



ESTUDO DE PERDAS DE ÁGUA DO
INSTITUTO TRATA BRASIL DE 2022
(SNIS 2020): DESAFIOS PARA
DISPONIBILIDADE HÍDRICA E AVANÇO
DA EFICIÊNCIA DO SANEAMENTO
BÁSICO NO BRASIL

São Paulo, 30 de maio de 2022

Equipe

Gesner Oliveira – Presidente do Conselho Administrativo de Defesa Econômica/CADE (1996-2000). Presidente da Sabesp (2007-10). Ph.D em Economia pela Universidade da Califórnia/Berkeley. Professor da Fundação Getúlio Vargas-SP desde 1990. Professor Visitante da Universidade de Columbia nos EUA (2006). Sócio da GO Associados.

Pedro Sczufca – Mestre em Ciências no programa de Teoria Econômica pelo Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo (IPE-USP). Especialista nas áreas de pesquisa econômica, regulação, defesa da concorrência, comércio, infraestrutura e modelagem de negócios. Mestre em economia pelo Instituto de Pesquisas Econômicas da FEA/USP. Sócio da GO Associados.

Pedro Levy Sayon – Mestre em Ciências no programa de Teoria Econômica pelo Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo (IPE-USP). Bacharel em Ciências Econômicas pela Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (FEA-USP). Pesquisador do Núcleo de Economia Regional e Urbana da Universidade de São Paulo (NEREUS) e da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE). Consultor da GO Associados.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	DEFINIÇÕES	2
2.1	REFERENCIAL TEÓRICO SOBRE PERDAS DE ÁGUA.....	2
2.2	REFERENCIAL LEGAL SOBRE PERDAS DE ÁGUA	8
3	METODOLOGIA.....	9
3.1	BASE DE DADOS.....	9
3.2	INDICADORES ANALISADOS	9
3.2.1	<i>IN013 – Índice de Perdas no Faturamento</i>	<i>11</i>
3.2.2	<i>IPFT – Índice de Perdas no Faturamento Total.....</i>	<i>12</i>
3.2.3	<i>IN049 – Índice de Perdas na Distribuição.....</i>	<i>13</i>
3.2.4	<i>IN051 – Índice de Perdas por Ligação.....</i>	<i>14</i>
3.3	COMPOSIÇÃO DA AMOSTRA.....	14
3.4	OBSERVAÇÕES ATÍPICAS	16
3.5	IMPACTOS DA REDUÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA	17
3.5.1	<i>Custo Total das Perdas de Água</i>	<i>18</i>
3.5.2	<i>Diferentes Cenários de Redução</i>	<i>20</i>
4	DIAGNÓSTICO DAS PERDAS DE ÁGUA.....	23
4.1	MUNDIAL	23
4.2	NACIONAL	28
4.3	REGIONAL	30

4.4	ESTADUAL.....	35
5	SITUAÇÃO ATUAL NOS 100 MAIORES MUNICÍPIOS.....	39
5.1	DIAGNÓSTICO.....	39
5.1.1	<i>IN013 – Índice de Perdas no Faturamento</i>	<i>40</i>
5.1.2	<i>IPFT – Índice de Perdas no Faturamento Total.....</i>	<i>44</i>
5.1.3	<i>IN049 – Índice de Perdas na Distribuição</i>	<i>47</i>
5.1.4	<i>IN051 – Índice de Perdas por Ligação.....</i>	<i>50</i>
5.2	CORRELAÇÕES ENTRE INDICADORES	53
5.2.1	<i>IPFT × IN013.....</i>	<i>54</i>
5.2.2	<i>IPFT × IN049.....</i>	<i>55</i>
5.3	DESTAQUES POSITIVOS	57
6	IMPACTOS DA REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA	59
6.1	GANHOS HÍDRICOS DA REDUÇÃO DE PERDAS	59
6.2	GANHOS ECONÔMICOS DA REDUÇÃO DAS PERDAS	60
6.3	ESTUDO EMPÍRICO PARA O CASO BRASILEIRO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
	REFERÊNCIAS	65
	APÊNDICE	66

SUMÁRIO DE QUADROS

QUADRO 1: BALANÇO HÍDRICO PROPOSTO PELA IWA	3
QUADRO 2: PERDAS REAIS – ORIGENS E MAGNITUDES	4
QUADRO 3: PERDAS APARENTES – ORIGENS E MAGNITUDES	5
QUADRO 4: CARACTERIZAÇÃO DE PERDAS REAIS E APARENTES.....	6
QUADRO 5: DETERMINAÇÃO DO NÍVEL EFICIENTE DE PERDAS DE ÁGUA	7
QUADRO 6: CARACTERÍSTICAS DOS INDICADORES ANALISADOS.....	11
QUADRO 7: MUNICÍPIOS CONSIDERADOS NA AMOSTRA	14
QUADRO 8: BALANÇO HÍDRICO	18
QUADRO 9: EXEMPLO DE GANHOS BRUTOS DE REDUÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA.....	21
QUADRO 10: ÍNDICES DE PERDAS – PAÍSES DO MUNDO.....	24
QUADRO 11: ÍNDICES DE PERDAS – PAÍSES LATINOAMERICANOS.....	25
QUADRO 12: ÍNDICES DE PERDAS – MUNICÍPIOS DO MUNDO.....	27
QUADRO 13: EVOLUÇÃO DAS PERDAS NO FATURAMENTO – BRASIL	29
QUADRO 14: EVOLUÇÃO DAS PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO – BRASIL	29
QUADRO 15: PERDAS NO FATURAMENTO POR MACRORREGIÃO (2020).....	30
QUADRO 16: PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO POR MACRORREGIÃO (2020)	31
QUADRO 17: PERDAS VOLUMÉTRICAS (L/LIGAÇÃO/DIA) POR MACRORREGIÃO (2020)..	32
QUADRO 18: EVOLUÇÃO DAS PERDAS NO FATURAMENTO POR MACRORREGIÃO	33

QUADRO 19: EVOLUÇÃO DAS PERDAS NO FATURAMENTO TOTAL POR MACRORREGIÃO	33
QUADRO 20: EVOLUÇÃO DAS PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO POR MACRORREGIÃO.....	34
QUADRO 21: EVOLUÇÃO DAS PERDAS VOLUMÉTRICAS POR MACRORREGIÃO.....	34
QUADRO 22: PERDAS NO FATURAMENTO POR ESTADO (2020).....	36
QUADRO 23: PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO POR ESTADO (2020)	37
QUADRO 24: PERDAS VOLUMÉTRICAS (L/LIGAÇÃO/DIA) POR ESTADO (2020)	38
QUADRO 25: ÍNDICES DE PERDAS – BRASIL × 100 MAIORES MUNICÍPIOS	40
QUADRO 26: ESTATÍSTICAS DESCRITICAS IN013 – ÍNDICE DE PERDAS NO FATURAMENTO	41
QUADRO 27: HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA IN013 – ÍNDICE DE PERDAS NO FATURAMENTO	42
QUADRO 28: MELHORES E PIORES IN013 – ÍNDICE DE PERDAS NO FATURAMENTO	43
QUADRO 29: ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS IPFT – ÍNDICE DE PERDAS NO FATURAMENTO TOTAL	44
QUADRO 30: HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA IPFT – ÍNDICE DE PERDAS NO FATURAMENTO TOTAL	45
QUADRO 31: MELHORES E PIORES IPFT – ÍNDICE DE PERDAS NO FATURAMENTO TOTAL	46
QUADRO 32: ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS IN049 – ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO	47
QUADRO 33: HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA IN049 – ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO	48
QUADRO 34: MELHORES E PIORES IN049 – ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO.....	49

QUADRO 35: ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS IN051 – ÍNDICE DE PERDAS POR LIGAÇÃO	50
QUADRO 36: HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA IN051 – ÍNDICE DE PERDAS POR LIGAÇÃO .	51
QUADRO 37: MELHORES E PIORES IN015 – ÍNDICE DE PERDAS POR LIGAÇÃO	52
QUADRO 38: GRÁFICO DE DISPERSÃO – IPFT × IN013	54
QUADRO 39: <i>OUTLIERS</i> DA DISPERSÃO – IPFT × IN013	55
QUADRO 40: GRÁFICO DE DISPERSÃO – IPFT × IN049	56
QUADRO 41: <i>OUTLIERS</i> DA DISPERSÃO – IPFT × IN049	57
QUADRO 42: MUNICÍPIOS COM PADRÕES DE EXCELÊNCIA EM PERDAS DE ÁGUA.....	58
QUADRO 43: BALANÇO HÍDRICO (1.000 M ³) - BRASIL (2020).....	59
QUADRO 44: INDICADORES DA MONETIZAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA	61
QUADRO 45: IMPACTOS (CUSTOS) DAS PERDAS DE ÁGUA NO BRASIL (R\$ 1.000).....	61
QUADRO 46: CENÁRIOS DE REDUÇÃO DE PERDAS	61
QUADRO 47: GANHOS BRUTOS DA REDUÇÃO DE PERDAS (R\$ 1.000)	62
QUADRO 48: GANHOS LÍQUIDOS DA REDUÇÃO DE PERDAS (R\$ 1.000).....	62
QUADRO 49: SUMÁRIO DOS IMPACTOS DE REDUÇÃO DAS PERDAS.....	63
QUADRO 50: RELAÇÃO DE CUSTO-BENEFÍCIO (RCB) DA REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA	64

1 INTRODUÇÃO

O volume de perdas de um sistema de abastecimento de água é um fator chave na avaliação da eficiência das atividades comerciais e de distribuição de um operador de saneamento. Seu diagnóstico deve ser desenvolvido com base no comportamento dos índices competentes. Neste sentido, níveis elevados e com padrões de crescimento gradual sinalizam a necessidade de maiores esforços para reduzir possíveis ineficiências no âmbito do planejamento, da manutenção, do direcionamento dos investimentos, e de atividades operacionais e comerciais.

A premência na implementação de planos e ações efetivas focadas na redução das perdas torna-se ainda maior com os recorrentes déficits hídricos em diferentes regiões do Brasil. Para fins de comparação, consideram-se municípios com padrão de excelência em perdas aqueles que possuem indicadores inferiores a 25%. Em 2020, o índice nacional de perdas no faturamento foi de 37,54%, demonstrando uma piora em relação aos 37,39%, observados em 2019. Além disso, o índice nacional de perdas na distribuição, foi de 40,14%, também demonstrando uma deterioração ante os 39,24% auferidos em 2019. Assim, percebe-se que há um longo caminho a ser percorrido em busca da melhora desses indicadores tão importantes.

Este Estudo insere-se no debate da problemática da redução de perdas no país e conta com seis seções textuais, incluindo esta Introdução. A Seção 2 inclui a definição técnica de perdas de água, os conceitos básicos para sua medição e classificação, além das metas de redução estabelecidas em lei, na Portaria nº 490, de 22 de março de 2021 (“Portaria nº490/2021”) do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Na Seção 3, explicam-se as premissas metodológicas utilizadas, incluindo a descrição da base de dados empregada e dos indicadores de interesse. A Seção 4 realiza uma avaliação dos índices de perdas aos níveis mundial, nacional, regional e estadual. Na Seção 5, avaliam-se esses mesmos indicadores, mas em uma amostra dos 100 municípios brasileiros mais populosos de 2020. A Seção 6 conta com uma análise do impacto das perdas em termos monetários e dos possíveis ganhos auferidos com sua redução. Finalmente, neste Estudo também se encontram seções textuais com referências e uma demonstração matemática.

2 DEFINIÇÕES

O objetivo desta seção é apresentar algumas convenções técnicas subjacentes aos estudos sobre perdas de água, bem como destacar um novo marco regulatório recentemente incorporado pela legislação brasileira acerca do tema.

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO SOBRE PERDAS DE ÁGUA

No processo de abastecimento de água por meio de redes de distribuição, pode haver perdas dos recursos hídricos em decorrência de diversas causas, tais como: vazamentos, erros de medição e consumos não autorizados. Tais desperdícios trazem impactos negativos ao meio ambiente, à receita e aos custos de produção das empresas, onerando o sistema como um todo, e, em última instância, afetando a todos os usuários.

Neste sentido, o nível de perdas de água constitui um índice relevante para medir a eficiência dos prestadores de serviço em atividades como distribuição, planejamento, investimentos e manutenção. Não obstante, uma rede de distribuição sem perdas não é um objetivo viável em termos econômicos ou técnicos, existindo assim um limite inferior.

Na literatura técnica, a metodologia habitualmente utilizada pelos prestadores e reguladores corresponde à proposta pela *International Water Association* (IWA). Trata-se de uma matriz em que são esquematizados os processos pelos quais a água pode passar desde o momento que entra no sistema até chegar ao consumidor final (Balanço Hídrico¹).

Tal balanço tem como parâmetro inicial o volume de água produzido que ingressa no sistema, o qual, no processo de distribuição, pode ser classificado como consumo autorizado ou como perda. O primeiro faz referência ao recurso hídrico

¹ No passado, a metodologia de avaliação das era diferente entre países e empresas. A IWA padronizou o entendimento dos componentes de usos da água em um sistema de abastecimento no Balanço Hídrico.

fornecido aos clientes autorizados (medidos ou não), enquanto o último corresponde à diferença entre o volume de entrada e o consumo autorizado (Quadro 1).

QUADRO 1: BALANÇO HÍDRICO PROPOSTO PELA IWA

Água que entra no sistema (inclui água importada)	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (inclui água exportada)	Água faturada
			Consumo faturado não medido (estimado)	
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido (uso próprio, caminhão pipa, entre outros)	Água não faturada
			Consumo não faturado não medido	
	Perdas de água	Perdas aparentes (comerciais)	Uso não autorizado (fraudes e falhas de cadastro)	
			Erros de medição (macro e micromedição)	
		Perdas reais (físicas)	Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios (de adução e/ou distribuição)	
			Vazamentos nas adutoras e/ou redes (de distribuição)	
Vazamentos nos ramais até o ponto de medição do cliente				

Fonte: IWA (2000). Elaboração: GO Associados.

O consumo autorizado pode ser classificado como faturado ou não faturado, que, por sua vez, são divididos nas seguintes subcategorias:

- I. Consumo Autorizado Faturado: i) O *consumo faturado medido* equivale ao volume de água registrado nos hidrômetros, incluindo o volume de água exportado; ii) O *consumo faturado não medido ou estimado* corresponde ao volume contabilizado utilizando os consumos médios históricos ou, nos casos em que não existe hidrômetro ou há falhas no seu funcionamento, o volume mínimo de faturamento.
- II. Consumo Autorizado não Faturado: i) O *consumo não faturado medido* é o volume de água utilizado pela empresa para atividades operacionais especiais; ii) O *consumo não faturado não medido* refere-se ao volume

destinando a usos de caráter social, como as atividades do corpo de bombeiros, sem incluir as perdas geradas em áreas irregulares.

A IWA classifica as perdas levando em conta sua natureza: reais (físicas) ou aparentes (comerciais). As perdas reais equivalem ao volume de água perdido durante as diferentes etapas de produção – captação, tratamento, armazenamento e distribuição – antes de chegar ao consumidor final. No Quadro 2, são apresentadas as principais causas e as magnitudes das perdas reais para as diferentes etapas de produção.

QUADRO 2: PERDAS REAIS – ORIGENS E MAGNITUDES

	Subsistemas	Origens	Magnitudes
Perdas Reais (Físicas)	Adução de Água Bruta	Vazamento nas tubulações Limpeza do poço de sucção*	Variável, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Tratamento	Vazamentos estruturais Lavagem de filtros* Descarga de lodo*	Significativa, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Reserva	Vazamentos estruturais Extravasamentos Limpeza*	Variável, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Adução de Água Tratada	Vazamentos nas tubulações Limpeza do poço de sucção* Descargas	Variável, em função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas	Significativa, em função do estado das tubulações e principalmente das pressões

* Considera-se perdido apenas o volume excedente ao necessário para a operação.

Fonte: MDR (2003). Elaboração: GO Associados.

As perdas reais afetam diretamente os custos de produção e a demanda hídrica. Neste sentido, um elevado nível de perdas reais equivale a uma captação e a uma produção superior ao volume efetivamente demandado, gerando ineficiências nos seguintes âmbitos:

- Produção
 - Maior custo dos insumos químicos, energia para bombeamento, entre outros fatores de produção;
 - Maior manutenção da rede e de equipamentos;
 - Uso excessivo da capacidade de produção e de distribuição existente; e

- Maior custo oriundo da possível utilização de fontes de abastecimento alternativas de menor qualidade ou de difícil acesso.
- **Ambiental**
 - Pressão excessiva sobre as fontes de abastecimento do recurso hídrico; e
 - Maior custo de mitigação dos impactos negativos dessa atividade (externalidades).

As perdas aparentes correspondem aos volumes de água consumidos, mas não autorizados nem faturados, também denominadas perdas comerciais. Em termos gerais, são perdas decorrentes de erros na medição dos hidrômetros (por equívoco de leituras ou falha nos equipamentos), de fraudes, de ligações clandestinas ou mesmo de falhas no cadastro comercial. O Quadro 3 apresenta um detalhamento das perdas aparentes.

QUADRO 3: PERDAS APARENTES – ORIGENS E MAGNITUDES

	Origens	Magnitude
Perdas Aparentes (Comerciais)	Ligações clandestinas/irregulares	Podem ser significativas, dependendo de:
	Ligações sem hidrômetros	
	Hidrômetros parados	
	Hidrômetros que subestimam o volume consumido	
	Ligações inativas reabertas	
	Erros de leitura	
	Número de economias errado	

Fonte: MDR (2003). Elaboração: GO Associados.

Assim, as perdas aparentes têm impacto direto sobre a receita das empresas, tendo-se em vista que equivalem a volumes produzidos e consumidos, mas não faturados. Dessa forma, um elevado nível de perdas aparentes reduz a capacidade financeira dos prestadores e, conseqüentemente, os recursos disponíveis para ampliar a oferta, melhorar a qualidade dos serviços ou realizar as despesas requeridas na manutenção e reposição da infraestrutura.

No Quadro 4, detalham-se as principais causas e consequências das perdas reais e aparentes em um sistema de abastecimento de água potável.

QUADRO 4: CARACTERIZAÇÃO DE PERDAS REAIS E APARENTES

Itens	Características Principais	
	Perdas Reais	Perdas Aparentes
Tipo de ocorrência mais comum	Vazamento	Erro de medição
Custos associados ao volume de água perdido	Custo de produção	- Tarifa - Receita Operacional
Efeitos no Meio Ambiente	- Desperdício do Recurso Hídrico - Necessidades de ampliações de mananciais	-
Efeitos na Saúde Pública	Risco de contaminação	-
Empresarial	Perda do produto	Perda de receita
Consumidor	- Imagem negativa (ineficiência e desperdício)	-
Efeitos no Consumidor	- Repasse para tarifa - Desincentivo ao uso racional	- Repasse para tarifa - Incitamento a roubos e fraudes

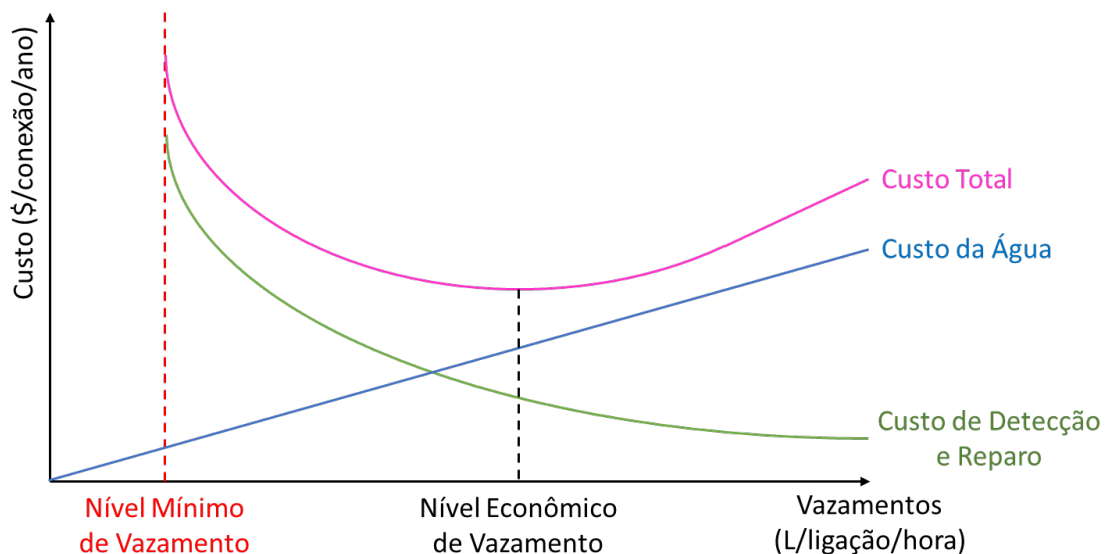
Elaboração: GO Associados.

Cabe notar, como mencionado no início desta seção, a inviabilidade de eliminar completamente as perdas de água. Neste sentido, a IWA propõe o estabelecimento de limites eficientes para a redução de perdas, tendo-se em vista suas características:

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

No Quadro 5, apresentam-se tanto o “nível econômico ótimo de vazamentos” quanto o “nível mínimo de vazamentos”.

QUADRO 5: DETERMINAÇÃO DO NÍVEL EFICIENTE DE PERDAS DE ÁGUA



Fonte: United States Environmental Protection Agency (USEPA)². Elaboração: GO Associados.

O custo da água é diretamente proporcional ao tempo decorrido entre o início do vazamento e a conclusão do reparo. Além disso, quando uma empresa realiza fiscalizações de perdas com baixa frequência, há maior probabilidade de que esses problemas não sejam identificados, donde o custo do desperdício decorrente será maior. Por outro lado, o custo de detecção e reparo varia conforme as frequências nos ciclos de identificação. Uma empresa com elevado nível de localização de vazamentos terá um maior custo para o programa, em contraste ao cenário com uma menor taxa de detecção.

O custo total, por sua vez, será dado pela soma dos dois custos apresentados anteriormente. Portanto, o nível ótimo será dado pelo ponto no qual a curva de custo total atinge seu valor mínimo, denominado de nível econômico de vazamento. Já o nível mínimo de vazamento corresponde ao volume de perdas que não pode ser reduzido por limitações de tipo tecnológico. Conseqüentemente, mesmo nos sistemas de abastecimento de água considerados eficientes haverá um volume mínimo de água perdido.

² USEPA (US Environmental Protection Agency). 2009. Control and Mitigation of Drinking Water Losses in Distribution Systems. Office of Water (4606M), EPA/816-D-09-001, November 2009. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exec/ZipPDF.cgi/P1005WPU.PDF?Dockey=P1005WPU.PDF> Acesso em: 06/05/2020

2.2 REFERENCIAL LEGAL SOBRE PERDAS DE ÁGUA

Como visto, o nível ótimo de perdas dependerá dos custos e benefícios dessa redução em cada caso concreto. Vale destacar que, em 2021, o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) editou sua Portaria nº 490/2021 e a publicou no Diário Oficial da União (DOU)³. A normativa visa ao estabelecimento de procedimentos gerais para o cumprimento das metas de universalização dos serviços públicos de saneamento básico para concessões que considerem, dentre outras condições, o nível de cobertura de serviço existente, a viabilidade econômico-financeira da expansão da prestação do serviço e o número de municípios atendidos. Contemplam-se índices de perdas na distribuição e por ligação.

Segundo essas novas diretrizes, em cada município a ser beneficiado, os valores dos indicadores devem ser menores ou iguais a uma proporção do índice médio nacional da última atualização da base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Tal critério vai se tornando mais rigoroso com o passar dos anos, de modo que parte de 100% em 2021, mas chega até 65% em 2034. Contudo, tendo em vista as limitações técnicas apresentadas anteriormente, esses valores previstos ficam limitados a um mínimo de 25% em perdas na distribuição e de 216 L/ligação/dia em perdas volumétricas, caso a parcela da média nacional seja inferior a esses índices.

³ MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Portaria nº 490, de 22 de março de 2021. Estabelece os procedimentos gerais para o cumprimento do disposto no inciso IV do caput do art. 50 da Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007, e no inciso IV do caput do art. 4º do Decreto n. 10.588, de 24 de dezembro de 2020. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 159, n. 55, p. 30, 23 mar. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-490-de-22-de-marco-de-2021-309988760>. Acesso em: 06/05/2021.

3 METODOLOGIA

Esta seção visa a explicar a metodologia usada para compor o presente Estudo, incluindo uma breve descrição da base de dados empregada, seguida de uma explicação do método utilizado para desenvolver o trabalho.

3.1 BASE DE DADOS

A base de dados utilizada para compor o Estudo de Perdas de Água é disponibilizada pelo SNIS. Atualmente, trata-se da fonte de informações mais completa sobre o setor de saneamento no Brasil. É importante notar que o SNIS é composto a partir da resposta voluntária de questionários por parte dos operadores de saneamento brasileiros.

Tal base reúne informações de prestadores regionais, estaduais e municipais de serviços de acesso à água, coleta e tratamento de esgoto, além de resíduos sólidos. Os dados de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto estão disponíveis para o período 1995-2020 e os dados de resíduos sólidos para o período 2002-2020. No caso deste trabalho, foram usadas as informações de sua versão mais recente: o SNIS 2020⁴.

3.2 INDICADORES ANALISADOS

Considerando-se a disponibilidade limitada de dados com abrangência nacional apresentando, de maneira independente, perdas reais e aparentes, optou-se por utilizar índices percentuais e unitários baseados em volumes em que estão inclusos os dois tipos

⁴ É importante ressaltar que o SNIS possui defasagem de um ano em relação aos dados. Isso significa que o SNIS divulgado em 2020 tem por base os dados referentes ao ano de 2019, sendo, por este motivo, chamado de SNIS 2019. Além disso, alguns indicadores consideram dados de mais de um ano do SNIS.

de perdas. Em particular, escolheram-se quatro indicadores: dois índices de perdas no faturamento, um índice de perdas na distribuição e um índice de perdas volumétricas.

Dentre esses indicadores, um dos índices de perdas no faturamento foi especificamente desenvolvido para fins deste estudo, sendo ele calculado a partir das informações reportadas no SNIS. A metodologia de cálculo dos demais foi elaborada pelo MDR especificamente para o SNIS, constando, portanto, nesta base de dados. Todos serão detalhados na sequência, embora o Quadro 6 já apresente suas principais características, antecipando aquilo que se deseja avaliar.

QUADRO 6: CARACTERÍSTICAS DOS INDICADORES ANALISADOS

	OBJETIVO	VANTAGENS	DESvantagens
Índice de Perdas no Faturamento	Avaliar, em termos percentuais o nível da água não faturada (sem o volume de serviço)	Apresenta uma visão sobre o que a empresa está produzindo e não consegue faturar	<ul style="list-style-type: none"> - As empresas definem o volume de serviço de maneira muito diferente, logo, a comparação desse índice para pode trazer distorções. - As perdas são calculadas com base no volume faturado. A depender da metodologia utilizada (ex: faturamento pelo consumo estimado), pode não refletir o nível de eficiência da empresa
Índice de Perdas no Faturamento Total	Avaliar, em termos percentuais, o nível da água não faturada do sistema de abastecimento	<ul style="list-style-type: none"> -Fornecer uma visão geral da situação das perdas do sistema levando em consideração o volume de serviços. -Apresenta uma visão sobre o que a empresa está produzindo e não consegue faturar 	<ul style="list-style-type: none"> - As perdas são calculadas com base no volume faturado. A depender da metodologia utilizada (ex: faturamento pelo consumo estimado), pode não refletir o nível de eficiência da empresa
Índice de Perdas na Distribuição	Avaliar, em termos percentuais, o nível de perdas da água efetivamente consumida em um sistema de abastecimento de água potável	Fornecer uma aproximação útil para a análise do impacto das perdas na distribuição (físicas e aparentes), em relação ao volume produzido	<ul style="list-style-type: none"> - As empresas definem o volume de serviço de maneira diferente, logo, a comparação desse índice pode trazer distorções - A comparação pode ser prejudicada pelos baixos níveis de macromedição e micromedição de algumas empresas
Índice de Perdas por Ligação	Avaliar o nível de perdas da água efetivamente consumida em termos unitários (l/dia/ligação).	Reflete a variação do nível de perdas por ligação	<ul style="list-style-type: none"> - As empresas definem o volume de serviços de maneira diferente, logo, a comparação desse índice pode trazer distorções - Na medição de eficiência, a comparação entre as cidades não pode ser feita diretamente. Mantendo-se tudo constante, cidades com maior verticalização e maior consumo por habitante terão indicador maior do que cidades menos verticalizadas e com menor consumo por habitante.

Elaboração: GO Associados.

3.2.1 IN013 – Índice de Perdas no Faturamento

Este indicador procura aferir a água produzida e não faturada, obedecendo à seguinte expressão matemática:

$$IN013 = \frac{AG006 + AG018 - AG011 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} \times 100$$

Conforme definido pelo SNIS, o AG006 – Volume de Água Produzido corresponde ao volume anual de água disponível para consumo, compreendendo a água captada pelo prestador de serviços e a água bruta importada (AG016), ambas tratadas na(s) unidade(s) de tratamento do prestador de serviços, medido ou estimado na(s) saída(s) da(s) ETA(s) ou UTS(s). Inclui também os volumes de água captada pelo prestador de serviços ou de água bruta importada, que forem disponibilizados para consumo sem tratamento, medidos na(s) respectiva(s) entrada(s) do sistema de distribuição.

Já o AG011 – Volume de Água Faturado é definido como o volume anual de água debitado ao total de economias (medidas e não medidas), para fins de faturamento. Inclui o volume de água tratada exportado (AG019), quando faturado, para outro prestador de serviços. O AG018 - Volume de Água Tratado Importado, por sua vez, caracteriza o volume anual de água potável, previamente tratada (em ETA(s) ou em UTS(s)), recebido de outros agentes fornecedores. Por fim, o AG024 – Volume de Serviço é o valor da soma dos volumes anuais de água usados para atividades operacionais e especiais, acrescido do volume de água recuperado. As águas de lavagem das ETA(s) ou UTS(s) não são consideradas.

3.2.2 IPFT – Índice de Perdas no Faturamento Total

Analogamente ao caso anterior, este indicador procura aferir a água produzida e não faturada, mas obedece à seguinte expressão matemática:

$$IPFT = \frac{AG006 + AG018 - AG011}{AG006 + AG018} \times 100 = \left[1 - \left(\frac{AG011}{AG006 + AG018} \right) \right] \times 100$$

Embora todas as informações empregadas em seu cálculo já tenham sido descritas previamente, o indicador proposto é diferente do IN013 – Índice de Perdas no

Faturamento definido pelo SNIS e apresentado anteriormente. Tal diferença decorre do fato de que neste último subtrai-se tanto do numerador como do denominador o AG024 – Volume de Serviço.

Essa informação apresenta valores muito distintos reportados pelas diversas prestadoras. Espera-se que seja um volume irrisório, correspondente à água utilizada nos próprios processos de abastecimento, tratamento de esgoto ou transportado por caminhões-pipa. Porém, há tanto casos nos quais o volume de serviço é nulo, como casos nos quais ele é responsável por um percentual representativo do total de água produzida. Por exemplo, há empresas que incluem o volume de perdas sociais (água utilizada em regiões carentes, mas não faturada) no volume de serviço reportado ao SNIS, elevando desproporcionalmente o dado desses prestadores.

3.2.3 IN049 – Índice de Perdas na Distribuição

Este indicador procura aferir a relação entre a água perdida na distribuição com relação ao total produzido e importado, obedecendo à seguinte expressão matemática:

$$IN049 = \frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} \times 100$$

Conforme definido pelo SNIS, o AG010 – Volume de Água Consumido corresponde ao volume anual de água consumido por todos os usuários, compreendendo o volume micromedido, o volume de consumo estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro ou com hidrômetro parado, acrescido do volume de água tratada exportado para outro prestador de serviços.

3.2.4 IN051 – Índice de Perdas por Ligação

Este indicador procura aferir o volume médio perdido na distribuição em cada ligação de água ativa entre o ano de referência e o anterior a esse, obedecendo à seguinte expressão matemática:

$$IN051 = \frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG002^*} \times \frac{1.000.000}{365}$$

A única variável empregada em seu cálculo ainda não definida é a AG002 – Quantidade de Ligações Ativas de Água. Segundo o SNIS, tal variável corresponde à quantidade de ligações ativas de água, providas ou não de hidrômetro, que estavam conectadas à rede de abastecimento de água e com água disponibilizada pelo prestador no ano de referência. O asterisco, por sua vez, designa a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo, conforme notação do próprio SNIS.

3.3 COMPOSIÇÃO DA AMOSTRA

Foram coletadas informações agregadas do Brasil, de suas macrorregiões e das unidades federativas. Além disso, foram levantados também os dados dos 100 maiores municípios brasileiros em termos de estimativas populacionais de 2020 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).⁵ O Quadro 7 reúne as observações que compõem essa amostra.

QUADRO 7: MUNICÍPIOS CONSIDERADOS NA AMOSTRA

Município	UF	População (IBGE)	Classificação
São Paulo	SP	12.325.232	1
Rio de Janeiro	RJ	6.747.815	2
Brasília	DF	3.055.149	3
Salvador	BA	2.886.698	4
Fortaleza	CE	2.686.612	5
Belo Horizonte	MG	2.521.564	6

⁵ Embora calculadas originalmente pelo IBGE, tais estimativas populacionais ao nível municipal constam no SNIS. Portanto, para a avaliação deste trabalho, considerou-se o dado presente neste último.

Manaus	AM	2.219.580	7
Curitiba	PR	1.948.626	8
Recife	PE	1.653.461	9
Goiânia	GO	1.536.097	10
Belém	PA	1.499.641	11
Porto Alegre	RS	1.488.252	12
Guarulhos	SP	1.392.121	13
Campinas	SP	1.213.792	14
São Luís	MA	1.108.975	15
São Gonçalo	RJ	1.091.737	16
Maceió	AL	1.025.360	17
Duque de Caxias	RJ	924.624	18
Campo Grande	MS	906.092	19
Natal	RN	890.480	20
Teresina	PI	868.075	21
São Bernardo do Campo	SP	844.483	22
Nova Iguaçu	RJ	823.302	23
João Pessoa	PB	817.511	24
São José dos Campos	SP	729.737	25
Santo André	SP	721.368	26
Ribeirão Preto	SP	711.825	27
Jaboatão dos Guararapes	PE	706.867	28
Osasco	SP	699.944	29
Uberlândia	MG	699.097	30
Sorocaba	SP	687.357	31
Contagem	MG	668.949	32
Aracaju	SE	664.908	33
Feira de Santana	BA	619.609	34
Cuiabá	MT	618.124	35
Joinville	SC	597.658	36
Aparecida de Goiânia	GO	590.146	37
Londrina	PR	575.377	38
Juiz de Fora	MG	573.285	39
Porto Velho	RO	539.354	40
Ananindeua	PA	535.547	41
Serra	ES	527.240	42
Caxias do Sul	RS	517.451	43
Niterói	RJ	515.317	44
Belford Roxo	RJ	513.118	45
Macapá	AP	512.902	46
Campos dos Goytacazes	RJ	511.168	47
Florianópolis	SC	508.826	48
Vila Velha	ES	501.325	49
Mauá	SP	477.552	50
São João de Meriti	RJ	472.906	51
São José do Rio Preto	SP	464.983	52
Mogi das Cruzes	SP	450.785	53
Betim	MG	444.784	54
Santos	SP	433.656	55
Maringá	PR	430.157	56
Diadema	SP	426.757	57
Jundiá	SP	423.006	58
Boa Vista	RR	419.652	59
Montes Claros	MG	413.487	60

Rio Branco	AC	413.418	61
Campina Grande	PB	411.807	62
Piracicaba	SP	407.252	63
Carapicuíba	SP	403.183	64
Olinda	PE	393.115	65
Anápolis	GO	391.772	66
Cariacica	ES	383.917	67
Bauru	SP	379.297	68
Itaquaquecetuba	SP	375.011	69
São Vicente	SP	368.355	70
Vitória	ES	365.855	71
Caruaru	PE	365.278	72
Caucaia	CE	365.212	73
Blumenau	SC	361.855	74
Franca	SP	355.901	75
Ponta Grossa	PR	355.336	76
Petrolina	PE	354.317	77
Canoas	RS	348.208	78
Pelotas	RS	343.132	79
Vitória da Conquista	BA	341.128	80
Ribeirão das Neves	MG	338.197	81
Uberaba	MG	337.092	82
Paulista	PE	334.376	83
Cascavel	PR	332.333	84
Praia Grande	SP	330.845	85
São José dos Pinhais	PR	329.058	86
Guarujá	SP	322.750	87
Taubaté	SP	317.915	88
Limeira	SP	308.482	89
Petrópolis	RJ	306.678	90
Santarém	PA	306.480	91
Palmas	TO	306.296	92
Camaçari	BA	304.302	93
Mossoró	RN	300.618	94
Suzano	SP	300.559	95
Taboão da Serra	SP	293.652	96
Várzea Grande	MT	287.526	97
Sumaré	SP	286.211	98
Santa Maria	RS	283.677	99
Gravataí	RS	283.620	100

Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

3.4 OBSERVAÇÕES ATÍPICAS

Conforme mencionado anteriormente, as informações computadas pelo SNIS são autodeclaradas. Assim, pode haver assimetrias no preenchimento dos dados apresentados pelos operadores. Tais assimetrias podem advir, por exemplo, de diferenças

metodológicas ou, em outras palavras, da interpretação divergente de um mesmo conceito entre os operadores. Além disso, pode haver falhas no preenchimento dos questionários.

Neste sentido, o IN013 – Índice de Perdas no Faturamento apresentou resultados contraintuitivos, donde podem prescindir de revisão ou de retificação:

- O município de Petrópolis (RJ) apresentou um índice de -0,45% em 2020; e
- O município de Praia Grande (SP) apresentou um índice de -5,61% em 2020.

Embora seja possível que alguns operadores apresentem índices negativos, trata-se de um cenário bastante incomum. Tanto em 2019 como em 2020, nenhum município apresentou IPFT – Índice de Perdas de Faturamento Total negativo, logo é possível inferir que a divergência se deve potencialmente ao AG024 – Volume de Serviço, pois é a única informação diferente no computo de ambos os indicadores.

Conforme mencionado anteriormente, as prestadoras possuem interpretações distintas acerca do preenchimento desse campo, o que pode justificar a situação particular dos três municípios acima. Apesar disso, o indicador foi integralmente considerado tal qual divulgado no SNIS.

3.5 IMPACTOS DA REDUÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA

Para se estimar os potenciais ganhos com a redução de perdas no Brasil, tomou-se como base o IPFT – Índice de Perdas no Faturamento Total, o qual inclui perdas comerciais e perdas físicas. Os benefícios esperados são de aumento da receita (com a redução das perdas comerciais) e diminuição de custos (com a queda nas perdas físicas).

Para realizar o cálculo desses impactos, estimou-se inicialmente o balanço hídrico do Brasil, quantificando o custo total das perdas em 2020. Em uma segunda etapa, foram propostos cenários para a redução de perdas de água, tendo cada resultado sido comparado ao patamar atual como referência.

3.5.1 Custo Total das Perdas de Água

Nesta etapa, procurou-se mensurar o custo total gerado pelas perdas de água (físicas e comerciais) no Brasil. Assim, os cálculos apresentam as perdas financeiras em termos totais ou os impactos auferidos caso as perdas sejam reduzidas a 0%. Este cenário é importante para dar uma dimensão geral do problema e avaliar os possíveis ganhos com a redução das perdas de água apesar de um cenário de perda zero ser inviável.

- 1) Estimação do balanço hídrico utilizando as informações agregadas para o Brasil, reportadas no SNIS 2020 (Quadro 8). Para a divisão das perdas de água entre perdas físicas e comerciais optou-se por utilizar a referência do Banco Mundial⁶ para países em desenvolvimento, que indica que as perdas podem ser divididas em 60% de perdas físicas e 40% de perdas comerciais.

QUADRO 8: BALANÇO HÍDRICO

Água que entra no sistema (inclui água importada)	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido	Água faturada
		Consumo faturado não medido	
	Consumo autorizado não faturado (vol. de serviços)		Água não faturada
	Perdas aparentes (comerciais)		
	Perdas reais (físicas)		

Fonte: IWA 2000. Elaboração: GO Associados.

- 2) Quantificação dos impactos gerados pela redução de perdas físicas. A redução das perdas físicas gera como principal benefício a redução dos custos dos operadores, já que em um cenário de menores perdas físicas os operadores poderiam reduzir a produção de água e manter os níveis de atendimento.

⁶ LIEMBERGER, Roland et al. The Challenge of Reducing Non-Revenue Water in Developing Countries-How the Private Sector Can Help: A Look at Performance-Based Service Contracting. 2006. Disponível em: <http://documents1.worldbank.org/curated/en/385761468330326484/pdf/394050Reducing1e0water0WSS81PUBLIC1.pdf>. Acesso em: 06/05/2021.

- a) Estimou-se o custo marginal de produção de água no Brasil com base nos custos por m³ dispendidos com produtos químicos, energia e serviços de terceiros⁷.
- b) Multiplicou-se o custo marginal de produção de água pelo volume das perdas físicas em m³.

Matematicamente:

$$\text{Impacto PF (R\$)} = \text{Vol. PF (m}^3\text{)} \times \text{CMg Prod. Água (R\$/m}^3\text{)}$$

- 3) Quantificação dos impactos gerados pela redução de perdas comerciais. Por sua vez, a redução das perdas comerciais gera um aumento das receitas dos operadores uma vez que aumenta o volume faturado de água. Assim, os impactos da redução das perdas comerciais consistem na multiplicação da tarifa média de água (de acordo com o último SNIS) pelo volume das perdas comerciais de água.

Matematicamente:

$$\text{Impacto PC (R\$)} = \text{Vol. PC (m}^3\text{)} \times \text{IN005 (R\$/m}^3\text{)}$$

- 4) Quantificação dos impactos gerados pela redução dos volumes de serviços. A redução dos volumes de serviços gera como principal benefício a redução dos custos dos operadores, já que em um cenário de menores volumes gastos com serviços os operadores poderiam reduzir a produção de água e manter os níveis de atendimento.
 - a) Estimou-se o custo marginal de produção de água no Brasil com base nos custos por m³ dispendidos com produtos químicos, energia e serviços de terceiros⁷.
 - b) Multiplicou-se o custo marginal de produção de água pelo volume de serviços em m³.

⁷ Para o caso dos serviços de terceiros considerou-se parcela de 20% do total gasto como equivalente a manutenções operacionais que podem ser reduzidas com as quedas nas perdas.

Matematicamente:

$$\text{Impacto AG024 (R\$)} = \text{AG024 (m}^3\text{)} \times \text{CMg Prod. \u00c1gua (R\$/m}^3\text{)}$$

- 5) Quantifica\u00e7\u00e3o dos impactos totais gerados pela redu\u00e7\u00e3o de perdas de \u00e1gua.
Os impactos totais da redu\u00e7\u00e3o das perdas de \u00e1gua consistem na somat\u00f3ria dos impactos causados pela redu\u00e7\u00e3o das perdas f\u00edsicas, comerciais e volume de servi\u00e7os.

Matematicamente:

$$\text{Impacto Tot.} = \text{Impacto PF} + \text{Impacto PC} + \text{Impacto AG024}$$

3.5.2 Diferentes Cen\u00e1rios de Redu\u00e7\u00e3o

- 6) Defini\u00e7\u00e3o dos cen\u00e1rios de redu\u00e7\u00e3o de perdas. Foram definidos tr\u00eas cen\u00e1rios para a m\u00e9dia nacional do n\u00edvel de perdas, com base no n\u00edvel a ser alcan\u00e7ado em 2034: 15% (otimista), 25% (realista) e 35% (pessimista). \u00c9 v\u00e1lido mencionar que mesmo a primeira dessas metas ainda se situa acima de \u00edndices j\u00e1 alcan\u00e7ados por pa\u00edses como Estados Unidos e Austr\u00e1lia, ou munic\u00edpios como Nova Iorque, Toronto, T\u00f3quio, Copenhague e Cingapura. Portanto, entende-se que, embora bastante desafiador, \u00e9 poss\u00edvel alcan\u00e7ar indicadores iguais ou inferiores a 15%. Exceto pelo cen\u00e1rio pessimista, tais objetivos s\u00e3o mais ambiciosos do que o estabelecido pelo Plano Nacional de Saneamento (Plansab) em 2013, que previa um \u00edndice de perdas de 31% em 2033. J\u00e1 o cen\u00e1rio realista tido como base foi estabelecido pela Portaria n\u00b0 490/2021.
- 7) Quantifica\u00e7\u00e3o dos ganhos brutos da redu\u00e7\u00e3o de perdas. Como mostrado ao longo da se\u00e7\u00e3o, a redu\u00e7\u00e3o de perdas ter\u00e1 como consequ\u00eancias positivas a redu\u00e7\u00e3o de custos (tendo-se em vista a redu\u00e7\u00e3o de produ\u00e7\u00e3o) e o aumento das receitas para a concession\u00e1ria (tendo-se em vista o aumento do volume faturado).

- a) Assim, são quantificados conforme a curva de redução dos cenários propostos no item 5, os ganhos anuais da redução de cada uma das variáveis (perdas físicas e perdas comerciais) e o impacto total é comparado com o nível atual de perdas.
- b) Por exemplo, se o impacto total das perdas calculado no item 4 é igual a R\$ 100 para 2020, e o valor estimado para 2021 é de R\$ 95, os ganhos brutos com a redução de perdas em 2021 são de R\$ 5.

QUADRO 9: EXEMPLO DE GANHOS BRUTOS DE REDUÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA

Ano	Impacto Total das Perdas	Ganhos Brutos de Redução das Perdas
2020 (ano 0)	100	-
2021 (ano 1)	95	5
2022 (ano 2)	80	20
	⋮	

Elaboração: GO Associados.

- 8) Quantificação dos ganhos líquidos da redução de perdas. Para medir o ganho líquido do programa de redução de perdas ao longo do tempo é preciso também estimar os investimentos necessários nas diversas ações a serem realizadas: caça-vazamentos, troca de tubulações, conexões e ramais, caça-fraude, troca de hidrômetros, entre outros.
- a) Neste caso, a premissa utilizada para o investimento foi a de que o custo do programa de redução de perdas corresponde a cerca de 50% do seu benefício⁸. Na prática, entende-se que essa relação dependerá muito do tipo de investimento a ser realizado (redução de perda física, redução de perda comercial), do estágio das perdas em cada município e das próprias características de cada sistema de abastecimento.

⁸ Este percentual é mencionado em estudo da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 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. Rio de Janeiro, RJ, 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/16052-Perdas-em-sistemas-de-abastecimento-de-agua-diagnostico-potencial-de-ganhos-com-sua-reducao-e-propostas-de-medidas-para-o-efetivo-combate.html>. Acesso em: 18/05/2021.

- b) O ganho líquido consiste no ganho bruto líquido dos investimentos. Ou seja, para um benefício de R\$ 10 bilhões, o custo será de R\$ 5 bilhões e o ganho líquido, de R\$ 5 bilhões.

4 DIAGNÓSTICO DAS PERDAS DE ÁGUA

O objetivo desta seção é realizar uma avaliação dos indicadores de perdas de água atuais aos níveis mundial, nacional, regional e estadual.

4.1 MUNDIAL

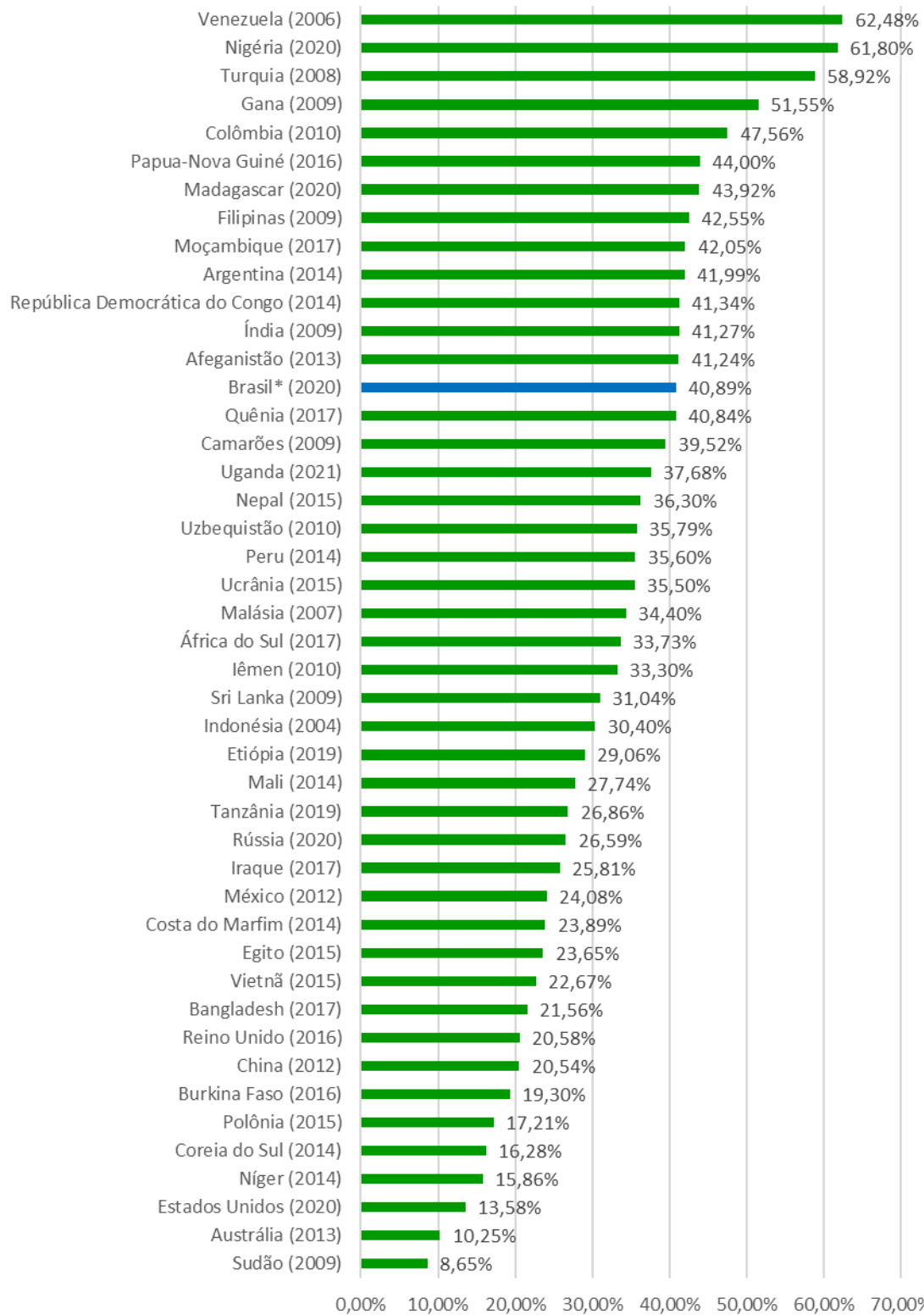
Esta subseção busca apresentar o padrão internacional do nível de perdas. É importante levar em consideração que, em muitos países, a diferenciação entre o volume consumido e o volume faturado não é comumente utilizada. Assim sendo, as estatísticas apresentadas têm como propósito evidenciar a tendência geral, mas não ordenar os países diretamente, uma vez que a comparação entre os indicadores pode gerar distorções oriundas das diferentes metodologias de cálculo.

A principal fonte de informações sobre água não faturada a nível mundial é a *International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities* (IBNET). Vale destacar que a periodicidade dos dados disponíveis varia bastante entre os países, de tal modo que algumas observações datam de anos recentes, enquanto noutras os valores disponíveis mais atuais são referentes ao início dos anos 2000.

O Quadro 10 apresenta os índices de perdas de cada país no ano cujo dado mais recente estava presente. Para fins de visualização, considera-se o coorte de países cujas estimativas populacionais do Banco Mundial⁹ para o ano de 2020 eram superiores a 20 milhões de habitantes. Tal subamostra contém 45 observações, cujas populações somadas correspondem a aproximadamente 80% da população mundial nesse ano.

⁹ Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>. Acesso em: 13/05/2022.

QUADRO 10: ÍNDICES DE PERDAS – PAÍSES DO MUNDO



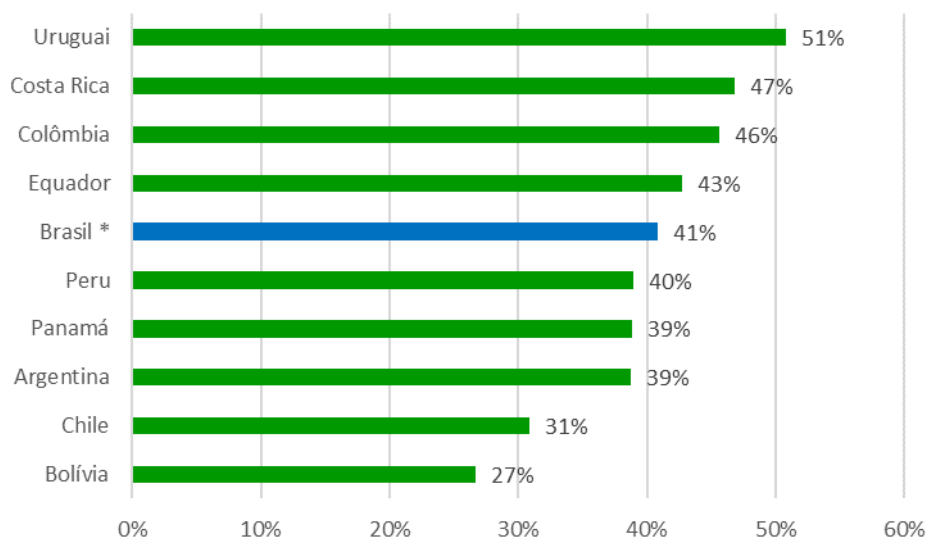
* No caso brasileiro, adotou-se o IPFT – Índice de Perdas no Faturamento Total, calculado com dados do SNIS 2020 para todo o território nacional. Fonte: IBNET 2021. Elaboração: GO Associados.

É possível constatar que o Brasil se encontra distante tanto de países desenvolvidos, como de seus pares em desenvolvimento. O país obteve a 42ª posição no ordenamento das 45 nações analisadas, ficando atrás da China (2012), da Rússia (2020) e da África do Sul (2017), estando à frente somente da Índia (2009) em duas posições.

Em relação à situação de perdas na América Latina, a *Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Americas* (ADERASA) possui dados desagregados ao nível de 97 operadores de saneamento distintos em dez países latinoamericanos. No caso, o indicador de interesse é o IOA-09 (*Pérdidas en Red en Porcentaje de Agua Despachada*), que mede a perda na rede em relação ao total de água que nela ingressou em termos percentuais.

Assim como o SNIS, a ADERASA realiza frequentemente um informe anual contendo dados defasados em um ano. Logo, embora sua edição mais recente date de 2021, as informações lá contidas são referentes a 2019. Ademais, como dito acima, os dados são observados ao nível do prestador de serviços, o que não é o foco do presente estudo. Logo, agregaram-se as observações utilizando-se a média aritmética simples dos índices de perdas por país, e tais resultados são apresentados no Quadro 11.

QUADRO 11: ÍNDICES DE PERDAS – PAÍSES LATINOAMERICANOS



* No caso brasileiro, adotou-se o IPFT – Índice de Perdas no Faturamento Total, calculado com dados do SNIS 2020 para todo o território nacional. Fonte: ADERASA 2021. Elaboração: GO Associados.

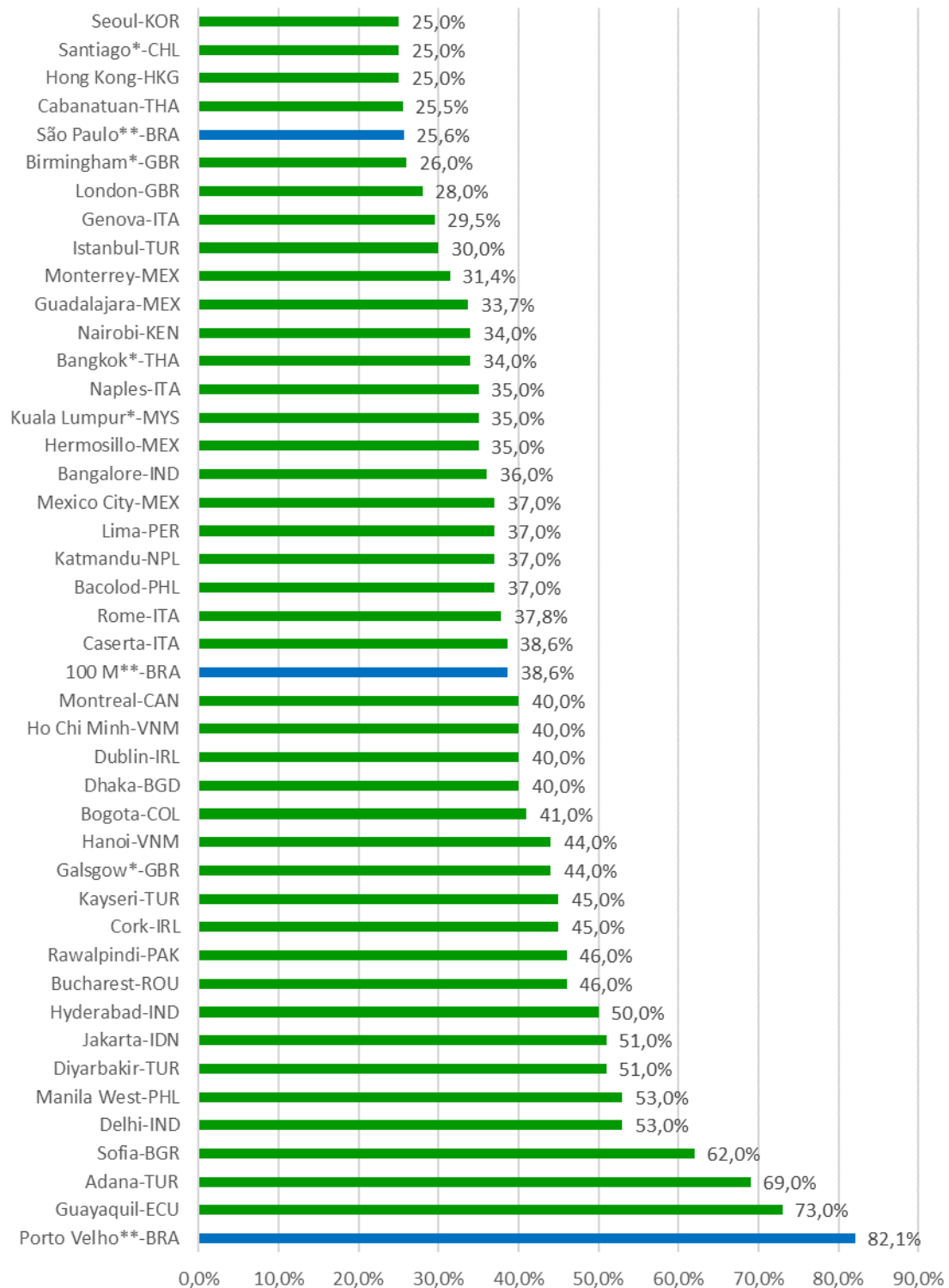
Quando comparado a países com níveis de desenvolvimento próximos ao seu, o Brasil apresenta resultados aparentemente insatisfatórios, permanecendo em sexto dentre as dez unidades analisadas, encontrando-se mais próximo do último colocado (Uruguai, com 51%) do que do primeiro (Bolívia, com 27%) em termos do índice de perdas.

Finalmente, uma fonte de informações acerca de água não faturada ao nível municipal dentre diferentes países do mundo é a *The Smart Water Networks Forum* (SWAN). No entanto, a edição mais recente da pesquisa que investiga esse indicador data de agosto de 2011, isto é, os dados estão defasados em mais de uma década. A edição engloba 87 municípios de 47 países, mas a única cidade brasileira que consta na pesquisa é São Paulo (SP), cujo indicador foi atualizado utilizando o IPFT – Índice de Perdas no Faturamento Total calculado com dados do SNIS 2020.

Para fins ilustrativos, inseriu-se o mesmo indicador médio amostral dos 100 municípios contemplados por este Estudo, além do dado municipal daquele que se destacou pela pior performance em 2020: Porto Velho (RO). Ademais, foram selecionados aqueles municípios cujas perdas ultrapassavam 25% para fins de comparação, uma vez que esta é a meta estabelecida tida como referência internamente. Os resultados desse exercício são apresentados no Quadro 12.

É possível perceber que a média amostral de todos os 100 municípios brasileiros mais populosos de 2020 é alta, quando comparada a dos demais municípios da amostra, embora bastante heterogênea. De um lado, há municípios como São Paulo (SP), próximos da meta estabelecida pela Portaria nº 490/2021 do MDR, e outros municípios com índices de perdas até inferiores. Do outro, há municípios com índices de perdas bastante elevados, sendo a evidência cabal disso Porto Velho (RO), uma vez que apresentou um perdas no faturamento mais de dez pontos percentuais maiores do que o último colocado da base SWAN 2011 – Guayaquil (Equador), com 73%.

QUADRO 12: ÍNDICES DE PERDAS – MUNICÍPIOS DO MUNDO



* Um asterisco indica que a taxa se refere a toda a rede operada pelo prestador daquele município.

** Nos casos brasileiros, adotou-se o IPFT – Índice de Perdas no Faturamento Total, calculado para cada caso com dados do SNIS 2020. Fonte: SWAN 2011. Elaboração: GO Associados.

4.2 NACIONAL

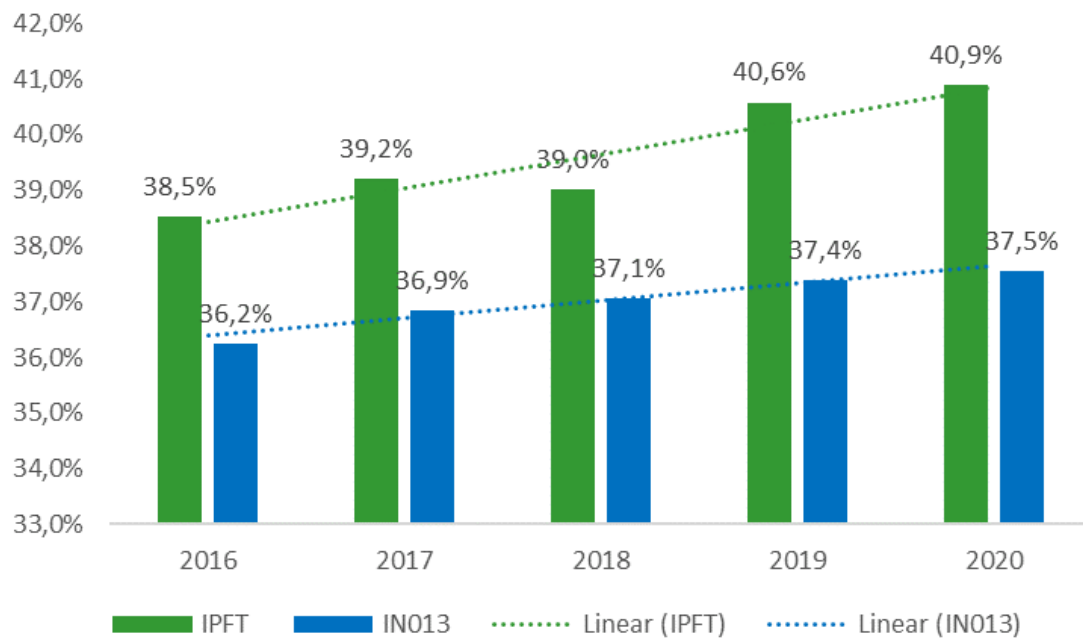
Quando se compara os indicadores de perdas de água do Brasil com os padrões internacionais, observa-se que o sistema de abastecimento ainda apresenta grande distância da fronteira tecnológica em termos de eficiência. A média nacional do IN013 – Índice de Perdas no Faturamento em 2020 foi de 37,54%, mais de 20 pontos percentuais acima da média dos países desenvolvidos, que é de 15%, e acima da média dos países em desenvolvimento, que é de 35%. Tais estatísticas estrangeiras foram fornecidas pelo Banco Mundial¹⁰ e correspondem a valores de 2006, o que torna a situação interna ainda mais grave, quando se considera que a passagem do tempo é geralmente acompanhada de melhora no setor, oriunda principalmente de avanços tecnológicos e de investimentos.

O quadro torna-se ainda mais preocupante ao se verificar que a maior parte das empresas não mede as perdas de água de maneira consistente. Por exemplo, não são divulgados indicadores que reflitam de maneira independente as perdas físicas e as comerciais. O Quadro 13 mostra a evolução das perdas no faturamento no quinquênio mais recente disponível no SNIS, indicando que poucos foram os esforços realizados com o intuito de diminuir as perdas de água no Brasil. Pode-se inclusive constatar que os índices observados ao final do período (2020) são superiores àqueles auferidos cinco anos antes (2016), além de apresentarem tendência de crescimento no período.

Retrocesso de magnitude semelhante é observado nas perdas na distribuição do Brasil no mesmo período, presente no Quadro 14. O valor observado para o indicador aumenta ano após ano, inclusive acelerando-se em anos mais recentes, evidenciando a necessidade de maiores esforços visando à diminuição das perdas.

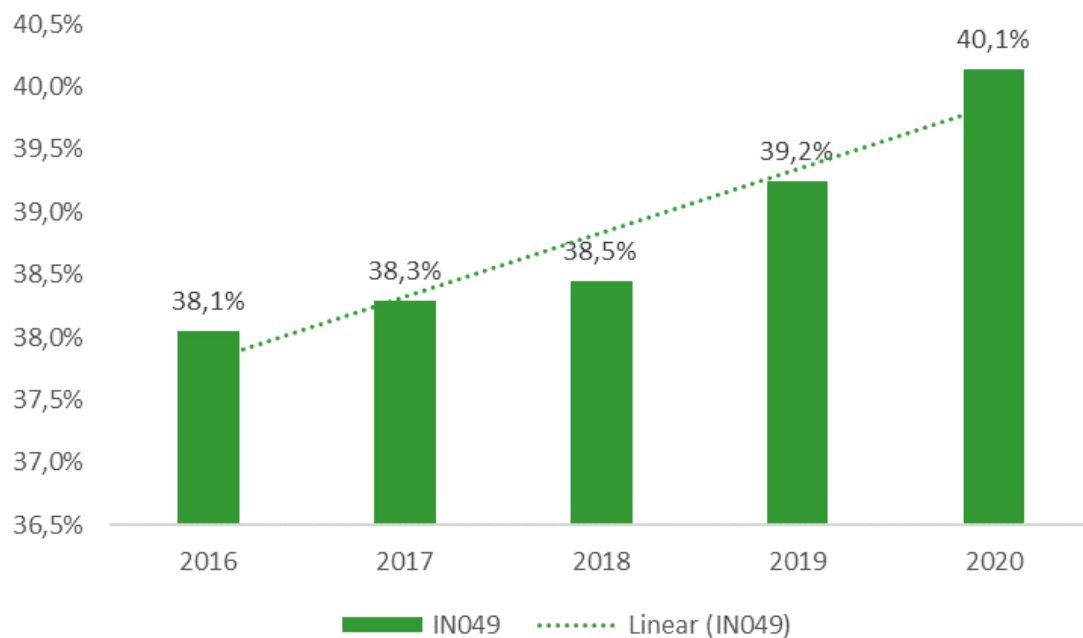
¹⁰ LIEMBERGER, Roland et al. The Challenge of Reducing Non-Revenue Water in Developing Countries-How the Private Sector Can Help: A Look at Performance-Based Service Contracting. 2006. Disponível em: <http://documents1.worldbank.org/curated/en/385761468330326484/pdf/394050Reducing1e0water0WSS81PUBLIC1.pdf>. Acesso em: 13/05/2022.

QUADRO 13: EVOLUÇÃO DAS PERDAS NO FATURAMENTO – BRASIL



Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

QUADRO 14: EVOLUÇÃO DAS PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO – BRASIL

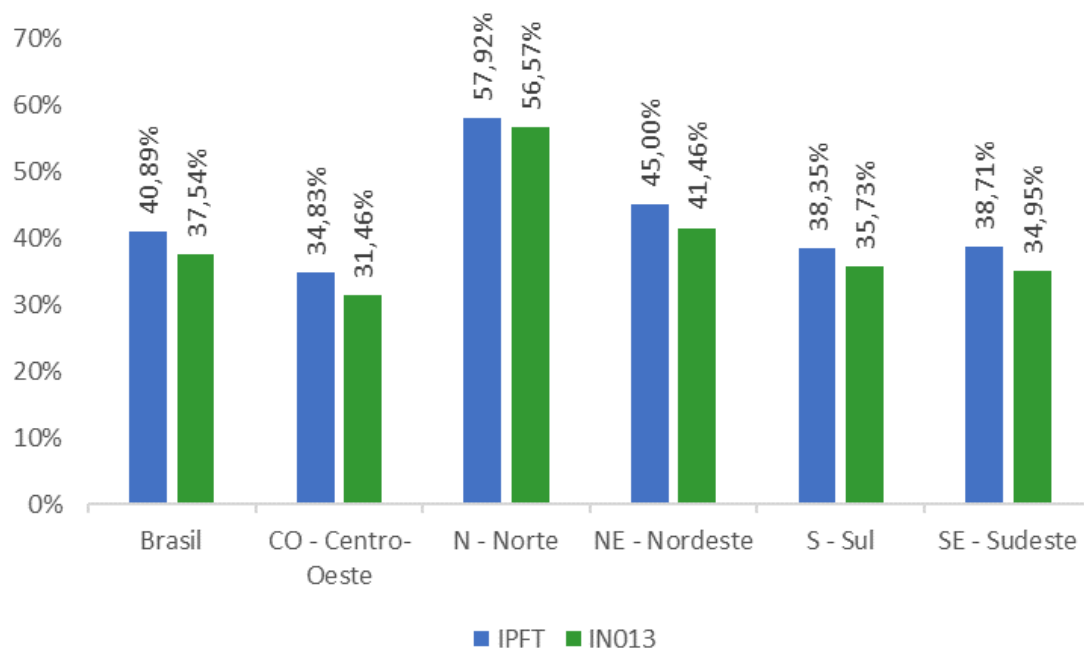


Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

4.3 REGIONAL

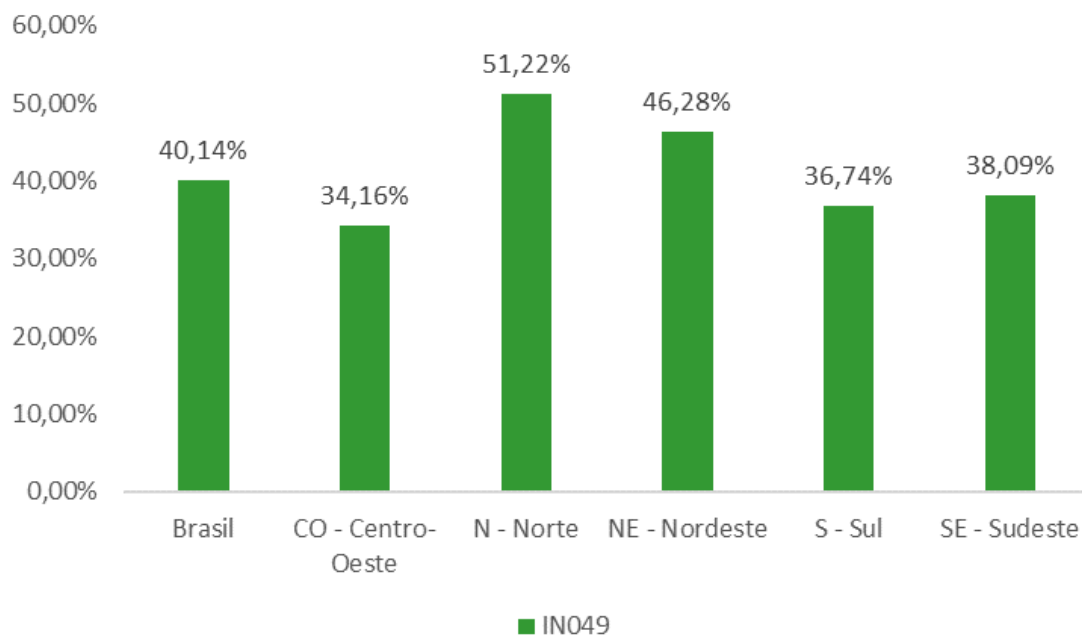
Deve-se notar que a situação de perdas no Brasil apresenta grande heterogeneidade quando se comparam suas diversas regiões. A seguir, são apresentados os indicadores de interesse com dados de 2020 ao nível regional.

QUADRO 15: PERDAS NO FATURAMENTO POR MACRORREGIÃO (2020)



Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

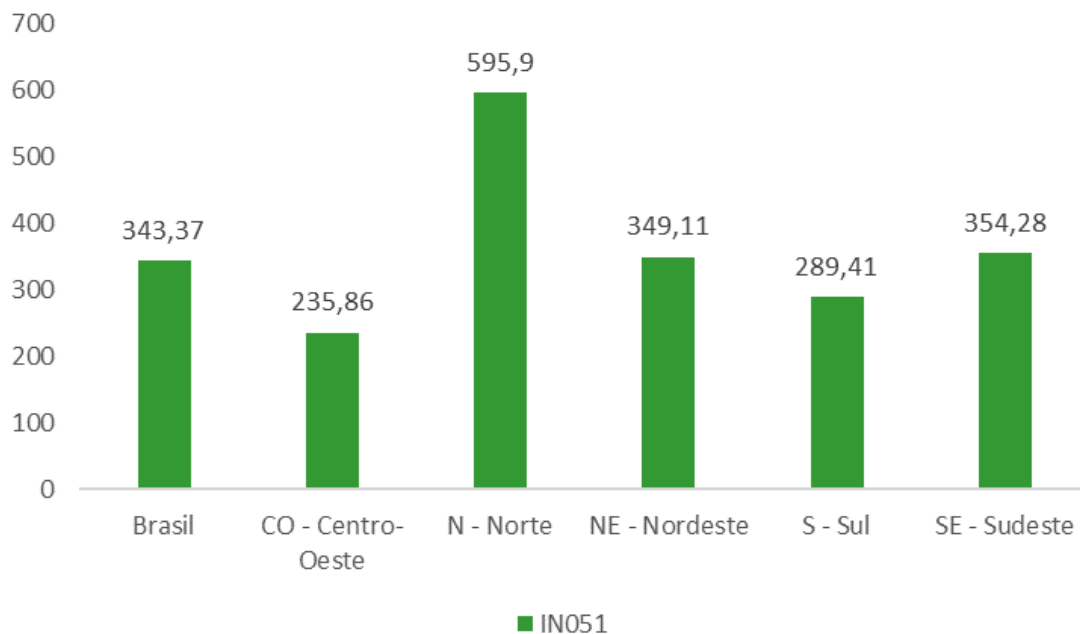
QUADRO 16: PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO POR MACRORREGIÃO (2020)



Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

Da análise conjunta do Quadro 15 e do Quadro 16, é possível concluir haver uma grande diferença entre os níveis de eficiência do abastecimento de água nas diversas regiões brasileiras, sendo as regiões Norte e Nordeste as mais carentes e que devem enfrentar maiores desafios para reduzirem os índices de perdas. Além disso, essas regiões também são aquelas que possuem os piores indicadores de atendimento de água, coleta e tratamento de esgoto.

QUADRO 17: PERDAS VOLUMÉTRICAS (L/LIGAÇÃO/DIA) POR MACRORREGIÃO (2020)

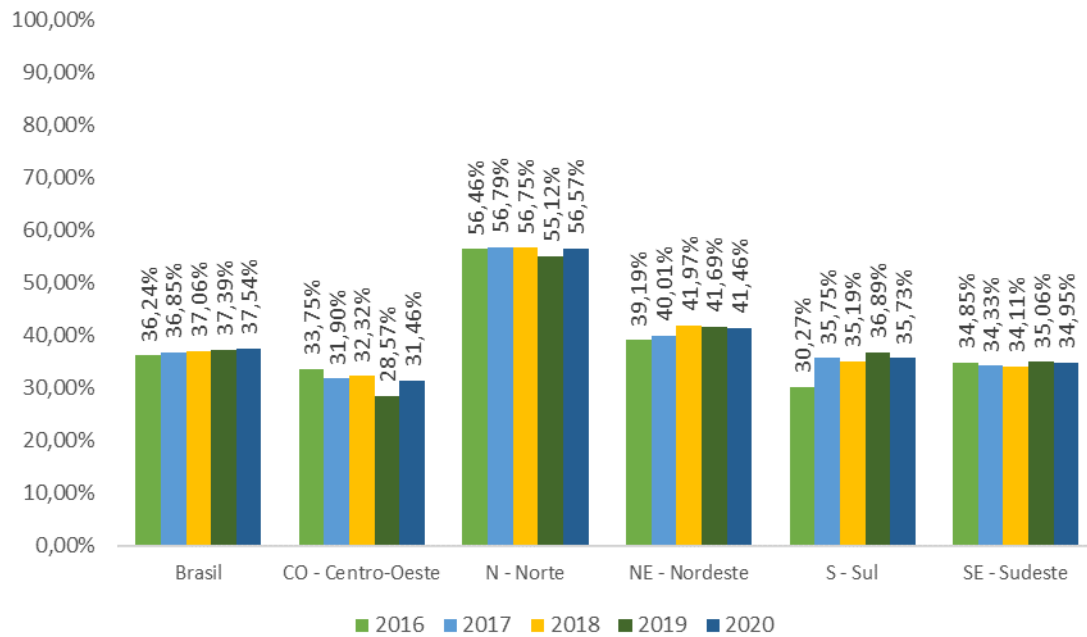


Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

Como se pode ver no Quadro 17, as médias de perdas por ligação em 2020 de todas as regiões se encontravam fora do padrão de excelência de 216 L/ligação/dia, sendo a região Centro-Oeste a que mais se aproximou dele. O pior desempenho novamente foi observado pela região Norte, com quase o triplo do nível ótimo. As três demais regiões bem como o Brasil apresentaram índices que oscilam próximos do intervalo de 300 a 350 L/ligação/dia.

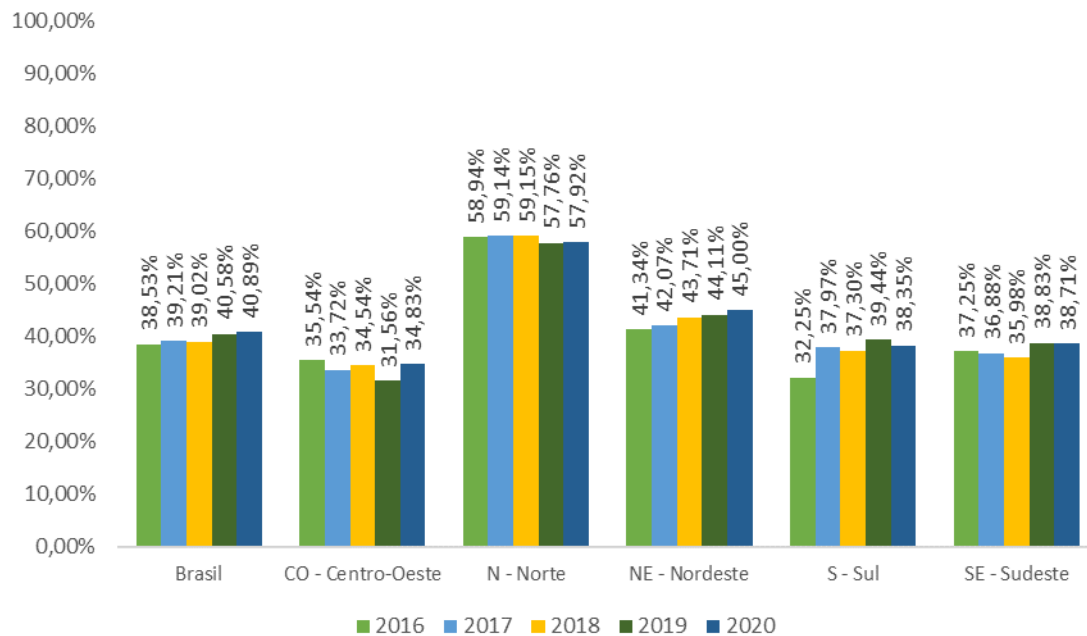
É importante ressaltar que esse indicador não é necessariamente comparável entre regiões, uma vez que ele tende a aumentar quanto maior for o volume de água produzido ou quão maior for a taxa de ocupação das residências (número de habitantes por ligação). Por esta razão, apresentam-se na sequência as evoluções deste e dos demais índices de perdas ao nível regional no quinquênio mais recente disponível no SNIS.

QUADRO 18: EVOLUÇÃO DAS PERDAS NO FATURAMENTO POR MACRORREGIÃO



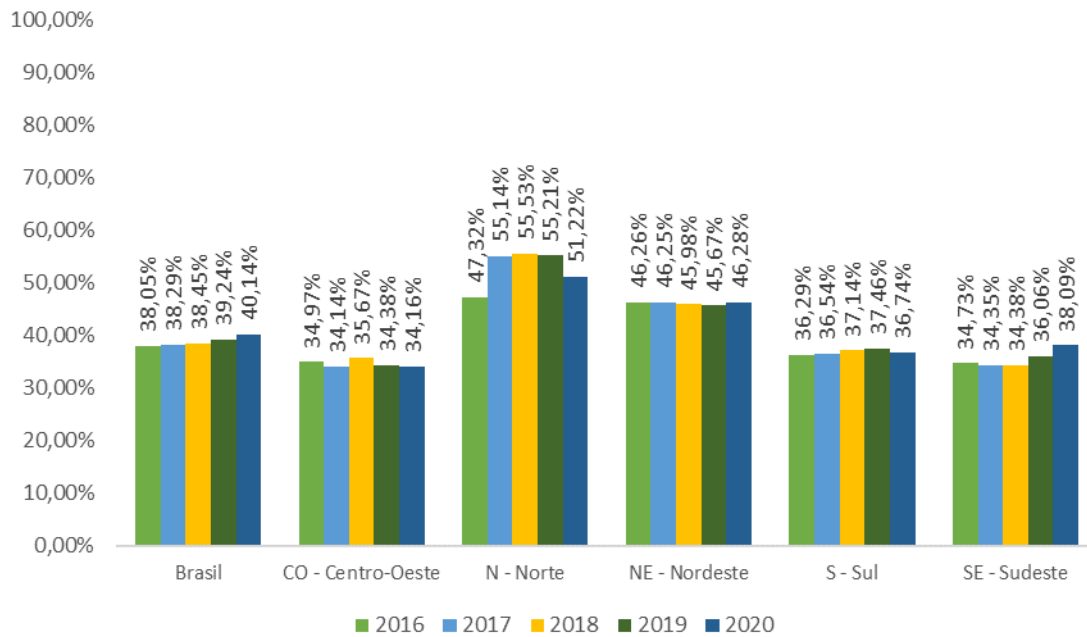
Fonte: SNIS. Elaboração: GO Associados.

QUADRO 19: EVOLUÇÃO DAS PERDAS NO FATURAMENTO TOTAL POR MACRORREGIÃO



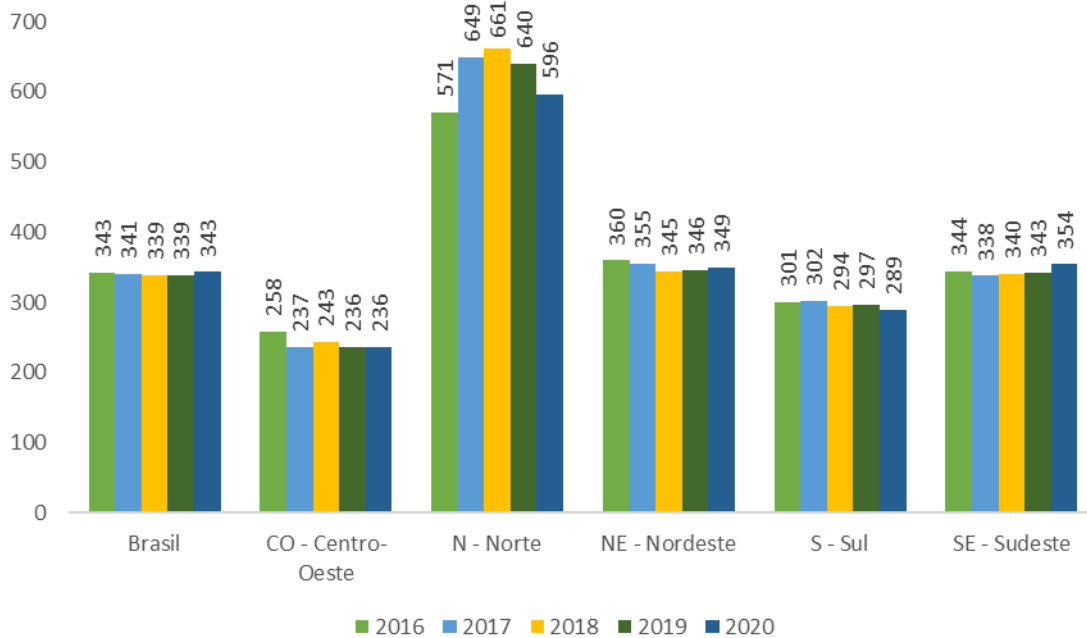
Fonte: SNIS. Elaboração: GO Associados.

QUADRO 20: EVOLUÇÃO DAS PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO POR MACRORREGIÃO



Fonte: SNIS. Elaboração: GO Associados.

QUADRO 21: EVOLUÇÃO DAS PERDAS VOLUMÉTRICAS POR MACRORREGIÃO



Fonte: SNIS. Elaboração: GO Associados.

Ao longo do período analisado, é notável que não houve nenhuma evolução significativa nos indicadores de perdas sob a perspectiva regional. Pelo contrário, a

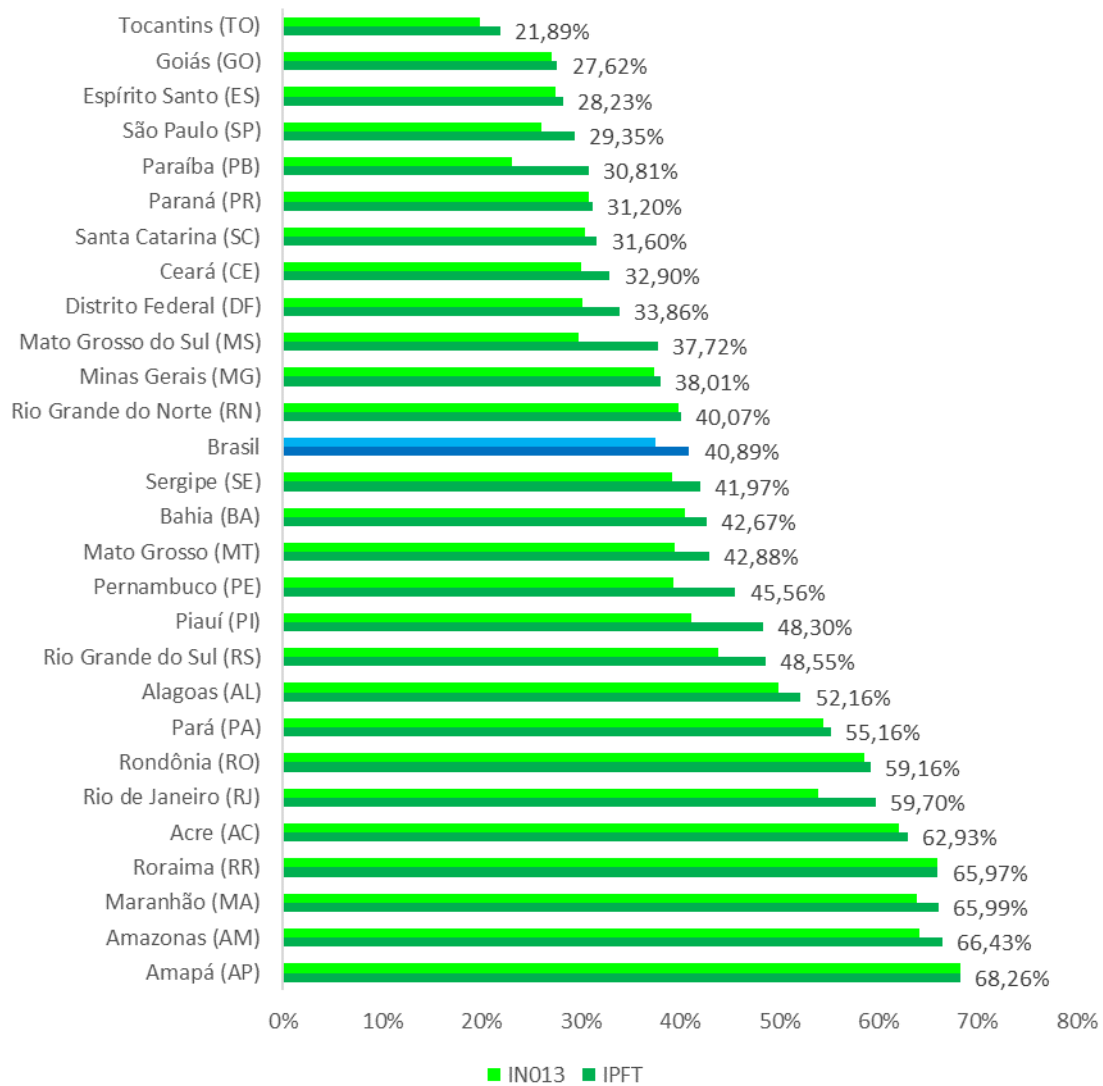
tendência é de estagnação, com poucas exceções. No caso das perdas no faturamento, a região Sul foi a que mais apresentou piora quando comparando 2020 a 2016, com aumento de 5,46 pontos percentuais, enquanto uma melhora de 2,29 pontos percentuais foi constatada na região Centro-Oeste no mesmo intervalo de tempo.

Já no indicador de perdas na distribuição, a região que mais apresentou piora nos últimos cinco anos do SNIS foi a Norte, com aumento de 3,90 pontos percentuais. Novamente, observa-se uma melhora na região Centro-Oeste, com redução de 0,81 ponto percentual no quinquênio examinado. Finalmente, sob a ótica do índice de perdas por ligação, a região que mais avançou foi a Centro-Oeste, com uma redução de mais de 20 L/ligação/dia, enquanto a região Norte foi a que mais piorou nesse período, com um aumento de mais de 20 L/ligação/dia. Contudo, pode ser que este resultado se deva a um aumento nos índices de atendimento.

4.4 ESTADUAL

Ao desagregar a análise dos indicadores de perdas a nível estadual, a tendência observada na subseção anterior é mantida, com os estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste apresentando desempenho acima da média nacional, e os estados das regiões Norte e Nordeste abaixo dela. Não obstante, há algumas exceções, a depender do indicador analisado. O Quadro 22 apresenta o índice de perdas no faturamento de 2020.

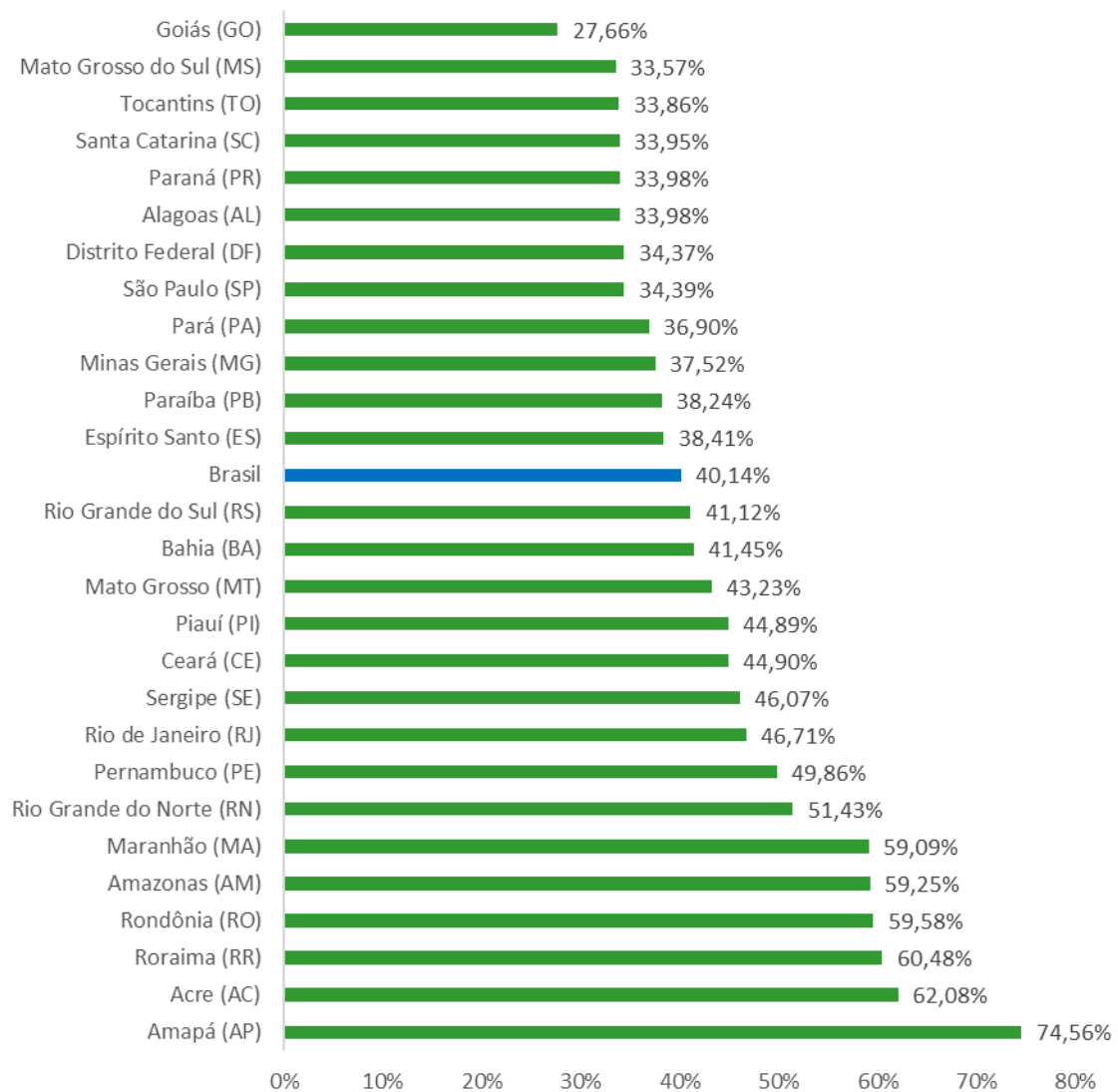
QUADRO 22: PERDAS NO FATURAMENTO POR ESTADO (2020)



Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

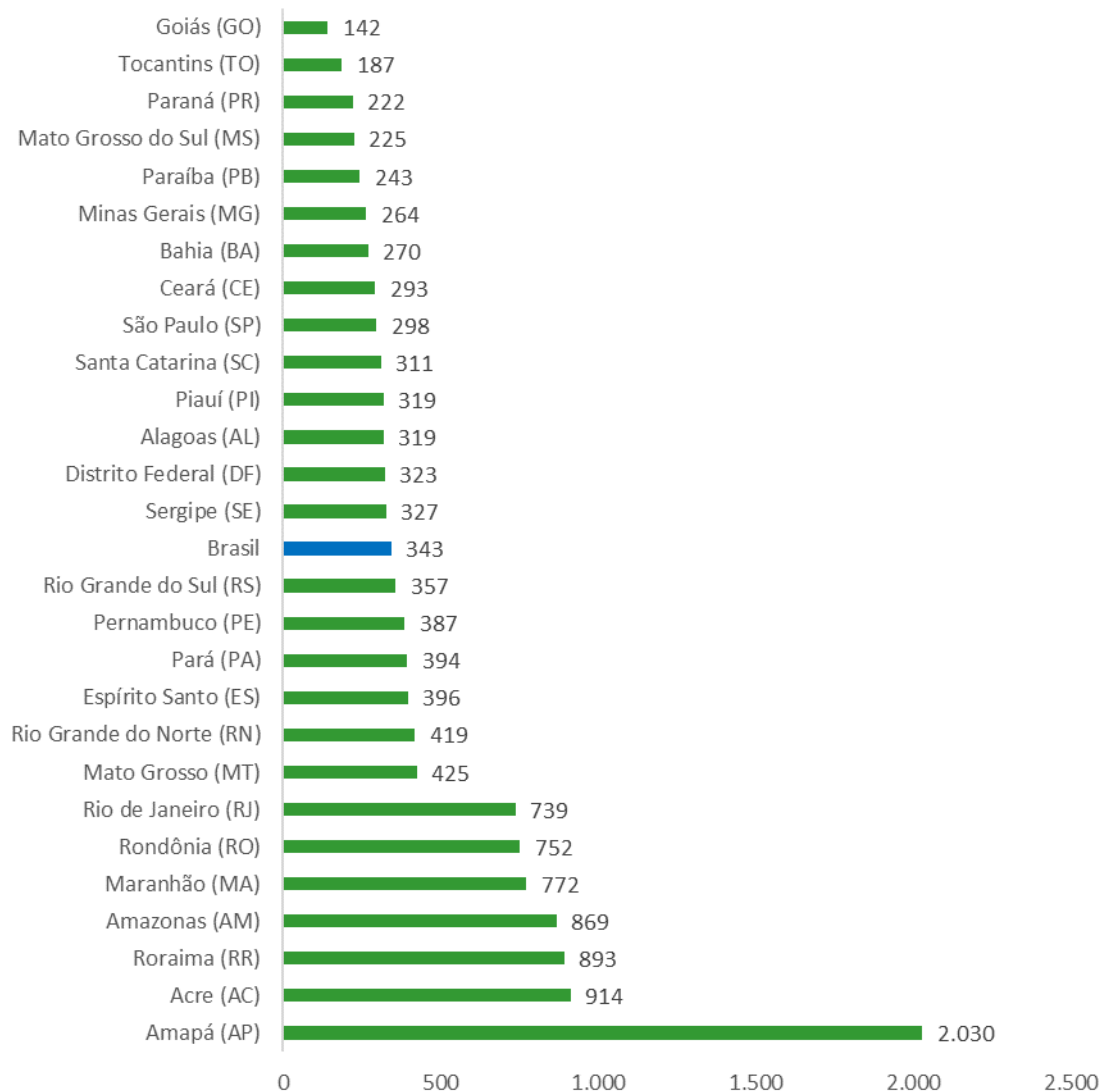
Já o Quadro 23 e o Quadro 24 apresentam, respectivamente, os índices de perdas na distribuição e de perdas por ligação.

QUADRO 23: PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO POR ESTADO (2020)



Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

QUADRO 24: PERDAS VOLUMÉTRICAS (L/LIGAÇÃO/DIA) POR ESTADO (2020)



Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

5 SITUAÇÃO ATUAL NOS 100 MAIORES MUNICÍPIOS

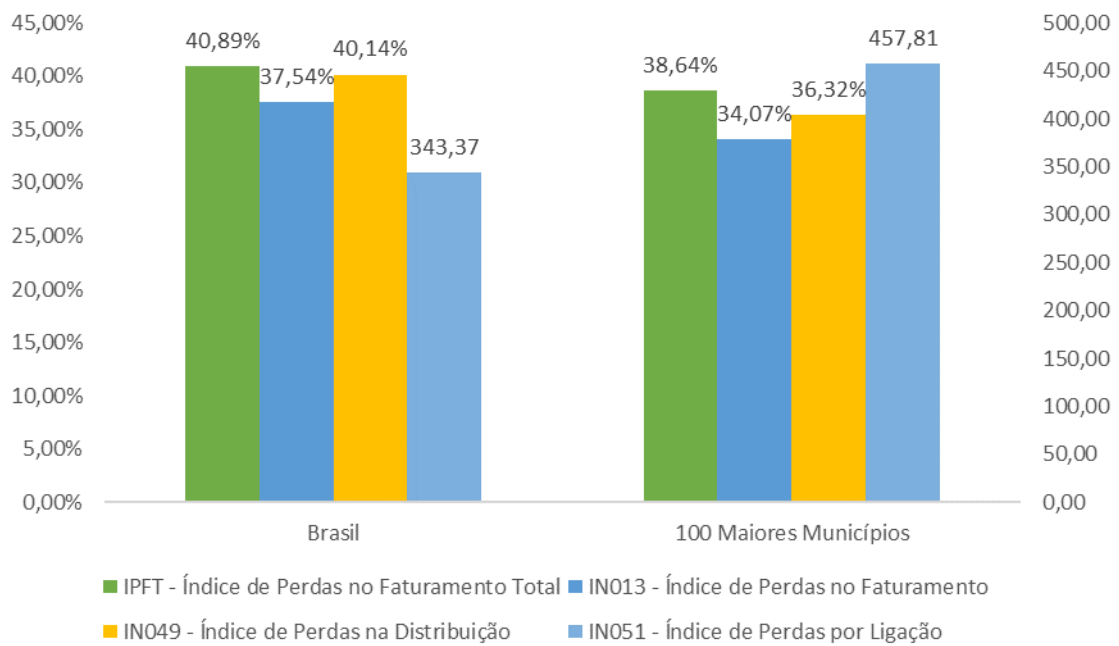
O objetivo desta seção é apresentar o desempenho dos 100 municípios mais populosos do Brasil. Essas cidades abarcam cerca de 40% da população total do país.

5.1 DIAGNÓSTICO

Conforme pode ser visto no Quadro 25, os níveis de perdas dos 100 maiores municípios do Brasil são inferiores aos índices nacionais para todos os indicadores percentuais considerados em 2020, nomeadamente: IPFT – Índice de Perdas no Faturamento Total, IN013 – Índice de Perdas no Faturamento, e IN049 – Índice de Perdas na Distribuição.

No caso do IN051 – Índice de Perdas por Ligação, a situação se inverte: o valor observado foi de 457,81 L/ligação/dia nos 100 maiores municípios, mas de 343,37 L/ligação/dia no Brasil, ressaltando que, neste caso, quanto maior for a medição, maior será a perda. Contudo, há uma possível explicação para esse caso: os municípios mais populosos possuem, em geral, abastecimento de água superior à média nacional, donde é razoável que as perdas volumétricas sejam maiores.

QUADRO 25: ÍNDICES DE PERDAS – BRASIL × 100 MAIORES MUNICÍPIOS



Fonte: SNIS 2019. Elaboração: GO Associados.

5.1.1 IN013 – Índice de Perdas no Faturamento

Este indicador procura aferir a água produzida e não faturada, subtraindo, contudo, o volume de serviços de sua base de cálculo. O Quadro 26 traz as principais estatísticas descritivas dos 100 municípios que compõem a amostra.

QUADRO 26: ESTATÍSTICAS DESCRITICAS
IN013 – ÍNDICE DE PERDAS NO FATURAMENTO

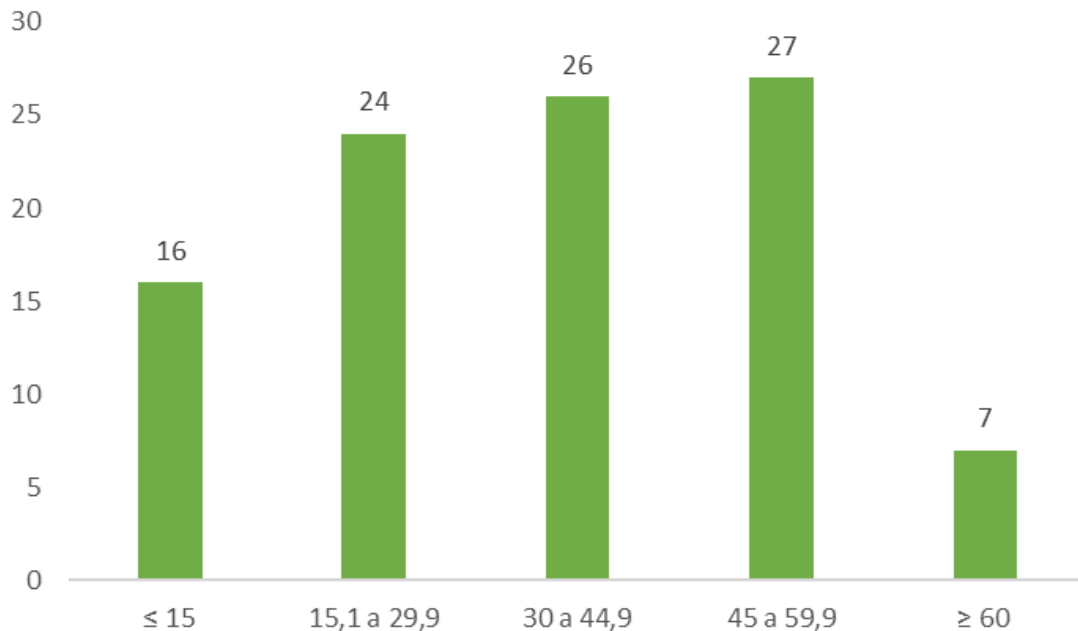
Estatísticas	
<u>INDICADOR MÉDIO¹¹</u>	<u>34,07</u>
COEF. VAR	0,52
MÁXIMO	82,09
MÉDIA	35,57
MEDIANA	34,19
DESV. PAD.	18,62
MÍNIMO	-5,61

Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

O indicador médio computado na amostra é de 34,07%. Tal valor é inferior à média nacional divulgada no SNIS 2020, que foi de 37,54%. Os pontos de máximo e mínimo correspondem, respectivamente, a Porto Velho (RO), com 82,09%, e a Praia Grande (SP), com -5,61%. O Quadro 27 traz o histograma deste indicador, mostrando a frequência dos municípios por faixas de 15%.

¹¹ Nesta e nas próximas subseções, convencionou-se distinguir o “Indicador Médio” da “Média”. Enquanto esta última corresponde à média aritmética simples entre os índices municipais contemplados pela amostra, o primeiro é composto pelo cálculo do indicador empregando as mesmas informações amostrais utilizadas para compor um indicador individual. Como esses valores são índices, eles são ponderados por alguma dimensão de grandeza de cada município, podendo ser população atendida pelo abastecimento de água ou número de ligações ativas, por exemplo. Portanto, eles não necessariamente precisam ser iguais. Inclusive, frequentemente eles não o são, o que será visto ao longo desta seção.

QUADRO 27: HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA
IN013 – ÍNDICE DE PERDAS NO FATURAMENTO



Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

Dos 100 municípios considerados, apenas 16 possuem este indicador menor 15%, sendo que dos 24 que se encontram na faixa imediatamente superior, três quartos (18) apresentam índices inferiores a 25% (valor considerado para o padrão de excelência). Ou seja, mais de um terço da amostra (34 municípios) já atinge níveis ótimos de perdas no faturamento. Contudo, o gráfico também mostra que o mesmo número de municípios (34) apresenta valores superiores a 45%.

Portanto, há um grande potencial de redução de perdas de água nesses municípios e, conseqüentemente, de aumento da disponibilidade hídrica para os usuários e de ganhos financeiros para os operadores. O Quadro 28 mostra, para este indicador, quais os 20 melhores e os dez piores colocados, bem como os valores observados de cada.

QUADRO 28: MELHORES E PIORES

IN013 – ÍNDICE DE PERDAS NO FATURAMENTO

Colocação	Município	UF	IN013
1	Praia Grande	SP	-5,61
2	Petrópolis	RJ	-0,45
3	Serra	ES	2,40
4	Campina Grande	PB	5,76
5	Taboão da Serra	SP	6,05
6	Santos	SP	6,89
7	Nova Iguaçu	RJ	7,26
8	São José do Rio Preto	SP	9,49
9	Niterói	RJ	11,07
10	Blumenau	SC	12,37
11	Franca	SP	12,53
12	Limeira	SP	12,62
13	Campinas	SP	13,47
14	Suzano	SP	14,27
15	Caruaru	PE	14,51
16	Palmas	TO	14,92
17	Uberlândia	MG	16,29
18	Goiânia	GO	17,98
19	Itaquaquecetuba	SP	18,57
20	Diadema	SP	18,90

Colocação	Município	UF	IN013
91	Rio Branco	AC	59,68
92	São Luís	MA	59,83
93	Boa Vista	RR	59,92
94	São João de Meriti	RJ	62,02
95	Manaus	AM	65,48
96	Macapá	AP	65,62
97	Pelotas	RS	72,24
98	Duque de Caxias	RJ	77,49
99	Belford Roxo	RJ	78,35
100	Porto Velho	RO	82,09

Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

5.1.2 IPFT – Índice de Perdas no Faturamento Total

Este indicador procura aferir a água produzida e não faturada, levando em conta o volume de serviços. O Quadro 29 traz as principais estatísticas descritivas dos 100 municípios que compõem a amostra.

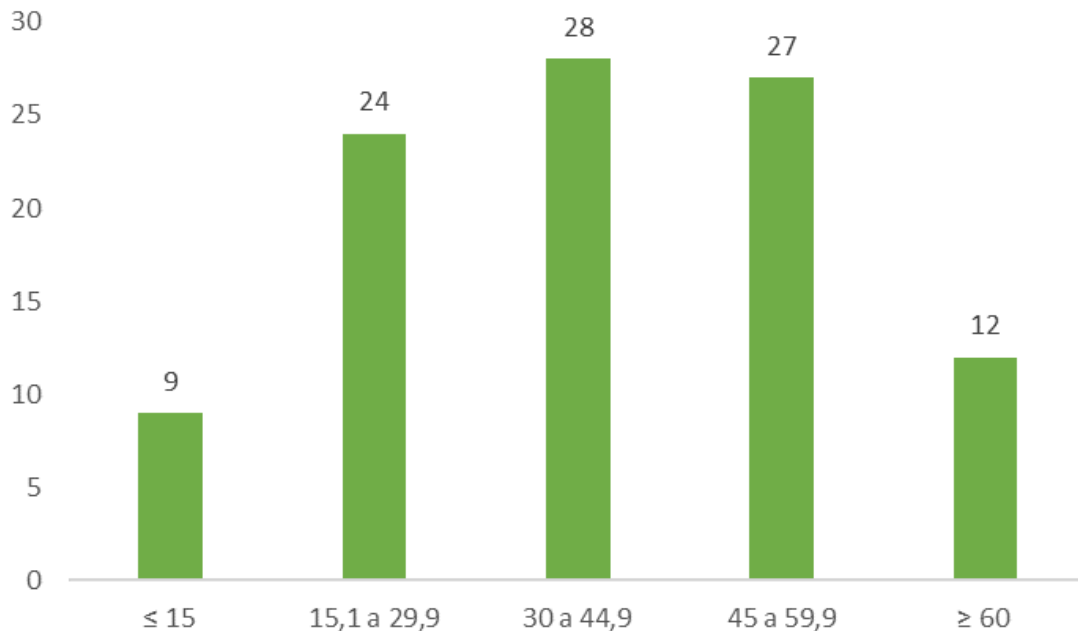
QUADRO 29: ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS
IPFT – ÍNDICE DE PERDAS NO FATURAMENTO TOTAL

Estatísticas	
INDICADOR MÉDIO	38,64
COEF. VAR	0,46
MÁXIMO	82,09
MÉDIA	39,37
MEDIANA	36,91
DESV. PAD.	17,95
MÍNIMO	3,70

Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

O indicador médio computado na amostra é de 38,64%. Tal valor é inferior à média nacional, que foi de 40,89% quando calculada com as informações do SNIS 2020. Os pontos de máximo e mínimo correspondem, respectivamente, a Porto Velho (RO), com 82,09%, e a Serra (ES), com 3,70%. O Quadro 30 traz o histograma deste indicador, mostrando a frequência dos municípios por faixas de 15%.

QUADRO 30: HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA
IPFT – ÍNDICE DE PERDAS NO FATURAMENTO TOTAL



Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

Dos 100 municípios considerados, apenas 9 possuem esse indicador menor ou igual a 15%, sendo que dos 24 que se encontram na faixa imediatamente superior, 17 apresentam índices inferiores a 25% (valor considerado para o padrão de excelência). Ou seja, mais de um quarto da amostra (26 municípios) atinge níveis ótimos de perdas no faturamento. Contudo, o gráfico também mostra que quase 40% da amostra (39) possui valores superiores a 45%.

Portanto, há um grande potencial de redução de perdas de água nesses municípios e, conseqüentemente, de aumento da disponibilidade hídrica para os usuários e de ganhos financeiros para os operadores. O Quadro 31 mostra, para este indicador, quais os 20 melhores e os dez piores colocados, bem como os valores observados de cada.

QUADRO 31: MELHORES E PIORES

IPFT – ÍNDICE DE PERDAS NO FATURAMENTO TOTAL

Colocação	Município	UF	IPFT
1	Serra	ES	3,70
2	Nova Iguaçu	RJ	7,33
3	Praia Grande	SP	7,59
4	Petrópolis	RJ	8,59
5	São José do Rio Preto	SP	9,49
6	Limeira	SP	12,65
7	Campina Grande	PB	13,77
8	Franca	SP	14,09
9	Campinas	SP	14,50
10	Uberlândia	MG	17,73
11	Palmas	TO	18,44
12	Goiânia	GO	18,59
13	Suzano	SP	19,17
14	Santos	SP	19,37
15	Aparecida de Goiânia	GO	19,72
16	Diadema	SP	19,78
17	Niterói	RJ	19,94
18	Blumenau	SC	20,38
19	Caruaru	PE	21,81
20	Maringá	PR	22,71

Colocação	Município	UF	IPFT
91	Gravataí	RS	62,14
92	Rio de Janeiro	RJ	64,28
93	Macapá	AP	65,62
94	São João de Meriti	RJ	66,06
95	São Luís	MA	66,66
96	Manaus	AM	67,98
97	Pelotas	RS	72,24
98	Duque de Caxias	RJ	79,12
99	Belford Roxo	RJ	80,20
100	Porto Velho	RO	82,09

Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

5.1.3 IN049 – Índice de Perdas na Distribuição

Este indicador procura aferir a relação entre volume produzido e volume consumido. O Quadro 32 traz as principais estatísticas descritivas dos 100 municípios que compõem a amostra.

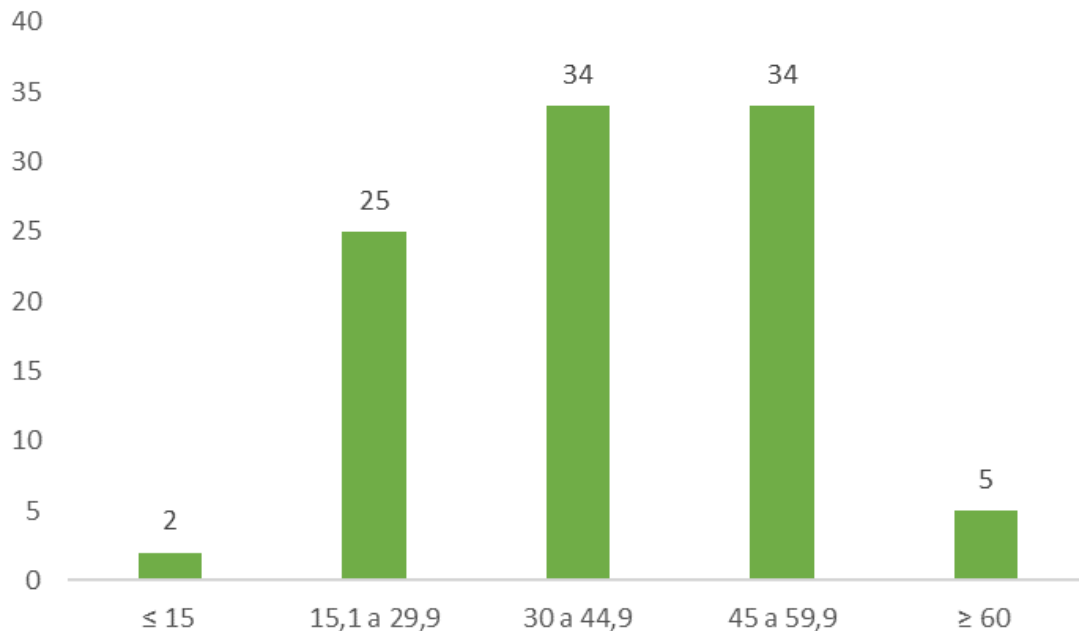
QUADRO 32: ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS
IN049 – ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO

Estatísticas	
INDICADOR MÉDIO	36,32
COEF. VAR	0,34
MÁXIMO	84,01
MÉDIA	40,43
MEDIANA	39,24
DESV. PAD.	13,77
MÍNIMO	6,05

Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

O indicador médio computado na amostra é de 36,32%. Tal valor é inferior à média nacional divulgada no SNIS 2020, que foi de 40,14%. Os pontos de máximo e mínimo correspondem, respectivamente, a Porto Velho (RO), com 84,01%, e a Nova Iguaçu (RJ), com 6,05%. O Quadro 33 traz o histograma deste indicador, mostrando a frequência dos municípios por faixas de 15%.

QUADRO 33: HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA
IN049 – ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO



Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

Dos 100 municípios considerados, apenas dois possuem este indicador menor ou igual a 15%, sendo que dos 25 que se encontram na faixa imediatamente superior, nove apresentam índices inferiores a 25% (valor considerado para o padrão de excelência). Ou seja, pouco mais de 10% da amostra (11 municípios) atingem níveis ótimos de perdas no faturamento. Contudo, o gráfico também mostra que quase 40% da amostra (39 municípios) possui valores superiores a 45%.

Portanto, há um grande potencial de redução de perdas de água nesses municípios e, conseqüentemente, de aumento da disponibilidade hídrica para os usuários e de ganhos financeiros para os operadores. O Quadro 34 mostra, para este indicador, os 20 melhores e os dez piores colocados, bem como os indicadores reportados de cada.

QUADRO 34: MELHORES E PIORES
IN049 – ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO

Colocação	Município	UF	IN049
1	Nova Iguaçu	RJ	6,05
2	Santos	SP	14,00
3	Goiânia	GO	18,76
4	Limeira	SP	18,88
5	Campo Grande	MS	19,32
6	São José do Rio Preto	SP	20,32
7	Taboão da Serra	SP	20,55
8	Campinas	SP	21,50
9	Aparecida de Goiânia	GO	22,71
10	Belford Roxo	RJ	24,30
11	Petrópolis	RJ	24,55
12	Curitiba	PR	25,34
13	São José dos Pinhais	PR	25,42
14	Maringá	PR	25,69
15	Cariacica	ES	25,72
16	Franca	SP	26,10
17	Uberlândia	MG	26,65
18	Vila Velha	ES	27,03
19	Niterói	RJ	27,22
20	Praia Grande	SP	27,50

Colocação	Município	UF	IN049
91	Cuiabá	MT	58,40
92	Maceió	AL	59,67
93	Rio Branco	AC	59,68
94	São Luís	MA	59,83
95	Paulista	PE	59,98
95	Mossoró	RN	60,04
97	Pelotas	RS	61,12
98	Manaus	AM	65,24
99	Macapá	AP	74,94
100	Porto Velho	RO	84,01

Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

5.1.4 IN051 – Índice de Perdas por Ligação

Este indicador procura aferir a média das perdas volumétricas, expressa em termos de litros por ligação e por dia. O Quadro 35 traz as principais estatísticas descritivas dos 100 municípios que compõem a amostra.

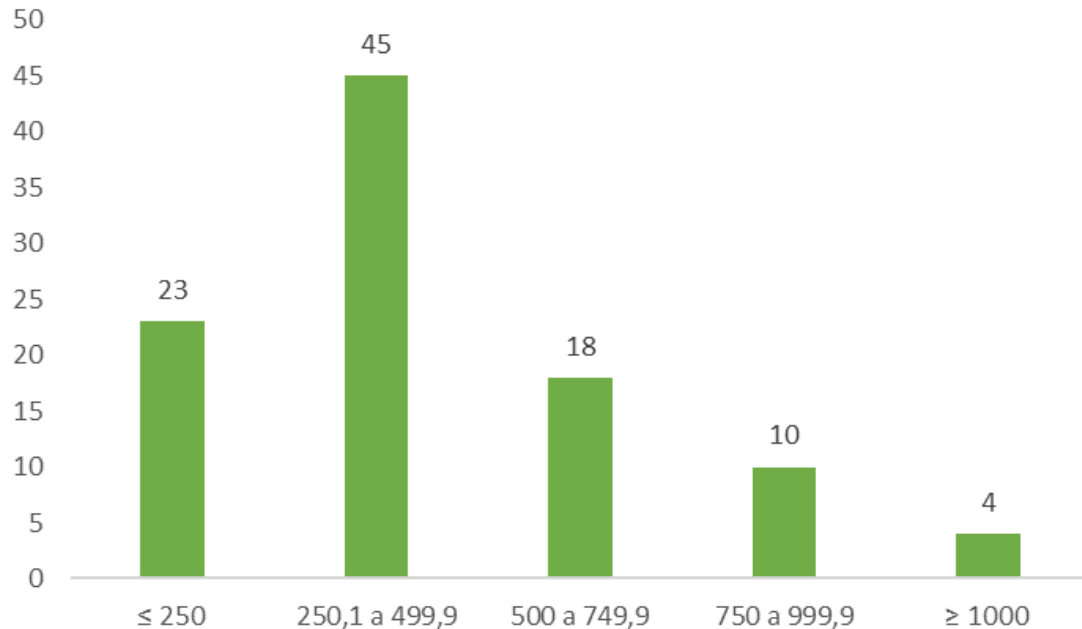
QUADRO 35: ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS
IN051 – ÍNDICE DE PERDAS POR LIGAÇÃO

Estatísticas	
INDICADOR MÉDIO	457,81
COEF. VAR	0,74
MÁXIMO	2.493,39
MÉDIA	478,96
MEDIANA	399,19
DESV. PAD.	354,84
MÍNIMO	100,13

Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

O indicador médio computado na amostra é de 457,81 L/ligação/dia. Tal valor é superior à média nacional divulgada no SNIS 2020, que foi de 343,37 L/ligação/dia. Os pontos de máximo e mínimo correspondem, respectivamente, a Porto Velho (RO), com 2.493,39 L/ligação/dia, e a Aparecida de Goiânia (GO), com 100,13 L/ligação/dia. O Quadro 36 traz o histograma deste indicador, mostrando a frequência dos municípios por faixas de 250 L/ligação/dia.

QUADRO 36: HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA
IN051 – ÍNDICE DE PERDAS POR LIGAÇÃO



Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

Dos 100 municípios considerados, apenas 23 possuem esse indicador igual ou menor que 250 L/ligação/dia, sendo que 18 apresentam índices inferiores a 216 L/ligação/dia (valor considerado para o padrão de excelência). Ou seja, praticamente um quinto da amostra já atinge níveis ótimos de perdas no faturamento. Contudo, o gráfico também mostra que quase um terço da amostra (32 municípios) possuem valores superiores a 250 L/ligação/dia.

Portanto, há um grande potencial de redução de perdas de água nesses municípios e, conseqüentemente, de aumento da disponibilidade hídrica para os usuários e de ganhos financeiros para os operadores. O Quadro 37 mostra, para este indicador, quais os 20 melhores e os dez piores colocados, bem como os valores observados de cada.

QUADRO 37: MELHORES E PIORES
IN015 – ÍNDICE DE PERDAS POR LIGAÇÃO

Colocação	Município	UF	IN051
1	Aparecida de Goiânia	GO	100,13
2	Goiânia	GO	109,77
3	Campo Grande	MS	114,13
4	Limeira	SP	126,79
5	Taboão da Serra	SP	135,98
6	Vitória da Conquista	BA	143,35
7	Campina Grande	PB	147,05
8	Petrópolis	RJ	148,69
9	Franca	SP	152,98
10	São José do Rio Preto	SP	160,22
11	Palmas	TO	163,40
12	Maringá	PR	166,53
13	Campinas	SP	170,46
14	Aracaju	SE	189,36
15	Suzano	SP	192,01
16	Caruaru	PE	192,58
17	Anápolis	GO	200,27
18	Itaquaquecetuba	SP	213,22
19	Praia Grande	SP	221,54
20	Diadema	SP	235,71

Colocação	Município	UF	IN051
91	São João de Meriti	RJ	885,70
92	Salvador	BA	893,90
93	São Luís	MA	895,60
94	Cuiabá	MT	898,04
95	Rio de Janeiro	RJ	956,35
96	Manaus	AM	976,37
97	São Gonçalo	RJ	1.004,23
98	Nova Iguaçu	RJ	1.517,85
99	Macapá	AP	1.926,61
100	Porto Velho	RO	2.493,39

Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

5.2 CORRELAÇÕES ENTRE INDICADORES

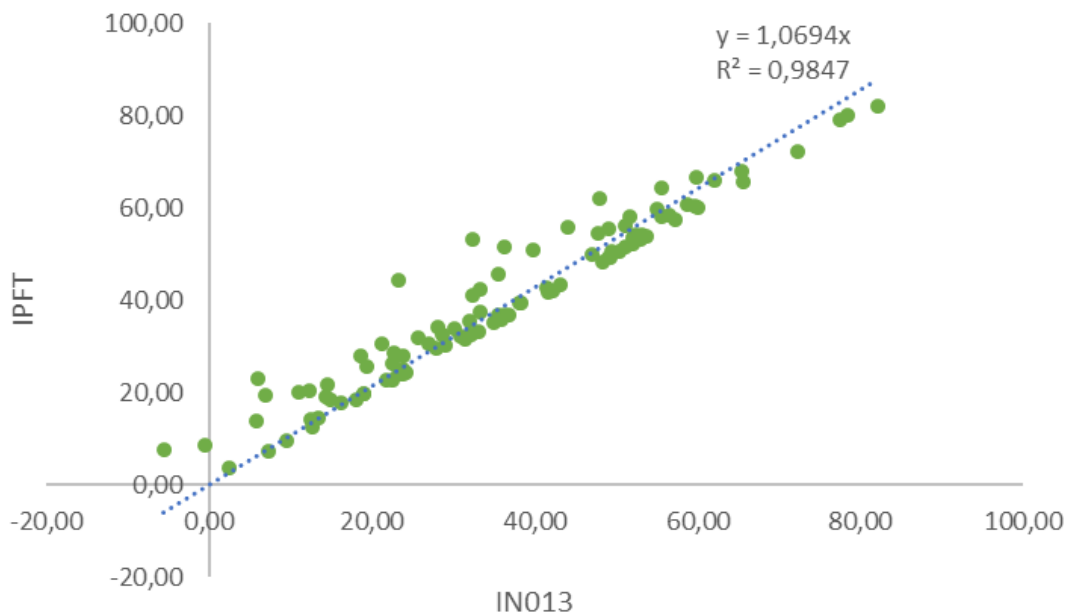
Nesta subseção, são realizados testes estatísticos a fim de apurar a aderência dos dados à lógica do comportamento do setor de saneamento. Neste sentido, espera-se que exista uma grande correlação entre ambos os índices de perdas no faturamento. Em outras palavras, os valores desses indicadores devem ser próximos, indicando que o volume de serviços representa uma porcentagem marginal do volume total.

Caso ocorra uma grande discrepância entre eles, tem-se um indício de possível inconsistência na aferição do volume de serviços do município em questão. Relação semelhante deve ocorrer entre o IPFT e o IN049. Apesar de serem calculados de maneira diferente, a intuição é que se uma cidade é eficiente na distribuição de água, deve possuir níveis baixos de perdas tanto no faturamento como na distribuição.

5.2.1 IPFT × IN013

O Quadro 38 abaixo traz a dispersão dos indicadores IPFT – Índice de Perdas no Faturamento Total e IN013 – Índice de Perdas no Faturamento.

QUADRO 38: GRÁFICO DE DISPERSÃO – IPFT × IN013



Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

Conforme mencionado anteriormente, espera-se que os valores estejam concentrados próximos à identidade, isto é, que eles sejam idênticos ou muito parecidos. É possível demonstrar matematicamente que $IPFT \geq IN013$ para qualquer valor de AG024 – Volume de Serviço (Apêndice). Contudo, o contrário não necessariamente é verdadeiro.

Em alguns casos, o valor dessa informação é demasiadamente elevado, o que produz alguns *outliers*, visíveis no Quadro 38. Apesar disso, é possível verificar que os indicadores são bastante aderentes, tendo apresentado um grau de ajuste próximo a 100%. Os municípios cuja diferença entre os indicadores é superior a cinco pontos percentuais são apresentados no Quadro 39.

QUADRO 39: *OUTLIERS* DA DISPERSÃO – IPFT × IN013

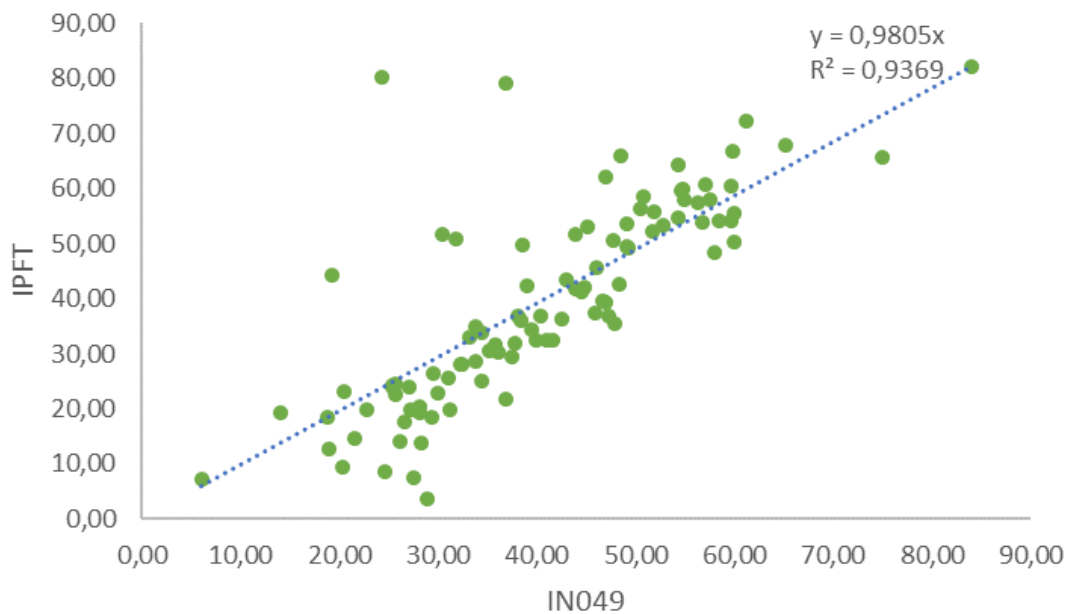
Município	UF	IPFT	IN013	Δ
Campo Grande	MS	44,26	23,27	20,98
Guarujá	SP	53,16	32,40	20,76
Taboão da Serra	SP	23,00	6,05	16,95
Teresina	PI	51,65	36,30	15,36
Gravataí	RS	62,14	47,99	14,15
Praia Grande	SP	7,59	-5,61	13,20
Santos	SP	19,37	6,89	12,47
São Vicente	SP	55,86	44,11	11,75
Porto Alegre	RS	50,93	39,77	11,15
Guarulhos	SP	45,57	35,59	9,97
Itaquaquecetuba	SP	28,06	18,57	9,49
João Pessoa	PB	30,71	21,27	9,45
Petrópolis	RJ	8,59	-0,45	9,04
Niterói	RJ	19,94	11,07	8,87
Jaboatão dos Guararapes	PE	42,24	33,37	8,87
Campos dos Goytacazes	RJ	41,13	32,34	8,80
Rio de Janeiro	RJ	64,28	55,50	8,78
Blumenau	SC	20,38	12,37	8,01
Campina Grande	PB	13,77	5,76	8,01
Caruaru	PE	21,81	14,51	7,30
Olinda	PE	54,55	47,68	6,86
São Luís	MA	66,66	59,83	6,83
Paulista	PE	55,62	49,10	6,52
Recife	PE	58,02	51,72	6,30
São Paulo	SP	25,64	19,38	6,26
Petrolina	PE	31,92	25,74	6,18
Carapicuíba	SP	34,26	28,09	6,16
Osasco	SP	28,75	22,73	6,02
Santa Maria	RS	56,24	51,12	5,13

Fonte: SNIS 2019. Elaboração: GO Associados.

5.2.2 IPFT × IN049

O Quadro 40 traz a dispersão dos indicadores IPFT – Índice de Perdas no Faturamento Total e IN049 – Índice de Perdas na Distribuição.

QUADRO 40: GRÁFICO DE DISPERSÃO – IPFT × IN049



Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

Novamente, espera-se que os valores estejam concentrados próximos à identidade. No entanto, avaliando o Quadro 40, é visível que a dispersão é superior àquela observada no caso anterior, quando se comparavam ambos os índices de perdas no faturamento. Isto porque neste caso não há uma associação direta entre as formas de se calculá-los, de modo que há observações tanto acima como abaixo da reta de 45°. Apesar disso, ainda há uma aderência razoável por uma parcela substancial da amostra, sendo que o grau de ajuste permanece elevado (superior a 90%), embora menor do que antes.

Para alguns municípios particulares, contudo, não há correlação alguma entre o IPFT – Índice de Perdas no Faturamento Total e o IN049 – Índice de Perdas na Distribuição. No caso de Belford Roxo (RJ), por exemplo, o valor observado para o primeiro foi de 80,20%, enquanto no último aferiu-se 24,30%. Já no caso de Serra (ES), por outro lado, ocorreu o contrário: o município experienciou perdas no faturamento total de 3,70%, mas observou perdas na distribuição de 28,88%. Municípios cuja diferença entre indicadores é superior a dez pontos percentuais são listados abaixo no Quadro 41.

QUADRO 41: *OUTLIERS* DA DISPERSÃO – IPFT × IN049

Município	UF	IPFT	IN049	Δ
Belford Roxo	RJ	80,20	24,30	55,90
Duque de Caxias	RJ	79,12	36,86	42,26
Campo Grande	MS	44,26	19,32	24,93
São Gonçalo	RJ	51,57	30,47	21,10
Porto Alegre	RS	50,93	31,87	19,06
São João de Meriti	RJ	66,06	48,45	17,60
Gravataí	RS	62,14	46,97	15,17
Fortaleza	CE	49,76	38,58	11,17
Pelotas	RS	72,24	61,12	11,11
Uberaba	MG	36,95	47,31	-10,36
São José do Rio Preto	SP	9,49	20,32	-10,82
Palmas	TO	18,44	29,42	-10,98
Diadema	SP	19,78	31,12	-11,34
Franca	SP	14,09	26,10	-12,01
Mogi das Cruzes	SP	35,40	47,88	-12,48
Campina Grande	PB	13,77	28,33	-14,56
Caruaru	PE	21,81	36,88	-15,07
Petrópolis	RJ	8,59	24,55	-15,95
Praia Grande	SP	7,59	27,50	-19,91
Serra	ES	3,70	28,88	-25,18

Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

5.3 DESTAQUES POSITIVOS

Aqui, são apresentados aqueles municípios cujos índices de perdas já se encontram nos padrões de excelência estabelecidos como meta para 2034 pela Portaria nº 490/2021 do MDR, ou seja, 25% em perdas na distribuição (IN049) e de 216 L/ligação/dia em perdas volumétricas (IN051). Como foi dito na Subseção 5.2, espera-se que operadores eficientes possuam baixos níveis nessas dimensões. Além disso, a avaliação conjunta dessas variáveis permite um diagnóstico mais preciso da situação das perdas na região estudada. O Quadro 42 reúne esses municípios e seus respectivos indicadores.

QUADRO 42: MUNICÍPIOS COM PADRÕES DE EXCELÊNCIA EM PERDAS DE ÁGUA

Município	UF	IN049	IN051
Petrópolis	RJ	24,55	148,69
Campinas	SP	21,50	170,46
Limeira	SP	18,88	126,79
São José do Rio Preto	SP	20,32	160,22
Taboão da Serra	SP	20,55	135,98
Campo Grande	MS	19,32	114,13
Aparecida de Goiânia	GO	22,71	100,13
Goiânia	GO	18,76	109,77

Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

Como se pode perceber, somente oito dentre os 100 municípios mais populosos do Brasil atendem às metas da Portaria nº 490/2021 do MDR simultaneamente, indicando haver um longo caminho a ser percorrido na busca pela redução das perdas de água.

6 IMPACTOS DA REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA

O objetivo desta seção é apresentar os resultados obtidos com a aplicação da metodologia detalhada na Subseção 3.5.

6.1 GANHOS HÍDRICOS DA REDUÇÃO DE PERDAS

O balanço hídrico apurado com base nos dados do SNIS 2020 é apresentado no Quadro 43. Esses valores serão utilizados como referência para as projeções.

QUADRO 43: BALANÇO HÍDRICO (1.000 M³) - BRASIL (2020)

Água que entra no sistema (17.492.211)	Consumo autorizado faturado (10.339.251)	Consumo faturado medido (8.231.028)	Água faturada (10.339.251)
		Consumo faturado não medido (2.108.223)	
	Volume de serviços (937.978)		Água não faturada (7.152.960)
	Perdas comerciais (2.485.993)		
Perdas físicas (3.728.989)			

Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

Comparativamente, o volume total de água não faturada em 2020 (cerca de 7,2 bilhões de m³) é equivalente a mais de:

- 7.800 piscinas olímpicas¹² de água desperdiçadas diariamente; ou
- Sete vezes o volume do Sistema Cantareira¹³ perdidos em um ano.

¹² Há algumas dimensões compatíveis com a categorização de piscina olímpica pela Federação Internacional de Natação. (FINA). Contudo, todas devem possuir no mínimo 2.500 m³ de volume.

¹³ Considerou-se a capacidade do sistema de 982 milhões de m³. Disponível em: <https://www.nivelaguasaopaulo.com/cantareira>. Acesso em: 09/05/2021.

A redução dessas perdas implica disponibilizar mais recursos hídricos para a população sem a necessidade de captação em novos mananciais.

Considerando-se somente as perdas físicas, isto é 60% da água não faturada subtraída do volume de serviço (mais de 3,7 bilhões de m³), o volume perdido é suficiente para abastecer aproximadamente 66 milhões de brasileiros em um ano¹⁴. Esta quantidade não somente equivale a pouco mais de 30% da população do país em 2020, como também corresponde a quase o dobro do número de habitantes sem acesso ao abastecimento de água nesse ano, cuja grandeza situa-se em torno de 33 milhões.

Ao se admitir não uma eliminação total das perdas, como no exercício acima, mas uma redução dos atuais 40,9% aos 25% previstos pela Portaria nº 490/2021 do MDR, o volume economizado seria da ordem de 2,3 bilhões de m³. Utilizando-se o mesmo consumo individual médio nacional empregado anteriormente, isso equivale ao uso de aproximadamente 40,4 milhões de brasileiros em um ano, ou seja, mais de 20% maior do que número de habitantes sem acesso ao abastecimento água em 2020.

Além disso, há 13,6 milhões de brasileiros habitando favelas¹⁵. Portanto, o montante da economia de água em um único ano é capaz de abastecer todas as favelas do país por quase três anos. Apesar dos resultados indubitavelmente fascinantes apresentados até então, nenhum deles abordou ainda a dimensão financeira.

6.2 GANHOS ECONÔMICOS DA REDUÇÃO DE PERDAS

O Quadro 44 abaixo apresenta os indicadores utilizados para monetizar os custos com perdas de água no Brasil.

¹⁴ Segundo o SNIS, o consumo individual médio nacional ($AG010 \times 1.000 \div AG001$) foi de cerca de 57 m³/habitante/ano em 2020.

¹⁵ Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-01/moradores-de-favelas-movimentam-r-1198-bilhoes-por-ano>. Acesso em: 09/05/2021.

QUADRO 44: INDICADORES DA MONETIZAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA

Indicador	Valor (R\$/1.000 m ³)
IN005 - Tarifa Média de Água	4.550
CMg Água - Ponderado	632

Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

Conforme definido na Subseção 3.5, o impacto monetário causado pelas perdas comerciais é dado pelo volume deste tipo de perda multiplicado pela tarifa média de água. Já para o caso das perdas físicas e do volume de serviços, o impacto é dado pela multiplicação pelo custo marginal de produção de água. Este cálculo para 2020 é apresentado no Quadro 45.

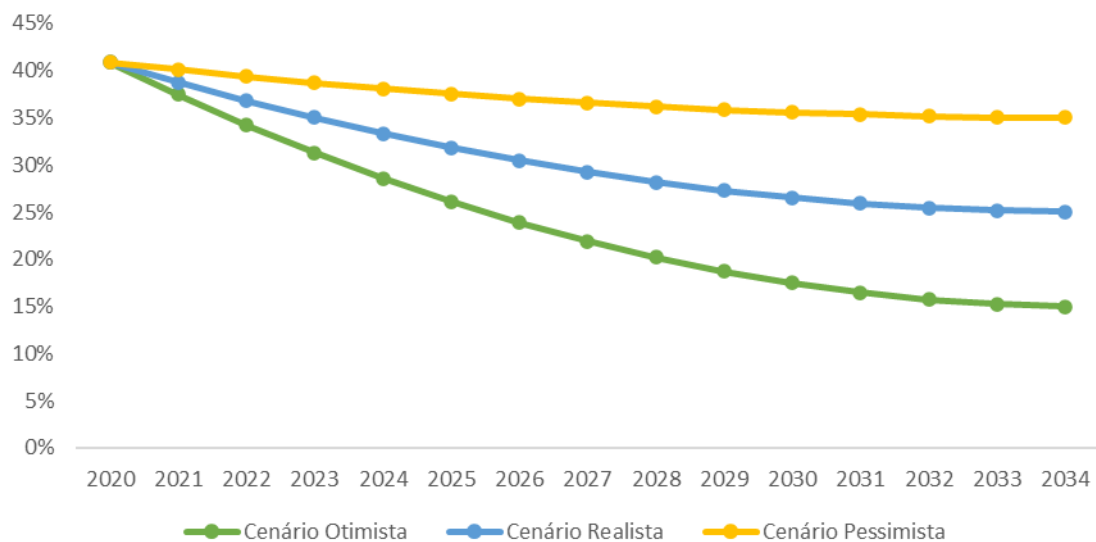
QUADRO 45: IMPACTOS (CUSTOS) DAS PERDAS DE ÁGUA NO BRASIL (R\$ 1.000)

Impacto AG024	Impacto PC	Impacto PF	Impacto Tot.
593.062	11.311.267	2.357.753	14.262.082

Fonte: SNIS 2019. Elaboração: GO Associados.

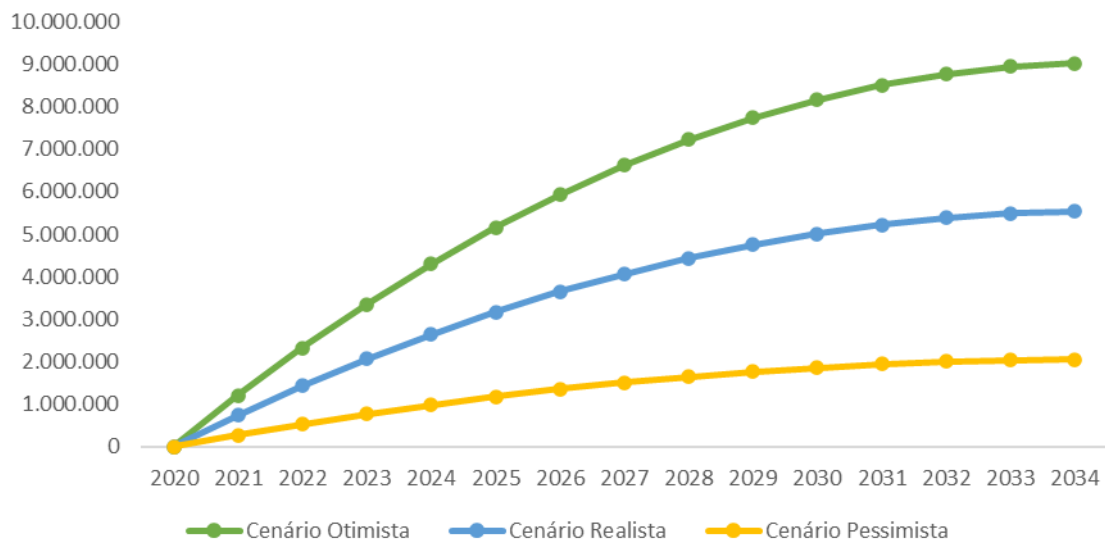
A seguir, com base nos cenários de redução de perdas apresentados no Quadro 46 e nos indicadores do Quadro 44, projetaram-se os ganhos brutos (Quadro 47) e líquidos (Quadro 48) decorrentes da redução do nível de perdas no Brasil.

QUADRO 46: CENÁRIOS DE REDUÇÃO DE PERDAS



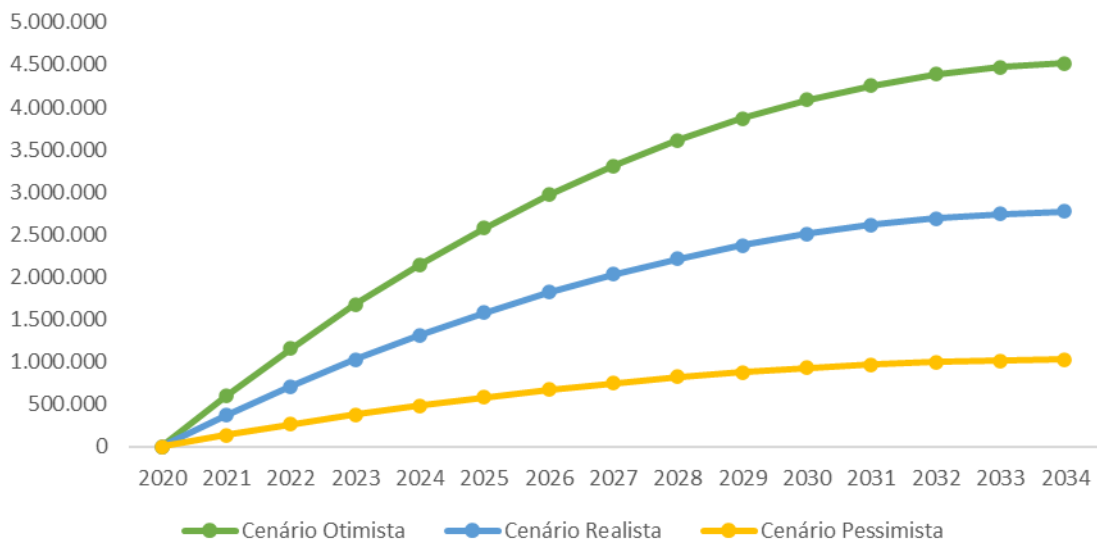
Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

QUADRO 47: GANHOS BRUTOS DA REDUÇÃO DE PERDAS (R\$ 1.000)



Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

QUADRO 48: GANHOS LÍQUIDOS DA REDUÇÃO DE PERDAS (R\$ 1.000)



Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

O Quadro 49 sumaria as principais conclusões deste exercício. Tomando como referência o Cenário Realista, é possível constatar que existe um potencial de ganhos brutos com a redução de perdas de água de R\$ 53,6 bilhões até 2034. Caso sejam considerados os investimentos necessários para a redução de perdas, o benefício líquido gerado pela redução de perdas é da ordem de R\$ 26,8 bilhões em 14 anos.

QUADRO 49: SUMÁRIO DOS IMPACTOS DE REDUÇÃO DAS PERDAS

Cenários	Perdas 2020	Perdas 2034	Redução	Ganho Bruto Total	Ganho Líquido Total
Cenário Otimista	41%	15%	63%	87.294.828	43.647.414
Cenário Realista	41%	25%	39%	53.580.183	26.790.091
Cenário Pessimista	41%	35%	14%	19.865.538	9.932.769

Fonte: SNIS 2020. Elaboração: GO Associados.

Em relação ao cenário de referência, quando se considera o custo de capital do investimento ao longo do tempo¹⁶, os ganhos bruto e líquido trazidos a valor presente são, respectivamente, de R\$ 25,6 bilhões e R\$ 12,8 bilhões no Cenário Realista.

6.3 ESTUDO EMPÍRICO NO CASO BRASILEIRO

O MDR em parceria com o Ministério Federal de Cooperação e Desenvolvimento Econômico da Alemanha (BMZ) trabalharam conjuntamente no Projeto de Eficiência Energética no Abastecimento de Água – Fase 2 (ProEESA 2). A participação germânica permaneceu sob a tutela da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*.

Dentre os frutos dessa cooperação, surgiu um relatório¹⁷ delineando estratégias que incentivem a redução de perdas de água, bem como melhorem a eficiência energética no abastecimento de água. O horizonte contemplado pelo estudo é de 2033, tendo em vista as diretrizes estabelecidas pelo PLANSAB, cuja vigência se encerra no mesmo ano e estabeleceu uma meta de índice de perdas de 31%.

¹⁶ Para exercícios desta natureza, isto é cuja avaliação envolve componentes intertemporais, é necessário apurar o Valor Presente Líquido (VPL). Neste caso, os resultados dos investimentos foram trazidos a valor presente utilizando-se uma taxa de desconto de 8% ao ano. Tal taxa aproxima-se do adotado por diversas agências reguladoras no Brasil, como ARSESP (SP), AGEPAR (PR), ADASA (DF) e ARESC (SC).

¹⁷ FERREIRA, Rita Cavaleiro de et al. **Caderno temático: Perdas de água e eficiência energética**. 2019.

Embora trate-se de um objetivo distinto daquele de 25% determinado pelo MDR e utilizado como referência no presente estudo, há uma série de similaridades entre ambos os exercícios realizados, principalmente no que se refere à avaliação de uma relação de custo-benefício nos diferentes cenários de redução de perdas de água. Neste ínterim, segue abaixo o Quadro 50, elaborado pelos autores considerando tal relação para diferentes agrupamentos de investimentos em redução de perdas.

QUADRO 50: RELAÇÃO DE CUSTO-BENEFÍCIO (RCB) DA REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA

Medidas	Custos de implementação das medidas (2019 - 2033)	Benefícios - Custos evitados (2019 - 2033)	RCB
Redução de consumo de água no usuário final	R\$ 251.776.000	R\$ 87.520.339.550	0,003
Redução de perdas de água de prestadores de serviço	R\$ 48.428.386.000	R\$ 106.771.718.582	0,454
Melhorias em equipamentos eletromecânicos	R\$ 10.250.947.000	R\$ 12.986.274.276	0,789
Melhoria de informação e gestão processual	diluídos em cima	diluídos em cima	não calculável
	R\$ 58.931.109.000	R\$ 207.278.332.408	0,28

Fonte: Ferreira et al. (2019).

Dentre as medidas avaliadas, a que mais se aproxima ao escopo deste relatório é a de redução de perdas de água de prestadores de serviço. Embora ela considere somente as perdas físicas, é importante lembrar que estas compõem aproximadamente 60% do total de perdas e são as mais custosas de se reduzir tendo em vista a necessidade de investimentos em infraestrutura, detecção e reparo dos vazamentos em toda a rede de distribuição.

Mesmo assim, ela apresentou uma razão de 0,454, isto é: do total de benefícios oriundos da economia de água, 45,4% deveriam ser gastos para se atingir esses resultados, valores esses muito próximos aos 50% adotados no presente estudo. Portanto, além de se aproximar da premissa metodológica, tal percentual corresponde somente à redução de perdas reais, donde essa relação é potencialmente menor quando se consideram as aparentes, dando robustez à hipótese inicialmente utilizada.

REFERÊNCIAS

ASOCIACIÓN DE ENTES REGULADORES DE AGUA Y SANEAMIENTO DE LAS AMERICAS. **Informe Anual 2018 (Datos 2017)**. Lima, Setembro de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água: Diagnóstico, Potencial de Ganhos com sua Redução e Propostas de Medidas para o Efetivo Combate**. Rio de Janeiro, RJ, Setembro de 2013.

FERREIRA, Rita Cavaleiro de et al. **Caderno temático: Perdas de água e eficiência energética**. 2019

LIEMBERGER, Roland et al. **The Challenge of Reducing Non-Revenue Water in Developing Countries--How the Private Sector Can Help: A Look at Performance-Based Service Contracting**. 2006.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Portaria nº 490, de 22 de março de 2021. Estabelece os procedimentos gerais para o cumprimento do disposto no inciso IV do caput do art. 50 da Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007, e no inciso IV do caput do art. 4º do Decreto n. 10.588, de 24 de dezembro de 2020. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 159, n. 55, p. 30, 23 mar. 2021.

SMART WATER NETWORK FORUM. **Stated NRW (Non-Revenue Water) Rates in Urban Networks**. Agosto de 2011.

THORNTON, Julian; STURM, Reinhard; KUNKEL, George. **Water loss control**. McGraw-Hill Education, 2008.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Control and Mitigation of Drinking Water Losses in Distribution Systems**. Office of Water (4606M), EPA/816-D-09-001, Novembro de 2009.

APÊNDICE

Proposição: $IPFT \geq IN013 \forall AG024 \geq 0$

Suponha que $\exists AG024 \geq 0$ tal que $IPFT < IN013$. Então:

$$IPFT = \frac{AG006 + AG018 - AG011}{AG006 + AG018} < \frac{AG006 + AG018 - AG011 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} = IN013$$

Sejam $P = AG006 + AG018 - AG011$ e $Q = AG006 + AG018$. Logo, é possível reescrever a desigualdade acima como:

$$\frac{P}{Q} < \frac{P - AG024}{Q - AG024}$$

Como $Q = AG006 + AG018 \geq AG024 \geq 0$, então é verdade que:

$$P \times (Q - AG024) < (P - AG024) \times Q$$

$$P \times Q - P \times AG024 < P \times Q - Q \times AG024$$

$$-P \times AG024 < -Q \times AG024$$

$$P \times AG024 > Q \times AG024$$

Se $AG024 = 0$, então a desigualdade acima não vale, donde podemos dividir ambos os lados por $AG024$ sem nos preocuparmos com esse caso. Assim, temos $P > Q$. Mas das definições de P e Q , vale que:

$$P = AG006 + AG018 - AG011 > AG006 + AG018 = Q \Leftrightarrow AG011 < 0$$

Absurdo, pois sabemos que $AG011 \geq 0$. Portanto, a proposição inicial vale. ■

Realização



Parceiros Institucionais



Produção Técnica

