

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Esther da Silva Barbosa Guimarães**

**REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM CANOAS:  
ANÁLISE DE ÍNDICES DE PERDAS APÓS IMPLANTAÇÃO  
DE MELHORIAS NO CCO**

Porto Alegre  
julho 2016

**ESTHER DA SILVA BARBOSA GUIMARÃES**

**REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM CANOAS:  
ANÁLISE DE ÍNDICES DE PERDAS APÓS IMPLANTAÇÃO  
DE MELHORIAS NO CCO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Gino Roberto Gehling**

**Revisor: Antonio Domingues Benetti**

Porto Alegre

julho 2016

**ESTHER DA SILVA BARBOSA GUIMARÃES**

**REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM CANOAS:  
ANÁLISE DE ÍNDICES DE PERDAS APÓS IMPLANTAÇÃO  
DE MELHORIAS NO CCO**

Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 11 de julho de 2016.

Prof. Gino Roberto Gehling  
Dr. em Engenharia Ambiental pela Universitat Politècnica de Catalunya  
Orientador

Prof. Antonio Domingues Benetti  
Dr. em Engenharia Civil pela Cornell University  
Revisor

**BANCA EXAMINADORA**

**Engº Renato Machado(CORSAN)**  
Dr. em Engenharia Civil – Área de Concentração: Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP

**Pro. Fernando Mainardi Fan (UFRGS)**  
Dr. em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS

**Prof. Gino Roberto Gehling (UFRGS)**  
Dr. em Engenharia Ambiental pela Universitat Politècnica de Catalunya

Dedico este trabalho ao meu esposo Oséias Guimarães que sempre me apoiou e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação esteve ao meu lado.

“Se todos soubessem o valor e a importância que tem a  
água para nossa vida, não a desperdiçariam tanto.”

Bruno Olhares

## **AGRADECIMENTOS**

Aqui gostaria de agradecer primeiramente a Deus pela saúde e pela força de vontade que me deu nesses longos anos de luta na graduação, agradeço também pela família e amigos que se colocaram ao meu lado para me dar apoio nos momentos mais difíceis.

Ao professor orientador Gino Roberto Gehling pela atenção e orientação de qualidade que me foi dada no período de desenvolvimento da pesquisa e ao professor Antonio Domingues Benetti pela revisão do trabalho.

Aos componentes da banca Fernando Fan e Renato Machado pelo tempo dedicado a análise do meu trabalho.

Ao operador do CCO de Canoas e colega de CORSAN, José Imada, pelos esclarecimentos e dados fornecidos que me auxiliaram no entendimento de vários conceitos fundamentais relacionados à operação do sistema de abastecimento de água.

Aos também colegas da CORSAN, Ricardo Rover e Marilene Cunha pelo material fornecido para a elaboração de meu trabalho e por todo conhecimento que compartilharam comigo.

Ao meu chefe Eng<sup>o</sup> Vincenzo Berardi e aos colegas de departamento que entenderam a minha ausência nos períodos de estudo, e que ouviram tantas vezes minhas queixas com relação às provas que não tive o sucesso desejado. A minha colega e amiga Renata Pio Maximila pelas conversas e pelos almoços.

Aos meus pais Ildo e Maria Tereza Barbosa que nenhum dia sequer deixaram de me incentivar a lutar pelos meus objetivos, pelo carinho e pelos conselhos que sempre me deram.

Ao meu esposo Oséias Guimarães que sempre me deu todo apoio que precisei e ao meu filho Vinícius Guimarães que veio para dar sentido aos meus dias e coragem para continuar.

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar a eficácia de mudanças (físicas e técnicas) implantadas no Centro de Controle Operacional de Canoas na redução de perdas de água no período 2012-2014. Índices específicos foram utilizados nessa avaliação, tais como o índice de perdas na distribuição (IPD) e o índice de perdas por ligação (IPL).

Alguns elementos que influenciam diretamente nesses índices foram avaliados. Primeiramente foram utilizados dados de volume disponibilizado e utilizado mensal unitário. A partir desses dados gerou-se um gráfico que permitiu avaliar o comportamento desses volumes no período, procurando confrontá-los com o gráfico evolutivo da população. Com isso pôde-se concluir se houve aumento ou redução do volume disponibilizado no caso avaliado.

Outros fatores também foram melhorados, no intuito de reduzir perdas no sistema e conseqüentemente buscar a redução dos índices de perdas. Mudanças no espaço físico, aprimoramento operacional do sistema de abastecimento e práticas relacionadas ao monitoramento e redução de pressões nas redes estão entre as melhorias implantadas no centro de controle. As principais ações de controle e redução de pressões foram através da redução do nível de reservatórios no período noturno, setorização do sistema, instalação de válvula redutora de pressão (VRP) e realização do procedimento correto de lavagem dos filtros da ETA.

Posteriormente avaliou-se o IPD e o IPL, comparando o valor que se tinha no início com o valor que se estabeleceu no fim do período.

Palavras chave: Redução de pressões. Redução de perdas. Aprimoramento operacional.  
Índices de perdas.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Etapas da pesquisa.....  | 16 |
| Figura 2 – Ranking de perdas por país em percentual.....                        | 19 |
| Figura 3 – Cruz de Lambert.....   | 26 |
| Figura 4 – Distribuição de vazamentos em redes.....                             | 27 |
| Figura 5 – Setorização.....   | 30 |
| Figura 6 – Válvula redutora de pressão.....                                     | 31 |
| Figura 7 – CCO de Canoas.....   | 38 |
| Figura 8 – Tela de visualização do antigo supervisório.....                     | 43 |
| Figura 9 – Tela de visualização do atual supervisório.....                      | 45 |
| Figura 10 – Rompimento de rede devido à lavagem dos filtros na ETA Niterói..... | 48 |
| Figura 11 – Lavagem de filtros da ETA Niterói (modo correto e incorreto).....   | 49 |
| Figura 12 – Volume disponibilizado.....   | 51 |
| Figura 13 – Evolução do número de economias.....                                | 52 |
| Figura 14 – Volume disponibilizado unitário.....                                | 54 |
| Figura 15 – Volume utilizado unitário.....                                      | 53 |
| Figura 16 – VDu x VUu.....  | 55 |
| Figura 17 – Detecção de vazamento.....  | 56 |
| Figura 18 – Pontos de monitoramento de pressão.....                             | 58 |
| Figura 19 – Intervenções em redes.....  | 59 |
| Figura 20 – Intervenções em ramais.....   | 60 |
| Figura 21 – Evolução do IPD médio 2012-2014.....                                | 61 |
| Figura 22 – Evolução do IPL médio 2012-2014.....                                | 62 |

## **LISTA DE QUADROS**

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1 – Perdas físicas.....  | 22 |
| Quadro 2 – Perdas não físicas.....                                      | 22 |
| Quadro 3 – Classificação dos sistemas segundo percentual de perdas..... | 25 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Índice de perdas na distribuição.....       | 20 |
| Tabela 2 – Redução de pressão x redução de perdas..... | 31 |
| Tabela 3 – Número de AS pendentes no sistema.....      | 60 |

## LISTA DE SIGLAS

AS – Autorização de serviço

CCO – Centro de Controle Operacional

ETA – Estação de Tratamento de Água

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBNET – *International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities*

IPD – Índice de Perdas na Distribuição

IPF – Índice de Perdas no Faturamento

IPL – Índice de Perdas por Ligação

IWA – *Internacional Water Association*

SCO – Sistema de Controle de Operação

VRP – Válvula Redutora de Pressão

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....                                       | 13 |
| <b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA</b> .....                           | 14 |
| 2.1 QUESTÃO DA PESQUISA.....                                    | 14 |
| 2.2 OBJETIVO DA PESQUISA.....                                   | 14 |
| 2.2.1 Objetivo principal.....                                   | 14 |
| 2.2.2 Objetivos secundários.....                                | 14 |
| 2.3 HIPÓTESE.....   | 15 |
| 2.4 DELIMITAÇÕES.....   | 15 |
| 2.5 LIMITAÇÕES.....   | 15 |
| 2.6 DELINEAMENTO.....   | 15 |
| <b>3 PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO</b> .....              | 18 |
| 3.1 A QUESTÃO DAS PERDAS.....                                   | 18 |
| <b>3.1.1 Perdas de água no Brasil</b> .....                     | 18 |
| <b>3.1.2 Perdas na cidade de Canoas</b> .....                   | 20 |
| 3.2 CONCEITOS BÁSICOS.....                                      | 20 |
| <b>3.2.1 Subdivisões do sistema de abastecimento</b> .....      | 20 |
| <b>3.2.2 Perdas reais e perdas aparentes</b> .....              | 21 |
| <b>3.2.3 Indicadores de perdas de água</b> .....                | 23 |
| 3.2.3.1 Indicadores básicos de perdas.....                      | 23 |
| 3.3 CONTROLE E REDUÇÃO DAS PERDAS.....                          | 25 |
| <b>3.3.1 Prevenção das perdas na distribuição</b> .....         | 27 |
| 3.3.1.1 Manutenção preventiva da rede.....                      | 28 |
| 3.3.1.2 Adoção de procedimentos operacionais.....               | 28 |
| 3.3.1.3 Treinamento de pessoal para realização de manobras..... | 28 |
| <b>3.3.2 Ações para controle e redução das perdas</b> .....     | 29 |
| 3.3.2.1 Redução das perdas físicas.....                         | 29 |
| 3.3.2.1.1 Setorização.....                                      | 29 |
| 3.3.2.1.2 Redução de pressão nas redes.....                     | 30 |
| 3.3.2.1.3 Pesquisa de vazamentos.....                           | 32 |
| 3.3.2.1.4 Substituição e recuperação de redes.....              | 34 |
| 3.3.2.1.5 Melhorias operacionais.....                           | 34 |
| 3.3.2.2 Redução de perdas não físicas.....                      | 35 |
| 3.3.2.2.1 Macromedição e micromedição.....                      | 35 |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.3.2.2.2 Gestão comercial.....                                       | 35        |
| 3.3.2.2.3 Fraudes.....  | 36        |
| 3.3.2.2.4 Ausência de micromedição e erros de medição.....            | 36        |
| 3.3.2.2.5 Submedição.....   | 36        |
| 3.4 CENTROS DE CONTROLE OPERACIONAL (CCO).....                        | 36        |
| <b>3.4.1 CCO de Canoas.....</b>                                       | <b>37</b> |
| 3.4.1.1 Estrutura atual.....  | 37        |
| 3.4.1.2 Monitoramento das pressões.....                               | 38        |
| 3.4.1.3 Pontos de monitoramento.....                                  | 39        |
| 3.4.1.4 Gerenciamento do nível de reservatórios.....                  | 39        |
| <b>4 METODOLOGIA DE PESQUISA.....</b>                                 | <b>41</b> |
| <b>5 DESENVOLVIMENTO.....</b>   | <b>42</b> |
| 5.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE CANOAS.....                           | 42        |
| <b>5.1.1 Configuração antiga do CCO.....</b>                          | <b>42</b> |
| <b>5.1.2 Configuração atual do CCO.....</b>                           | <b>44</b> |
| 5.2 ANÁLISE APÓS MELHORIAS.....                                       | 50        |
| <b>5.2.1 Análise do volume disponibilizado total.....</b>             | <b>50</b> |
| <b>5.2.2 Análise do volume disponibilizado unitário.....</b>          | <b>52</b> |
| <b>5.2.3 Análise do volume utilizado unitário.....</b>                | <b>53</b> |
| <b>5.2.4 Análise das pressões no sistema.....</b>                     | <b>55</b> |
| <b>5.2.5 Análise do número de intervenções em redes e ramais.....</b> | <b>59</b> |
| <b>5.2.6 Análise do índice de perdas na distribuição.....</b>         | <b>61</b> |
| <b>5.2.7 Análise do índice de perdas por ligação.....</b>             | <b>62</b> |
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                    | <b>63</b> |
| <b>7 NECESSIDADES DE MUDANÇAS FUTURAS.....</b>                        | <b>65</b> |
| REFERÊNCIAS.....  | 66        |
| ANEXO A.....  | 67        |

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente as empresas de saneamento no Brasil enfrentam um grande desafio: controlar e reduzir as perdas nas redes de abastecimento. O percentual de água não faturada que em 2013, segundo o relatório de perdas apresentado pelo GO ASSOCIADOS (2015, p. 13), foi de aproximadamente 39,1% correspondendo a perdas financeiras que ultrapassaram os 8 bilhões de reais. Em estudo divulgado pelo *International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities* (IBNET) o Brasil ocupa a 20ª posição no ranking mundial de perdas (INTERNATIONAL BENCHMARKING NETWORK FOR WATER AND SANITATION UTILITIES, 2011<sup>1</sup> apud TREVIZAN, 2015), ficando atrás de países como Estados Unidos (13%), China (22%), Rússia (23%) e México (24%).

As perdas nas redes de água são classificadas em perdas físicas e perdas não físicas. Perda física é toda água que é produzida e abastecida, porém que não chega ao consumidor final, se perdendo principalmente em vazamentos visíveis e ocultos. Já perda não física está relacionada à água que chega ao consumidor, mas que não é faturada, sendo em sua maioria proveniente de ligações irregulares e/ou clandestinas e erros de macro e micromedição.

O controle de pressões nas redes tem sido um importante método para redução das perdas físicas. O simples fato de manter a pressão em faixas aceitáveis reduz significativamente as perdas de água em vazamentos, tornando menor o desperdício de água tratada que poderia estar sendo disponibilizada para o abastecimento e ainda contribui para uma menor fadiga dos materiais evitando transientes hidráulicos. O presente trabalho procurou avaliar a eficácia de ações implantadas através de melhorias operacionais no município de Canoas, na redução de índices de perdas no sistema.

---

<sup>1</sup> INTERNATIONAL BENCHMARKING NETWORK FOR WATER AND SANITATION UTILITIES. Reporte de país: Brasil. USA, 2011 Disponível em: <<http://old.ib-net.org/sp/production/?action=country>>. Acesso em: 03 dez. 2015.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa do trabalho é: qual a eficácia das mudanças implantadas no centro de controle operacional do município de Canoas na redução do índice de perdas na distribuição e no índice de perdas por ligação?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo principal**

O objetivo principal do trabalho é a avaliação do comportamento de índices de perdas após mudanças operacionais implantadas no sistema de abastecimento de Canoas.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

Os objetivos secundários do trabalho são as apresentações, para o período 2012-2014:

- a) de dados mensais de índice de perdas na distribuição (IPD)
- b) de dados mensais de índice de perdas por ligação (IPL)
- c) de gráficos de pressão pontuais do sistema.
- d) gráficos de nível de reservatório

## **2.3 HIPÓTESE**

Este trabalho teve como hipótese que as melhorias implantadas no Centro de Controle Operacional reduziram em pelo menos 10% o índice de perdas na distribuição no município de Canoas.

## **2.4 DELIMITAÇÕES**

O trabalho delimita-se à avaliação do índice de perdas na distribuição e do índice de perdas por ligação em redes de abastecimento de água em um determinado período no município de Canoas.

## **2.5 LIMITAÇÕES**

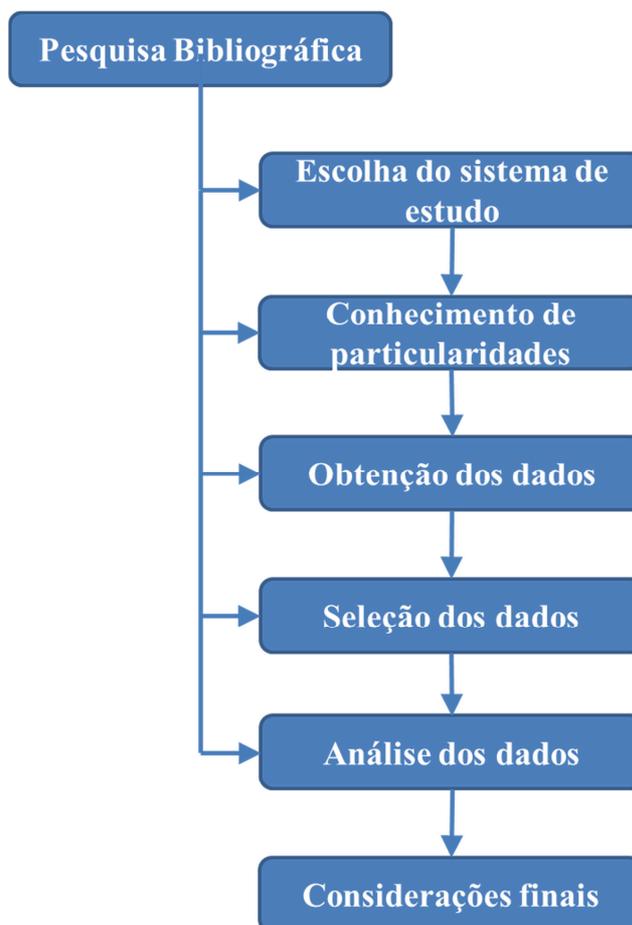
O trabalho limita-se ao estudo de índices de perdas no ano anterior e no posterior à implantação das melhorias operacionais e técnicas realizadas no Centro de Controle Operacional de Canoas.

## **2.6 DELINEAMENTO**

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) escolha de um sistema para estudo;
- c) conhecimento de particularidades do sistema escolhido;
- d) obtenção de dados;
- e) seleção dos dados relevantes para o estudo;
- f) análise dos dados;
- g) considerações finais.

Figura 1 – Etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pela autora)

Na **pesquisa bibliográfica** foram utilizados manuais de companhias de saneamento, artigos técnicos, trabalhos acadêmicos e relatórios de órgãos competentes da área. Procurou-se obter todo o material divulgado pela CORSAN em congressos, cursos e apresentações das diretorias sobre os centros de controle operacional de responsabilidade da companhia a fim de se escolher um caso considerado relevante a ser estudado.

A próxima etapa foi a **escolha do sistema** para desenvolvimento do estudo, visto que a CORSAN atende a 312 municípios. Procurou-se escolher um CCO (Centro de Controle Operacional) que estivesse em fase de aprimoramento operacional, desenvolvendo técnicas para a redução perdas de água. Depois de escolhido o sistema alvo de estudo foi fundamental o **conhecimento de particularidades** de seu funcionamento tal como número de estações de tratamento e quais regiões da cidade são abastecidas por cada uma delas, número de reservatórios e setores abastecidos, conhecimento da malha correspondente às redes de

distribuição e ainda conhecer as melhorias físicas e técnicas implantadas no CCO do município de estudo no ano de 2013, como foram procedidas e como se desenvolvia o processo anteriormente.

Após o conhecimento do sistema a etapa seguinte foi a **obtenção de dados** de índice mensais de perdas na distribuição (IPD), índices mensais de perdas por ligação (IPL), gráficos de pressão de pontos de monitoramento e gráficos de nível de reservatório a partir do sistema de armazenamento de dados (SCO) utilizado pela CORSAN. Coletados os dados estes passaram pela **seleção de dados** conforme a necessidade do trabalho, visto que não foram utilizados todos os dados do banco, mas apenas um certo período que se julga adequado na análise.

Selecionados os dados, a próxima etapa foi a **análise dos dados**, visto que foram utilizados os dados referentes a um período que antecede e outro que sucede as melhorias operacionais implantadas no centro de controle. E estes foram rigorosamente observados com a finalidade de observar seu comportamento ao longo dos meses de análise. Por fim foram feitas as **considerações finais** verificando o comportamento do índice de perdas ao longo do período estudado avaliando-o após as melhorias operacionais implantadas.

### **3 PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO**

Para o entendimento do assunto aqui abordado será feito um breve relato sobre perdas de água e a importância de seu controle, e ainda esclarecidos alguns conceitos básicos sobre sistemas de abastecimento de água.

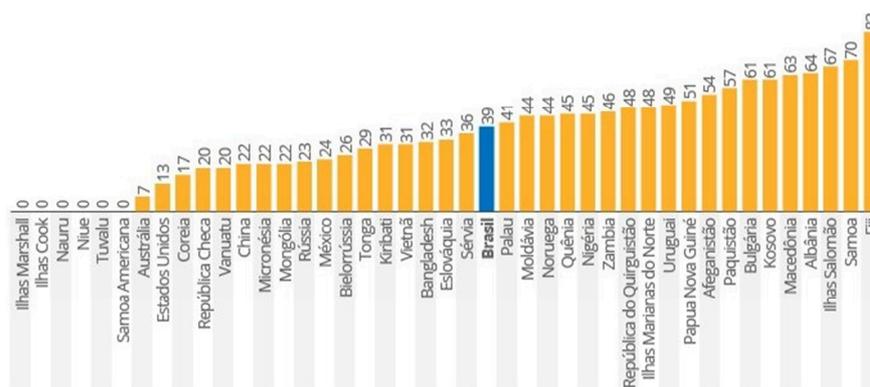
#### **3.1 A QUESTÃO DAS PERDAS**

Atualmente as empresas em geral buscam a eficiência de seus processos de produção visando principalmente atender com plenitude o consumidor final de seus produtos ou serviços. Nas empresas de saneamento o foco não é diferente, visto que produzem e distribuem um bem essencial à vida tendo como principal objetivo atender a população com água potável, segundo os padrões mínimos exigidos pela legislação, porém visando sempre a eficiência no processo de abastecimento. Com essa missão as empresas do setor vêm buscando aprimorar técnicas operacionais que visem menores perdas de seu principal produto de mercado, visto que não parece aceitável que perdas financeiras muitas vezes ultrapassem os 50% do faturamento total.

##### **3.1.1 Perdas de água no Brasil**

No Brasil atualmente, cerca de 40% de toda água disponível para o abastecimento não gera faturamento, colocando o país na vigésima posição de um *ranking* que abrange 43 países no quesito perdas de água tratada, conforme apresentado na figura 2.

Figura 2 – Ranking de perdas por país em percentual



(fonte: adaptado de *INTERNATIONAL BENCHMARKING NETWORK FOR WATER AND SANITATION UTILITIES*, 2011<sup>2</sup> apud TREVIZAN, 2015)

Algumas causas são apontadas como justificativa para o índice atual de perdas no país (GO ASSOCIADOS, 2015, p. 29):

- a) falta de investimento em manutenção e reabilitação de redes;
- b) necessidade de adoção das tecnologias requeridas para o monitoramento das redes e da produção;
- c) incentivos limitados para melhorias na gestão;
- d) definição de preços que em alguns casos não refletem o grau de escassez do recurso hídrico e;
- e) custos das externalidades negativas.

No Brasil, em 2013, o volume perdido foi de 6,5 bilhões de metros cúbicos. Para que se tenha ideia da dimensão desse volume algumas comparações são relacionadas à perda (GO ASSOCIADOS, 2015, p. 30):

- a) 6,5 vezes a capacidade do Sistema Cantareira (1 bilhão de m<sup>3</sup>) ou;
- b) 7.154 piscinas olímpicas perdidas ao dia ou;
- c) 17,8 milhões de caixas de água de 1.000 litros perdidas por dia ou;
- d) 894 mil caminhões pipa de 20.000 litros por dia ou;
- e) a produção de água da cidade de São Paulo ao longo de 5 anos e a do Rio de Janeiro ao longo de 6 anos, tendo como referência os valores de 2013.

<sup>2</sup> INTERNATIONAL BENCHMARKING NETWORK FOR WATER AND SANITATION UTILITIES. Reporte de país: Brasil. USA, 2011 Disponível em: <<http://old.ib-net.org/sp/production/?action=country>>. Acesso em: 03 dez. 2015.

### 3.1.2 Perdas na cidade de Canoas

O município de Canoas alvo do estudo aqui desenvolvido faz parte da região metropolitana de Porto Alegre, possuindo uma população de 341.343 habitantes segundo censo demográfico (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2015) e tendo o segundo maior PIB do estado e o trigésimo primeiro no ranking nacional.

Canoas é dividida em dezoito bairros, dos quais Guajuviras, Mathias Velho e Niterói são os mais populosos.

Os serviços de água e esgoto são de responsabilidade da concessionária estatal CORSAN, sendo a cidade que possui maior número de economias ligadas ao sistema, possuindo 82.902 ligações de água, atendendo 100% da população. Porém mesmo sendo a principal fonte de lucros para a companhia, Canoas também possui uma realidade como a de tantas outras cidades brasileiras, um alto índice de perdas de água tratada, chegando a 52,44% no ano de 2013 (GO ASSOCIADOS, 2015) conforme pode ser visto na tabela 1.

Tabela 1 – Índice de perdas na distribuição

| Município | UF | População<br>2013 | Atendimento<br>Total de água<br>2013 | Índice de perdas na distribuição |        |        |        |        |
|-----------|----|-------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|           |    |                   |                                      | 2009                             | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   |
| Canoas    | RS | 338.531           | 100%                                 | 59,76%                           | 53,85% | 49,32% | 54,38% | 52,44% |

(fonte: adaptado de GO ASSOCIADOS, 2015)

## 3.2 CONCEITOS BÁSICOS

### 3.2.1 Subdivisão do sistema de abastecimento

Um sistema de abastecimento é dividido em diversas partes que precisam ser diferentemente tratadas no que diz respeito a ações de controle de perdas, pois possuem origens e magnitudes variadas. Estas subdivisões são expressas no Documento Técnico de Apoio A2 (BRASIL, 2004, p. 16):

- a) Adução de água bruta – compreende a captação e adução de água bruta;
- b) Tratamento – ETA ou unidade de tratamento simplificado;

- c) Reservação;
- d) Adução de água tratada – consiste nas adutoras e subadutoras de água tratada e instalações de recalque; e
- e) Distribuição – consiste na rede de distribuição e ramais prediais.

### 3.2.2 Perdas reais e perdas aparentes

Para um melhor entendimento do tema que será abordado nesta pesquisa será feito um breve esclarecimento de dois conceitos fundamentais aqui utilizados.

Segundo o Guia Prático de Gonçalves e Lima (2007, p. 13):

Todo o sistema de abastecimento de água apresenta perdas entre a captação e a estação de tratamento de água (perdas na produção) e desta até a entrega para o consumidor (perdas na distribuição).

Conceitualmente existem dois tipos de perdas de água: as perdas reais e as perdas aparentes.

- a) perdas reais: toda água que vaza no sistema, não chegando às instalações dos usuários, pode ser definida como perdas reais, também chamadas de perdas físicas. Estas perdas são decorrentes do rompimento em adutoras, subadutoras, redes, ramais e conexões e às trincas estruturais e fissuras nas impermeabilizações de reservatórios.
- b) perdas aparentes: as perdas aparentes, também chamadas de perdas não físicas, referem-se a toda água que não é medida ou que não tenha o seu uso definido. Estão relacionadas às ligações clandestinas e/ou irregulares, fraudes nos hidrômetro, erros de micromedição e macromedição [...], erro de leitura, etc.

Segundo os quadros 1 e 2, apresentados no Documento Técnico de Apoio A2 (BRASIL, 2004, p. 17), podem-se visualizar as partes do sistema e a origem das perdas físicas e não físicas:

Quadro 1 – Perdas físicas

|                   | SUBSISTEMA             | ORIGEM   | MAGNITUDE  |
|-------------------|------------------------|--|--|
| FÍSICAS<br>PERDAS | Adução de Água Bruta   | Vazamentos nas tubulações<br>Limpeza do poço de sucção*              | Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional        |
|                   | Tratamento             | Vazamentos estruturais<br>Lavagem de filtros*<br>Descarga de lodo*   | Significativa, função do estado das instalações e da eficiência operacional  |
|                   | Reservação             | Vazamentos estruturais<br>Extravasamentos<br>Limpeza*                | Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional       |
|                   | Adução de Água Tratada | Vazamentos nas tubulações<br>Limpeza do poço de sucção*<br>Descargas | Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional        |
|                   | Distribuição           | Vazamentos na rede<br>Vazamentos em ramais<br>Descargas              | Significativa, função do estado das tubulações e principalmente das pressões |

(fonte: BRASIL, 2004, p. 17)

Quadro 2 – Perdas não físicas

|                       | ORIGEM                            | MAGNITUDE   |
|-----------------------|-----------------------------------|---|
| PERDAS DE FATURAMENTO | Ligações clandestinas/irregulares | Podem ser significativas, dependendo de: procedimentos cadastrais e de faturamento, manutenção preventiva, adequação de hidrômetros e monitoramento do sistema. |
|                       | Ligações não hidrometradas        |   |
|                       | Hidrômetros parados               |   |
|                       | Hidrômetros que submedem          |   |
|                       | Ligações inativas reabertas       |   |
|                       | Erros de leitura                  |   |
|                       | Número de economias errado        |   |

(fonte: BRASIL, 2004, p. 29)

### 3.2.3 Indicadores de perdas de água

Para a avaliação do nível de perdas de água potável são utilizados indicadores que permitem medir o grau de eficiência das empresas de saneamento no âmbito operacional e comercial.

Dentre os indicadores utilizados podem-se destacar os sugeridos pela IWA, que foram selecionados por empresas do setor a nível mundial. Os índices foram classificados segundo níveis de complexidade, conforme expresso em (GO ASSOCIADOS, 2015, p. 22):

Nível 1: Indicadores básicos que fornecem uma visão geral da situação das perdas. Comumente utilizados para propósitos de gerenciamento Exemplo: porcentagem de água não faturada e perdas em litros/ligação.dia.

Nível 2: Indicadores intermediários com um maior grau de robustez técnica, que proporcionam um panorama mais preciso sobre o índice de perdas. Exemplo: perdas reais em litros/dia/pressão ou litros/km de rede.pressão.

Nível 3: Indicadores detalhados de alto padrão técnico que oferecem uma visão aprofundada sobre a situação das perdas. Exemplo: *Infrasctruture Leakage Index* (ILI), ideal para comparação entre sistemas.

#### 3.2.3.1 Indicadores básicos de perdas

A seguir apresentam-se os indicadores mais utilizados atualmente pelos serviços de saneamento brasileiros segundo Manual de Redução e Controle de Perdas (MELO, 2013, p. 25-26):

**Índice percentual de perdas:** também conhecido como índice de perdas na distribuição relaciona o volume total perdido como volume total produzido ou disponibilizado ao sistema, segundo a equação:

$$IPD(\%) = \frac{VD-VS-VU}{VD-VS} \times 100 \quad (\text{fórmula 1})$$

Onde:

VD – volume disponibilizado (m<sup>3</sup>)

VU – volume utilizado (m<sup>3</sup>), medido através de micromedidores do sistema.

VS – volume de serviço é o somatório dos volumes operacionais e especiais (m<sup>3</sup>), onde VS = Vop + Vesp.

Sendo:

Volume operacional (Vop): é o volume utilizado como insumo operacional nos serviços da CORSAN tais como limpeza de reservatórios, desinfecção de adutora. São volumes plenamente conhecidos pelo operador, que variam em função da natureza do evento e das características da parte do sistema envolvido.

Volume especial (Vesp): é o volume utilizado para serviços especiais enquadrando-se nesta categoria os consumos de bombeiros, caminhão pipa, rega de espaços públicos, prédios próprios do operador, abastecimentos realizados a título de suprimentos sociais (favelas e chafarizes), fornecimento para obras públicas, etc.

**Índice de perdas por faturamento:** expressa a relação entre o volume disponibilizado e o volume faturado. Leva em conta perdas reais e aparentes contabilizadas no volume não faturado.

$$IPF(\%) = \frac{VD-VS-VF}{VD} \times 100 \quad (\text{fórmula 2})$$

Onde:

VD – volume disponibilizado (m<sup>3</sup>)

VS – volume de serviço (m<sup>3</sup>)

VF – volume faturado (m<sup>3</sup>)

**Índice de perdas por ligação:** relaciona o volume total com o número médio de ligações existentes, dado em litros/dia/ligação:

$$IPL\left(\frac{\text{litros}}{\text{ligação.dia}}\right) = \frac{VD-VS-VU}{LA \cdot ND} \quad (\text{fórmula 3})$$

Onde:

VD – volume disponibilizado (m<sup>3</sup>)

VS – volume de serviço (m<sup>3</sup>)

VU – volume utilizado (m<sup>3</sup>)

ND – número de dias

LA – número de ligações ativas

Para comparação e obtenção de resultados, foi utilizado o índice de perdas percentuais e o índice de perdas por ligação, por serem considerados aqui como mais representativos para análise das perdas no sistema.

Considerando o índice de perdas percentuais foi feita uma classificação prévia do sistema, conforme apresentado no quadro 3.

Quadro 3 – Classificação dos sistemas segundo percentual de perdas

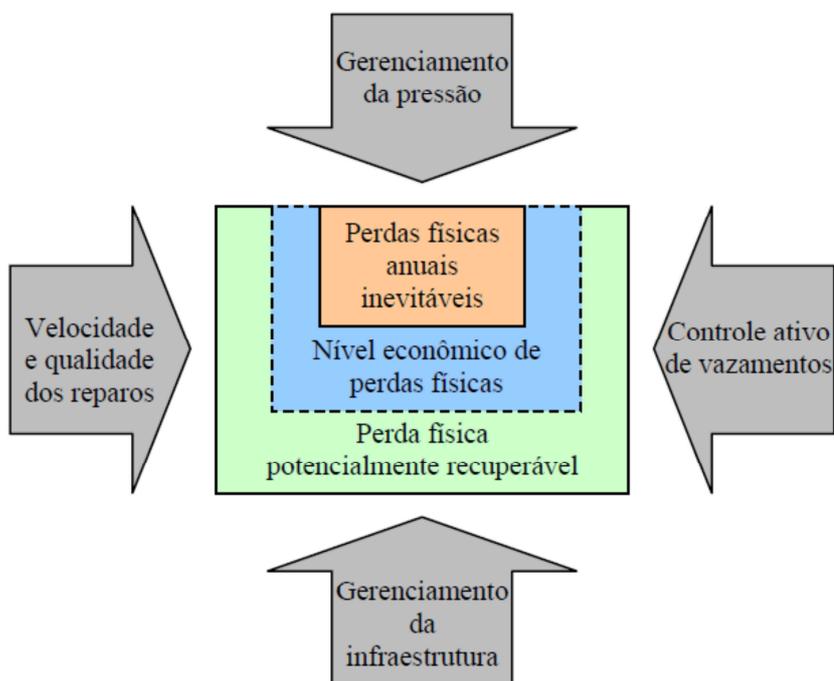
| <b>IPD (%)</b> | <b>Classificação</b> |
|----------------|----------------------|
| Menor que 15   | Excelente            |
| Entre 16 e 25  | Bom                  |
| Entre 25 e 35  | Regular              |
| Entre 35 e 45  | Ruim                 |
| Maior que 45   | Péssimo              |

(fonte: adaptado de BRASIL, 2004, p. 23)

### **3.3 CONTROLE E REDUÇÃO DAS PERDAS**

Visto que no Brasil, em boa parte dos municípios as perdas de água são significativas, se tem procurado aprimorar práticas que procurem reduzir as perdas ao longo do sistema de abastecimento. Estudos feitos na área constataram que a redução de pressões possibilita a redução do volume perdido em vazamentos, diminuindo os gastos com reparos feitos nas tubulações, os transtornos causados à população devido a desvios e bloqueios de vias e reclamações relacionadas a interrupção do fornecimento. Conforme pode ser visto na figura 3, quatro estratégias são imprescindíveis para a redução das perdas físicas.

Figura 3 – Cruz de Lambert



(fonte: LAMBERT; HIRNER, 2000<sup>3</sup> apud MORAIS et al., 2009, p. 5)

Segundo (MORAIS et al., 2009, p. 4):

- a) gerenciamento de pressão: procura minimizar os excessos das pressões do sistema e a faixa de duração de pressões máximas, enquanto assegura os padrões mínimos de serviço para os consumidores. Esses objetivos são atingidos pelo projeto específico de setorização dos sistemas de distribuição, pelo controle de bombeamento direto na rede (boosters) ou pela introdução de válvulas redutoras de pressão (VRP);
- b) controle ativo de vazamentos: opõe-se ao controle passivo, que é, basicamente, a atividade de reparar os vazamentos apenas quando se tornam visíveis. A metodologia mais utilizada no controle ativo de vazamentos é a pesquisa de vazamentos não visíveis, realizada por meio da escuta do solo (por geofones mecânicos ou eletrônicos e correlacionadores). Essa atividade reduz o tempo de vazamento, ou seja, quanto maior for a frequência da pesquisa, maior será a taxa de vazão anual recuperada. Uma análise de custo-benefício pode definir a melhor frequência de pesquisa a ser realizada em cada área;
- c) velocidade e qualidade dos reparos: desde o conhecimento da existência de um vazamento, o tempo gasto para sua efetiva localização e seu estancamento é um ponto-chave no gerenciamento das perdas físicas. Entretanto, é importante assegurar que o reparo seja bem realizado. Uma qualidade ruim do serviço irá fazer com que haja uma reincidência do vazamento horas ou dias após a repressurização da rede de distribuição;

<sup>3</sup> LAMBERT, A.; HIRNER, W. Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures. USA, 2000.

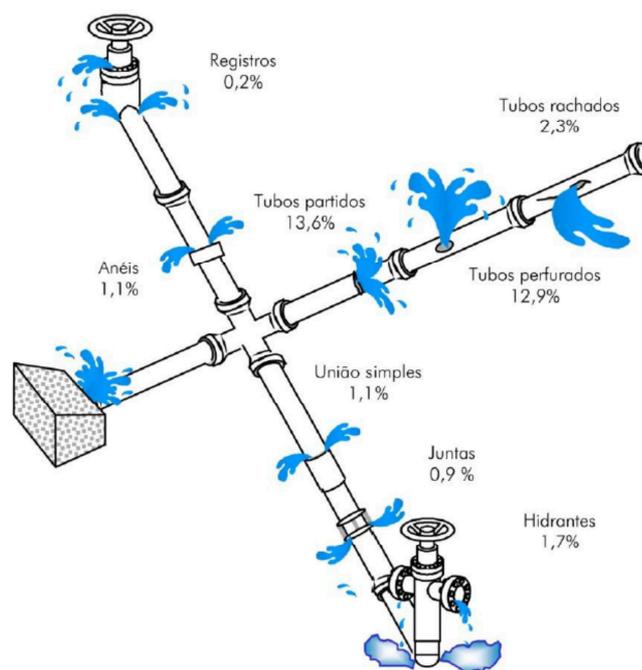
- d) gerenciamento da infraestrutura: a prática das três atividades mencionadas anteriormente já traz melhorias à infraestrutura. Portanto, a substituição de trechos de rede só deve ser feita quando, após a realização das outras atividades, ainda se detectarem índices de perdas elevados na área, pois o custo da substituição é muito oneroso.

### 3.3.1 Prevenção de perdas na distribuição

Redes de distribuição são tubulações instaladas ao longo das vias públicas ou passeio, que conectam o sistema de abastecimento aos pontos de consumo (residências, edifícios, escolas, hospitais, etc.). A maior parte das perdas físicas acontece neste trecho devido ao grande número de conexões e derivações.

As perdas neste tipo de rede decorrem principalmente devido ao rompimento de tubulações como se pode ver na figura 4 que representa o percentual dos vazamentos nas redes de distribuição.

Figura 4 – Distribuição dos vazamentos em redes (% de ocorrência na distribuição)



(fonte: BRASIL, 2004, p. 21)

Segundo Melo (2013, p. 21) as perdas em redes de distribuição podem ser evitadas por meio de:

- a) manutenção preventiva da rede;
- b) adoção de procedimentos operacionais padronizados adequadamente;
- c) treinamento de pessoal para realização de manobras nas redes de abastecimento.

As manobras de rede devem ser realizadas de modo a se evitarem oscilações bruscas de pressão. Aumentos rápidos e excessivos de pressão podem causar rompimentos em série nas redes de distribuição.

O uso de materiais adequados, associados à execução de obra com pessoal treinado e equipado com ferramentas compatíveis com os materiais utilizados, incluindo a realização de testes de estanqueidade, são pré-requisitos para baixos níveis de perdas.

#### 3.3.1.1 Manutenção preventiva da rede

Um dos grandes problemas relacionados às perdas em redes de água é a falta de manutenção preventiva. Boa parte dos recursos é destinada a reparos corretivos que em sua maioria serão temporários e demandarão novamente outro reparo no mesmo local ou em um local próximo. Por isso é de grande importância para as empresas de saneamento destinar recursos financeiros para obras de melhorias do sistema, como substituição de redes antigas e ampliação das redes que compõem a malha.

#### 3.3.1.2 Adoção de procedimentos operacionais padronizados

A padronização dos procedimentos operacionais é de grande importância nos CCO das companhias de saneamento, devido à alta complexidade do comportamento do sistema ao longo do tempo. Portanto, práticas como padronização da sistemática de consertos de redes e ramais, e fechamento de válvulas, por exemplo, evitam futuros problemas que podem resultar em perdas de água.

#### 3.3.1.3 Treinamento de pessoal para realização de manobras

Um fator bastante importante para a excelência dos serviços prestados pelas empresas de saneamento e que influencia bastante no aumento das perdas em redes de distribuição é o despreparo das equipes responsáveis pelas manobras de registros, visto que se forem manuseados incorretamente podem afetar negativamente o sistema com transientes

hidráulicos que se propagarão por toda a rede causando danos às tubulações, gerando perdas de água.

### **3.3.2 Ações para controle e redução das perdas**

Diversas práticas operacionais têm sido desenvolvidas pelas empresas de saneamento com o intuito de reduzir tanto as perdas físicas quanto as não físicas. A seguir serão descritas práticas aplicadas à redução dessas perdas.

#### **3.3.2.1 Redução de perdas físicas**

As perdas físicas representam a maior parte das perdas de água nos sistemas, por isso é importante aprimorar metodologias que tornem mais fácil a identificação do local de ocorrência e correção tão breve for possível. As práticas que serão listadas abaixo procuram minimizar as perdas físicas nas redes de distribuição.

##### *3.3.2.1.1 Setorização*

Segundo Melo (2013, p. 27) setorização é uma forma de obter-se o controle das pressões existentes nas tubulações das redes de abastecimento, a partir do agrupamento em áreas com pressões semelhantes.

A definição de setores de abastecimento a partir de área suprida por um setor regulariza a pressão no sistema de abastecimento. Não é recomendado o abastecimento direto a partir de adutora ou recalque sem inversor de frequência devido à falta de controle de pressões.

Ao se definir os setores se leva em conta as limitações impostas pela NBR 12218 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994), que define:

A pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 500 kPa, e a pressão dinâmica mínima de 100 kPa.

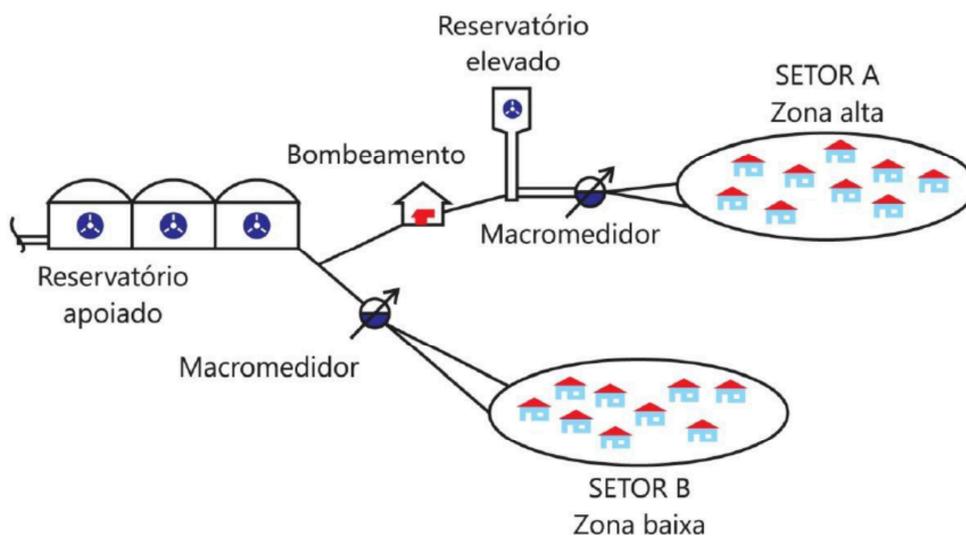
É importante destacar que manter baixa a oscilação de pressões evita o desgaste dos materiais e transientes hidráulicos.

Deve-se observar o que é mencionado no Documento técnico de apoio do D1 (BRASIL, 1999b, p. 21):

O setor de abastecimento, muitas vezes sofre contínuas mudanças em relação ao seu limite, principalmente pelas variações de população. Isso implica em ter alguns locais da rede sendo isolados por registros de bloqueio, cuja estanqueidade geralmente é colocada em dúvida. Portanto é recomendado minimizar o quanto possível a utilização de registros como delimitador de setor de abastecimento e zonas de pressão, através da utilização de ‘cap’.

Na setorização geralmente as redes secundárias (abastecem diretamente os ramais prediais) recebem a configuração ‘distribuição em espinha de peixe’, possibilitando melhor controle de vazões nos trechos. Já as redes primárias (alimentadas geralmente por reservatório, alimentam as redes secundárias) devem receber na medida do possível a configuração ‘distribuição malhada’, evitando pontos cegos (vazão nula) que favorecem o acúmulo de resíduos de turbidez nas extremidades de rede. Na figura 5, pode-se ver um esquema de setorização em um sistema de abastecimento.

Figura 5 – Setorização



(fonte: MELO, 2013, p. 28)

### 3.3.2.1.2 Redução de pressões na rede

Segundo o Documento Técnico de Apoio C3 (BRASIL, 1999a, p. 22) as vazões perdidas nos vazamentos no sistema de distribuição variam segundo a raiz quadrada da perda de carga para o caso de tubulações rígidas. Com isso pode-se ter uma estimativa da ordem de grandeza da redução das perdas físicas resultante da redução das pressões nas tubulações conforme consta na tabela 2.

Tabela 2 – Redução de pressão x redução de perdas

| <b>Redução de Pressão (%)</b> | <b>Redução de Perdas (%)</b> |
|-------------------------------|------------------------------|
| 20                            | 10                           |
| 30                            | 16                           |
| 40                            | 23                           |
| 50                            | 29                           |
| 60                            | 37                           |

(fonte: adaptado de BRASIL, 1999a, p. 22)

A simples redução das pressões ao longo do sistema reduz as perdas físicas, pois há redução substancial dos vazamentos existentes na rede, além de se reduzir o risco de novas rupturas ao longo da rede.

A redução de pressão na rede se dá basicamente através de setorização e instalação de válvula redutora de pressões.

A válvula redutora, conforme é apresentado na figura 6, é um elemento físico e mecânico que causa ação no escoamento, regulando as pressões a jusante, através de dispositivo piloto ajustado manualmente ou automaticamente através de supervisor do centro de controle operacional.

Figura 6 – Válvula redutora de pressão



(fonte: COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO, 2012, p. 23)

As válvulas redutoras de pressão contribuem para a proteção da rede reduzindo a quantidade de vazamentos, além de contribuir para a redução do consumo de água. A válvula redutora de

pressão também é utilizada em situações especiais, onde o ramal requer uma pressão inferior na rede principal.

Segundo Melo (2013, p. 40) as vantagens do uso das válvulas redutoras de pressão estão listadas abaixo:

- a) reduzir o volume perdido em vazamentos, economizando recursos de água e custos associados;
- b) reduzir frequência de rompimentos de tubulações e consequentemente danos que tem reparos onerosos, minimizando também as interrupções de fornecimento e os perigosos causados ao público usuário de ruas e estradas;
- c) prover um serviço com pressões mais estabilizadas ao consumidor, diminuindo a ocorrência de danos às instalações internas dos usuários além a caixa d'água (tubulações, registros e bóias);
- d) reduzir os consumos relacionados com a pressão da rede.

A redução de perdas físicas através do controle de pressões se dá através de:

- a) desenvolvimento de estudos e implementação de setores de abastecimento, priorizando aqueles com elevadas pressões e rompimentos mais frequentes;
- b) implementação de áreas piloto para experimentação de medidas e ações executadas, com acompanhamento, controle e análise dos resultados obtidos.

É importante salientar, conforme Gonçalves e Lima (2007, p. 19):

[...] em um sistema com alta pressão, ocorre com mais frequência uma grande quantidade de vazamentos. Caso uma análise de custo benefício aponte ser viável economicamente um controle ativo de vazamentos, recomenda-se reduzir a pressão no sistema com VRP ou utilização de reservatórios [...]. A experiência indica que se houver uma redução de pressão, o sistema retornará com perdas equivalentes a do início da pesquisa, anulando em pouco tempo a campanha de combate realizada.

### *3.3.2.1.3 Pesquisa de vazamentos*

Os vazamentos constituem a maior parte das perdas físicas, portanto seu controle é de fundamental importância para a efetiva redução do índice de perdas em redes de distribuição. Segundo Melo (2013, p. 32) o controle ativo de vazamentos envolve ações programadas de investigação e detecção dos vazamentos não visíveis, por métodos acústicos e de pesquisa, e a execução dos reparos necessários. Para que haja redução das perdas por vazamentos deve haver um controle ativo conjuntamente com o controle passivo, pois muitos vazamentos são

invisíveis e não afloram à superfície, muitas vezes levando um período longo para ser detectado e reparado.

Para a pesquisa de vazamentos invisíveis são levados em conta se o sistema possui ou não setorização. Para sistemas em que não há setorização, se o sistema for pequeno e não houver qualquer informação ou medição deve-se realizar simplesmente uma pesquisa acústica ponto a ponto em todo o sistema. Essa pesquisa é feita geralmente com equipamentos como haste de escuta e geofone, para que se possa através de detecção sonora encontrar o vazamento. Já se o sistema possui setorização, porém sem macro e micromedição deve-se fazer um levantamento para selecionar possíveis áreas que possam ter vazamentos, levando em conta características como: setor com grande quantidade de vazamentos aparentes, pressões altas, redes antigas, material de má qualidade e outras. Com base neste levantamento priorizam-se as áreas onde se iniciarão as pesquisas.

Segundo (COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO, 2012, p. 50-52) para a pesquisa de vazamentos são utilizados os seguintes equipamentos:

Haste de escuta: é um equipamento composto de um amplificador mecânico ou eletrônico, acoplado a uma barra metálica, destinado a captar ruídos de vazamentos em acessórios da rede de distribuição (cavaletes, registros, hidrantes, entre outros). A haste de escuta não localiza o vazamento, apenas indica a sua existência nas proximidades.

Geofone: é um detector de vazamentos composto por sensor, amplificador, fones de ouvido e filtros de ruídos, destinado a identificar os ruídos de vazamentos a partir da superfície do solo. O local onde o ruído apresentar maior intensidade é o ponto abaixo do qual se encontra o vazamento não visível. Existe também o geofone mecânico, sem filtros de ruídos e muitos mais simples, entretanto, de aplicação mais restrita.

Correlacionador de ruídos: é um equipamento acústico, composto de uma unidade principal processadora, pré-amplificadores e sensores, que identifica a posição do vazamento entre dois pontos determinados de uma tubulação. É usado, na maior parte das vezes, para encontrar vazamentos em trechos onde o uso do geofone é difícil (ruas muito movimentadas, por exemplo) ou para confirmar algum apontamento de geofone. A correlação é baseada na diferença de tempo que o ruído de vazamento leva para atingir cada um dos setores (tempo de retardo). Para efetuar a correlação, mede-se em campo a distância entre os sensores, colocados de tal modo que o ponto suspeito de vazamento esteja entre eles e entra-se no correlacionador com os dados relativos ao material e ao diâmetro do tubo. O processador indica o ponto exato do vazamento, a partir de um dos sensores.

Na detecção de vazamentos são montadas equipes de trabalho normalmente compostas por um técnico e dois auxiliares. Para dar início a um programa de detecção de vazamentos não visíveis são necessários um veículo que acomode o material, os equipamentos e a mão-de-

obra. Um programa de detecção de vazamentos tem como objetivo reduzir as perdas no sistema e aumentar a receita.

Em setores com macromedição e micromedição pode se compatibilizar o volume de água que está entrando com o que está sendo consumido. Conhecendo-se as perdas se pode otimizar o controle de perdas.

#### *3.3.2.1.4 Substituição e recuperação de redes*

Com o passar dos anos as tubulações das redes vão envelhecendo e ficando mais propícias ao surgimento de vazamentos. Portanto é de extrema importância a substituição das redes antigas de materiais como ferro e fibrocimento que geralmente vão se deteriorando com o tempo e favorecendo o aparecimento de vazamentos. As conexões de ferro também devem ser substituídas, visto que surgem incrustações em suas paredes obstruindo a passagem do fluxo e muitas vezes também possuem vazamento.

Não se deve deixar de levar em conta que estas intervenções muitas vezes causarão transtornos à população, pois necessitarão de desvios ou bloqueios das vias públicas. Portanto deve haver um planejamento desses serviços para que se possa realizar a obra sem maiores transtornos.

#### *3.2.2.1.5 Melhorias operacionais*

Conforme do Documento Técnico de Apoio C3 (BRASIL, 1999a, p. 23):

São ações voltadas ao estabelecimento de procedimentos operacionais que minimizam as possibilidades de extravasamentos de reservatórios, descargas de redes, perdas de água de processo e manobras incorretas, incluindo a manutenção preventiva e instalação de equipamentos que propiciem um melhor controle operacional.

A seguir citam-se alguns exemplos de ações:

- a) redução de altas pressões nas redes através de caixas de quebra de pressão ou válvulas redutoras de pressão;
- b) recirculação da água de lavagem dos filtros das ETAS;
- c) implantação de estruturas de controle autônomas no sistema, com a instalação de válvulas controladoras de vazão e níveis junto a reservatórios;
- d) automação gradual da operação e controle do sistema de produção, reservação e distribuição; e

e) instalação de ventosa nas adutoras e redes e dispositivos que propiciem evitar a geração ou absorver transientes hidráulicos

### 3.3.3.2 Redução de perdas não físicas

As perdas não físicas representam parte das perdas de água que demandam maior organização e observação por parte da área operacional e comercial da companhia de saneamento, visto que estão relacionadas diretamente a perdas de faturamento. A seguir se podem esclarecer os métodos mais utilizados para identificar a causa e cessar o mais breve possível o motivador da perda.

#### 3.3.2.2.1 *Macromedição e Micromedição*

Segundo Melo (2013, p. 30) macromedição é o conjunto de medições realizadas em pontos estratégicos do sistema de abastecimento de água, desde a captação até as redes de distribuição. Os macromedidores medem grandes vazões, e para que se possam gerenciar as perdas estes devem estar devidamente instalados e projetados. Os macromedidores mais utilizados são os ultrassônicos.

Micromedição é a medição do consumo diretamente no ponto de abastecimento de um determinado usuário. O sistema de micromedição apresenta os seguintes fatores indutores de perdas aparentes:

- a) perdas inerentes do sistema;
- b) hidrômetros inclinados;
- c) hidrômetros com problemas diversos;
- d) hidrômetros mal dimensionados.

#### 3.3.2.2.2 *Gestão comercial*

A gestão comercial é de extrema importância na redução de perdas não físicas nas redes de distribuição. Segundo (COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO, 2012, p.54):

A gestão comercial de uma companhia compreende todo aparato de processos, sistema de recursos humanos que permite a contabilização das vendas de água e seu faturamento, onde estão basicamente nossas perdas aparentes.

A empresa de saneamento deverá possuir um cadastro comercial de todos consumidores, seus históricos de consumo ao longo dos meses e sua faixa tarifária para que se possa ter ideia do volume disponibilizado no setor e o valor faturado.

### 3.3.2.2.3 *Fraudes*

As fraudes representam parte das perdas não físicas do sistema. As mesmas provêm de ligações clandestinas, violação de hidrômetros, obstrução da turbina do hidrômetro, não permitindo seu correto funcionamento. Quando constatadas tais infrações devem ser imediatamente comunicadas a área comercial a fim de regularizar a situação e aplicar a penalidade, cessando a fonte de perda.

### 3.3.2.2.4 *Ausência de micromedição e erros na medição*

Conforme (COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO, 2012, p.54):

Nos casos de ausência de medição, o faturamento é fixo, ou seja, um excedente de consumo, superior ao valor utilizado para o faturamento acarreta uma perda aparente.

Os erros mais comuns de medição são erros de leitura por parte do leiturista e erros relacionados ao mau funcionamento do equipamento, seja por desgaste e envelhecimento das peças ou inclinação lateral do hidrômetro.

### 3.3.2.2.5 *Submedição*

Segundo (COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO, 2012, p.55):

Submedição é a situação de medição ineficaz, causada principalmente por superdimensionamento de um medidor, ou por fatores externos ao mesmo, provocando sensibilidade e conseqüentemente totalização a menor do volume efetivamente consumido.

## **3.4 CENTROS DE CONTROLE OPERACIONAL (CCO)**

Os CCO são estações de supervisão, onde operadores monitoram informações de níveis, pressões e operação das estações de bombeamento, tendo, inclusive, a possibilidade de ligar/desligar motores e acionar válvulas.

Conforme Melo (2013, p. 35)

As ações executadas *nem campo* na rede de distribuição necessitam de um sistema que colete os dados dos equipamentos instalados e transmita-os para o software de supervisão. Este programa além de disponibilizar os dados de campo, executa ações de maneira remota, como o acionamento de moto bombas.

O que ocorre na prática é que sensores eletrônicos são instalados em reservatórios, estações de bombeamento ou em pontos estratégicos da rede de distribuição. Nesses locais são feitas coletas de informações, que são visualizáveis instantaneamente e armazenadas no sistema de supervisão em um computador localizado no CCO, propiciando tanto análises mais profundas do sistema como análises rápidas. Assim se podem antecipar ações técnicas corretivas antes mesmo da comunicação de problemas pelos usuários.

### **3.4.1 CCO de Canoas**

O trabalho será desenvolvido a partir de dados do CCO de Canoas que é de responsabilidade da CORSAN, responsável pelos serviços de água e esgoto no município.

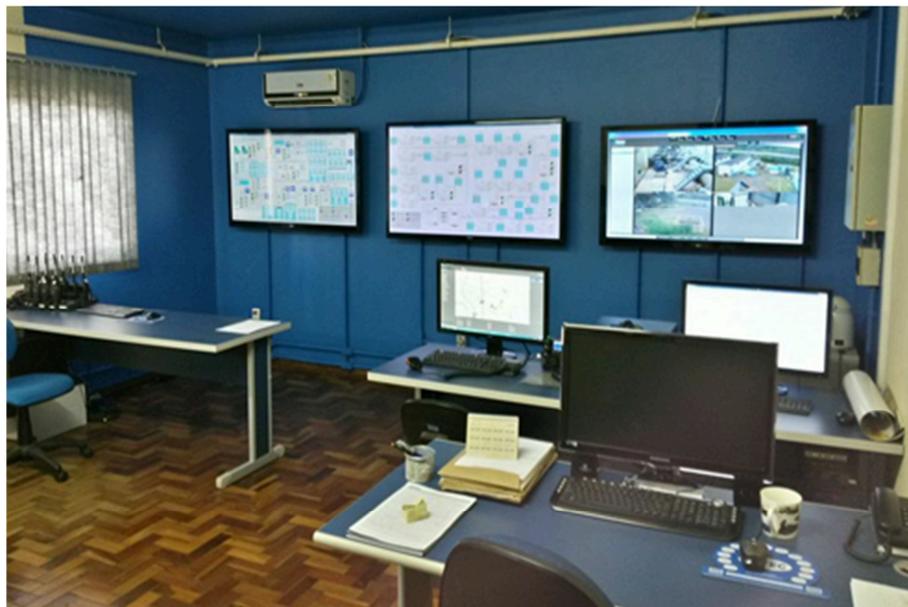
#### **3.4.1.1 Estrutura atual**

Atualmente o CCO (figura 7) conta com espaço para cinco operadores, treinados para monitorar o sistema através de computador. O sistema pode ser visualizado através de três telas de 60", sendo a primeira para o sistema de abastecimento de água, a segunda com monitoramento do sistema de esgoto e a terceira é para monitoramento de câmeras instaladas nas captações. A pressão é monitorada em 60 pontos distribuídos ao longo da cidade, através de sensores de pressão. O acionamento de algumas bombas de EBAS é feito diretamente através do CCO. A varredura e atualização de dados são feitas em intervalos de 3 minutos. O monitoramento do manancial de captação é feito diariamente (informação verbal)<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Informações obtidas com o Eng. Cristiano Locateli e o operador José Imada em visita feita no dia 30/09/2015 no CCO de Canoas.

Figura 7 – CCO de Canoas



(fonte: foto do autor)

### 3.4.1.2 Monitoramento das pressões

Segundo Gonçalves e Lima (2007, p. 24):

O monitoramento das pressões na rede permite a visualização das pressões em um determinado ponto ao longo das horas do dia, possibilitando o conhecimento das pressões médias, mínimas e máximas. Dessa forma, podem-se comparar os valores de pressão na rede com os valores permitidos em norma e, então definir as estratégias de adequação de rede como, por exemplo, a redução de pressões u substituição de trechos de rede com incrustação.

De uma maneira geral, têm-se as seguintes recomendações para o monitoramento das pressões:

Uso de registradores de pressão:

- a) uso de registradores de pressão manométricos com utilização máxima de até 80% da escala do aparelho. Essa escala pode ser obtida a partir das pressões máximas e mínimas que podem ser aproximadas, inicialmente, com a obtenção das cotas altimétricas da rede em plantas com curvas de nível.
- b) o tipo de registrador de pressão a ser usado depende da disponibilidade tecnológica da companhia, podendo ser registrador gráfico ou *data logger*.
- c) o registrador gráfico deve ter possibilidade para registro de 24 horas ou sete dias e o *data logger* é configurado conforme a necessidade do usuário.
- d) a vantagem do registrador gráfico é que se pode obter de forma imediata o comportamento das pressões ao longo do período específico, tendo como desvantagem a necessidade de transferir a leitura para uma planilha.

e) a desvantagem do data logger é que, para a visualização do comportamento das pressões, é necessária a utilização de software próprio e microcomputador, nem sempre disponíveis em campo. Por outro lado, após a captura dos dados, os mesmos já se encontram em formato eletrônico podendo ainda ser registrados em um período maior que sete dias.

f) pode ser utilizado, também sistema de transmissão de pressão por meio de telemetria, permitindo o monitoramento contínuo e a distância de pressões de montante e de jusante da válvula.

#### 3.4.1.3 Pontos de monitoramento

Segundo a literatura, recomenda-se a colocação de pelo menos três pontos de monitoramento por zona de pressão para que se tenha um histórico representativo, conforme Gonçalves e Lima (2007, p. 26):

- a) no ponto de menor cota;
- b) ponto de maior cota;
- c) no ponto de cota média.

Para garantir que toda a região tenha pressões dentro da faixa aceitável, recomendada pela norma, dispõe-se de registradores de pressão nos pontos críticos listados acima, favorecendo um controle equilibrado das pressões em todo o setor.

A representatividade do controle dependerá do número e disponibilidade de equipamentos para o monitoramento. Além das variações da cota dentro de uma zona de pressão ou setor, caso se tenham trechos de rede subdimensionados, recomenda-se um número maior de pontos. Caso se tenha um número de setores incompatível com o número de equipamentos pode-se revezar o monitoramento dos pontos. A duração dos registros poderá ser de sete dias até períodos de vinte e quatro horas.

Segundo informações fornecidas pelos operadores no CCO de Canoas são monitorados atualmente 60 pontos de pressão na rede de distribuição de água tratada e o tempo de varredura e atualização do sistema é feito em intervalos de 3 minutos.

#### 3.4.1.4. Gerenciamento do nível de reservatórios

Os reservatórios são elementos de grande importância nos sistemas de distribuição de água, não apenas devido aos volumes que armazenam, mas também por serem os delimitadores dos níveis e pressões nas redes, por isso a importância de seu monitoramento e gestão.

Os CCO permitem hoje o gerenciamento da operação das estações elevatórias e redes em conjunto com a gestão da reservação, trazendo a possibilidade de acompanhamento simultâneo dos níveis dos reservatórios e de medições de pressões nas redes em pontos estratégicos. Assim pode-se trabalhar com reservatórios com níveis menores nos períodos noturnos, reduzindo níveis de pressão nos horários de menor consumo, e conseqüentemente as perdas.

Segundo o operador José Imada, atualmente no CCO de Canoas, monitoram-se os níveis de reservatórios a partir de sensores instalados, buscando reduzir os níveis noturnos, visto que o consumo cai consideravelmente neste horário. Os dados são enviados por telemetria ao computador instalado no centro, armazenando-os em sistema apropriado para tal.

## 4 METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa aqui desenvolvida resultou da análise de um sistema de abastecimento particular, utilizando-se da bibliografia disponível da área, que em sua maioria são materiais baseados principalmente em documentos técnicos do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, pôde-se então avaliar índices específicos a fim de verificar a redução de perdas de água tratada no período analisado.

O sistema escolhido para o estudo foi o de Canoas, devido às melhorias operacionais (físicas e técnicas) feitas no ano 2013. Ressalta-se que o índice de perdas na distribuição chegou a ser superior a 50% na zona urbana do município.

Após a definição do sistema de estudo buscou-se conhecer particularidades operacionais, tais como setorização e reservatórios existentes, observando as áreas críticas com relação às perdas.

Em posse de dados mensais de volume disponibilizado (VD), volume utilizado (VU), índice de perdas por ligação (IPL), índice de perdas na distribuição (IPD), gráficos de evolução de pressões e nível de reservatório, obtidos junto ao banco de dados da CORSAN, selecionou-se um período representativo para o estudo. Definiu-se assim o período 2012-2014 para análise da eficácia das melhorias no CCO no controle de perdas. Nesse período observaram-se os dados, buscando verificar se tais mudanças operacionais foram eficazes na diminuição do índice de perdas e qual percentual de redução foi alcançado no município. A escolha desse período foi um tanto estratégica, pois a partir do início de 2015 a CORSAN teve problemas no contrato com equipes prestadoras de serviços de consertos de rede (com retroescavadeira e caminhão caçamba). Houve redução de quatro para duas equipes, ampliando portanto, o tempo para a realização do conserto, e conseqüentemente o volume de água perdida no vazamento assim como índice de perdas.

## **5. DESENVOLVIMENTO**

### **5.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE CANOAS**

O sistema de Canoas abastece com água tratada aproximadamente 350 mil pessoas através de três estações de tratamento (sendo uma com volume importado do município Esteio), quatorze estações de bombeamento, dezoito reservatórios e quase oitocentos e cinquenta quilômetros de rede.

O monitoramento do sistema acontece remotamente através do Centro de Controle Operacional (CCO), onde são recebidos dados de pressão, níveis dos reservatórios, nível do manancial e também se podem realizar algumas ações tais como acionamento de bombas e válvulas, auxiliando na percepção e resolução de problemas no abastecimento.

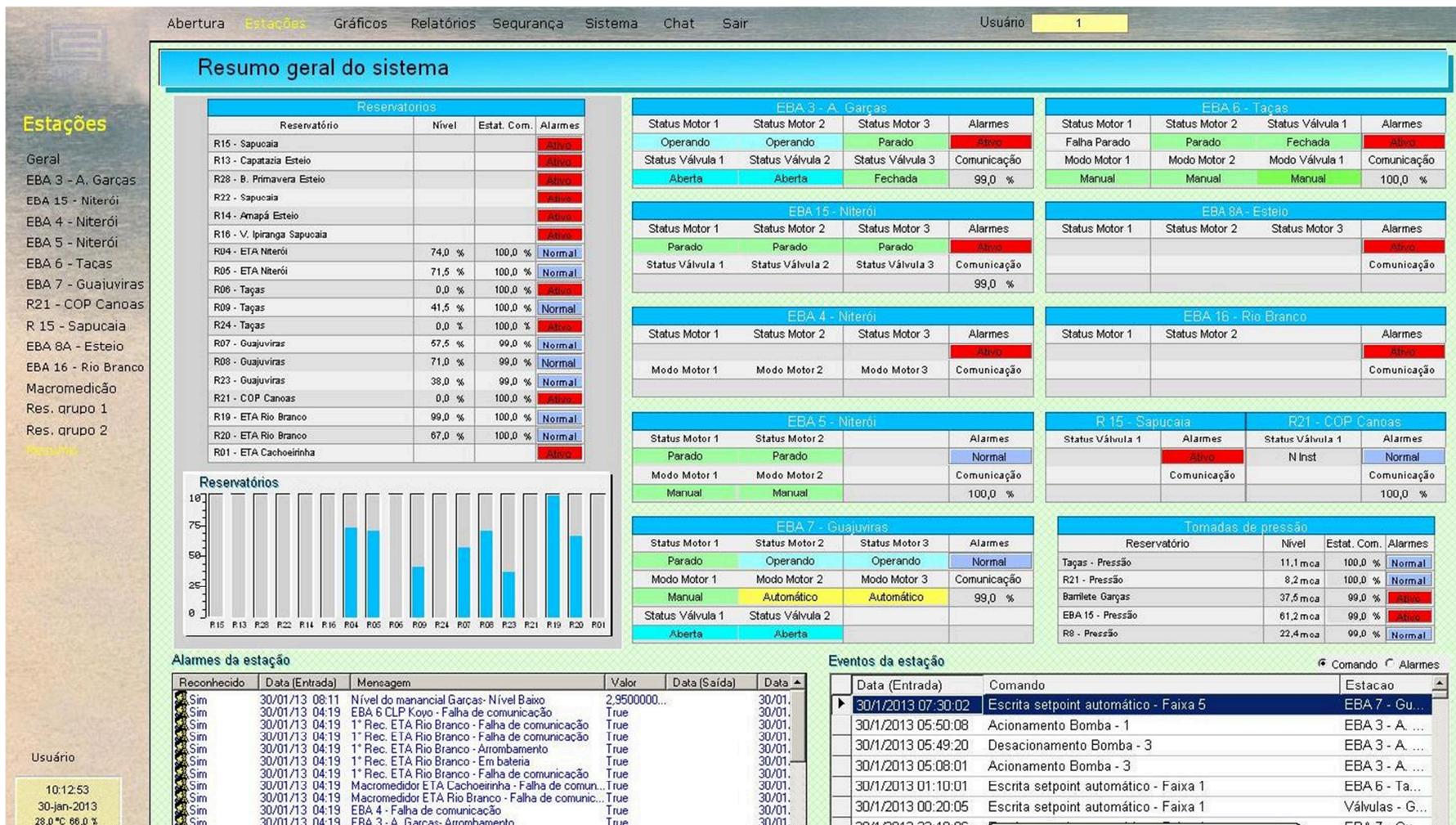
Todo o sistema é esquematizado em um programa de computador onde os dados são constantemente atualizados e podem ser monitorados pelo operador na tela de visualização (chamada de supervisório). Através de variações momentâneas de pressão e níveis dos reservatórios, o técnico tem a possibilidade de agir à distância antes mesmo de ocorrerem reclamações por parte dos usuários.

#### **5.1.1 Configuração antiga do CCO**

Inicialmente o CCO tinha uma estrutura bastante simples, possuindo como suporte uma CPU com monitor de 23 polegadas e capacidade para apenas um operador, e eram monitorados ao longo do sistema apenas três pontos de pressão na rede de distribuição e dois pontos na adução de água bruta.

O sistema de informática utilizado no monitoramento era bem menos desenvolvido e, portanto, os pontos eram monitorados e os dados armazenados em intervalos superiores a cinco minutos, devido à posse de apenas um canal para comunicação via rádio. A figura 8 mostra a tela do antigo supervisório.

Figura 8 – Tela de visualização do antigo supervisório



(fonte: COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO)

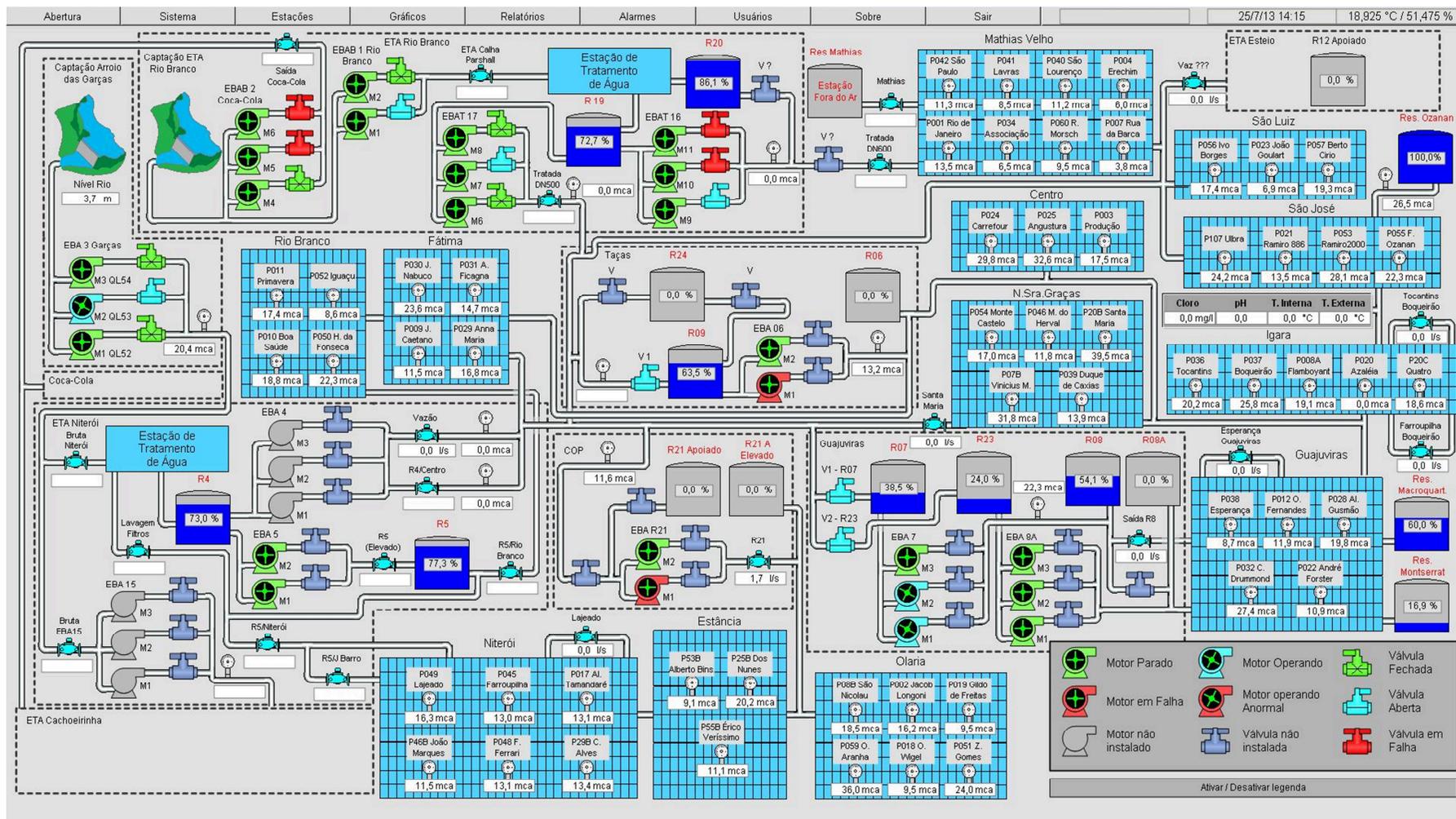
Devido à pequena tela de monitoramento, o antigo supervisório não permitia a visualização global do sistema de abastecimento, dificultando a percepção do problema e a rapidez na tomada de decisão.

### **5.1.2 Configuração atual do CCO**

Na busca por uma melhor gestão operacional do sistema de abastecimento no município de Canoas a CORSAN inaugurou em julho de 2013 a estrutura do atual CCO, sendo este incrementado fisicamente com três telas de 60 polegadas que possibilitam uma completa visualização do sistema. A primeira tela permite a visualização do sistema de abastecimento de água, a segunda monitora o sistema de esgoto. A terceira mostra, através de câmeras, as estações de captação de água bruta. O atual centro de controle conta também com cinco computadores, permitindo concomitantemente cinco operadores operando o sistema.

Outros aspectos físicos melhorados no CCO foram o monitoramento à distância dos níveis de todos os reservatórios, leitura de macromedidores, acionamento de grupo moto bombas e supervisão/análise da vibração (manutenção preventiva) dos grupos de bombas das captações. Na figura 9 pode-se ver a tela de visualização do atual supervisório.

Figura 9 – Tela de visualização do atual supervisório



(fonte: COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO)

Redes de distribuição de água em Canoas: análise de índices de perdas após implantação de melhorias no CCO

Com relação às melhorias técnicas implantadas merecem destaque as melhorias relacionadas ao controle de pressões, que implicam diretamente na redução de perdas em redes de água. As melhorias técnicas foram:

- a) controle e operação do sistema pela coordenadoria operacional, treinada para desenvolver esta atividade;
- b) redução do nível dos reservatórios no período noturno;
- c) ajustes de pressão na rede através do uso de VRP (válvula redutora de pressão);
- d) considerar as variações de consumo (diários, semanais e mensais) e variações climáticas (verão, inverno, chuvas) na produção e disponibilidade de água;
- e) critérios específicos para lavagem dos filtros nas ETAS;
- f) uso de inversores de frequência;
- g) setorização.

A operação do CCO na configuração antiga era de responsabilidade da Coordenadoria de Tratamento, ficando o CCO na ETA e sendo o operador da estação incumbido de monitorar os dados no supervísório. Porém devido às demandas da ETA não conseguiam dar a atenção necessária à operação do centro, ficando este praticamente sem sua devida utilidade. Atualmente o CCO é conduzido pela Coordenadoria de Operação e conta com equipe qualificada que trabalha unicamente na operação do centro, agindo imediatamente sempre que há algum problema de desabastecimento.

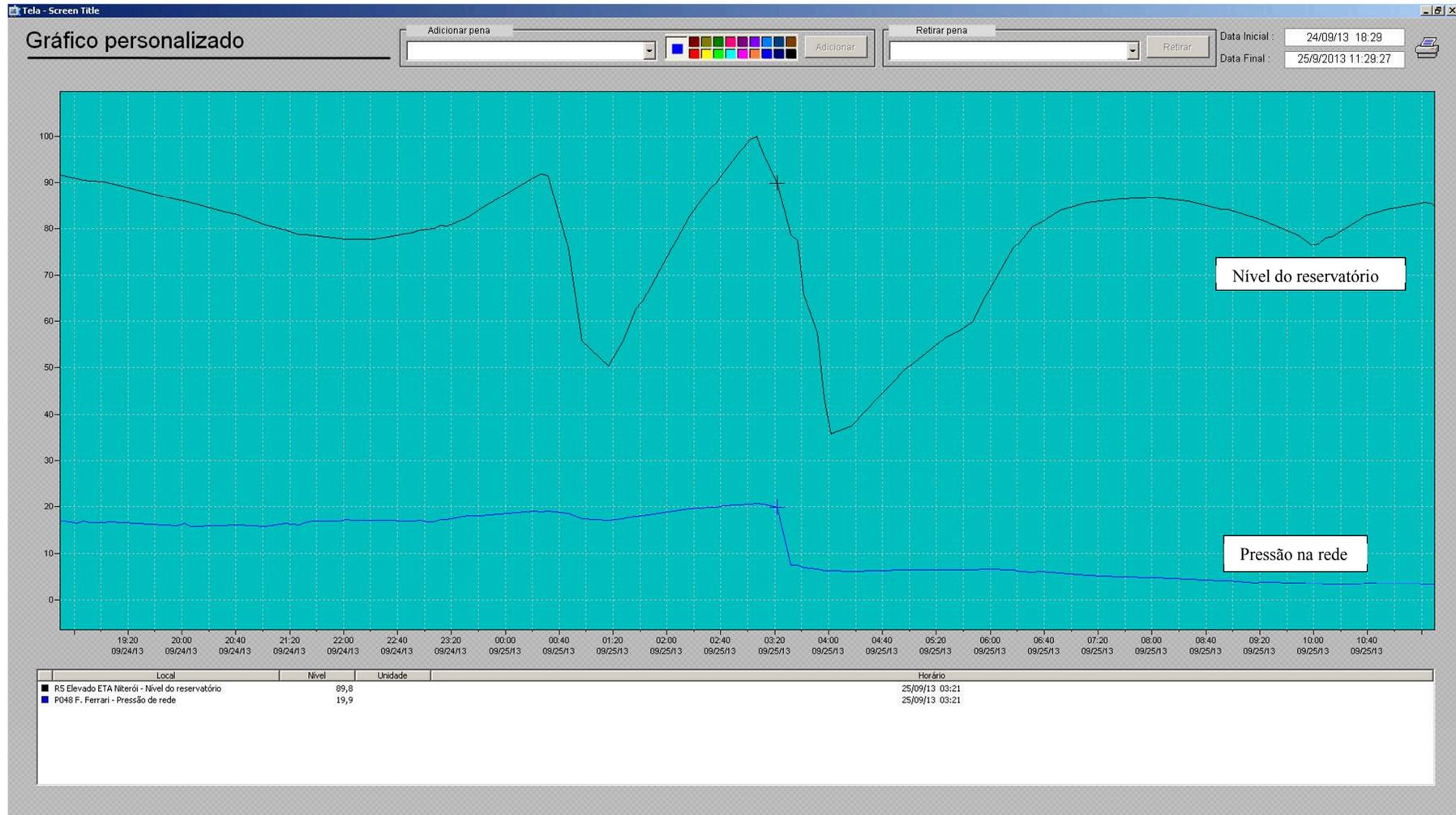
Através de uma função programável da bomba o nível dos reservatórios vem sendo reduzido no período noturno (0h às 5h) entre 10 e 30% da sua capacidade no intuito de diminuir as sobrepressões desnecessárias no sistema, e conseqüentemente as perdas em vazamentos. Abandonou-se a condição fixa de operação usada na antiga configuração, em que se procurava encher os reservatórios a qualquer custo sem nenhum critério, utilizando muitas vezes o grupo de bombas de maior potência, mesmo no período de menor consumo. Atualmente, são consideradas na produção e reservação, condições de contorno variáveis (variações de consumo e variações climáticas).

Em regiões onde havia pressões relativamente altas (superiores a 40 mca), instalaram-se VRP para regularizar estes valores dentro dos estabelecidos pelas normas técnicas. Porém, por ser

Canoas uma cidade com topografia relativamente plana, há poucas regiões com pressões elevadas.

Outro problema enfrentado no sistema era a falta de cuidado dos operadores da ETA Niterói na lavagem dos filtros, provocando transientes hidráulicos (ondas de pressão que percorrem a rede) por imprimirem uma variação brusca na pressão, pela lavagem, por exemplo, de quatro dos oito filtros na sequência. Na figura 10 observa-se o rompimento de uma rede devido à lavagem incorreta dos filtros. Já na figura 11 tem-se as duas situações, com lavagem incorreta na primeira queda de nível e lavagem de modo correto na segunda queda, e sem rompimento da rede.

Figura 10 – Rompimento de rede devido à lavagem dos filtros na ETA Niterói



(fonte: COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO)



Na figura 10 observam-se duas quedas abruptas no nível do reservatório logo após a lavagem dos filtros. A primeira queda dá-se após a lavagem de quatro filtros (dos oito filtros), e na sequência a recuperação de nível. Logo após há uma segunda queda gerada pelo rompimento da rede adutora nas proximidades do reservatório. Esta segunda queda dá-se pela ocorrência de transiente hidráulico na rede, causada pela redução momentânea do nível do reservatório.

A recomendação na nova configuração do CCO é que se lavem apenas dois filtros na sequência, sendo a queda no reservatório de 20%.

Outra mudança técnica importante foi o emprego de inversores de frequência em algumas estações de bombeamento, que ajudaram na diminuição de quebras de rede provenientes da ação de transientes, permitindo uma partida mais suave do motor da bomba.

## **5.2 ANÁLISE APÓS MELHORIAS**

Após as melhorias operacionais implantadas no centro de controle puderam-se avaliar alguns fatores que contribuiriam para a redução do índice de perdas.

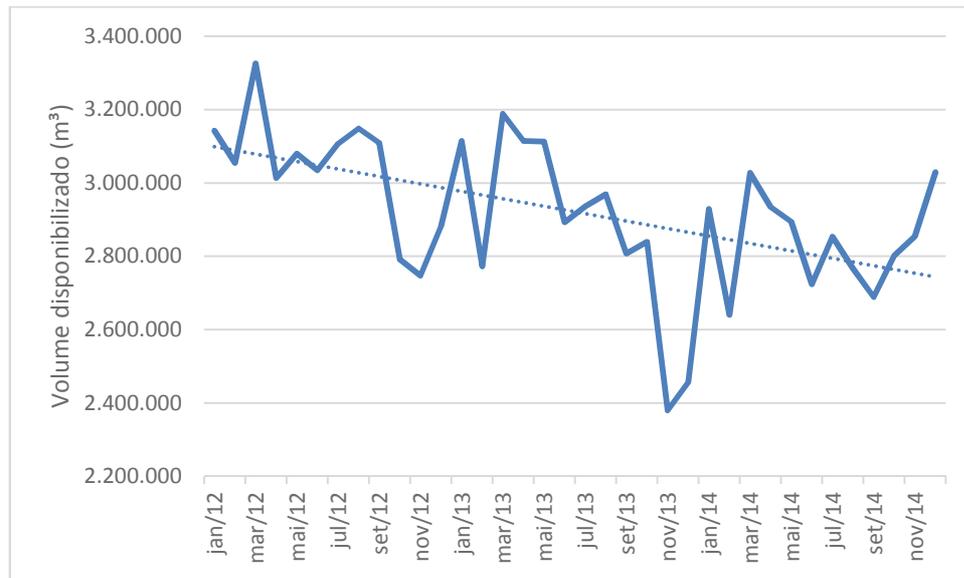
### **5.2.1 Análise do volume disponibilizado total**

Segundo o documento técnico de apoio BRASIL (2004), o volume disponibilizado representa a soma algébrica do volume produzido na ETA, volume importado e exportado. Sendo considerado volume importado, o volume recebido de outras áreas e o volume exportado; o volume transferido a outras áreas.

Sabe-se que todo o sistema de abastecimento possui perdas, portanto, deve-se levar em conta essa parcela na produção. A parcela perdida pode representar grande volume e este deverá ser produzido e reservado a fim de garantir o atendimento adequado à população.

Os volumes perdidos em Canoas no período anterior às melhorias do centro de controle eram relativamente grandes, pois o índice de perdas chegou a ser maior que 50%. Na figura 12, cujos dados estão disponibilizados no anexo A (tabela A.1), podemos ver a evolução do volume disponibilizado.

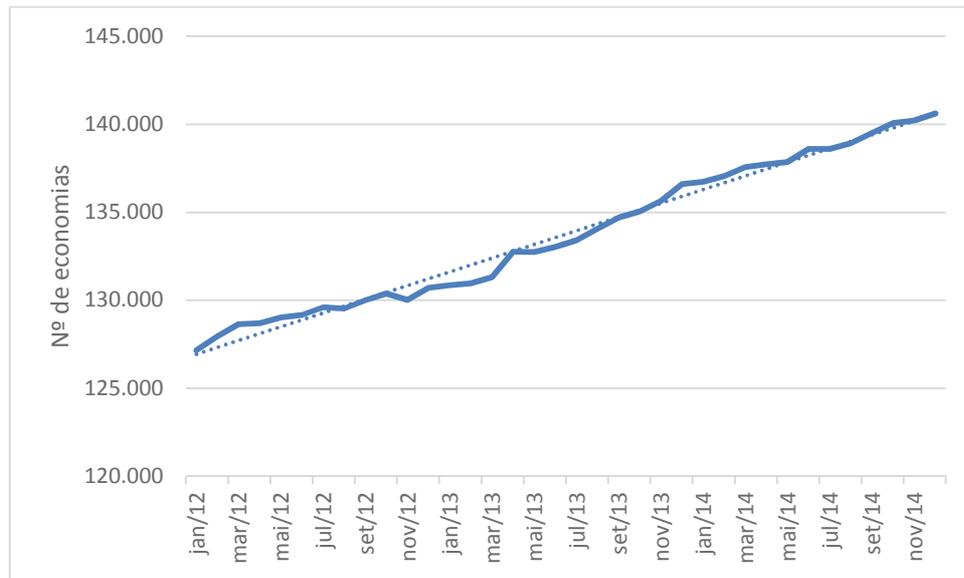
Figura 12 – Volume disponibilizado



(fonte: elaborado pela autora)

Observa-se uma queda gradual no volume disponibilizado, devido à redução da parcela perdida (perdas físicas) no período considerado, visto que há redução do volume necessário para alimentar o sistema. A redução do volume médio disponibilizado para os anos considerados chegou a 6,29% em relação ao período inicial, o que representa não apenas redução no desperdício, mas também redução nos custos operacionais e gastos com produtos químicos envolvidos no tratamento e distribuição de água. Cabe ressaltar que esta redução aconteceu num período em que houve um aumento de 7,25% no número de economias ligadas ao sistema, como pode ser visto na figura 13 (ver tabela A.3). Já o volume utilizado manteve-se praticamente constante, considerando-se a flutuação normal de consumo nos meses.

Figura 13 – Evolução do número de economias

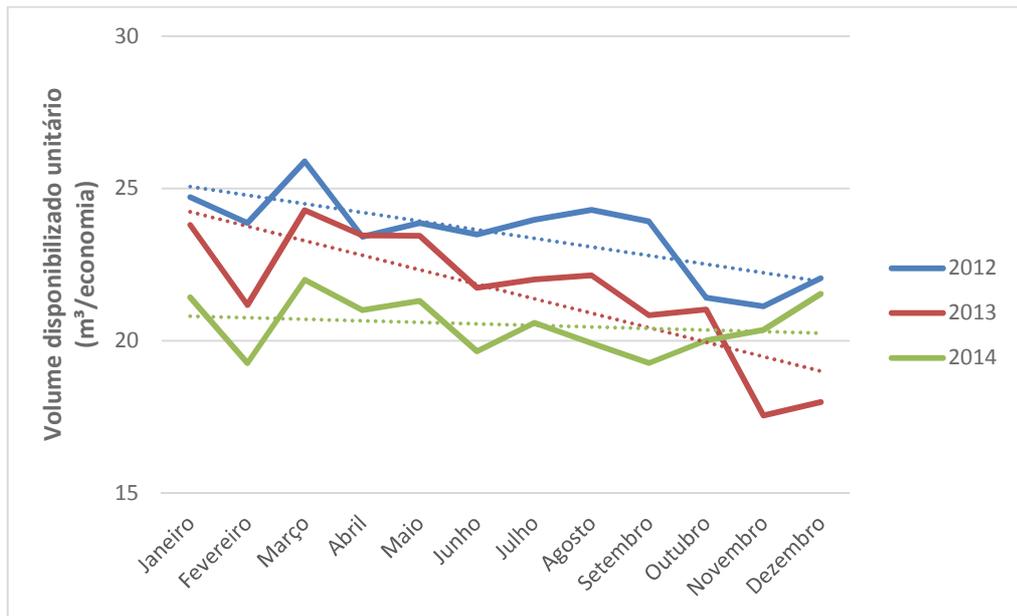


(fonte: elaborado pela autora)

### 5.2.2 Análise do volume disponibilizado unitário

Outra maneira de avaliar a evolução do volume distribuído é através do volume disponibilizado por economia ou volume disponibilizado unitário. Ele representa a razão entre o volume total disponibilizado em um mês e o total de economias registradas nesse mesmo mês. Na figura 14 observa-se essa evolução (ver tabela A.1).

Figura 14 – Volume disponibilizado unitário



(fonte: elaborado pela autora)

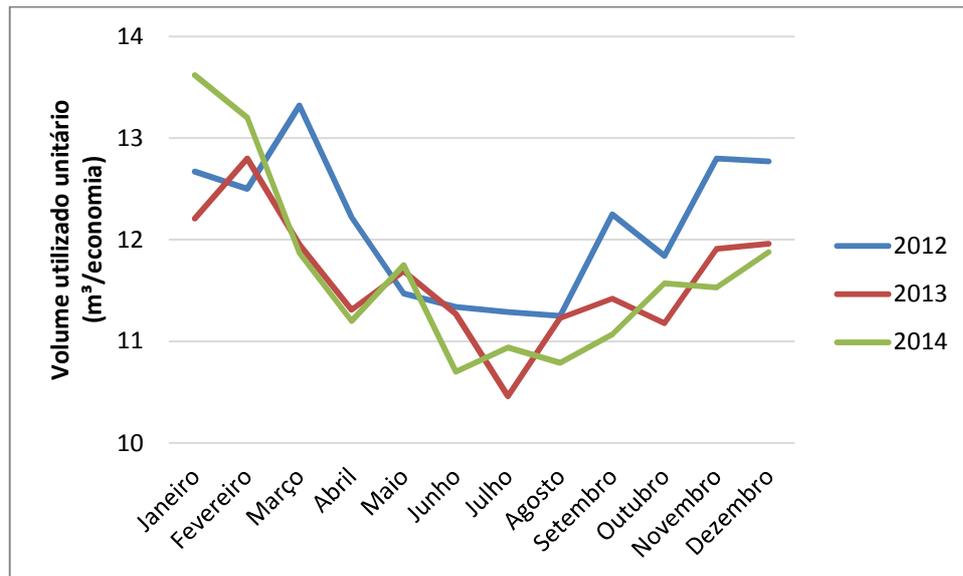
Identifica-se uma queda gradual no volume disponibilizado unitário, sendo esta 12,65% no período considerado, representando uma evolução na redução de perdas, pois o volume disponibilizado está diretamente ligado ao IPD e IPL.

No final de 2014, contudo observa-se um certo incremento do volume disponibilizado unitário, que se deve a redução do número de equipes de conserto de quatro para duas, acarretando em maiores volumes perdidos em vazamentos e conseqüentemente o volume necessário para suprir o sistema.

### 5.2.3 Análise do volume utilizado unitário

O volume utilizado unitário representa o volume médio utilizado por cada economia ligada ao sistema que é obtido pela razão entre o volume utilizado total mensal e o número de economias. Na figura 15 é apresentado o volume unitário utilizado mensal.

Figura 15 – Volume utilizado unitário

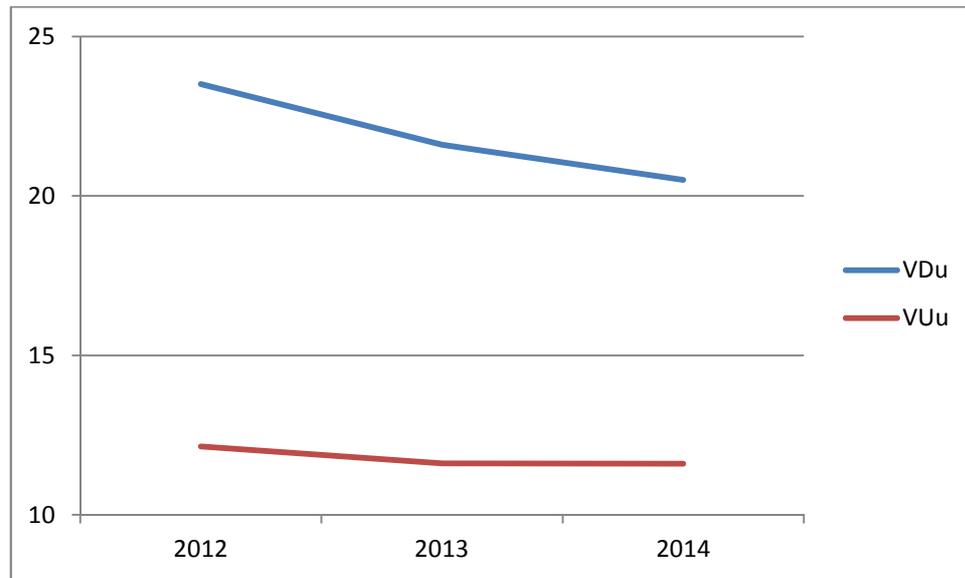


(fonte: elaborado pela autora)

Na figura 15 observa-se certa oscilação normal do volume utilizado unitário (VDu) ao longo de cada ano, sendo o consumo menor nos meses de inverno (junho, julho e agosto) e maior nos meses de verão (dezembro e janeiro), porém não demonstra nenhuma tendência considerável à redução. Mais um fator relevante que prova a real redução das perdas no sistema, visto que houve a redução do volume disponibilizado, porém o volume utilizado manteve-se praticamente constante.

Confrontando os dados de volume disponibilizado unitário com volume utilizado unitário (VUu) chega-se ao seguinte gráfico que é apresentado na figura 16. Onde se pode observar a clara redução do VDu enquanto VUu se mantém praticamente constante.

Figura 16 – VDu x VUu



(fonte: elaborado pela autora)

#### 5.2.4 Análise das pressões no sistema

A pressão está diretamente ligada ao volume de perdas de água no sistema de abastecimento, o que leva à necessidade de monitorar e controlar os pontos críticos a todo instante por meio do CCO. A oscilação da pressão, ou mesmo uma queda brusca representa problema, que pode ser visualizado na tela do supervísório pelo técnico e este tem a possibilidade de tomar o mais breve possível as decisões necessárias. Na figura 17 pode-se observar um exemplo da detecção de um possível vazamento de rede na região de um ponto monitorado.

Figura 17 – Detecção de vazamento

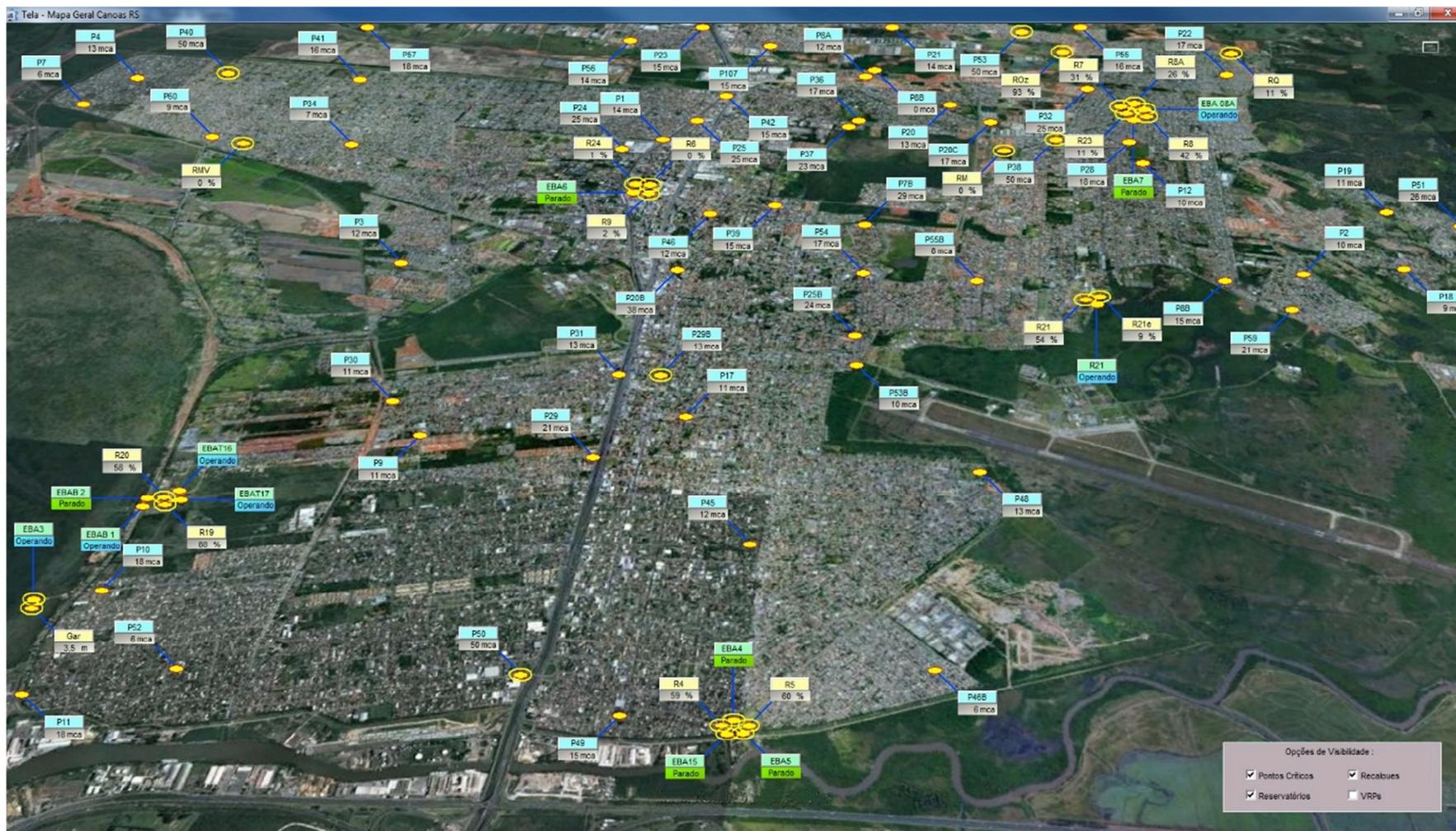


(fonte: COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO)

A queda brusca de pressão, conforme destacado na elipse em vermelho, configura um possível vazamento na região da medição. O operador ao observar esta situação no centro de controle faz contato com alguma equipe que esteja disponível e esta se desloca até o local verificando se há algum vazamento visível. Caso o vazamento seja visível contata-se a equipe de conserto para realizar o serviço. Se não for possível visualizar o vazamento, este é do tipo invisível, e deve ser pesquisado por uma equipe especializada. Com isso verifica-se a grande importância de ter pontos de monitoramentos estratégicos espalhados pela cidade no intuito de agilizar o encontro de um vazamento de rede antes mesmo de haverem reclamações de, por exemplo, água fraca ou falta de água na região.

No caso do novo CCO passou-se a monitorar 60 pontos na rede de distribuição, em lugares considerados estratégicos. Na figura 18 podem-se ver os pontos monitorados no município. Os pontos destacados com elipses amarelas são os pontos de verificação de pressão. Pode-se ver também a representação de reservatórios e elevatórias do sistema.

Figura 18 – Pontos de monitoramento de pressão



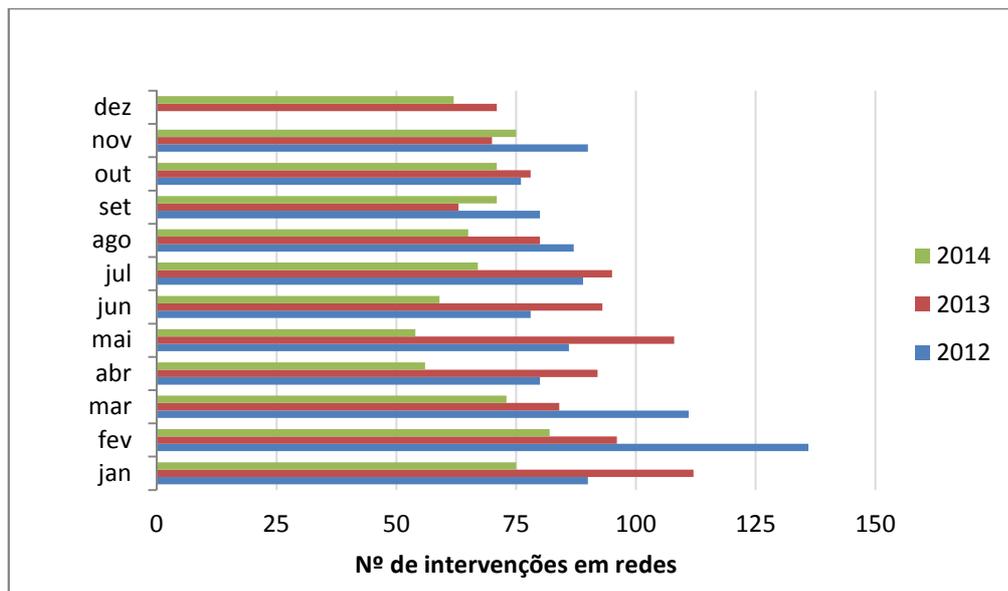
(fonte: COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO)

Depois de uma severa observação das variações de pressão pelos técnicos, pôde-se observar que o bairro Mathias Velho e a Rua Santa Maria (Bairro Nossa Senhora das Graças) são pontos críticos. O Bairro Mathias Velho devido ao alto número de ligações clandestinas, e a região próxima à Rua Santa Maria devido às altas pressões, impostas pela necessidade do sistema.

### 5.2.5 Análise do número de intervenções em redes e ramais

Os vazamentos são a principal fonte de perdas físicas na distribuição e podem ser originados em redes ou ramais. Quanto menos intervenções forem feitas nas redes, menos serão os pontos de fragilidade ao longo do sistema, pois o reparo poderá gerar recorrência no vazamento. Nas figuras 19 e 20 pode-se ver o número de intervenções em redes e ramais no período de estudo.

Figura 19 – Intervenções em redes



(fonte: elaborado pela autora)

Como pode-se ver na figura 19, o número de intervenções em redes diminuiu no período, passando de uma média 91 consertos/mês no ano de 2012 para 68 consertos de rede/mês em 2014, representando uma redução de 25,97%. Essa redução deve-se principalmente ao controle de pressões no sistema, que influi diretamente no número de vazamentos, visto que a maior pressão gera uma maior solicitação e desgaste do material.

Já as intervenções em ramais aumentaram 7,83% no período devido a um melhor gerenciamento de equipes direcionadas a esse tipo de tipo de conserto e a incessante busca por eliminar AS (autorizações de serviços) pendentes. A tabela 3 mostra a evolução de AS pendentes no sistema.

Tabela 3 – N° de AS pendentes no sistema

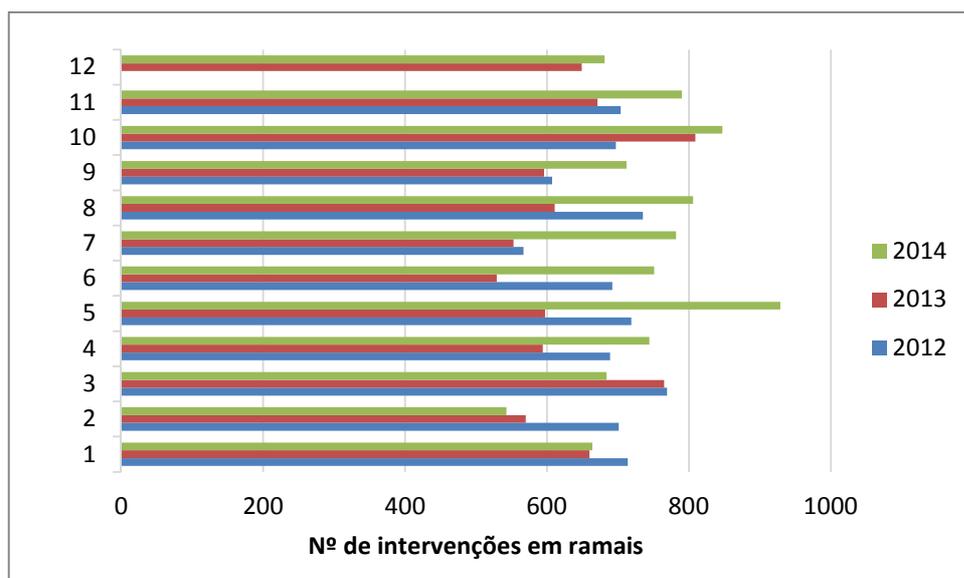
| AS                  | jul/12 | jul/13 | jul/14 |
|---------------------|--------|--------|--------|
| Vazamentos de ramal | 42     | 62     | 6      |
| Vazamentos de rede  | 23     | 51     | 0      |

(fonte: elaborada pela autora)

O número de autorizações pendentes no período de análise reduziu-se consideravelmente visto que houve uma preocupação por parte do gestor de eliminar pequenos vazamentos, principalmente os de ramal, que são considerados menos potenciais em relação aos de rede, e portanto, eram deixados de lado até que houvesse uma equipe disponível.

Na figura 20 observa-se o claro aumento do número de intervenções em ramais, contribuindo para a redução do IPD e do IPL, visto que elimina-se esta fonte de perda física.

Figura 20 – Intervenções em ramais



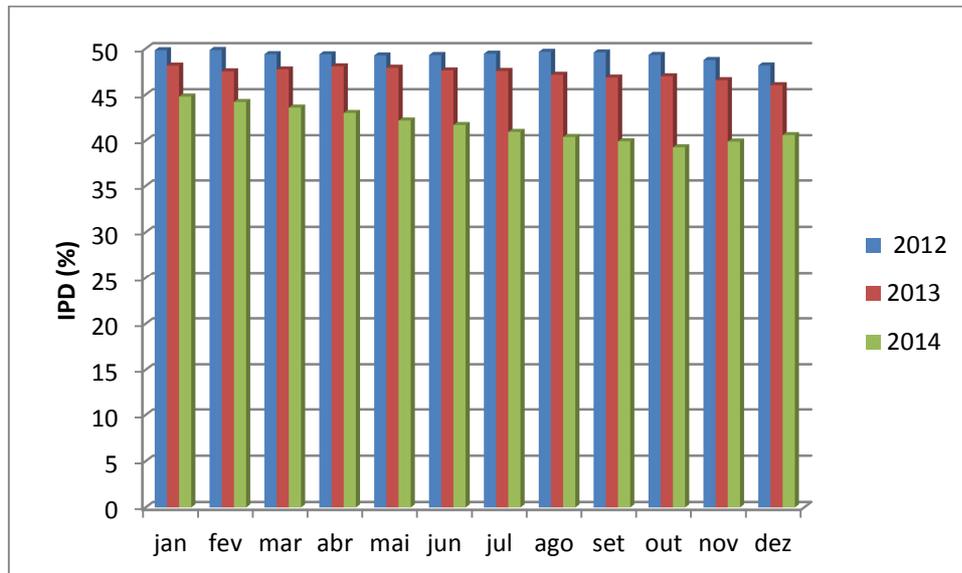
(fonte: elaborado pela autora)

Os vazamentos em redes/ramais além de contribuírem para o aumento do índice de perdas geram custos relacionados à repavimentação. Com a diminuição da necessidade deste serviço fica evidente que há redução também nos gastos com material e horas/equipe mobilizados no conserto.

### 5.2.6 Análise do índice de perdas na distribuição

Consideramos para análise o período 2012-2014, visto que contempla o ano anterior ao período das melhorias e o ano posterior. Na figura 21 tem-se a evolução do IPD médio (considerando uma média simples dos últimos 12 meses).

Figura 21 – Evolução do IPD médio 2012-2014



(fonte: elaborado pela autora)

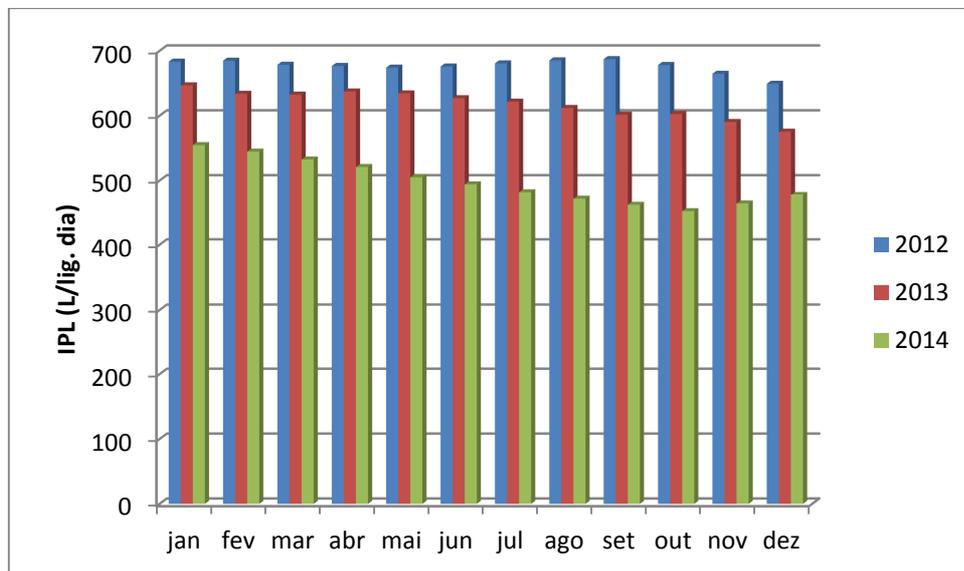
Como podemos observar o índice de perdas médio praticamente se manteve na ordem de 50% em 2012, ano que antecedeu as mudanças no CCO. Já em 2013 a partir do mês de julho (mês de implantação da nova estrutura) observa-se uma leve queda que se intensificou em 2014 e tendeu a estabilizar-se em torno de 40%. Cabe observar que a partir do final de 2014 houveram problemas de contrato com as empresas responsáveis pelos consertos de rede, e as equipes foram reduzidas de quatro para duas, prejudicando a agilidade do serviço e favorecendo o aumentando o índice de perdas.

O IPD médio no período teve uma redução de 15,44%, representando uma evolução na eficiência do CCO no combate à redução de perdas.

### 5.2.7 Avaliação do índice de perdas por ligação

O índice de perdas por ligação (IPL) é outro indicador bastante utilizado no Brasil para avaliar as perdas em um sistema de distribuição. Para o período analisado avaliamos o IPL médio como pode ser observado na figura 22.

Figura 22 – Evolução do IPL médio 2012-2014



(fonte: elaborado pela autora)

A redução do IPL médio (considerando 12 meses) foi de 26,62%, passando de 676,53L/lig. dia para 496,33 L/lig. dia, o que representa uma diminuição de 180 litros de água tratada por ligação em um dia. Se considerarmos 70.000 ligações em um único dia teremos uma economia de 12.600 m<sup>3</sup>,

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho propôs avaliar os índices de perdas (IPD e IPL) no município de Canoas após melhorias operacionais implantadas no CCO no período 2012-2014. Para isso descreveram-se as principais diferenças entre o antigo e o novo centro de controle, sempre procurando mostrar a evolução da nova instalação com relação à redução de perdas.

Ao avaliar o volume disponibilizado total no período (figura 12) constatou-se que houve redução sendo esta fundamental no controle do IPD e IPL, pois como apresentado na seção 3.2.3.1 (fórmulas 1 e 2) essa parcela influencia diretamente a estes índices. Foi analisado também o volume disponibilizado unitário, que representa o volume de água distribuído por economia, e concluiu-se, através dos gráficos das figuras 12 e 14 que estes volumes apresentaram de fato redução de 6,29 e 12,65% respectivamente.

Já o volume utilizado unitário (VUu) teve pequena alteração, mantendo sua oscilação normal ao longo dos meses (com maior consumo nos meses de verão e menor consumo nos meses de inverno). Cabe ressaltar que neste período houve aumento de 7,25% no número de economias, o que conseqüentemente geraria um aumento no consumo e também no volume utilizado, porém não foi o que se observou (figura 14). Na figura 16 observa-se a redução do volume disponibilizado enquanto o volume utilizado se mantém praticamente inalterado. Isso comprova que a redução se deu na parcela volume disponibilizado, sendo esta a principal responsável pela redução dos índices IPD e IPL.

Uma prática adotada no novo CCO que também contribui para a redução de perdas no sistema foi a modificação da maneira como era procedida a lavagem de filtros na ETA Niterói. No antigo CCO não se tinha o cuidado com a queda no nível do reservatório gerada pela lavagem de filtros. Eram lavados quatro filtros na sequência, muitas vezes provocando redução de mais de 50% no nível. Esta queda conseqüentemente resultava na descompressão da rede adutora, favorecendo a existência de vazamentos pela atuação de transientes hidráulicos.

A figura 11 mostra o procedimento incorreto e o correto na sequência. A primeira queda no nível do reservatório (modo incorreto) foi gerada pela lavagem de quatro filtros de uma única vez. Como se pode ver essa lavagem provoca uma redução de aproximadamente 70% no nível

do reservatório da ETA. No gráfico imediatamente abaixo do nível, se tem o gráfico de pressão de um ponto da rede adutora que leva água ao setor abastecido, observa-se queda considerável da pressão. Nesta situação não houve rompimento da rede, apenas variação da pressão na região.

A segunda queda (escalonada) representa o procedimento correto de lavagem de filtros, resultando na lavagem de apenas dois filtros por vez. Esse procedimento gera pequena queda no nível do reservatório e praticamente não há variação na pressão da rede adutora.

A redução de intervenções em redes e ramais também representou marco importante na redução de perdas no sistema, pois à medida que se tem um eficaz controle de pressões na distribuição se reduz a existência de rompimentos de redes. Com isso há redução no número de consertos e conseqüentemente no volume de perdas. No período analisado houve redução de 25,97% no número de intervenções em redes. Já o número de intervenções em ramais aumentou 7,83%, pois esse tipo de intervenção é considerado menos prejudicial. No antigo CCO eram acumuladas muitas AS de conserto de ramal, porém na nova modalidade fizeram-se mutirões destinados a eliminar esse tipo de AS. Isso culminou no aumento no número de intervenções em ramais e redução desse foco de vazamento.

A redução de nível do reservatório no período noturno, setorização do sistema e instalações de algumas VRP permitiram também o contínuo controle de pressões, evitando sobrepressões desnecessárias, preservando com isso a rede de quebras geradas pelo desgaste. Com isso conclui-se que houve diminuição nas perdas no período o que é comprovado através do IPD, que reduziu cerca de 15,44% . Também o IPL teve redução de 26,62%. Através desses dados confirma-se a hipótese admitida inicialmente, de que as mudanças operacionais realizadas ao longo do período analisado gerariam redução de pelo menos 10% do IPD.

## 7. NECESSIDADES DE MELHORIAS FUTURAS

Não se pode deixar de ressaltar que mesmo com a redução nos índices gerada por essas mudanças, existem ainda no sistema de Canoas muitos focos geradores de perdas, conforme se pôde observar ao longo da pesquisa. O sistema atualmente possui aproximadamente 300 km de rede de fibrocimento, material que se deteriora com o tempo por reagir com solos ácidos. Esse tipo de material gera constantes rompimentos e vem sendo substituído largamente por PVC e PEAD, por serem materiais mais resistentes e duráveis. A meta de substituição de redes adotada pela CORSAN tem sido de 15.000m por ano, que atende a exigência mínima da prefeitura. Caso este número fosse maior se poderia substituir a totalidade deste tipo de rede em menos anos

Outro problema notável é a defasagem na troca dos hidrômetros, visto que 70% estão além do prazo de vida útil recomendado que é de cinco anos. Nesse caso, há grande possibilidade de submedição visto que alguns hidrômetros antigos, pela sua própria concepção, já são menos sensíveis a passagem de fluxo do que os atuais. Erros ou submedição na micromedição provocam o aumento das perdas aparentes.

Outro ponto que não se pode deixar de ressaltar é a grande quantidade de ligações clandestinas/irregulares existentes que chegam a ser a ordem de 11.000 no município. Porém; por questões sociais e por ser a água um bem essencial, muitas delas não podem ser eliminadas. Isso gera um alto volume especial, que não gera faturamento para a empresa, aumentando as perdas aparentes.

Com as questões abordadas acima finaliza-se a pesquisa, concluindo-se que de fato as melhorias operacionais implantadas no CCO de Canoas surtiram efeito no período analisado. Porém ainda há diversos pontos que devem ser analisados pela administração e pelos setores competentes, para que se possa nos anos vindouros minimizar as perdas, que ainda estão além das consideradas ideais.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218**: projetos de redes de distribuição para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.

BRASIL. Ministério das Cidades. Plano nacional de combate ao desperdício de água. **Documento Técnico de Apoio C3**: medidas de redução das perdas – Elementos do planejamento. Brasília, 1999a. Disponível em: <<http://www.pmss.gov.br/index.php/biblioteca-virtual/167-documentos-tecnicos-de-apoio-dta>>. Acesso 20 nov. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Plano nacional de combate ao desperdício de água. **Documento Técnico de Apoio D1**: controle da pressão na rede. Brasília, 1999b. Disponível em: <<http://www.pmss.gov.br/index.php/biblioteca-virtual/167-documentos-tecnicos-de-apoio-dta>>. Acesso 20 nov. 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Plano nacional de combate ao desperdício de água. **Documento Técnico de Apoio A2**: indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://www.pmss.gov.br/index.php/biblioteca-virtual/167-documentos-tecnicos-de-apoio-dta>>. Acesso 20 nov. 2015.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO. Departamento de Desenvolvimento Operacional. **Manual de redução e controle de perdas de água**. Porto Alegre, 2012.

GONÇALVES, E.; LIMA, C. V. de. **Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água: controle de pressões e operação de válvulas redutoras de pressão**. Brasília, 2007. v. 4.

GO ASSOCIADOS. **Perdas de água**: desafios ao avanço do saneamento básico e à escassez hídrica. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2015. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/perdas-de-agua/Relatorio-Perdas-2013.pdf>>. Acesso em: 5 set. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico**. [Rio de Janeiro], 2015. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=430460&search=||info%El%20f%20s%20-%20informa%20-%20completas>>. Acesso em: 04 dez. 2015.

MELO, E. G. de. **Curso Básico de controle e redução de perdas**. Porto Alegre. 2013.

MORAIS, C. D.; CAVALCANTE, C. A. V.; ALMEIDA, A. T. **Priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água**. Recife, v. 30, n. 1, p. 15-32, abr. 2009.

TREVIZAN, K. Brasil fica na 20ª posição em ranking internacional de perda de água. **G1**. São Paulo, 08 abr. 2015. Não paginado. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/crise-da-agua/noticia/2015/03/brasil-fica-na-20-posicao-em-ranking-internacional-de-perda-de-agua.html>>. Acesso em: 06 de set. 2015.

## **ANEXO A – Banco de Dados**

Tabela A.1 – Volume

| <b>Ano</b>                | <b>2012</b>    |                  |              |              |             |              |              |               |                 |                |                 |                 |              |
|---------------------------|----------------|------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| <b>Mês</b>                | <b>Janeiro</b> | <b>Fevereiro</b> | <b>Março</b> | <b>Abril</b> | <b>Maió</b> | <b>Junho</b> | <b>Julho</b> | <b>Agosto</b> | <b>Setembro</b> | <b>Outubro</b> | <b>Novembro</b> | <b>Dezembro</b> | <b>MÉDIA</b> |
| VD(m <sup>3</sup> )       | 3.142.655      | 3.054.500        | 3.325.886    | 3.013.272    | 3.079.489   | 3.034.271    | 3.106.700    | 3.148.307     | 3.019.349       | 2.791.283      | 2.747.643       | 2.881.737       | 3.028.758    |
| VDu(m <sup>3</sup> /econ) | 24,71          | 23,87            | 25,89        | 23,41        | 23,87       | 23,49        | 23,97        | 23,40         | 23,92           | 21,41          | 21,13           | 22,05           | 23,43        |
| VUu(m <sup>3</sup> /econ) | 12,67          | 12,50            | 13,32        | 12,22        | 11,47       | 11,34        | 11,29        | 11,25         | 12,25           | 11,84          | 12,80           | 12,77           | 12,14        |

| <b>Ano</b>                | <b>2013</b>    |                  |              |              |             |              |              |               |                 |                |                 |                 |              |
|---------------------------|----------------|------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| <b>Mês</b>                | <b>Janeiro</b> | <b>Fevereiro</b> | <b>Março</b> | <b>Abril</b> | <b>Maió</b> | <b>Junho</b> | <b>Julho</b> | <b>Agosto</b> | <b>Setembro</b> | <b>Outubro</b> | <b>Novembro</b> | <b>Dezembro</b> | <b>MÉDIA</b> |
| VD(m <sup>3</sup> )       | 3.114.566      | 2.772.284        | 3.188.683    | 3.114.110    | 3.112.732   | 2.892.776    | 2.935.698    | 2.969.197     | 2.807.646       | 2.839.896      | 2.380.578       | 2.457.161       | 2.920.742    |
| VDu(m <sup>3</sup> /econ) | 23,8           | 21,17            | 24,28        | 23,46        | 23,45       | 21,74        | 22,01        | 22,15         | 20,84           | 21,03          | 17,55           | 17,99           | 21,46        |
| VUu(m <sup>3</sup> /econ) | 12,21          | 12,8             | 11,95        | 11,31        | 11,69       | 11,27        | 10,46        | 11,23         | 11,42           | 11,18          | 11,91           | 11,96           | 11,62        |

| <b>Ano</b>                | <b>2014</b>    |                  |              |              |             |              |              |               |                 |                |                 |                 |              |
|---------------------------|----------------|------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| <b>Mês</b>                | <b>Janeiro</b> | <b>Fevereiro</b> | <b>Março</b> | <b>Abril</b> | <b>Maió</b> | <b>Junho</b> | <b>Julho</b> | <b>Agosto</b> | <b>Setembro</b> | <b>Outubro</b> | <b>Novembro</b> | <b>Dezembro</b> | <b>MÉDIA</b> |
| VD(m <sup>3</sup> )       | 2.929.140      | 2.640.164        | 3.027.095    | 2.934.683    | 2.894.456   | 2.723.771    | 2.853.343    | 2.766.829     | 2.688.833       | 2.802.386      | 2.854.275       | 3.028.954       | 2.828.634,09 |
| VDu(m <sup>3</sup> /econ) | 21,42          | 19,26            | 22           | 21           | 21,31       | 19,65        | 20,59        | 19,92         | 19,27           | 20,01          | 20,36           | 21,54           | 20,53        |
| VUu(m <sup>3</sup> /econ) | 13,62          | 13,2             | 11,87        | 11,2         | 11,75       | 10,7         | 10,94        | 10,79         | 11,07           | 11,57          | 11,53           | 11,88           | 11,68        |

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela A.2 – Intervenções em redes e ramais

| <b>Ano</b> |                | <b>2012</b>      |              |              |             |              |              |               |                 |                |                 |                 |              |
|------------|----------------|------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| <b>Mês</b> | <b>Janeiro</b> | <b>Fevereiro</b> | <b>Março</b> | <b>Abril</b> | <b>Maió</b> | <b>Junho</b> | <b>Julho</b> | <b>Agosto</b> | <b>Setembro</b> | <b>Outubro</b> | <b>Novembro</b> | <b>Dezembro</b> | <b>MÉDIA</b> |
| Ramal      | 714            | 701              | 769          | 689          | 719         | 692          | 567          | 735           | 607             | 697            | 704             | *               | 690,36       |
| Rede       | 90             | 136              | 111          | 80           | 86          | 78           | 89           | 87            | 80              | 76             | 90              | *               | 91,18        |

| <b>Ano</b> |                | <b>2013</b>      |              |              |             |              |              |               |                 |                |                 |                 |              |
|------------|----------------|------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| <b>Mês</b> | <b>Janeiro</b> | <b>Fevereiro</b> | <b>Março</b> | <b>Abril</b> | <b>Maió</b> | <b>Junho</b> | <b>Julho</b> | <b>Agosto</b> | <b>Setembro</b> | <b>Outubro</b> | <b>Novembro</b> | <b>Dezembro</b> | <b>MÉDIA</b> |
| Ramal      | 660            | 570              | 765          | 594          | 597         | 529          | 553          | 611           | 596             | 809            | 671             | 649             | 633,67       |
| Rede       | 112            | 96               | 84           | 92           | 108         | 93           | 95           | 80            | 63              | 78             | 70              | 71              | 86,83        |

| <b>Ano</b> |                | <b>2014</b>      |              |              |             |              |              |               |                 |                |                 |                 |              |
|------------|----------------|------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| <b>Mês</b> | <b>Janeiro</b> | <b>Fevereiro</b> | <b>Março</b> | <b>Abril</b> | <b>Maió</b> | <b>Junho</b> | <b>Julho</b> | <b>Agosto</b> | <b>Setembro</b> | <b>Outubro</b> | <b>Novembro</b> | <b>Dezembro</b> | <b>MÉDIA</b> |
| Ramal      | 664            | 543              | 684          | 744          | 929         | 751          | 782          | 806           | 712             | 847            | 790             | 681             | 744,42       |
| Rede       | 75             | 82               | 73           | 56           | 54          | 59           | 67           | 65            | 71              | 71             | 75              | 62              | 68,00        |

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela A.3 – Nº de Economias

| <b>Ano</b> | <b>2012</b>    |                  |              |              |            |              |              |               |                 |                |                 |                 |
|------------|----------------|------------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Mês</b> | <b>Janeiro</b> | <b>Fevereiro</b> | <b>Março</b> | <b>Abril</b> | <b>Mai</b> | <b>Junho</b> | <b>Julho</b> | <b>Agosto</b> | <b>Setembro</b> | <b>Outubro</b> | <b>Novembro</b> | <b>Dezembro</b> |
| Economias  | 127.156        | 127.963          | 128.649      | 128.704      | 129.022    | 129.168      | 129.607      | 129.544       | 130.011         | 130.382        | 130.020         | 130.709         |

| <b>Ano</b> | <b>2013</b>    |                  |              |              |            |              |              |               |                 |                |                 |                 |
|------------|----------------|------------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Mês</b> | <b>Janeiro</b> | <b>Fevereiro</b> | <b>Março</b> | <b>Abril</b> | <b>Mai</b> | <b>Junho</b> | <b>Julho</b> | <b>Agosto</b> | <b>Setembro</b> | <b>Outubro</b> | <b>Novembro</b> | <b>Dezembro</b> |
| Economias  | 130.855        | 130.968          | 131.316      | 132.767      | 132.750    | 133.040      | 133.406      | 134.075       | 134.701         | 135.053        | 135.643         | 136.608         |

| <b>Ano</b> | <b>2014</b>    |                  |              |              |            |              |              |               |                 |                |                 |                 |
|------------|----------------|------------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Mês</b> | <b>Janeiro</b> | <b>Fevereiro</b> | <b>Março</b> | <b>Abril</b> | <b>Mai</b> | <b>Junho</b> | <b>Julho</b> | <b>Agosto</b> | <b>Setembro</b> | <b>Outubro</b> | <b>Novembro</b> | <b>Dezembro</b> |
| Economias  | 136.729        | 137.055          | 137.571      | 137.727      | 137.851    | 138.601      | 138.601      | 138.916       | 139.501         | 140.070        | 140.211         | 140.611         |

(fonte: elaborada pela autora)

Tabela A.4 – IPD e IPL

| <b>Ano</b> | <b>2012</b>    |                  |              |              |            |              |              |               |                 |                |                 |                 |              |
|------------|----------------|------------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| <b>Mês</b> | <b>Janeiro</b> | <b>Fevereiro</b> | <b>Março</b> | <b>Abril</b> | <b>Mai</b> | <b>Junho</b> | <b>Julho</b> | <b>Agosto</b> | <b>Setembro</b> | <b>Outubro</b> | <b>Novembro</b> | <b>Dezembro</b> | <b>MÉDIA</b> |
| IPD(%)     | 48,73          | 47,47            | 48,36        | 47,64        | 51,85      | 51,6         | 52,77        | 53,62         | 48,67           | 44,52          | 39,1            | 41,73           | 48,58        |
| IPL(%)     | 683,33         | 684,79           | 678,52       | 676,65       | 674,08     | 675,81       | 680,62       | 685,35        | 687,19          | 678,2          | 664,64          | 649,22          | 679,02       |

| <b>Ano</b> | <b>2013</b>    |                  |              |              |            |              |              |               |                 |                |                 |                 |              |
|------------|----------------|------------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| <b>Mês</b> | <b>Janeiro</b> | <b>Fevereiro</b> | <b>Março</b> | <b>Abril</b> | <b>Mai</b> | <b>Junho</b> | <b>Julho</b> | <b>Agosto</b> | <b>Setembro</b> | <b>Outubro</b> | <b>Novembro</b> | <b>Dezembro</b> | <b>MÉDIA</b> |
| IPD(%)     | 48,54          | 39,37            | 50,64        | 51,63        | 50,06      | 48,18        | 52,29        | 49,1          | 44,95           | 46,27          | 31,66           | 33,03           | 46,61        |
| IPL(%)     | 646,78         | 633,77           | 632,5        | 637,28       | 634,41     | 626,89       | 621,65       | 611,92        | 601,51          | 602,7          | 590,21          | 575,28          | 621,78       |

| <b>Ano</b> | <b>2014</b>    |                  |              |              |            |              |              |               |                 |                |                 |                 |              |
|------------|----------------|------------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------|
| <b>Mês</b> | <b>Janeiro</b> | <b>Fevereiro</b> | <b>Março</b> | <b>Abril</b> | <b>Mai</b> | <b>Junho</b> | <b>Julho</b> | <b>Agosto</b> | <b>Setembro</b> | <b>Outubro</b> | <b>Novembro</b> | <b>Dezembro</b> | <b>MÉDIA</b> |
| IPD(%)     | 33,94          | 31,49            | 44,14        | 45,61        | 41,06      | 42,65        | 44,09        | 43,34         |                 | 38,92          | 40,02           | 42,01           | 40,56        |
| IPL(%)     | 554,58         | 544,58           | 532,42       | 520,83       | 505        | 494,1        | 481,85       | 470,5         | 461,16          | 451,41         | 463,17          | 477,59          | 498,15       |

(fonte: elaborada pela autora)