

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
CENTRO DE ENGENHARIAS  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA



Trabalho de Conclusão de Curso

**Diagnóstico do Abastecimento de Água na Zona Urbana do  
Município de Morro Redondo - RS**

Gustavo Sarubbi Ferraz

Pelotas, 2016

**GUSTAVO SARUBBI FERRAZ**

**Diagnóstico do Abastecimento de Água na Zona Urbana do  
Município de Morro Redondo - RS**

Trabalho acadêmico apresentado ao  
Curso de Engenharia Ambiental e  
Sanitária, da Universidade Federal de  
Pelotas, como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. Dr. Maurizio Silveira Quadro

Pelotas, 2016

Banca examinadora:

Prof. Dr. Maurizio Silveira Quadro - Centro de Engenharias/UFPel–  
Orientador

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andréa Souza Castro - Centro de Engenharias/UFPel

Prof. Dr. Robson Andreazza – Centro de Engenharias/UFPel

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, em especial minha mãe Juçara, minha avó Ivone (in memorian), meu irmão Davi e meu tio Gilmar, que sem eles não poderia ter concluído esta etapa da vida.

Ao meu orientador professor Maurizio, por todas as oportunidades, ensinamentos e apoio nos momentos em que precisei.

Aos demais professores, em especial àqueles da Engenharia Ambiental e Sanitária e da Matemática, pelo conhecimento e contribuição na formação acadêmica e pessoal.

Aos amigos e colegas, em especial, Lucas Barbosa, Rodrigo Corazzari, Mateus Rodrigues, Gustavo Bracher e Lucas Guidoni, que me acompanharam desde o início desta jornada.

Aos amigos Gabriele Konzen e Roberto Porto, pelas incessantes noites de estudos.

Às demais pessoas que contribuíram de alguma forma para minha formação.

Muito Obrigado!

## RESUMO

FERRAZ, Gustavo Sarubbi. **Diagnóstico do Abastecimento de Água na Zona Urbana do Município de Morro Redondo - RS.** 2016. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O abastecimento de água possui sérios problemas de gestão no Brasil e no mundo. A prestação do serviço de forma inadequada gera impactos na área da saúde, econômica e ambiental. Foram criados no mundo aproximadamente 250 indicadores para o auxílio dos gestores e consumidores na melhor compreensão da situação do abastecimento de água. Dentre os indicadores existentes, estão os índices de perdas, de atendimento a população e de consumo per capita, largamente utilizados pela fácil interpretação e utilidade para a gestão pública. O objetivo deste trabalho foi avaliar o sistema de abastecimento de água do município de Morro Redondo a fim de criar subsídios técnicos para a melhor gestão do abastecimento de água no município. Foram avaliados os índices: Nível de universalização dos serviços de água, porcentagem da população atendida, perdas na distribuição, perdas de faturamento, consumo per capita e produção per capita. Foram utilizados os dados disponibilizados pela CORSAN, SNIS, IBGE, além de levantamento a campo no município para a geração dos índices. Foram comparadas as variações dos índices nos últimos 15 anos e a variação mensal no último ano do estudo. O município teve uma melhora considerável nos últimos anos, reduzindo seus índices de perdas em mais de 50% e chegando muito próximo da universalização do serviço de abastecimento de água na área urbana. Porém, são necessárias algumas melhorias, principalmente no que se refere à sustentabilidade socioeconômica da concessionária.

Palavras-chave: Abastecimento Público; Morro Redondo; Perdas de água.

## ABSTRACT

FERRAZ, Gustavo Sarubbi. Water Supply Diagnostics in Urban Area of Morro Redondo City - RS. 2016. 45p. Work Course Conclusion (TCC). Degree in Environmental and Sanitary Engineering. Federal University of Pelotas, Pelotas.

The water supply has serious management problems in Brazil and worldwide. The provision of inappropriately service generates impacts on health, economy and environment. There are in the world about 250 indicators to help the managers and consumers to better understanding of the water supply situation. Among the existing indicators are loss rates, assisting the population and per capita consumption, widely used for easy interpretation and use for public management. The objective of this study was to evaluate the water supply system in the city of Morro Redondo to create technical information for better management of water supply in the city. The following indexes were evaluated: universal level of water services, percentage of population served, distribution losses, revenue loss, per capita consumption and per capita production. The data was provided by CORSAN, SNIS, IBGE, and by field research, then the indexes were created. The past 15 years rates variations and the monthly changes in the last year of the study were compared. The city had improved considerably in recent years, reducing their loss rates by more than 50% and coming very close to providing universal water supply service in the urban area. However, some improvements are needed, particularly as regards the socio-economic sustainability of the concessionaire.

Keywords: Water Supply; Morro Redondo; Water losses.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
2 OBJETIVOS .....	14
2.1 Objetivo Geral .....	14
2.2 Objetivos Específicos .....	14
3 REVISÃO DE LITERATURA .....	15
3.1 Usos da Água .....	15
3.2 O Impacto do Abastecimento de Água na Saúde .....	16
3.3 Impacto do Abastecimento de Água na Economia .....	18
3.4 Estrutura do Sistema de Abastecimento de Água .....	19
3.4.1 Captação .....	20
3.4.1.1 Estruturas de Captação .....	21
3.4.2 Adução .....	23
3.4.3 Tratamento .....	23
3.4.4 Distribuição .....	24
3.5 Indicadores de Abastecimento de Água .....	26
3.6 Perdas de Água .....	27
4 MATERIAIS E MÉTODOS .....	30
4.1 Caracterização da área de estudo .....	30
4.2 Levantamentos de Dados .....	32
4.2.1 Pesquisa Documental .....	32
4.2.2 Pesquisa de Campo .....	32
4.3 Indicadores do Sistema de Abastecimento de Água .....	32
4.3.1 Índices de Atendimento à População .....	33

4.3.2 Consumo e Produção Per Capta .....	33
4.3.3 Índices de Perdas .....	33
4.4 Análise da Estrutura Operacional.....	34
4.5 Análise da Situação Financeira .....	34
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>35</b>
5.1 Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água Urbano .....	35
5.2 Nível de Universalização dos Serviços de Água e População Total Atendida ....	35
5.3 Consumo Per Capita .....	36
5.4 Índices de Perdas.....	38
5.5 Proposta de solução para o Sistema de Abastecimento de Água .....	40
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>7 REFERENCIAS.....</b>	<b>43</b>

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Sistema de abastecimento de água convencional.. ..	20
Figura 2. Tomada de água com barragem de nível.....	22
Figura 3. Torre de Tomada. Fonte: Manual de Saneamento. ..	22
Figura 4. Esquema de Tomada de água flutuante.. ..	23
Figura 5. Tipos de redes de distribuição de água.....	25
Figura 6. . Mapa de localização e área urbana do município. ..	30
Figura 7. Mapa das localidades e rede viária do município de Morro Redondo .....	31
Figura 8. Comparação entre NUA e População Total Atendida nos últimos 15 anos. .....	36
Figura 9. Evolução mensal do indicar NUA.....	36
Figura 10. Comparação entre Consumo e Produção per Capita nos últimos 15 anos. .....	37
Figura 11. Comparação entre as Perdas na distribuição e no faturamento para os últimos 15 anos. .....	38
Figura 12. Comparação na variação mensal dos índices de perdas na distribuição e no faturamento.....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Usos da Água.....	15
Tabela 2. Principais doenças e seus meios de transmissão. ....	17
Tabela 3. Estimativas dos custos das alternativas de redução da mortalidade no ano de 2000. ....	18
Tabela 4. Parâmetros de qualidade de água bruta, de projeto e operação recomendado para o emprego de tecnologias. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Tabela 5. Balanço hídrico de um sistema de abastecimento de água. ....	27
Tabela 6. Receitas e Arrecadação nos anos de 2013 e 2014. ....	41
Tabela 7. Despesas nos anos de 2013 e 2014 .....	41

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

CORSAN: Companhia Riograndense de Saneamento

DEX: Despesas com Exploração

DTS: Despesas Totais com Serviços

ETA: Estação de Tratamento de Água

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH: Índice de Desenvolvimento Humano

IPD: Índice de Perdas na Distribuição

IPF: Índices de Perdas no Faturamento

IPL: Índice de Perdas por Ligações

IWA: International Water Association

MS: Ministério da Saúde

NUA: Nível de Universalização dos Serviços de Água

OMS: Organização Mundial da Saúde

PMSS: Plano de Modernização do Setor de Saneamento

SAA: Sistema de Abastecimento de Água

SNIS: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

SUS: Sistema Único de Saúde.

## 1 INTRODUÇÃO

A rápida e invasiva urbanização das últimas décadas, causada pelo crescimento populacional e êxodo rural crescente, vem contribuindo para o esgotamento dos recursos naturais, como as vegetações e os corpos hídricos (RAMACHANDRA et al., 2014). Associado a isso, a urbanização na forma como acontece, compromete a capacidade dos gestores de suprir a demanda de serviços básicos, como o saneamento (WATSON, 2009), e consequentemente o abastecimento público de água, que é uma importante vertente do saneamento básico.

O abastecimento de água dentro de uma comunidade é normalmente composto pela associação de sistema de abastecimento de água, soluções individuais e soluções alternativas (BRASIL, 2004). Dessa forma, a associação das alternativas é de suma importância para garantir o abastecimento da água a toda a população e a manutenção da saúde pública (HELLER, 2006).

A cobertura do sistema de abastecimento de água, no Brasil, no ano de 2014, foi de 83,03% da população, um número muito preocupante, uma vez que a água em quantidade e qualidade é condição básica para manutenção da vida (SNIS, 2014). A atribuição dos serviços de abastecimento de água é de responsabilidade do município, podendo ser delegada a empresas públicas, privadas, autarquias ou até consórcios intermunicipais. No Rio Grande do Sul, no ano de 2012, 237 municípios tinham o serviço de abastecimento de água, sob responsabilidade da Companhia Riograndense de saneamento (CORSAN, 2012).

Segundo o Sanitation Safety Planning, da Organização Mundial da Saúde (OMS), aproximadamente metade da população de países em desenvolvimento em algum momento da vida irão sofrer de alguma doença diretamente associada com a falta de manejo de recursos hídricos, esgoto sanitário ou abastecimento de água (OMS, 2015). A economia pode, entre outras, ser apontada como uma área que se beneficiaria pela universalização do acesso ao abastecimento público e esgotamento sanitário. Um estudo do Instituto Trata Brasil mostra que no Brasil seriam economizados anualmente 27,3 milhões de reais apenas com os gastos do Sistema único de Saúde (SUS) para tratar internações por infecção gastrintestinal,

doença associada direta ou indiretamente à qualidade da água servida à população. Além disso, o país se beneficiaria substancialmente com a diminuição da produtividade do trabalhador, da valorização do mercado turístico, imobiliário, e da melhoria no rendimento escolar (INSTITUTO TRABA BRASIL, 2014).

Apesar dos grandes avanços na universalização do acesso a água nas últimas décadas, o mesmo esforço não foi concretizado para o monitoramento e manutenção dos sistemas de abastecimento de água, o que acarreta em deficiência na cobertura dos serviços, como é o caso dos altos índices de perdas de água (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2013). Essas, por sua vez, podem ser físicas ou financeiras, e influenciam diretamente na manutenção dos recursos hídricos e na sustentabilidade econômica dos sistemas.

Em razão de todo o exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar um diagnóstico do sistema de abastecimento do município de Morro Redondo, visando à criação de subsídios técnicos para o auxílio ao poder público municipal.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar o sistema de abastecimento de água do município de Morro Redondo a fim de criar subsídios técnicos para a melhor gestão do abastecimento de água no município.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar os índices de perdas na distribuição de água;
- Avaliar os índices de perdas no faturamento de água;
- Avaliar os índices de produção e consumo per capita;
- Avaliar a cobertura dos serviços de abastecimento;
- Analisar a sustentabilidade econômica dos serviços prestados no abastecimento de água do município.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Usos da Água

A água produzida e fornecida pelos sistemas ou soluções de abastecimento de água pode ter diferentes fins, tais como: consumo doméstico, uso comercial, uso industrial e uso público, conforme mostrado na tabela 1.

Tabela 1. Usos da Água

Agrupamento de Consumo	Necessidades
Consumo Doméstico	Ingestão
	Preparo de alimentos
	Higiene da moradia
	Limpeza dos utensílios
	Lavagem de roupas
Uso Comercial	Descarga de vasos sanitários
	Lavagem de veículos
Uso Industrial	Insumo para atividades econômicas domiciliares (lavadeiras, preparo de alimentos...)
	Irrigação de jardins, hortas e pomares domiciliares
	Criação de animais de estimação e de animais para alimentação (aves, suíños, equinos etc.)
Uso Público	Suprimento a estabelecimentos diversos, com ênfase para aqueles de maior consumo de água, como lavanderias, bares, restaurantes, hotéis, postos de combustíveis, clubes e hospitais
	Suprimento a estabelecimentos localizados no interior da área urbana, com ênfase para aqueles que incorporam água no produto ou que necessitam
	de grande quantidade de água para limpeza, indústria de cervejas, refrigerantes ou sucos, laticínios, matadouros e frigoríficos, curtumes, indústria têxtil
	Irrigação de jardins, canteiros e praças
	Lavagem de ruas e espaços públicos em geral
Uso Público	Alimentação de fontes
	Limpezas de boca de lobo, galerias de águas pluviais e coletores de esgotos
	Abastecimento de edifícios públicos, incluindo hospitais, portos, aeroportos, terminais etc
	Combate a incêndio

Fonte: Heller e Padua et al, 2006.

Segundo Heller (2006) é possível ainda dividir os diversos usos e interesses da água em categorias que possibilitam hierarquizar de forma mais adequada o uso da mesma. A categoria de maior importância seria a dos usos relacionados à proteção da saúde humana, como ingestão e higiene, onde os requisitos da qualidade da água são essenciais. Há ainda os usos relacionados ao preparo de alimentos, usos para atividades econômicas e usos destinados a elevar o conforto, a satisfação estética e cultural das pessoas, e a manutenção dos espaços públicos e rurais (HELLER, 2006).

### **3.2 O Impacto do Abastecimento de Água na Saúde**

O abastecimento de água, em quantidade e qualidade é de suma importância para a sociedade, uma vez que tem influência direta na área da saúde e meio ambiente, o que consequentemente altera a qualidade de vida e a capacidade de desenvolvimento da população (IWA, 2005).

Em suma, o maior problema do abastecimento de água, associado também a falta de gestão do esgotamento sanitário, é na área da saúde. Essa relação causal entre saúde e saneamento (o segundo, em grande parte dos estudos, entendido apenas como abastecimento público e esgotamento sanitário), é comumente mensurada por indicadores conhecidos, como o número de casos de diarreia, expectativa de vida e mortalidade infantil (HELLER, 1998).

As principais doenças vinculadas ao déficit na qualidade do abastecimento público de água que são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Principais doenças e seus meios de transmissão.

Transmissão	Doença	Agente Patogênico
Pela água	Cólera	Vibrio cholerae
	Febre tifoide	Salmonella typhi
	Leptospirose	Leptospira interrogans
	Giardíase	Giardia lamblia
	Amebíase	Entamoeba histolytica
	Hepatite infecciosa	Hepatite A
	Diarréia aguda	Balantidium coli, Cryptosporidium, <i>Bacillus cereus</i> , <i>S. aureus</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>E. coli</i> enterotoxogênica e enteropatogênica, <i>Shigella</i> , <i>Yersinia</i> enterocolitica, <i>Astrovirus</i> , <i>Calicivirus</i> , <i>Norwalk</i> , <i>Rotavirus A e B</i>
Pela falta de limpeza ou de higienização com a água	Escabiose	
	Pediculose (piolho)	
	Tracoma	
	Conjuntivite bacteriana	Sarcopesscabiei, <i>Pediculus humanus</i> , <i>Clamydiatrachoma</i> , <i>Haemophilus aegyptius</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Trichuris trichiura</i> ,
	Aguda	<i>Enterobius vermiculatus</i> ,
	Salmonelose	<i>Ancylostoma duodenale</i> , <i>Ascaris lumbricoides</i>
	Tricúriase	
	Enterobíase	
	Ancilostomíase	
	Ascaridíase	
Através de vetores que se relacionam com a água	Malária	<i>Plasmodium vivax</i> , <i>P. malarie</i> e <i>P. falciparum</i> ,
	Dengue	Grupo B dos arbovírus, RNA vírus,
	Febre amarela	<i>Wuchereria bancrofti</i>
	Filariose	
Associada à água	Esquistossomose	<i>Schistosoma mansoni</i>

Fonte: Adaptado do Instituto Trata Brasil, 2013.

O principal sintoma das doenças relacionadas com a água é a diarreia, observado em 80% dos casos registrados no SUS; Sintoma comum de infecção gastrointestinal causada por diferentes agentes patogênicos, o que explica seu uso como indicador da evolução na saúde pública decorrente do investimento em saneamento (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2013).

### 3.3 Impacto do Abastecimento de Água na Economia

Segundo Mendonça e Motta (2005), o processo de saneamento básico em municípios, reduz os índices de mortalidade infantil (Tabela 3).

Tabela 3. Estimativas dos custos das alternativas de redução da mortalidade no ano de 2000.

Variável	Indicador do serviço em 2000	Variação marginal	Custo marginal (R\$ milhões)	Número de mortes evitadas	Custo unitário por morte evitada (R\$ mil)
Água tratada	Cobertura de 78% da população	Aumento de 1% na cobertura	261	108	168
Coleta de esgotamento	Cobertura de 52% da população	Aumento de 1% na cobertura	362	216	241
Analfabetismo	Taxa de 15 % da população feminina com mais de 15 anos	Redução de 1% na taxa	12,8	162	63
Gastos com saúde	R\$ 11,8 bilhões	Aumento de 1% dos gastos com saúde	117	415	282
Número de leitos hospitalares	480 mil leitos	Aumento de 1% no número total de leitos	1,95	27	72,4

Fonte: Adaptado de MENDONÇA ; MOTTA, 2005.

A importância do abastecimento de água em relação à mortalidade infantil, é que a torna mais eficiente economicamente do que investimentos de caráter defensivo na saúde. Somado a isso, é possível ressaltar as externalidades positivas sobre o meio ambiente do investimento em saneamento, que não são contabilizadas neste trabalho (MENDONÇA ; MOTTA, 2005).

O problema da gestão equivocada afeta ainda o desenvolvimento econômico e social de qualquer região. Instituto Trata Brasil mostra em seu trabalho parte do benefício econômico que os serviços de abastecimento de água e esgotamento

sanitários adequados poderiam trazer para a sociedade, quando expõe um gasto anual de 17 milhões anuais do SUS apenas com casos de internações oriundas de doenças gastrointestinais.

O abastecimento produz também um impacto indireto no setor econômico, pois aumento a expectativa de vida, reduz as horas perdidas de trabalho em razão de doenças por ingestão de água insalubre, além de facilitar a instalação de indústrias e promover o turismo na região (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007).

Por consequência, o abastecimento de água tem clara correlação com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), explicado pelo cálculo do índice levar em consideração, além de estatísticas de renda e educação, a expectativa de vida ao nascer e a expectativa de vida, indicadores fortemente ligados ao serviço de abastecimento de água (LIBÂNIO et al. 2005).

### **3.4 Estrutura do Sistema de Abastecimento de Água**

Um sistema de abastecimento de água pode ser definido como uma instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinada à produção e distribuição canalizada de água potável para a população. Dentro do contexto de abastecimento de água, ainda é possível destacar as soluções alternativas de abastecimento de água, que são todas aquelas voltadas ao abastecimento coletivo que não se encaixam no conceito de sistema de abastecimento de água, que é o caso do abastecimento por carros-pipa e poços comunitários. Há ainda as soluções individuais, que são todas e quaisquer soluções alternativas que atendam a um único domicílio (BRASIL, 2004).

Em relação aos sistemas de abastecimento de água e as soluções alternativas, é importante ressaltar que a principal diferença entre as essas é que a primeira, em todos os casos, é de responsabilidade do município, mesmo quando concedida a outra entidade qualquer. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007).

O sistema de abastecimento de água (SAA) é comumente composto por seis elementos: captação, adução, recalque, tratamento, reservação e distribuição. Entretanto, a ordem não precisa ser necessariamente essa, e nem todos os componentes estarão presentes em todos os sistemas de abastecimento. Um exemplo é o caso das condições topográficas do terreno serem favoráveis e não

demandarem sistema de recalque, ou a água do manancial ser naturalmente potável e não ser necessário a criação de uma estação de tratamento de água (GARCEZ, 1976).

A Figura 1 a seguir ilustra um sistema de abastecimento convencional.

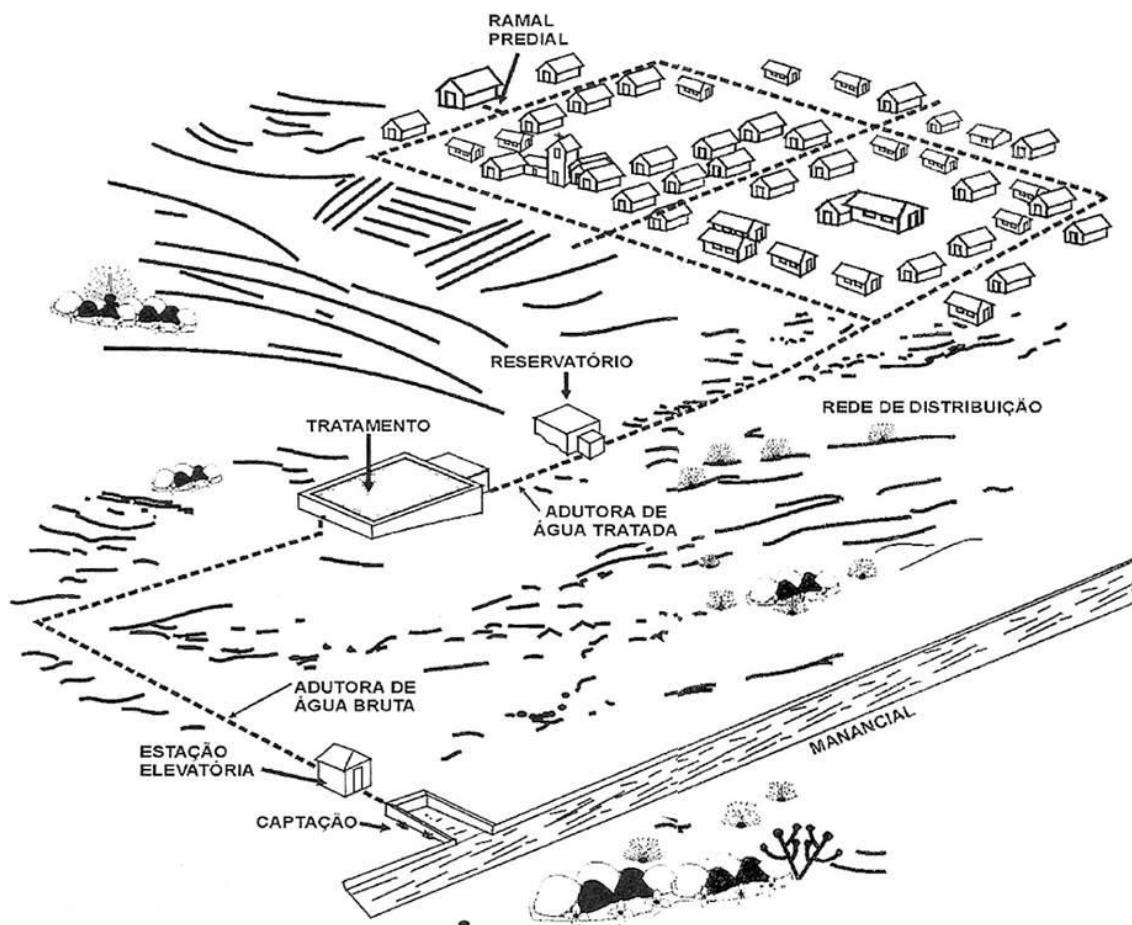


Figura 1. Sistema de abastecimento de água convencional. Fonte: Manual de Saneamento FUNASA (2007).

### 3.4.1 Captação

O sistema de captação tem por finalidade criar as condições necessárias para a retirada de água do manancial abastecido em condições e qualidade necessárias para atender as demandas dos usuários (BRASIL, 2007).

As fontes de água para abastecimento podem ser classificadas em dois tipos: águas superficiais (rios, lagos, canais etc) e subterrâneas (lençol freático e aquífero). A primeira é geralmente de menor qualidade, porém de mais fácil acesso aos meios

de captação; a segunda é de difícil acesso, em especial os aquíferos mais profundos, todavia é de melhor qualidade, o que reduz os custos para a adequação da mesma para o abastecimento (GARCEZ, 1976).

### **3.4.1.1 Estruturas de Captação**

As estruturas de captação superficial são comumente constituídas pelos seguintes elementos: barragens ou vertedores, para a manutenção do nível ou regularização da vazão; órgãos de tomada de água, com dispositivos para impedir a entrada de materiais flutuantes; dispositivos para controlar a entrada da água; canais ou tubulações de interligação e órgãos acessórios; e poços de sucção e casas de bombas, para alojar os conjuntos elevatórios (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

O tipo de captação pode ser mais bem caracterizado através da estrutura de tomada de água do manancial superficial. Dentre as estruturas mais utilizadas estão a tomada de água com barragem de nível, a captação direta com proteção e poço de tomada, a captação indireta com canal ou tubulação de derivação, e a torre de tomada e tomada de água flutuante (FUNASA, 2006). É necessário que se tenha os diferentes tipos de estruturas de captação para que seja possível a mitigação dos problemas oriundos das condições do manancial, como o nível de água, intermitência de vazões, presença de sólidos, lodo ou algas, entre outras características. As Figuras 2, 3 e 4, mostram os principais tipos de tomada de água superficial:

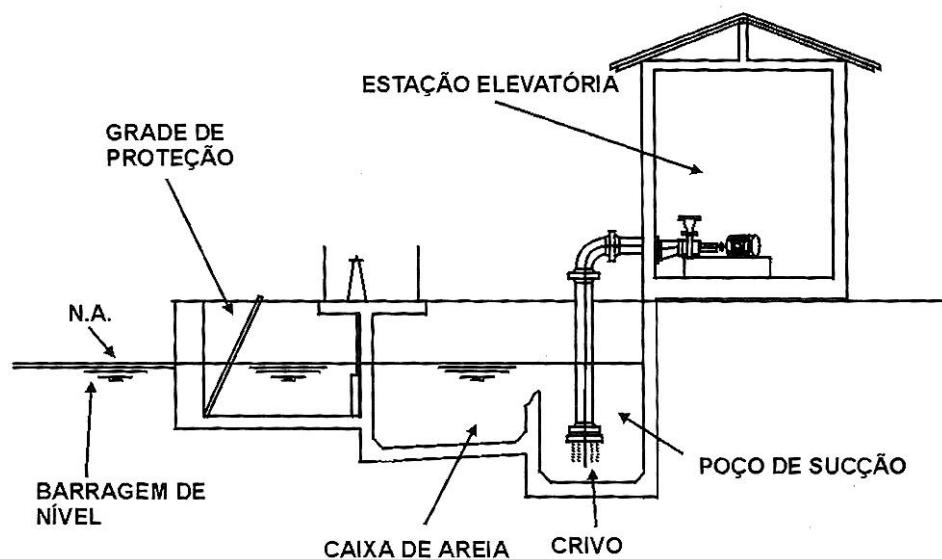


Figura 2. Tomada de água com barragem de nível. Fonte: Manual de Saneamento FUNASA, 2007.

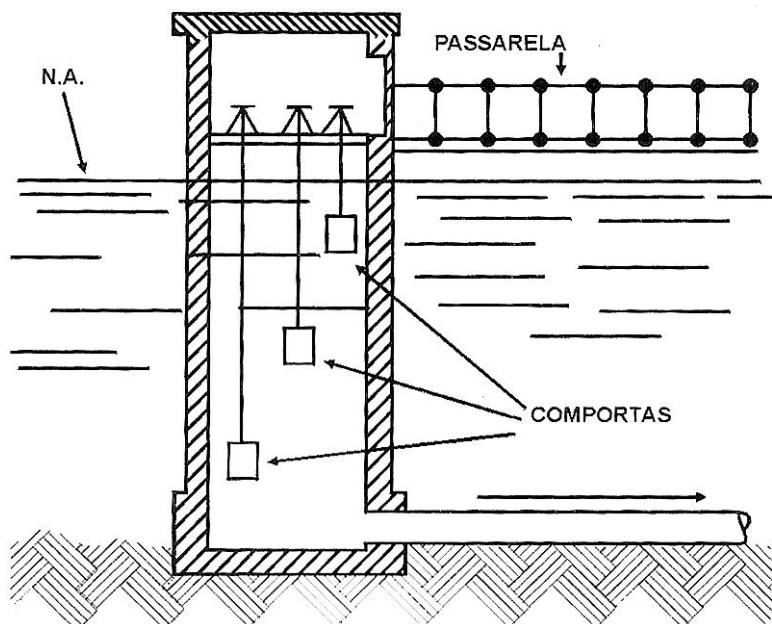


Figura 3. Torre de Tomada. Fonte: Manual de Saneamento FUNASA, 2007.

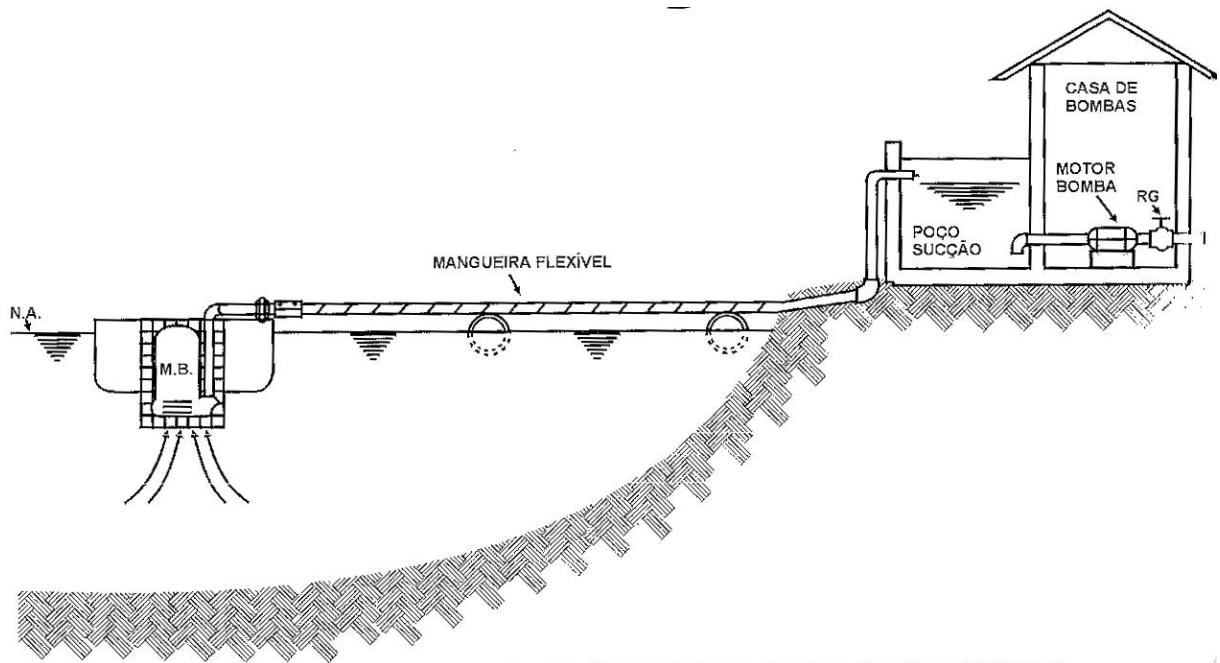


Figura 4. Esquema de Tomada de água flutuante. Fonte: Manual de Saneamento FUNASA, 2007.

### 3.4.2 Adução

Adutora é o conjunto de tubulações e outras peças, disposta entre a captação e a estação de tratamento de água (ETA), nesse caso denominada adutora de água bruta, ou entre a ETA e os demais componentes de um SAA, sendo assim chamada de adutora de água tratada.

As adutoras podem também ser classificadas quanto à energia utilizada para o escoamento da água, e segundo esta classificação podem ser de três tipos: adutora por gravidade, que aproveita o desnível entre as duas extremidades da adutora para transportar a água; adutora por recalque, quando necessita um meio para elevar a água, como um conjunto motobomba, por exemplo; e, por último, a adutora mista, que é basicamente quando se utiliza a gravidade até certo ponto, e o recalque quando a primeira deixa de surtir efeito no transporte da água.

### 3.4.3 Tratamento

O tratamento de água é a etapa do SAA responsável por enquadrar a água do manancial a padrões de potabilidade, para então ser servida à população. No Brasil a portaria nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde (MS) define quais são estes

padrões, além de definir os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano.

O tratamento de água pode ser realizado de diversas maneiras. Em cada caso é necessário escolher o sistema de tratamento adequado para atingir os padrões legais de abastecimento público. A necessidade de tratamento de água retirada do manancial pode variar de tratamento convencional, tratamento completo ou tratamento avançado, até somente a simples desinfecção, dependendo das características físico-químicas e bacteriológicas da água em questão (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007).

A tecnologia de tratamento por ciclo completo ou convencional, apesar de ser a mais difundida no Brasil, nem sempre é a mais adequada, especialmente quando se trata das médias e pequenas cidades, devido aos custos operacionais, necessidade de mão de obra especializada, entre outros (KURODA, 2002). Para os tratamentos não convencionais, que representam aproximadamente 10% do total de municípios brasileiros (IBGE, 2008), são recomendados diferentes tipos de filtração: filtração direta ascendente, filtração direta descendente, filtração dupla entre outras variações, sendo escolhidas de acordo com os parâmetros da água bruta a ser tratada (DI BERNARDO; ISAAC, 2001).

A dupla filtração, dentre as tecnologias adotadas, inclusive a convencional, é tida com uma das mais promissoras, estimando-se que essa tecnologia poderia suprir grande parte das necessidades de tratamento (DI BERNARDO, 2003).

### **3.4.4 Distribuição**

O sistema de distribuição é constituído por reservatórios e redes de distribuição. Os reservatórios visam compensar a diferença de consumo e produção de água, bem como manter a pressão mínima na rede de distribuição e servir às demandas emergenciais. A rede de distribuição é o conjunto de tubulações que leva a água tratada até o consumidor (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007).

O sistema de distribuição pode ser basicamente de dois tipos: malhado e ramificado, existindo também algumas variações como apresentado na figura 5.

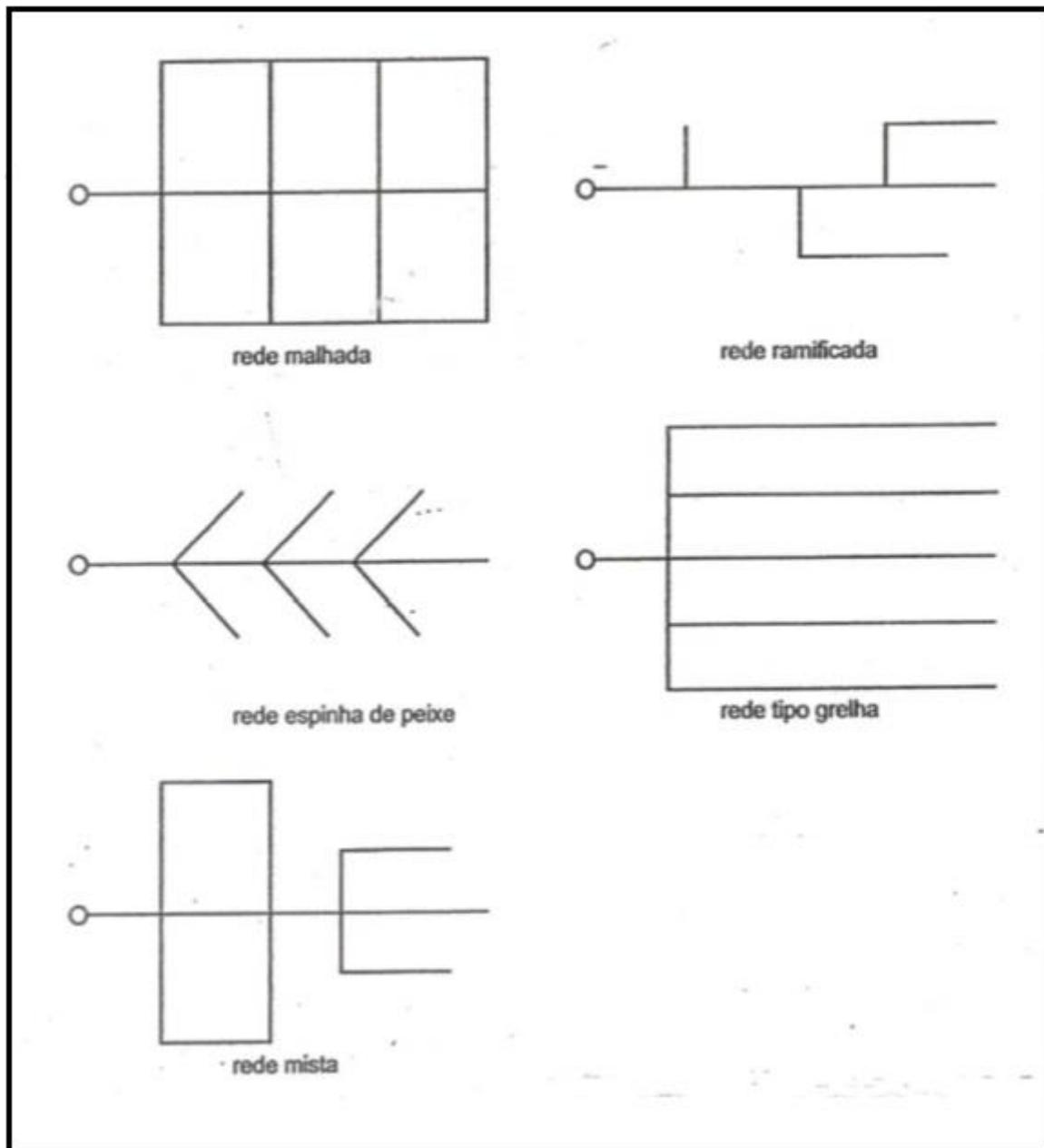


Figura 5. Tipos de redes de distribuição de água. Fonte: GOMES, 2004.

A alternativa priorizada é sempre a rede malhada, pois permite a manutenção da mesma sem que interrompa o abastecimento subjacente, entretanto em municípios pequenos ou em zonas de expansão é necessária a utilização da rede ramificada, seja pelo baixo custo de implantação ou pela impossibilidade de construir um sistema de malhas (GOMES, 2004). É importante ressaltar a maior complexidade quando se calcular as pressões máximas e mínimas na rede malhada, o que pode acarretar em maiores problemas nas perdas de água (GOMES, 2004).

### **3.5 Indicadores de Abastecimento de Água**

Segundo o IWA (International Water Association), os indicadores são ferramentas indispensáveis para os empreendimentos de abastecimento público, uma vez que possibilitam a mensuração da eficiência e qualidade do serviço prestado, proporcionando o traçado de metas mais claras, maior qualidade na gestão, comparação entre empresas e fiscalização das mesmas.

Atualmente existem 254 indicadores relacionados ao abastecimento de água. O Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento conta em sua base de dados com 64 indicadores; entretanto, muitos são desconhecidos pelos gestores, e 63% deles nem chegam a ser utilizados pelas empresas (SILVA ; LUVIZZOTO, 1999).

Dentre os indicadores mais utilizados no Brasil estão os índices de atendimento à população, os índices de perda, e o consumo per capita. Sua divulgação é mais eficiente, em razão de apresentarem de forma mais clara o desempenho da empresa na distribuição de água, o que facilita a interpretação dos dados pelo usuário e pelos próprios prestadores do serviço.

No Brasil, para a maior parte dos municípios, a universalização do acesso a água não é uma realidade distante, e em 2014 a cobertura do serviço atingiu a média de 93% (SNIS, 2014). Apesar dos bons números e da boa disponibilidade hídrica, retratada pelos altos valores de consumo per capita, para compreender a situação real do abastecimento seriam necessários diversos outros indicadores, como os de qualidade de água e continuidade de abastecimento (IWA, 2005).

### 3.6 Perdas de Água

Um dos maiores problemas encontrados no abastecimento de água no Brasil são os altos índices de perdas. Existe uma grande variação nas perdas de distribuição, sendo encontrados valores de 27,2 % no Distrito Federal, até 76,5% no estado do Amapá. Além disso, são índices que não obtiveram melhora considerável na última década (SNIS, 2013).

Existem dois tipos de perdas que podem ocorrer em um sistema de abastecimento de água, as perdas reais e as perdas aparentes. As perdas reais consistem em vazamentos nas redes de distribuição e adutoras, esses podem ser aflorantes quando é possível visualizar o problema, e não aflorantes quando só é possível, para casos específicos, a verificação do vazamento por métodos acústicos. As perdas aparentes, por sua vez, são resultantes de ligações clandestinas, que desviam toda ou parcialmente a água que é utilizada pelo fraudador. Além disso, podem ocorrer erros na medição devido ao uso errôneo dos medidores ou a falta de manutenção dos mesmos (DE CARVALHO, 2004).

A tabela 5 mostra o balanço hídrico de um sistema de abastecimento de água onde são inseridas as perdas de água.

Tabela 4. Balanço hídrico de um sistema de abastecimento de água.

Consumo Autorizado	Consumo Autorizado Declarado	Consumo Médio Faturado	Água Faturada
	Consumo Autorizado Não Faturado	Consumo Médio Não Faturado	
Volume de entrada no Sistema	Perdas Aparentes	Consumo Estimado Faturado	Consumo Estimado Não Faturado
		Consumo Estimado Não Faturado	
Perdas de Água	Perdas Reais	Consumo Não Autorizado	Água Não Faturada
		Erro de Medição	
Perdas Reais		Vazamentos e Extravazamentos em Reservatórios	Vazamento em Ramais até o ponte de medição do Cliente
		Vazamentos em Adutoras e Redes	

Fonte: Adaptado de International Water Association 2005

Apesar de existirem duas classes principais de perdas, as estruturas e tecnologias disponíveis na maior parte dos municípios não permitem que essas sejam mensuradas separadamente, o que limita a geração de índices e o controle das perdas (MIRANDA, 2003).

A percentagem de volume de água perdido para cada causa mencionada varia muito de região para região. A SABESP de São Paulo contabilizou essas perdas e concluiu que 48% das perdas são por vazamentos, 27% por gestão comercial, 20% por micromedição e 10% por macromedição (SABESP, 2001).

As perdas são avaliadas por três indicadores básicos, que podem ser calculados a partir do volume de entrada no sistema, do valor obtido nos hidrômetros (volume consumido), do número de ligações e do que é cobrado dos consumidores. São eles: Índice de Perdas na Distribuição, Índice de Perdas por Ligações e Índices de Perdas no Faturamento (SNIS, 2013).

É evidente hoje, no Brasil, a dificuldade das companhias de saneamento em promover o abastecimento de água de maneira adequada e sustentável economicamente. Parte disto se deve ao baixo investimento nas últimas décadas em monitoramento e manutenção dos sistemas de abastecimento de água, que associados aos problemas de gestão resultam em tarifação inadequada e altos índices de perda de água e faturamento (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2013).

No Brasil, o índice de perda de água tratada na distribuição atinge em média 36,7%, enquanto que o índice de perda de faturamento atinge 35,7% (SNIS, 2014). Isso equivale a dizer que o Brasil perde mais e um terço da água produzida e deixa de arrecadar cerca de 14 bilhões de reais ao ano, o que reflete o frágil desempenho dos provedores desse serviço e a falta de recursos próprios para investimentos no setor.

Em trabalho encomendado pelo Instituto Trata Brasil, 2013, foi feita uma projeção para a receita direta operacional, aquela que diz respeito apenas aos ganhos relacionados à prestação de serviço de abastecimento de água e à tarifação média das concessionárias, para três cenários diferentes que simulam a redução das perdas de faturamento. O Estudo mostra que na redução das perdas para o percentual de 20%, a redução projetada nas tarifas cobradas pelo serviço de

abastecimento de água seria de aproximadamente 25% (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2013).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no Município de Morro Redondo, que faz parte do Escudo Sul-Riograndense, na região sul do Estado do Rio Grande do Sul, como mostrado na Figura 6. O município possui uma área de 244,64 km<sup>2</sup> e está inserido na bacia Mirim-São Gonçalo, que ocupa uma área de 25.666,83 km<sup>2</sup>. Possui uma altitude de 245 metros acima do nível do mar, e está localizado entre o paralelo 31°35'41" de latitude sul, e meridiano de 52°37'26" de longitude oeste, tendo como limites a N-NE e Leste o município de Pelotas, a SE-S o município de Capão do Leão, a SO-O o município de Cerrito, e a O-NO-N o município de Canguçu.

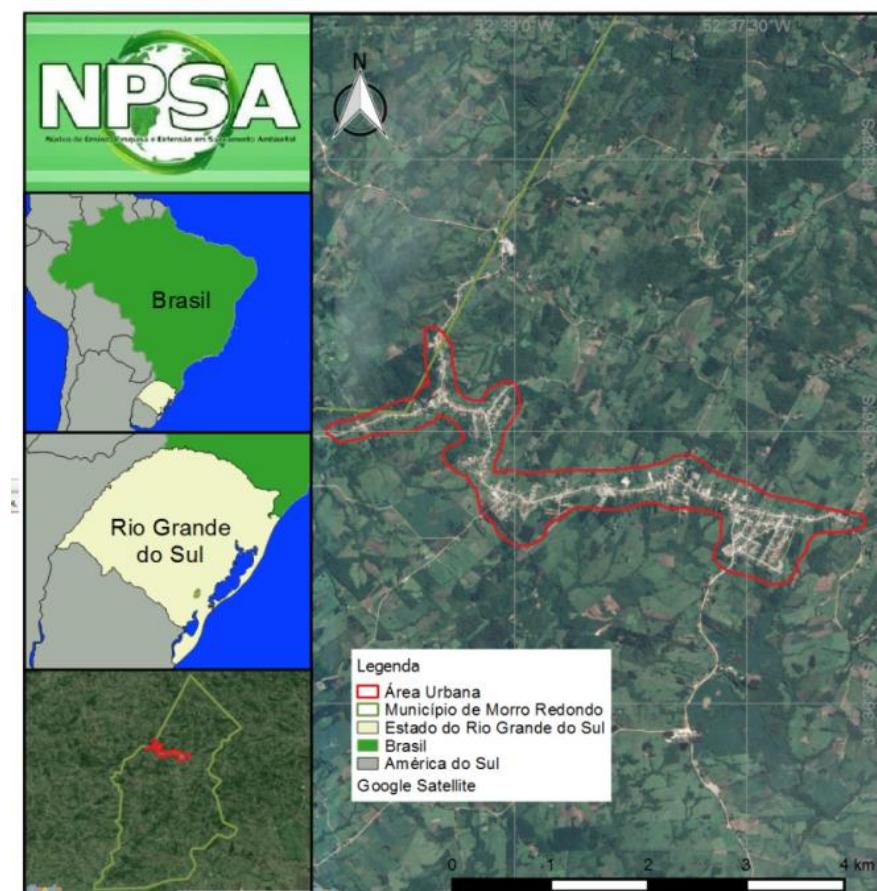


Figura 6. Mapa de localização e área urbana do município. Fonte:

O município de Morro Redondo está dividido em 15 (quinze) localidades, mais a sede municipal, sendo elas: Colônia Açoita Cavalo, Colônia Afonso Pena, Colônia Cachoeira, Colônia Campestre, Colônia Capela da Buena, Colônia Cerro da Buena, Colônia Colorado, Colônia Santo Amor, Colônia São Domingos, Colônia Palha Branca, Colônia Reserva, Colônia Rincão da Caneleira, Colônia Santa Bernadina, Colônia São Pedro, Colônia Passo do Valdez.

O mapa da distribuição espacial das localidades do município de Morro Redondo pode ser vista na Figura 7:

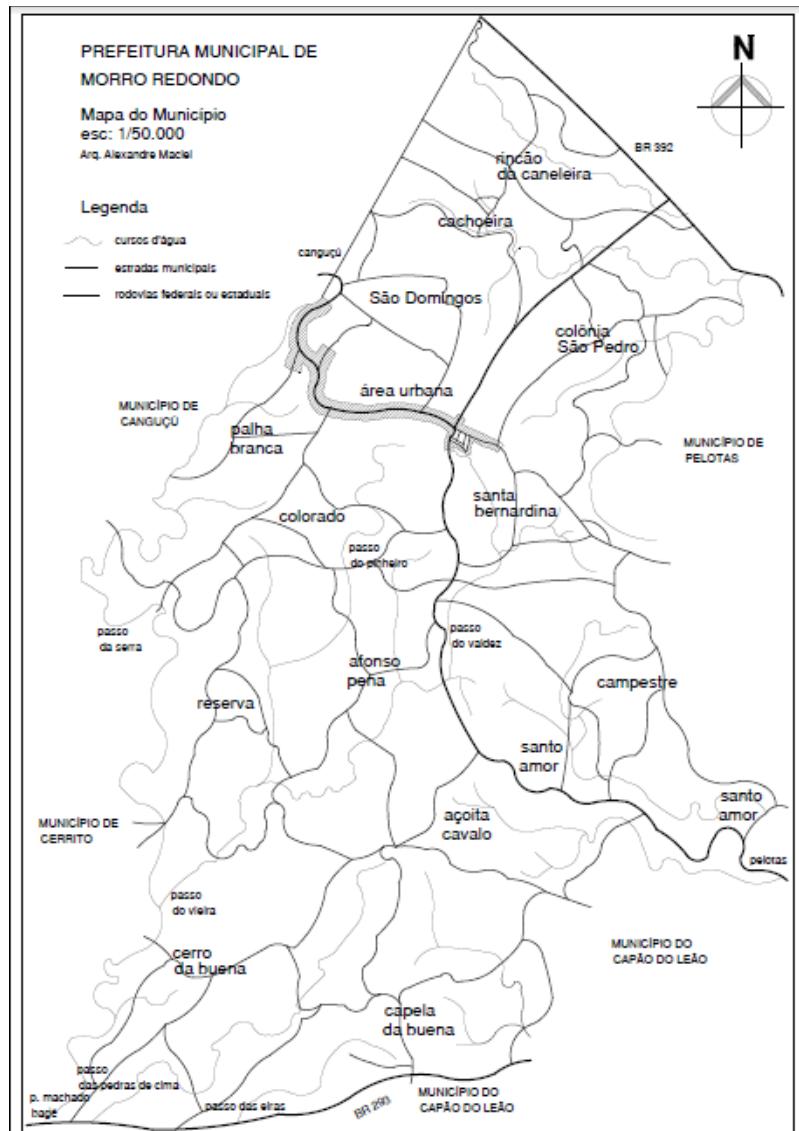


Figura 7. Mapa das localidades e rede viária do município de Morro Redondo

## **4.2 Levantamentos de Dados**

Foi realizado levantamento de dados em fontes como IBGE, CORSAN, SNIS e prefeitura municipal. Além disso, utilizou-se também da pesquisa de campo de caráter exploratório, constituída de levantamento de dados no próprio local de estudo (MARCONI e LAKATOS, 2008).

### **4.2.1 Pesquisa Documental**

Foram levantados os relatórios de indicadores primários, operacionais e comerciais do abastecimento de água, provenientes da CORSAN.

Foram consultadas também as séries de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), como número de habitantes na zona rural e urbana, e densidade demográfica.

A série histórica do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) foi utilizada para complementar os dados que não foram encontrados nos documentos fornecidos pela CORSAN.

### **4.2.2 Pesquisa de Campo**

Foram realizadas visitas no período de agosto de 2014 até agosto de 2015 ao município para coleta de dados de campo, sendo, para isso, aplicados procedimentos de registros fotográficos e observação direta, buscando melhor descrição da estrutura física do sistema de abastecimento de água. Dessa maneira, procurou-se caracterizar as condições do manancial onde é feita a captação e adução da água para o tratamento, dos reservatórios, da estação de tratamento e dos poços de captação.

## **4.3 Indicadores do Sistema de Abastecimento de Água**

Os indicadores levantados, necessários para o cálculo dos índices e para o melhor entendimento dos mesmos, foram: dados anuais e mensais de volume produzido de água, de volume consumido de água, de volume faturado de água, de população atendida com abastecimento, de população urbana, de população total, de extensão da rede de distribuição, de material da rede, de densidade domiciliar de economias residenciais, de despesas e receitas.

#### 4.3.1 Índices de Atendimento à População

A população atendida pelos serviços de abastecimento de água e o nível de universalização dos serviços de água foram calculados como mostrado nas equações 1 e 2 a seguir:

$$\text{População Atendida (\%)} = \frac{\text{População abastecida} \times 100}{\text{População Total}} \quad \text{Equação 1}$$

$$\text{NUA} = \frac{\text{População urbana abastecida}}{\text{População urbana total do município}} \quad \text{Equação 2}$$

#### 4.3.2 Consumo e Produção Per Capta

O consumo per capita é calculado conforme a Equação 2. A população com acesso a rede de abastecimento de água é um dado estimado fornecido pelo SNIS, que resulta da multiplicação da taxa média de habitantes por domicílio (IBGE) pelo número de economias residenciais ativas de água (CORSAN). O volume de água consumido é um dos parâmetros fornecidos pela CORSAN.

$$\text{Consumo Per Capita} = \frac{\text{Volume de Água Consumido}}{\text{População Com Acesso a Rede}} \quad \text{Equação 3}$$

A produção per capita é calculado substituindo-se o volume de água consumido pelo volume de água produzido, como na Equação 4 a seguir:

$$\text{Produção Per Capita} = \frac{\text{Volume de Água Produzido}}{\text{População Com Acesso a Rede}} \quad \text{Equação 4}$$

#### 4.3.3 Índices de Perdas

As perdas foram avaliadas por dois índices básicos: índice de perdas na distribuição (IPD) e índice de perda de faturamento (IPF).

O IPD (equação 5) é definido como a relação entre os volumes disponibilizados e os consumidos, medido em percentual.

$$\text{IPD} = \frac{\text{Volume de Água Produzido} - \text{Volume de Água Consumido}}{\text{Volume de Água Produzido}} \quad \text{Equação 5}$$

O IPF (equação 6) é definido como a relação entre os volumes produzidos e aqueles que são efetivamente cobrados, e é normalmente medido em percentual.

$$\text{IPF} = \frac{\text{Volume de Água Produzido} - \text{Volume de Água faturado}}{\text{Volume de Água Produzido}} \quad \text{Equação 6}$$

#### **4.4 Análise da Estrutura Operacional**

Para análise da estrutura operacional do sistema de abastecimento de água, foram utilizados índices e parâmetros citados anteriormente, além de dados de qualidade de água bruta e tratada fornecidos pela CORSAN. Foram feitas análises da evolução histórica dos indicadores e parâmetros, a fim de avaliar a situação e progressão da universalização, integralidade, equidade e qualidade dos serviços prestados.

#### **4.5 Análise da Situação Financeira**

Foram avaliados os dados de receita operacional direta e indireta, arrecadação total, despesa com pessoal próprio, despesa com produtos químicos, despesa com energia elétrica, despesas de exploração (DEX) e despesas totais com os serviços (DTS), fornecidos pela CORSAN e disponibilizados no SNIS para a avaliação da sustentabilidade econômica do SAA.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água Urbano

O abastecimento de água no Município de Morro Redondo acontece de forma diferenciada na área urbana e nas demais localidades do município, estas que contemplam áreas essencialmente rurais, e outras que são pequenos núcleos urbanos isolados.

### 5.2 Nível de Universalização dos Serviços de Água e População Total Atendida

O NUA e a População total atendida são indicadores de grande importância, pois dão a ideia geral do grau de universalização do serviço no município. O NUA, inclusive, é um dos instrumentos previstos na Lei Federal nº 1.445/2007 para medição da universalização dos serviços.

No ano de 2015 o Município de Morro Redondo atendia cerca de 40% da população total e 95% da população urbana com abastecimento de água potável.

A Figura 8 a seguir exibe um panorama da situação do abastecimento da população de Morro Redondo, e leva em conta apenas o abastecimento por redes de distribuição da CORSAN.

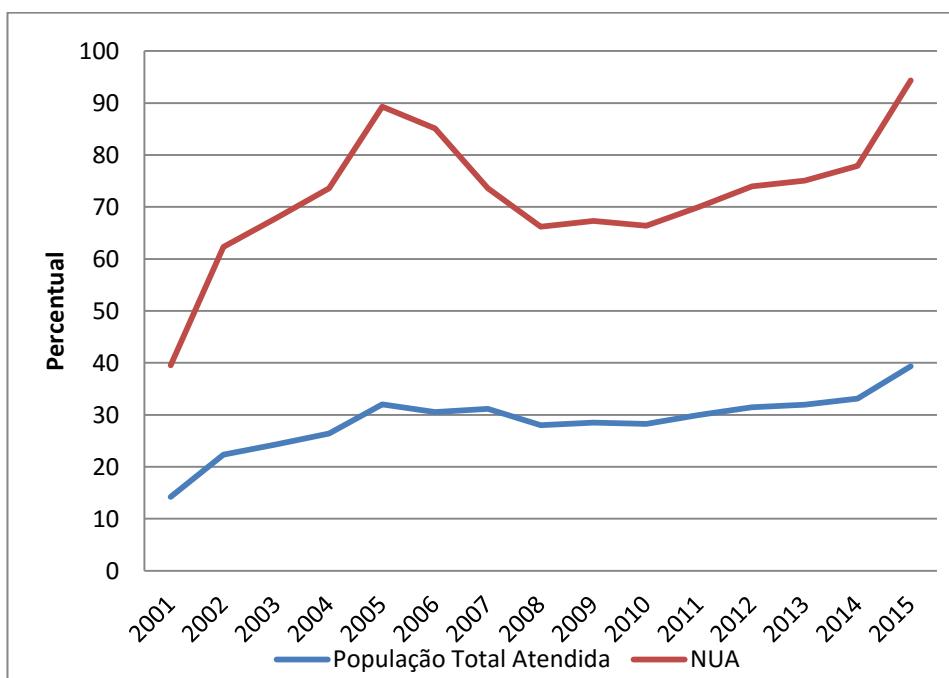


Figura 8. Comparação entre NUA e População Total Atendida nos últimos 15 anos.  
Fonte: CORSAN/SNIS.

É importante ressaltar que os baixos valores encontrados para população total atendida se devem à contabilização de população atendida se limitar à área urbana, que é minoria no caso de Morro Redondo. A contabilização de famílias abastecidas por poços comunitários ou por poços individuais, que são monitorados pela CORSAN, poderia elevar consideravelmente estes valores. O indicador NUA mostrou excelente avanço, de aproximadamente 40% em 2001 para 95% em 2015, o que deixa Morro Redondo perto da meta estabelecida pelo PLANSAB para a região sul, que é de 98%.

A figura 9 exibe o avanço do indicador NUA durante todos os meses nos anos de 2014 e 2015. Esse avanço considerável no indicador, tanto o relativo ao ano de 2001 quanto os últimos avanços, se devem à última obra, que quase duplicou a rede de distribuição, mas que ainda encontra-se em fase de ligação das residências com a rede.

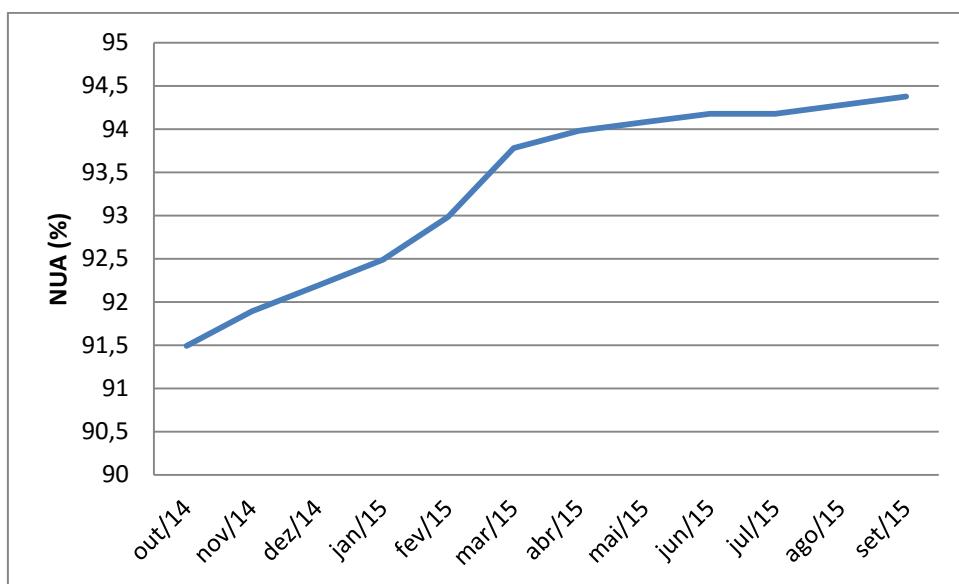


Figura 9. Evolução mensal do indicar NUA.

### 5.3 Consumo Per Capita

No ano de 2015, foram produzidos, no município de Morro Redondo, 117.000 m<sup>3</sup> de água, contabilizando 137 litros de água por pessoa por dia, e deste valor são consumidos 84,5 litros de água por pessoa por dia. O consumo do município está

bem abaixo do consumo médio do estado, que atingiu 152,2 litros por habitante por dia no ano de 2015.

A Figura 10 mostra a evolução do consumo e produção per capita do município no período de 2001 e 2015.

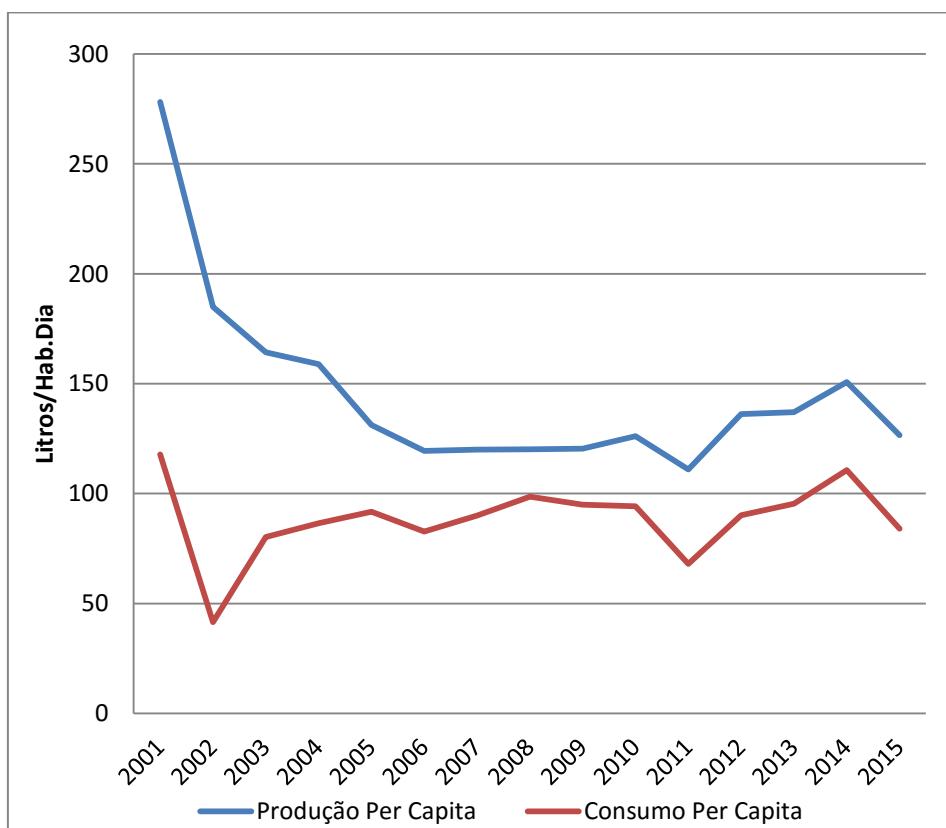


Figura 10. Comparação entre Consumo e Produção per Capita nos últimos 15 anos.

É possível notar uma melhora na diferença entre produção e consumo, principalmente em relação aos valores do intervalo de 2001 a 2005. Isso pode ser reflexo do tipo de material usado nas novas canalizações de expansão da rede, que passaram a ser realizadas com PVC, o que diminui as perdas reais de água, que são de aproximadamente 25% do total das perdas (SABESP, 2015). Além disso, não é notada uma variação considerável no consumo per capita do município, o que é notável considerando o crescimento do consumo em todo Brasil mesmo com as diversas crises hídricas que vêm acontecendo. Ademais, considerando apenas dois anos, 2001 e 2014, o consumo diário se iguala ou ultrapassa a recomendação mínima da OMS de 110 litros por dia.

## 5.4 Índices de Perdas

As figuras 11 mostram a evolução dos índices de perdas no Município de Morro Redondo. Estes índices representam a porcentagem de água que se perde no decorrer das redes de distribuição, ou que não é faturada. As perdas podem ser ocasionadas basicamente por ligações clandestinas, falhas na medição, e vazamento nas redes. Morro Redondo possui o índice de perdas bem abaixo da média do Rio Grande do Sul e do Brasil; porém, ainda há uma perda de aproximadamente um terço da água produzida.

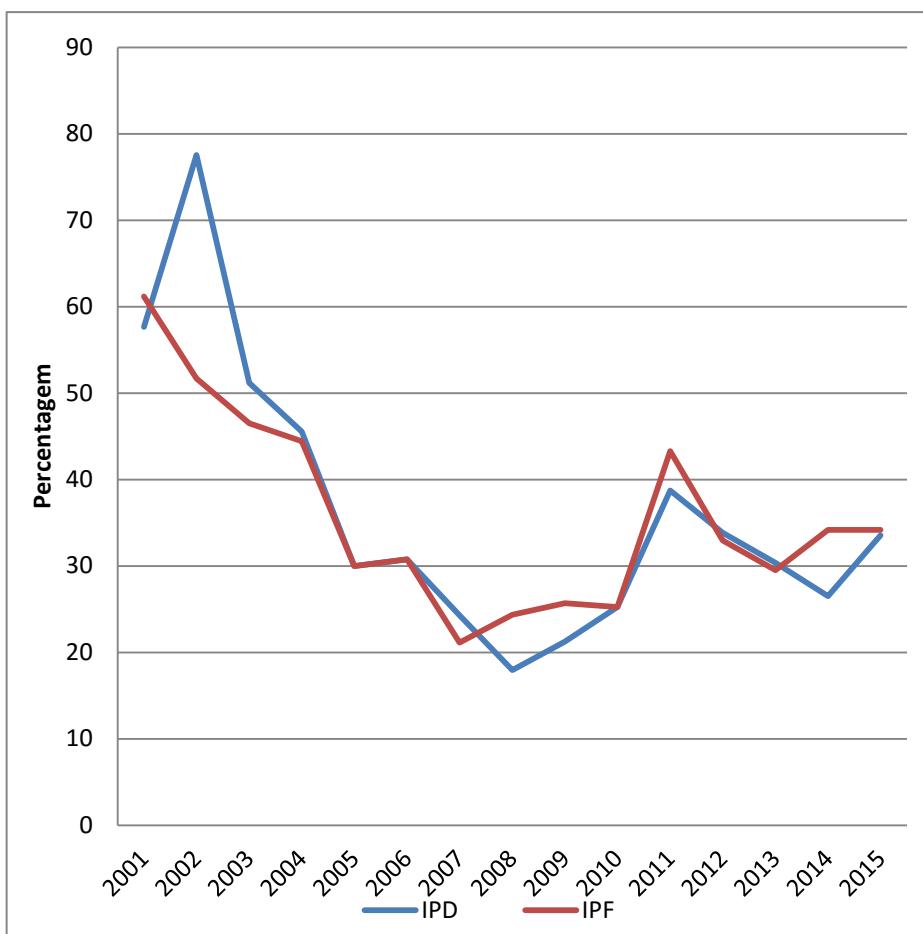


Figura 11. Comparação entre as Perdas na distribuição e no faturamento para os últimos 15 anos.

Ocorreu um grande avanço nos índices de perdas nos últimos 15 anos, passando de aproximadamente 60% para 33% em 2015. A diferença entre o IPD e o IPF pode ser explicada pelas tarifas diferenciadas entre os diversos tipos de consumidores, que em alguns casos pagam o consumo mínimo de 10 m<sup>3</sup> sem

efetivamente consumi-los. Essa diminuição no IPF é muito importante para a sustentabilidade econômica da concessionária: apesar de 33% ser um valor razoável considerando a realidade do país, isso mostra o potencial que a CORSAN tem de arrecadar recursos para a melhoria do próprio sistema, que seria de aproximadamente 196.000 reais só no ano de 2015 em uma situação utópica de 0 perdas no faturamento.

As perdas na distribuição representam o volume de água que é tratado e não chega aos consumidores. A minimização desse índice possibilita que se gaste menos com tratamento e que se capte menos água dos mananciais, evitando seu esgotamento e garantindo, possivelmente, a diminuição dos gastos com exploração de novos mananciais, atividade mais custosa para os gestores de um SAA. Com a diminuição, mostrada na figura 10, a concessionária deixou de captar e tratar 50% de água desnecessária.

A figura 12 é referente ao Índice de Perdas por Faturamento e o Índice de Perdas na Distribuição entre todos os meses compreendidos nos anos de 2014 e 2015. A diferença na sobreposição dos índices pode ser explicada pela diferença de consumo nos meses pelas diferentes modalidades, no mês de fevereiro, por exemplo, o consumo pelas residências básicas é o maior, o que pode apontar para um problema de pressão na rede, uma vez que, na época que há mais consumo, há também diminuição de pressão nas redes e consequentemente nas perdas reais de água também.

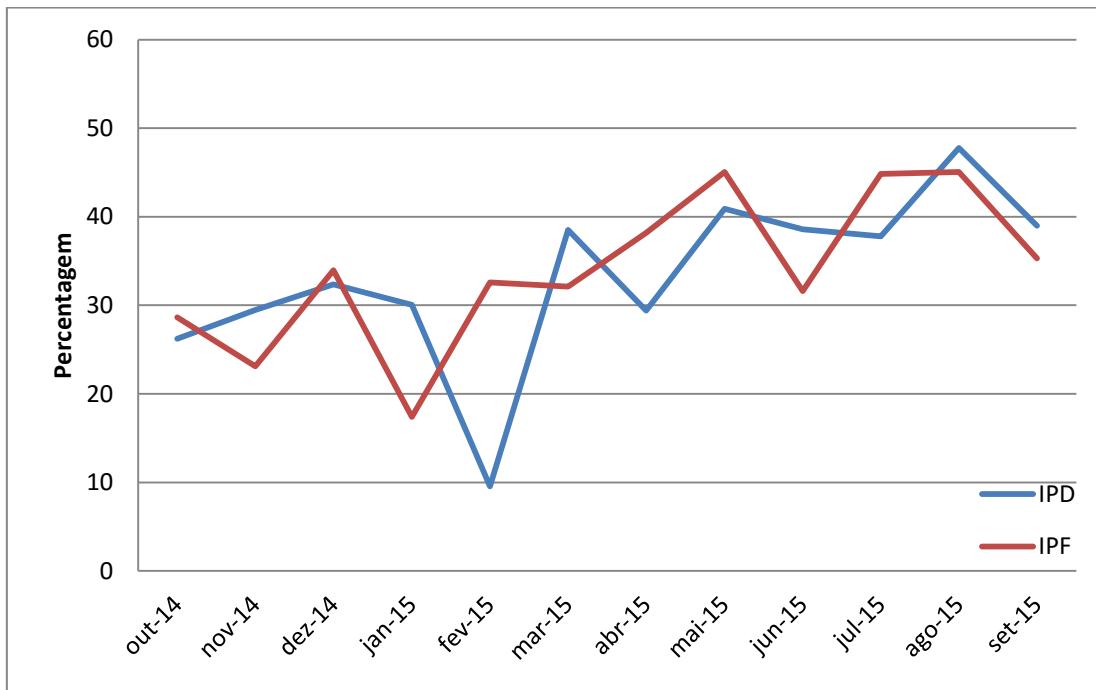


Figura 12. Comparação na variação mensal dos índices de perdas na distribuição e no faturamento.

É possível notar valores excelentes de IPF para alguns meses, como janeiro e novembro, bem como o valor de IPD no mês de fevereiro, o que mostra o potencial do município em melhorar os índices de forma geral. A diferença de 47% e 10% nos meses de agosto e fevereiro para o indicador IPD mostra o alto potencial de redução nas perdas, entretanto, seria necessário investigar de maneira minuciosa quais as causas dessa variação para poder priorizar as medidas necessárias de controle.

### 5.5 Proposta de solução para o Sistema de Abastecimento de Água

O sistema de abastecimento de água do município de Morro Redondo mostrou muitos avanços nos últimos tempos. O grau de universalização na zona urbana é adequado, e provavelmente vai atingir os 100% nos próximos anos. O maior problema que se nota é a situação financeira em que se encontra a concessionária, no município, com um déficit de R\$ 422.381,04 em 2013, e R\$ 443.146,31 em 2014, como mostrado nas tabelas 6 e 7. Outro fator preocupante é o crescimento da receita que cresceu apenas 11% de 2013 para 2014, em comparação com as despesas que cresceram 17%. Isso resultou em um aumento no déficit da concessionária em 5%

Tabela 5. Receitas e Arrecadação nos anos de 2013 e 2014.

<b>Receitas</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
	----- R\$ -----	
<b>Receita operacional direta de água</b>	516.287,89	575.536,29
<b>Receita operacional direta total</b>	516.287,89	575.536,29
<b>Receita operacional indireta</b>	12.413,94	13.433,97
<b>Receita operacional total (direta + indireta)</b>	528.701,83	588.970,26
<b>Arrecadação total</b>	532.859	590.350,63

Fonte: Dados Agregados SNIS

Tabela 6: Despesas nos anos de 2013 e 2014

<b>Despesas</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
	----- R\$ -----	
<b>Despesa com pessoal próprio</b>	514.363,85	601.240,68
<b>Despesa com produtos químicos</b>	3.216,29	5.704,83
<b>Despesa com energia elétrica</b>	46.282,00	54.803,71
<b>Despesas de Exploração (DEX)</b>	855.140,59	948.470,23
<b>Despesas totais com os serviços (DTS)</b>	955.240,04	1.033.496,94

Fonte: Dados Agregados SNIS

Uma possível solução para diminuir esse déficit crescente seria um controle de perdas, que pode ser feito com uma manutenção regular dos hidrômetros e com a reposição dos mesmos, com a troca das tubulações mais antigas do município (25% do total) por canos de PVC, e com a fiscalização das ligações clandestinas. Isso traria uma redução de pelo menos 50% nas perdas de distribuição, o que refletiria em um aumento na receita anual de aproximadamente R\$ 90.000. Além disso, seria necessário um reajuste das tarifas cobradas, uma vez que seria impossível a concessionária ser auto-sustentável, mesmo que as perdas fossem reduzidas a 0.

## 6 CONCLUSÃO

Os índices de perdas na distribuição e faturamento de água mostraram uma melhoria considerável nos últimos anos e ainda um grande potencial de aperfeiçoamento.

Os índices de produção e consumo per capita se mostraram constantes durante os últimos 15 anos e abaixo do consumo recomendado pela organização mundial da saúde.

O nível de universalização dos serviços de abastecimento foi o índice que mais avançou no município chegando muito perto da situação ideal de 100% de cobertura.

A concessionária, responsável pelo serviço de abastecimento de água no município de Morro Redondo, se encontra muito distante de ser sustentável economicamente o que se constatou ser o pior problema do município. Foi recomendado um plano de controle de perdas e o reajuste das tarifas para que se alcance a sustentabilidade total do serviço.

## 7 REFERENCIAS

BRASIL. Política Nacional do Meio Ambiente. Lei n.º 6.938 de 31 de agosto de 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)> Acesso em: 7 de abr. de 2015.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Diário Oficial da União 2007. 8 de janeiro: Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato20072010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2007/lei/l11445.htm). Acessado em maio de 2016.

BRASIL. DECRETO Nº 7.217, DE 21 DE JUNHO DE 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/decreto/D7217.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/D7217.htm), Acesso Junho de 2016

BRASIL. Ministério da Saúde. **Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água. Série A: Normas e Manuais.** Brasilia, 2007

DE CARVALHO, Fernando Silva et al. Estudos sobre perdas no sistema de abastecimento de água da cidade de Maceió. 2004.

DOS SANTOS, Gabriel Rosa. Estudo de Clarificação de Água de Abastecimento Público e Otimização da Estação de Tratamento de Água. 2011.

DI BERNARDO, Angela Silva. **Desempenho de sistemas de dupla filtração no tratamento de água com turbidez elevada.** 2004. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2004. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-24112015-111804/>>. Acesso em julho de 2016.

FERIS, Loretta. The Human Right to Sanitation: A Critique on the Absence of Environmental Considerations. *Review of European, Comparative & International Environmental Law*, v. 24, n. 1, p. 16-26, 2015.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (BRASIL). **Manual de saneamento**. Funasa, 2006.

GOMES, Heber Pimentel. **Sistemas de abastecimento de água: dimensionamento econômico e operação de redes e elevatórias**. Editora Universitária-UFPB, 2004.

HELLER, Léo. Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 3, n. 2, p. 73-84, 1998.

HELLER, Léo; DE PÁDUA, Valter Lúcio. **Abastecimento de água para consumo humano**. Editora UFMG, 2006.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Perdas de água: Entraves ao avanço do saneamento básico e riscos de agravamento à escassez hídrica no Brasil. 2013. Disponível em <http://www.tratabrasil.org.br/perdas-de-agua>. Acessado em julho de 2016.

INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION et al. Performance indicators for water supply services. IWA publishing, 2006.

KURODA, Emilia Kiyomi. Avaliação da filtração direta ascendente em pedregulho como pré-tratamento em sistemas de dupla filtração. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (USP). Escola de Engenharia de São Carlos.

LIBÂNIO, Paulo Augusto Cunha; CHERNICHARO, CA de L.; NASCIMENTO, Nilo de Oliveira. A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 219-228, 2005.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Técnicas de Pesquisa. 7ed. São Paulo: Atlas, 2008. 277p.

MENDONÇA, Mário Jorge Cardoso de; MOTTA, Ronaldo Seroa da. Saúde e saneamento no Brasil. 2005.

MIRANDA, Ernani Ciríaco de et al. Indicadores de perdas da água: o que, de fato, eles indicam?. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental No. 22; V Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental**. ABES, 2003. p. 1-32.

PORTARIA, Nº. 518, de 25 de março de 2004. **Ministério de Estado da Saúde**, 2004.

RAMACHANDRA, T. V.; BHARATH, A. H.; SOWMYASHREE, M. V. Monitoring urbanization and its implications in a mega city from space: Spatiotemporal patterns and its indicators. **Journal of environmental management**, v. 148, p. 67-81, 2015.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Consumo de água por habitante. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/index.php>. Acesso em Julho de 2016.

SILVA, Neusa Aparecida Sales; LUVIZOTTO, E. Indicadores de gestão para sistemas de abastecimento de água. **São Paulo**, 1999.

SOUZA, Walterler Alves. Tratamento de água. 2007.

WATSON, Vanessa. Seeing from the South: Refocusing urban planning on the globe's central urban issues. **Urban Studies**, v. 46, n. 11, p. 2259-2275, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **Sanitation safety planning: manual for safe use and disposal of wastewater, greywater and excreta**. World Health Organization, 2015.