste	3	2	22	16	17	13	15	11	2	2
Norte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sudeste	47	47	20	20	41	41	40	40	20	20
Sul	54	27	85	44	50	25	50	25	29	15
Total	131	25	131	25	130	25	130	25	55	10,5

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base na Tabela 4, destaca-se a região Sudeste, que foi a que mais contribuiu em percentual para o número de municípios enquadrados no Grupo 1. Este fato deve-se ao estado de Minas Gerais, que conseguiu enquadrar 19 dos 20 municípios do Sudeste no Grupo 1.

Nota-se que dos 527 municípios analisados que tiveram dados válidos, 55 se enquadram no grupo de melhor desempenho, *benchmarking*. Destes, 49, ou seja, 89% dos municípios se encontram na região Sudeste e Sul do país.

O destaque negativo foi a Região Norte, que não tem nenhum município enquadrado no grupo de melhor desempenho, isso contribui bastante para o número baixo de municípios considerados eficientes. Ressalta-se que esta região é, atualmente, a que possui menor Produto Interno Bruto do Brasil.

A região Nordeste apresentou apenas dois municípios enquadrado no melhor grupo, número bastante pequeno e que também, junto com a região Norte, contribuiu para o número baixo de municípios enquadrados no Grupo 1. Uma provável justificativa pode ser que se trata de duas das regiões mais pobres do Brasil. Segundo dados do censo do IBGE, 2010, dos 50 municípios mais pobres do país, 32 estão situados no Maranhão e os demais se localizam em

outras cidades do Norte e Nordeste. A região Centro-oeste obteve um resultado um pouco melhor, 4 municípios com melhor desempenho.

O Apêndice C apresenta os municípios enquadrados no Grupo 1, por região, enquanto a relação com os municípios classificados no Grupo 2 se encontra no Apêndice A.

A Tabela 5 apresenta os valores médios dos indicadores de desempenho dos pequenos municípios, por região.

Tabela 5 – Comparação dos valores de referência dos indicadores com os valores das regiões

Região	Índice de micromedicação (%)	Índice de perdas de faturamento (%)	Índice de perdas Totais (%)	Índice de perdas por ligação (L/dia/lig)
	Valores de Referência			
	> 76,51	< 9,78	< 21,7	< 93,59
Grupo 1 - Benchmarking				
Centro-Oeste	84,36	-4,07	15,60	69,14
Nordeste	85,15	-25,01	7,56	27,17
Sudeste	84,96	3,83	15,03	56,62
Sul	82,82	-4,39	17,06	73,08
Grupo 2				
Centro-Oeste	81,31	21,10	18,83	75,90
Nordeste	60,30	-5,53	17,72	84,22
Sudeste	78,99	16,42	20,10	86,05
Sul	73,75	11,38	23,44	103,02

Fonte: Elaborado pelo autor

Para fins de comparação, os índices dos sistemas de abastecimento dos municípios foram confrontados com os valores médios do Brasil, Tabela 6. A avaliação mostrou que, utilizando só a média como parâmetro, existe um número considerável de municípios com índices melhores que o Brasil. Como eram esperados, os resultados confirmaram que a metodologia da pesquisa é bem mais rigorosa e que a simples comparação com valores médios brasileiros não é recomendada para definir um *benchmarking*.

Tabela 6 – Quantidade de municípios com índices superiores à média brasileira

Região	Índice de micromedição		Índice de faturamento		Índice de perdas totais		Índice de perdas por ligação		Classificados no Grupo 1	
	Qtd	(%)	Qtd	(%)	Qtd	(%)	Qtd	(%)	Qtd	(%)
Centro-Oeste	83	99	74	88	74	88	83	99	72	86
Nordeste	37	28	66	49	46	34	76	57	28	21
Norte	3	30	3	30	2	20	3	30	2	20
Sudeste	100	100	100	100	95	95	100	100	95	95
Sul	188	94	178	89	158	79	192	96	152	76
Total	411	78	421	80	375	71	454	86	349	66

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se, a partir da Tabela 6, que dos 527 municípios que tiveram dados válidos, 349 apresentam desempenho superior à média brasileira. Destes, 247, ou seja, 40,87% dos municípios se encontram na região Sudeste e Sul do país.

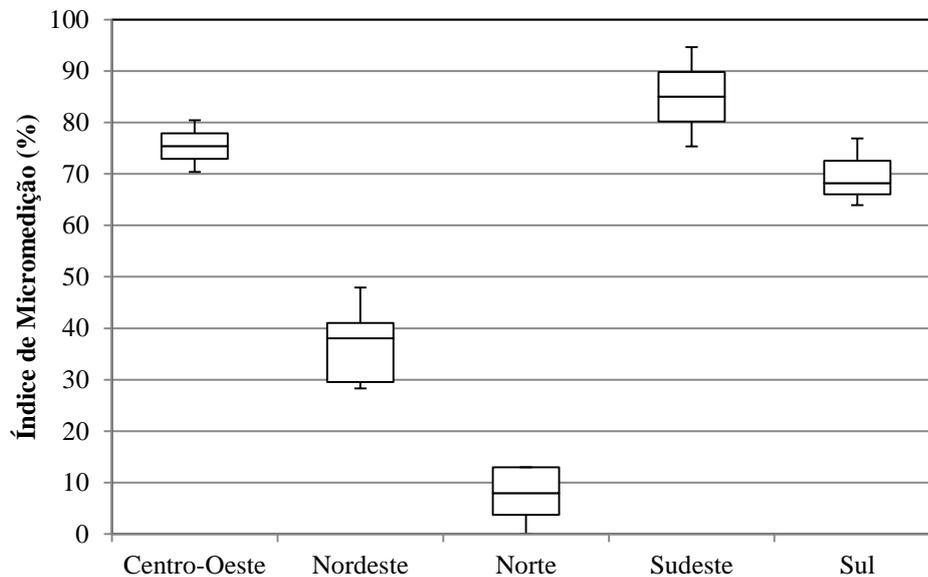
Com base na Tabela 6, destaca-se a região Centro-Oeste, que obteve 86% dos seus municípios com os quatro índices apresentando valores melhores que a média nacional. Este fato se deve, principalmente, ao estado de Goiás que, dos 96 municípios analisados, 68 estão enquadrados com índices melhores que o Brasil.

A região Nordeste e Norte só contribuíram com 30 municípios, 7,7% do total, o que um número bastante negativo, levando em conta o tamanho das duas regiões. Em contrapartida, a Região Nordeste é a que apresenta a menor disponibilidade hídrica do Brasil.

Um destaque da região Nordeste é o estado da Bahia, onde, dos 8 municípios analisados, 6 estão no Grupo 1, com melhores resultados. Na região Norte, apenas dois municípios do estado de Tocantins possuem índices melhores que a média nacional.

A fim de auxiliar a apresentação, interpretação e discussão dos resultados, foram adotados gráficos. Deste modo, as Figuras de 2 a 5 mostram o comportamento médio dos índices analisados para cada região. Nota-se uma melhor simetria dos gráficos para as regiões Centro-oeste, Sudeste e Sul. Isso se deve ao fato de que, ao analisar os dados destas regiões, verifica-se que os dados dos municípios analisados são bem parecidos, o mesmo não acontece para as regiões Nordeste e Norte.

Figura 2 – Comportamento do indicador micromedição relativo ao volume disponibilizado - IN_{010} para as regiões brasileiras

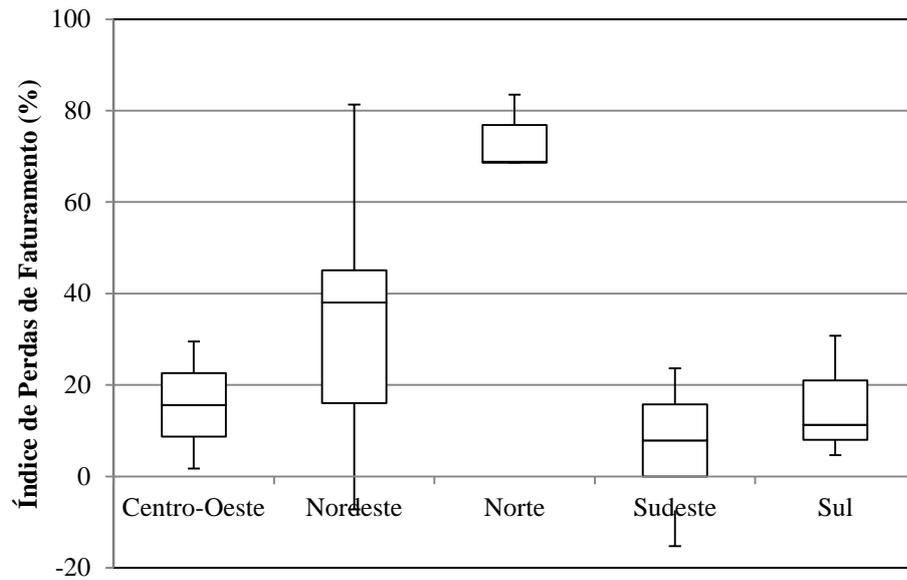


Fonte: Elaborado pelo autor

A utilização de hidrômetros está diretamente relacionada à redução de perdas de faturamento. De uma maneira geral, pode-se dizer que quanto menor é o índice de micromedição, maiores são os índices de perdas. Analisando as Figuras 2 e 3, nota-se que, nas regiões onde se tem um índice de micromedição alto, os índices de perdas de faturamento são baixos, o que é válido para as regiões Centro-oeste, Sudeste e Sul. A região Norte é a que tem o pior índice de micromedição, conseqüentemente seu índice de perda de faturamento é maior.

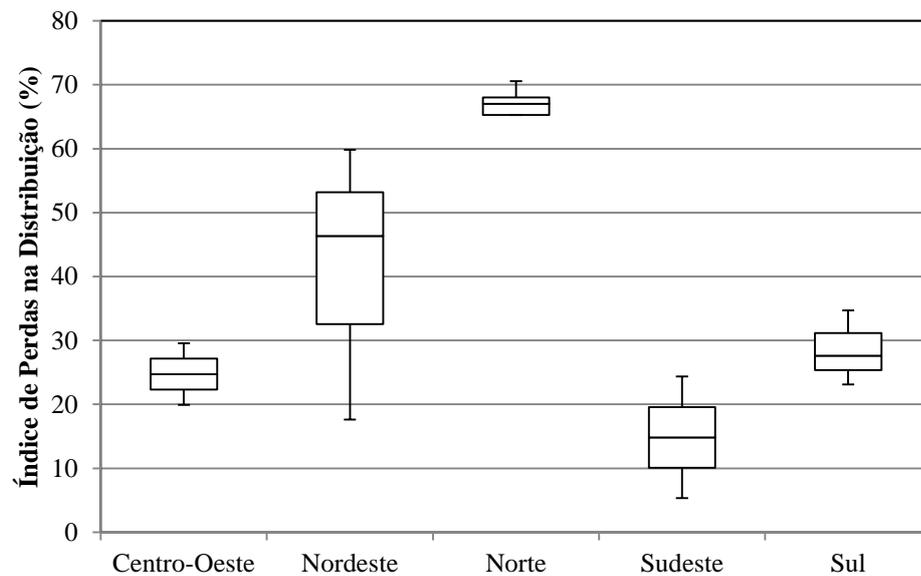
O estudo aponta que o índice de perda de faturamento não é indicado para analisar perdas de água em sistemas de abastecimento de água de pequenos municípios do Nordeste. O valor deste indicador é negativo, ver Tabela 5, provavelmente, porque grande parte da população não consome o volume mínimo (geralmente 10 m³/mês) faturado pelas companhias e, principalmente, por causa da intermitência no abastecimento destas cidades.

Figura 3 – Comportamento do indicador perdas de faturamento - IN_{013} para as regiões brasileiras



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4 – Comportamento do indicador índice de perdas totais na distribuição - IN_{049} para as regiões brasileiras



Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com o Ministério das Cidades (2014), para o PLANSAB (Plano Nacional de Saneamento Básico), existe um planejamento para os próximos 33 anos, contados a partir de 2010, para melhorar o Índice de Perdas na Distribuição. O planejamento estabeleceu a queda do índice de perdas de 39%, em 2010, para 31% em 2033. A Tabela 7 apresenta as metas do PLANSAB.

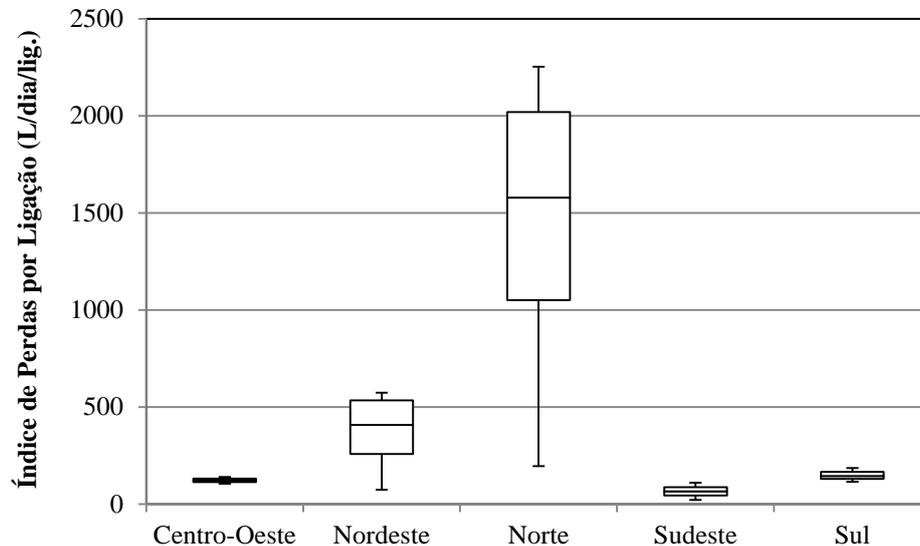
Tabela 7 – Metas do Plano Nacional de Saneamento Básico para o Índice de Perdas na Distribuição (%)

Ano	BRASIL	CO	NE	N	SE	S
2010	39	34	51	51	34	35
2018	36	32	44	45	33	33
2023	34	31	41	41	32	32
2033	31	29	33	33	29	29

Fonte: Ministério das Cidades (2014)

Comparando as metas do PLANSAB com os resultados observados na Figura 4, nota-se que as metas estabelecidas são pífias. A única região que se encontra em situação mais desfavorável é a Região Norte. A região Nordeste está um pouco acima e as demais regiões encontram-se até abaixo do que é previsto pelo PLANSAB.

Figura 5 – Comportamento do indicador Índice de perdas por ligação - IN₀₅₁ para as regiões brasileiras.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As perdas por ligação geralmente acompanham a realidade do país quando comparadas às perdas na distribuição. É importante mencionar que muitos desses números são altos porque são calculados apenas usando o número de ligações ativas de água em uma cidade, ou seja, ligações em funcionamento e sendo cobradas. Não entram as ligações irregulares nem as que estão funcionando.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa avaliou o fornecimento de água aos pequenos municípios abastecidos por companhias regionais de todo o Brasil, com base nos indicadores de desempenho relacionados a perdas de água definidos pelo SNIS. Esta pode fornecer dados e informações aos gestores para melhorar, sobretudo, os sistemas com piores desempenhos, bem como fornecer as agências reguladoras a comparação da prestação de serviços nas diversas regiões, estados e municípios, resultando na definição de um *benchmarking*.

As regiões com melhores desempenhos foram o Centro-oeste, com 4% dos municípios, desta região, enquadrados no Grupo 1, o que representa, aproximadamente, 0,8% dos municípios com dados válidos. As regiões Sudeste e Sul que obtiveram 20% e 15% dos municípios, respectivamente, enquadrados no Grupo 1, o que representa, aproximadamente 4% e 6% dos municípios com dados válidos, respectivamente. Os piores resultados ficaram nas regiões Nordeste e Norte. A região Norte não teve nenhum município enquadrado no Grupo 1 e a região Nordeste apenas 2, o que significa, aproximadamente, 0,4% do total de municípios com dados válidos.

Apesar do desenvolvimento tecnológico dos últimos anos, os resultados abalizam a necessidade urgente de investimentos em infraestrutura e na gestão eficiente dos sistemas de abastecimento de água do Norte e Nordeste. Deve-se investir, principalmente, na infraestrutura e na gestão dos sistemas de abastecimentos de água. Porém, segundo a ABES (ABES, 2013), a situação dos prestadores de serviço não favorece os investimentos no controle de redução de perdas. Algumas causas podem ser apontadas: grande parte dos prestadores de serviço não possui quantidade de profissionais suficientes, muitos destes não estão suficientemente treinados/capacitados para gerenciar os sistemas e manter sob controle as perdas; muitos prestadores desconhecem as principais características dos seus sistemas; escassez de equipamentos e instrumentos.

Um dos principais problemas de investimento no setor de saneamento é a baixa capacidade dos operadores de se financiar. Um levantamento feito pelo fundo de investimentos do FGTS (ano base 2012) indica que das 26 empresas estaduais de saneamento, somente 7 tem condições adequadas para captação de investimentos. Além de investimentos em infraestrutura, outras soluções são: treinamento e capacitação dos profissionais no que diz respeito a operação de água e combate a fraudes e, é claro, considerar práticas de gestão para o controle de perdas. Uma das que mais vem sendo utilizadas é o método MASPP (Método de

Análise e Solução de Problemas de Perda D'água e de Faturamento), é uma ferramenta que pode ser entendida como uma adaptação do ciclo PDCA, que é uma prática de gestão muito utilizada na construção civil e que está se expandindo para outras áreas, vários operadores já estão usando. O ciclo compreende em planejar, fazer, checar e agir, sempre que há um planejamento, este tem que passar pelas quatro fases do ciclo. Caso não consiga atingir o esperado, deve-se repensar e girar de novo o ciclo (ABES, 2013).

Como restrição ao uso dos resultados da pesquisa, identificou-se, como uma das limitações do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, a falta de dados de perdas reais e aparentes, o que impossibilita o cálculo de parte dos principais indicadores de desempenho propostos pela *International Water Association* - IWA. Ademais, verificou-se a necessidade de uma melhoria no tratamento dos dados coletados. Atualmente, esses dados são fornecidos pelas companhias e é comum informações incoerentes e atribuídas sem critérios técnicos.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES. **Perdas em Sistemas de Abastecimento de água: Diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate.** 27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Goiânia, 2013.
- ALEGRE, H.; WOLFRAM, H.; BAPTISTA, J. M.; PARENA, R. **Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água.** Tradução e adaptação por: Patrícia Duarte, Helena Alegre e Jaime Melo Baptista. Lisboa: LNEC e IRAR, 2004.
- ARREGUI, F.J.; SORIANO, J.; GARCÍA-SERRA, J.; COBACHO, R. **Proposal of a systematic methodology to estimate apparent losses due to water meter inaccuracies.** Water Science & Technology: Water Supply; 2013, v. 13, n. 5, p. 1324, 2013.
- BESSEY, S. G.; LAMBERT, A. **Managing Leakage – Report B – Reporting Comparative Leakage Performance.** Water Research Centre, Water Services Association, Water Companies Association, Londres, Inglaterra, p. 73, 1994.
- BEZERRA, S. T. M.; CHEUNG, P. B. **Perdas de água: Tecnologias de Controle.** 1ª ed. João Pessoa: Editora da UFPB, 2013.
- BEZERRA, S. T. M.; COSTA NETTO, J. C.; PERTEL, M.; REGO, A. G. **Avaliação de desempenho de sistemas de abastecimento de água do Agreste Brasileiro.** In: XXVI Congresso Latinoamericano de Hidráulica, 2014, Santiago, Chile. Anais do HIDROLATAM, 2014. v. único.
- BLOKLAND, M. **Benchmarking for pro-poor Water Services Provision.** PROBE project full proposal, UNESCO-IHE Institute for Water Education. Delft, 2009.
- BOAVENTURA, J. D. **Indicadores de Desempenho – Uma ferramenta no processo de melhoria contínua aplicada à gestão de um sistema multimunicipal.** 2013. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, especialização em hidráulica) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **PLANSAB – Plano de Saneamento Básico.** Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br>>. Acesso em 09/07/2015.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2012.**
- FERREIRA, C. S. J. **Indicadores de desempenho das redes de abastecimento de água: aplicação prática ao município de Santiago do Cacém.** 2010. 110f. Dissertação (mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010.
- GALVÃO JÚNIOR, A. C.; DA SILVA, A. C. **Regulação: Indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto.** 2ª ed. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora Ltda, 2006.

GALVÃO JÚNIOR, A. C.; SOBRINHO, G. B.; SILVA, A. C. **Painel de indicadores para Plano de Saneamento Básico**. In: PHILLIPI JÚNIOR, A. e GALVÃO JÚNIOR, A. C. (Ed.). *Gestão do Saneamento Básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário*. Barueri: Manole, p. 1040-1068, 2012.

GONÇALVES, E. **Metodologias para Controle de Perdas em Sistemas de Distribuição de Água** – Estudo de Casos da CAESB. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil, Brasília, DF, 1998.

GUMIER, C. C. **Aplicação de modelo matemático de simulação-otimização na gestão da perda de água em sistema de abastecimento**. 2005. 162f. Dissertação (mestrado em Recursos Hídricos) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Estimativas da população dos municípios brasileiros. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 10/04/2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. (2007c) *ISO 24512. Activities Relating to Drinking Water and Wastewater Services: Guidelines for the Management of Drinking Water Utilities and for the Assessment of Drinking Water Services*. ISO TC 224, p. 54.

LIMA NETO, I. E.; SANTOS, A. B. D. Planos de Saneamento Básico. In: PHILLIPI JÚNIOR, A.; GALVÃO JÚNIOR, A. C. (orgs). **Gestão de Saneamento Básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Barueri: Manole. p. 57-79. 2012.

MAMBRETTI, S.; MARTINS, P. S.; MORAES, R. L. **Evolutionary Computation Techniques to Assess Losses in Water Supply Networks**. School of Technology, University of Campinas, UNICAMP, Brazil, 2013.

MAMBRETTI, S.; ORSI, E. **Genetic Algorithms For Leak Detection In Water Supply Networks**, 2012.

MARTINS, C. P. F. **Balço hídrico e indicadores desempenho no subsistema de abastecimento de água de São João de Lobrigos** – Santa Marta de Penaguião. 2009. 93f. Dissertação de Mestrado (Pós-graduação em Engenharia Civil) – Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2009.

MUTIKANGA, H.; SHARMA, S.; VAIRAVAMOORTHY, K. **Methodos and Tools for Managing Losses in Water Distribution Systems**. Journal of Water Resources Planning and Management, v. 139, n. 2, 2013. p. 166-174.

NEGRISOLLI, R. K. **Análise de dados e indicadores de perdas em sistema de abastecimento de água – estudo de caso**. 191f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2009.

PERTEL, M.; AZEVEDO, J. P. S.; JÚNIOR, I. V.; PENA, M. M. **O uso de indicadores de perdas totais para a seleção de um *benchmarking* entre os prestadores regionais de saneamento no Brasil.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27. Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: [s.n], 2013. p. 01-09.

PILCHER, R.; DIZDAR, A.; TOPRAK, S.; DE ANGELIS, E.; KOC, A. C.; DILSIZ, C.; DE ANGELIS, K.; DIKBAS, F.; FIRAT, M.; BACANLI, U. G. **The basic water loss book: A guide to the water loss reduction, strategy and application, part 1.** Ankara, Turkey: Leonardo da Vinci Project, 2008.

QUEVEDO, J.; PÉREZ, R.; PASCUAL, J.; PUIG, V.; CEMBRANO, G.; PERALTA, A. **Methodology to detect and isolate water losses in water hydraulic networks:** Application to Barcelona water network. In: Proceedings of the International Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technica – 8th SAFEPROCESS 2012. México City: IFAC, 2013. p. 922-927.

RÍOS, C. J.; SANTOS-TELLEZ, R.U.; RODRÍGUEZ, H. P. **Methodology for the identification of apparent losses in water distribution networks.** 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry, CCWI 2013. México, v. 70, p 238-247, 2013.

RODRIGUES, G. M. C. **Desenvolvimento de índices de qualidade de serviço em sistemas de abastecimento de água.** 240f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Municipal) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2009.

ROSSONI, H. A. V.; FARIA, M. T. S.; ROSSONI, F. F. P.; MINGOTI, S. A.; HELLER, L. **Características municipais determinantes da presença de diferentes prestadores de serviços de abastecimento de água no Brasil,** 2015.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. **O Brasil: território e sociedade no início do século XXI.** Rio de Janeiro: Record, 2001.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2012.** Brasília: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2014.

TEMÓTEO, T. G. **Indicadores de *benchmarking* dos serviços de saneamento voltados a populações vulneráveis.** 2012. 195f. Dissertação (mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.

THE INTERNATIONAL BENCHMARKING NETWORK FOR WATER AND SANITATION UTILITIES – IBNET. **The IBNET Water Supply and Sanitation Blue Book,** 2014.

TONETO JÚNIOR, R.; SAIANI, C. C. S.; RODRIGUES, R. L. **Perdas de água: Entraves ao avanço do saneamento básico e riscos de agravamento à escassez hídrica no Brasil.** São Paulo: FUNDACE, 2013.

TROW S., FARLEY M. **Losses in water distribution networks – a practitioner’s guide to assessment, monitoring and control,** IWA Publishing, London (UK), 2003.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 3º edição. São Paulo, 2006.

VEIGA, J. E. **Cidades imaginárias: o Brasil é menos urbano do que se calcula**. Campinas: Editora Autores Associados, 2004.

APÊNDICE A – Municípios pertencentes ao Grupo 2.

Quadro A.1 – Municípios pertencentes ao Grupo 2 situados na região Centro-oeste

Município	Estado
Buriti de Goiás	GO
Córrego do Ouro	GO
Edealina	GO
Gameleira de Goiás	GO
Guaraíta	GO
Itaguari	GO
Ivolândia	GO
Jesópolis	GO
Mairipotaba	GO
Moiporá	GO
Montividiu do Norte	GO
Nova Iguaçu de Goiás	GO

Município	Estado
Novo Planalto	GO
Ouro Verde de Goiás	GO
Porteirão	GO
Portelândia	GO
Professor Jamil	GO
Rianópolis	GO
Santa Isabel	GO
Santa Rosa de Goiás	GO
Santo Antônio da Barra	GO
São Luíz do Norte	GO
Turvelândia	GO
Uiriparu	GO

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro A.2 – Municípios pertencentes ao Grupo 2 situados na região Nordeste

Município	Estado
Gavião	BA
Lafaiete Coutinho	BA
Lajedão	BA
Lajedinho	BA
Caraúbas	PB
Coxixola	PB
Gurjão	PB

Município	Estado
Prata	PB
Riachão	PB
Santa Teresinha	PB
São João do Cariri	PB
Serra Grande	PB
Ingazeira	PE
Prata do Piauí	PI

Lagoa	PB
Logradouro	PB
Matinhas	PB
Monte Horebe	PB

Pedra Preta	RN
Serra da Raíz	RN
Triunfo Potiguar	RN

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro A.3 – Municípios pertencentes ao Grupo 2 situados na região Sudeste.

Município	Estado
Água Comprida	MG
Alvarenga	MG
Bom Jesus da Penha	MG
Cascalho Rico	MG
Comendador Gomes	MG
Cordislândia	MG
Coronel Xavier Chaves	MG
Córrego Novo	MG
Divinésia	MG
Estrela do Indaiá	MG
Fortaleza de Minas	MG
Goianá	MG
Grupiara	MG
Itutinga	MG
Matutina	MG

Município	Estado
Medeiros	MG
Minduri	MG
Moeda	MG
Paineras	MG
Pedra do Indaiá	MG
Pedrinópolis	MG
Piedade de Ponta Nova	MG
São Félix de Minas	MG
Santo Antônio do Grama	MG
Santo Hipólito	MG
São José do Alegre	MG
Tapira	MG
Vargem Grande do Rio Pardo	MG
Veríssimo	MG

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro A.4 – Municípios pertencentes ao Grupo 2 situados na região Sul

Município	Estado
Altamira do Paraná	PR
Anahy	PR
Atalaia	PR
Bela Vista da Caroba	PR
Boa Esperança do Iguaçu	PR
Bom Jesus do Sul	PR
Campina do Simão	PR
Cruzeiro do Iguaçu	PR
Cruzeiro do Sul	PR
Espigão Alto do Iguaçu	PR
Godoy Moreira	PR
Guaporema	PR
Iguatu	PR
Iracema do Oeste	PR
Itaúna do Sul	PR
Manfrinópolis	PR
Mato Rico	PR
Mirador	PR
Nova Aliança do Ivaí	PR
Nova América da Colina	PR
Pinhal de São Bento	PR
Porto Vitória	PR
Ramilândia	PR
Rio Bom	PR
Salgado Filho	PR

Município	Estado
São José do Herval	RS
São Valentim	RS
Sede Nova	RS
Severiano de Almeida	RS
Unistalda	RS
Vila Nova do Sul	RS
Águas Frias	SC
Arroio Trinta	SC
Barra Bonita	SC
Belmonte	SC
Bocaina do Sul	SC
Bom Jardim da Serra	SC
Bom Jesus do Oeste	SC
Capão Alto	SC
Celso Ramos	SC
Chapadão do Lageado	SC
Cunhataí	SC
Ermo	SC
Erval Velho	SC
Formosa do Sul	SC
Ipira	SC
Iraceminha	SC
Jardinópolis	SC
Jupia	SC
Lacerdópolis	SC

Santa Lúcia	PR
Áurea	RS
Capivari do Sul	RS
Chiapetta	RS
Esmeralda	RS
Faxinalzinho	RS
Ibiaça	RS
Jaquirana	RS
Lagoa Bonita do Sul	RS
Mariana Moro	RS
Pedras Altas	RS
Rio dos Índios	RS
Santo Expedito do Sul	RS

Macieira	SC
Major Gercino	SC
Marema	SC
Matos Costa	SC
Mirim Doce	SC
Peritiba	SC
Presidente Castelo Branco	SC
Princesa	SC
Saltinho	SC
São Bonifácio	SC
São João do Itaperiú	SC
Vargeão	SC

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE B – Municípios com prestadores de serviços locais e regionais, simultaneamente.

Quadro B.1 – Municípios com prestadores de serviços locais e regionais, simultaneamente

Município	Estado
Cachoeira de Goiás	GO
Colinas do Sul	GO
Guarani de Goiás	GO
Guarinos	GO
Mossâmedes	GO
Panamá	GO
Trombas	GO
Araguaiana	MT
Araguainha	MT
Conquista d'Oeste	MT
Curvelândia	MT
Figueirópolis d'Oeste	MT
Glória d'Oeste	MT
Indiavaí	MT
Itaúba	MT
Luciára	MT
Nova Brasilânida	MT
Nova Guarita	MT
Nova Marilândia	MT
Nova Nazaré	MT
Nova Santa Helena	MT
Novo Horizonte do Norte	MT
Planalto da serra	MT
Porto Estrela	MT

Município	Estado
Barra do Rio Azul	RS
Boa Vista das Missões	RS
Boa Vista do Cadeado	RS
Boa Vista do Incra	RS
Bozano	RS
Brochier	RS
Camargo	RS
Canudos do Vale	RS
Capão do Cipó	RS
Capitão	RS
Centenário	RS
Cerro Branco	RS
Charrua	RS
Colinas	RS
Coqueiro Baixo	RS
Coqueiros do Sul	RS
Coxilha	RS
Cristal do Sul	RS
Dezesseis de Novembro	RS
Dois Irmãos das Missões	RS
Dois Lajeados	RS
Doutor Ricardo	RS
Engenho Velho	RS
Emestina	RS

Reserva do Cabaçal	MT
Rondolândia	MT
Salto do Céu	MT
Santa Carmem	MT
Santa Cruz do Xingu	MT
Santa Rita do Trivelato	MT
Santo Antônio do Oeste	MT
São José do Povo	MT
São Pedro da Cipa	MT
Serra Nova Dourada	MT
Tesouro	MT
Torixoréu	MT
União do Sul	MT
Vale de São Domingos	MT
Bernardino Batista	PB
Joca Claudino	PB
Parari	PB
Poço de José Moura	PB
São Francisco	PB
Zabelê	PB
General Maynard	SE
Major Sales	RN
Bela Vista o PI	PI
Belém do PI	PI
Cajazeiras do PI	PI
Cocal de Telha	PI
Coivaras	PI

Esperança do Sul	RS
Estrelha Velha	RS
Fazenda Vila Nova	RS
Floriano Peixoto	RS
Forquetinha	RS
Garruchos	RS
Gentil	RS
Gramado dos loureiros	RS
Gramado Xavier	RS
Guabiju	RS
Harmonia	RS
Herveiras	RS
Ibarama	RS
Imigrante	RS
Inhacorá	RS
Ipiranga do Sul	RS
Itacurubi	RS
Jacuizinho	RS
Jari	RS
Lagoa dos Três Cantos	RS
Linha Nova	RS
Mampituba	RS
Mato Leitão	RS
Mato Queimado	RS
Montauri	RS
Monte Belo do Sul	RS
Mormaço	RS

Francisco Macedo	PI
Nossa Senhora de Nazaré	PI
Novo Santo Antônio	PI
Santa Cruz dos Milagres	PI
Santana do PI	PI
São João da Varjota	PI
Bom Jesus do Tocantins	Tocantins
Ângulo	PR
Entre Rios do Oeste	PR
Flórida	PR
Iguaraçu	PR
Jardim Olinda	PR
Kaloré	PR
Marumbi	PR
Miraselva	PR
Munhoz de Melo	PR
Nossa Senhora das Graças	PR
Nova Santa Bárbara	PR
Paranapoema	PR
Pitangueiras	PR
Porto Barreiro	PR
Prado Ferreira	PR
Quatro Pontes	PR
Santa Cecília do Pavão	PR
Santa Mônica	PR
Santo Antônio do Paraíso	PR
Abdon Baitista	SC

Morrinhos do Sul	RS
Muçum	RS
Muliterno	RS
Nicolau Vergueiro	RS
Nova Alvorada	RS
Nova Boa Vista	RS
Nova Candelária	RS
Nova Ramada	RS
Novo Barreiro	RS
Novo Cabrais	RS
Novo Machado	RS
Novo Tiradentes	RS
Novo Xingu	RS
Paim Filho	RS
Pareci novo	RS
Paulo Bento	RS
Pinhal da Serra	RS
Pirapó	RS
Poço das Antas	RS
Pontão	RS
Ponte Preta	RS
Porto Mauá	RS
Pouso Novo	RS
Presidente Lucena	RS
Protásio Alves	RS
Quatro Irmãos	RS
Quevedos	RS

Alto Bela Vista	SC
Anitápolis	SC
Arabutã	SC
Braço do Trobundo	SC
Brunópolis	SC
Flor do Sertão	SC
Frei Rogério	SC
Irati	SC
Lajeado Grande	SC
Nova Itaberaba	SC
Paial	SC
Pedras Grandes	SC
Planalto Alegre	SC
Santa Helena	SC
Santa Terezinha do Progresso	SC
Santiago do Sul	SC
São Miguel da Boa Vista	SC
Sul Brasil	SC
Tigrinhos	SC
Treviso	SC
União do Oeste	SC
Zortea	SC
Guaraciama	MG
Morro do Pilar	MG
Passa-Vinte	MG
Santana do deserto	MG
Santo Antônio do Itambé	MG

Quinze de Novembro	RS
Revaldo	RS
Rolador	RS
Sagrada Família	RS
Saldanha Marinho	RS
Salvador das Missões	RS
Santa Cecília do Sul	RS
Santo Antônio do Palma	RS
Santo Antônio do Planalto	RS
São José do Polêsine	RS
São José das Missões	RS
São José Hortêncio	RS
São José do Sul	RS
São Martinho da Serra	RS
São Pedro do Butiá	RS
São Valentim do Sul	RS
São Valério do Sul	RS
São Vendelino	RS
Sério	RS
Sete de Setembro	RS
Tabaí	RS
Tio Hugo	RS
Toropi	RS
Três Arroios	RS
Três Palmeiras	RS
Tunas	RS
Turuçu	RS

São João da Lagoa	MG
São João do Pacuí	MG
São José da Varginha	MG
São Sebastião do Rio Preto	MG
Uruana de Minas	MG
Arroio do Padre	RS
Barra Funda	RS

Ubiretama	RS
União da Serra	RS
Vanini	RS
Vespasiano Correa	RS
Vila Maria	RS
Vista Alegre do Prata	RS
Vitória das Missões	RS

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE C – Municípios com desempenho superior a média nacional

Quadro C.1 – Municípios pertencentes ao Grupo 1 situados na região Centro-oeste

Município	Estado	Município	Estado
Alcinópolis	MS	Novo Horizonte do Sul	MS
Figueirão	MS	Taquarussu	MS

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro C.2 – Municípios pertencentes ao Grupo 1 situados na região Nordeste

Município	Estado
Bodó	RN
São José dos Cordeiros	PB

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro C.3 – Municípios pertencentes ao Grupo 1 situados na região Sudeste

Município	Estado	Município	Estado
Divino de Espírito Santo	ES	Nova Módica	MG
Antônio Prado de Minas	MG	Oliveira Fortes	MG
Biquinhas	MG	Piedade dos Gerais	MG
Capela Nova	MG	Ponto Chique	MG
Carvalhópolis	MG	Quartel Geral	MG
Cedro do Abaeté	MG	Santana do Jacaré	MG
Cruzeiro da Fortaleza	MG	São Bento Abade	MG
Dom Joaquim	MG	São Bráz do Suaçuí	MG
José Raydan	MG	São Sebastião da Vargem Alegre	MG
Miravânia	MG	Serranópolis de Minas	MG

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro C.4 – Municípios pertencentes ao Grupo 1 situados na região Sul.

Município	Estado
Arapuã	PR
Ariranha do Ivaí	PR
Bom Sucesso do Sul	PR
Brasilândia do Sul	PR
Cafeara	PR
Cafezal do Sul	PR
Campo Bonito	PR
Diamante do Sul	PR
Esperança Nova	PR
Farol	PR
Flor da Serra do Sul	PR
Inajá	PR
Indianópolis	PR
Jundiá do Sul	PR
Marquinho	PR

Município	Estado
Novo Itacolomi	PR
Planaltina do Paraná	PR
Quarto Centenário	PR
Rancho Alegre d'Oeste	PR
Rio Branco do Ivaí	PR
Santo Antônio do Caiuá	PR
Sulina	PR
Tamboara	PR
Uniflor	PR
Virmond	PR
Ibicaré	SC
José Boiteux	SC
São Bernardino	SC
Urupema	SC

Fonte: Elaborado pelo autor