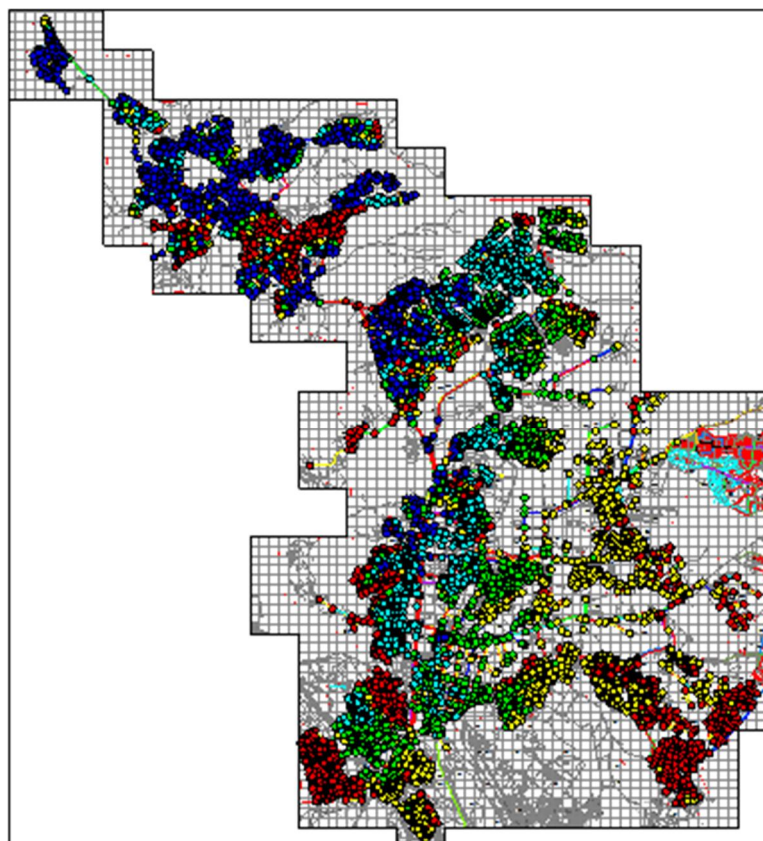




# **SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA GRANDE VITÓRIA**

## **MUNICÍPIO DE SERRA**



### **SISTEMA PLANALTO SETORES: SERRA SEDE, NOVA CARAPINA, CIVIT E CAMPINHO**

#### **DIAGNÓSTICO, ANÁLISE OPERACIONAL E SETORIZAÇÃO DO SISTEMA**

#### **VOLUME I - RELATÓRIO TÉCNICO**

***GANEM***  
*Engenharia Ltda*

Nº CESAN: C-035-000-00-5-RT-0002  
AGOSTO DE 2014

## APRESENTAÇÃO

A **GANEM Engenharia EPP Ltda** apresenta a seguir a revisão do diagnóstico, da análise operacional e da setorização do Sistema de Abastecimento de Água dos Setores Serra Sede, Nova Carapina, Civit e Campinho que fazem parte do Estudo do Sistema Planalto, que incluía também os setores Carapina e Laranjeiras e está apresentado no relatório C-035-000-80-5-RT-0005 de março de 2010. A região em estudo pertence ao sistema de abastecimento de água da Grande Vitória, e localiza-se no Município de Serra. A trabalho foi desenvolvido no âmbito do contrato Nº 284/2012 celebrado com a **CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento**.

O trabalho será apresentado em três volumes, conforme discriminado abaixo:

- (i) Volume I – Relatório técnico;
- (ii) Volume II – Desenhos das intervenções propostas e do projeto básico:  
Tomo 1, Tomo 2, Tomo 3, Tomo 4, Tomo 5;
- (iii) Volume III – Orçamento.

## SUMÁRIO

|                                                      |           |
|------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                            | <b>4</b>  |
| 1.1 OBJETIVOS.....                                   | 4         |
| 1.2 METODOLOGIA.....                                 | 5         |
| 1.2.1 Descrição da Metodologia.....                  | 5         |
| 1.2.2 Simulador EPANET .....                         | 6         |
| <b>2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE.....</b>         | <b>9</b>  |
| 2.1 INTRODUÇÃO .....                                 | 9         |
| 2.2 CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES EXISTENTES.....     | 10        |
| 2.2.1 Complexo Planalto .....                        | 10        |
| 2.2.1.1 Reservatório Enterrado Planalto .....        | 11        |
| 2.2.1.2 Reservatório Elevado Planalto .....          | 11        |
| 2.2.1.3 Elevatória Planalto .....                    | 12        |
| 2.2.2 Reservatórios .....                            | 13        |
| 2.2.2.1 Reservatório Serra Sede.....                 | 13        |
| 2.2.2.2 Reservatório Belvedere.....                  | 14        |
| 2.2.2.3 Reservatório Campinho da Serra (Marajá)..... | 15        |
| 2.2.3 Boosters .....                                 | 15        |
| 2.2.3.1 Booster Serra Verde .....                    | 15        |
| 2.2.3.2 Booster Belvedere .....                      | 16        |
| 2.2.3.3 Booster Colina da Serra.....                 | 17        |
| 2.2.3.4 Booster Jardim Bela Vista.....               | 17        |
| 2.2.3.5 Booster São Judas Tadeu.....                 | 18        |
| 2.2.3.6 Booster Planalto Serrano .....               | 19        |
| 2.2.3.7 Booster Civit .....                          | 19        |
| 2.2.4 Adutoras e Rede de Distribuição.....           | 20        |
| <b>3 DADOS UTILIZADOS NA SIMULAÇÃO .....</b>         | <b>22</b> |
| 3.1 ECONOMIAS, POPULAÇÃO E DEMANDA.....              | 22        |
| 3.1.1 Introdução .....                               | 22        |
| 3.1.2 Parâmetros Utilizados .....                    | 22        |
| 3.2 PERDAS NO SISTEMA .....                          | 24        |
| <b>4 DIAGNÓSTICO .....</b>                           | <b>26</b> |
| 4.1 INTRODUÇÃO .....                                 | 26        |
| 4.2 CALIBRAÇÃO.....                                  | 26        |

|                |                                                                |           |
|----------------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3            | DIAGNÓSTICO DO SISTEMA EXISTENTE .....                         | 26        |
| <b>5</b>       | <b>PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS.....</b>                            | <b>29</b> |
| 5.1            | INTRODUÇÃO .....                                               | 29        |
| 5.2            | CONSIDERAÇÕES GERAIS .....                                     | 29        |
| 5.3            | CENÁRIO PROPOSTO.....                                          | 30        |
| 5.3.1          | Descrição Geral.....                                           | 30        |
| 5.3.1.1.1      | <i>Elevatória Planalto I Unidade de bombeamento Civit.....</i> | <i>32</i> |
| 5.3.2          | Descrição dos Setores .....                                    | 35        |
| 5.3.2.1        | Setor Serra Sede .....                                         | 35        |
| 5.3.2.1.1      | <i>Descrição do Sistema .....</i>                              | <i>35</i> |
| 5.3.2.1.2      | <i>Reservatórios.....</i>                                      | <i>37</i> |
| 5.3.2.1.3      | <i>Boosters.....</i>                                           | <i>37</i> |
| 5.3.2.1.4      | <i>Válvulas Redutoras de Pressão (VRP).....</i>                | <i>43</i> |
| 5.3.2.1.5      | <i>Rede de Distribuição.....</i>                               | <i>46</i> |
| 5.3.2.2        | Setor Nova Carapina.....                                       | 48        |
| 5.3.2.2.1      | <i>Descrição do Sistema .....</i>                              | <i>48</i> |
| 5.3.2.2.2      | <i>Boosters.....</i>                                           | <i>50</i> |
| 5.3.2.2.3      | <i>Válvulas Redutoras de Pressão (VRP).....</i>                | <i>52</i> |
| 5.3.2.2.4      | <i>Rede de Distribuição.....</i>                               | <i>55</i> |
| 5.3.2.3        | Setor Civit .....                                              | 57        |
| 5.3.2.3.1      | <i>Descrição do Sistema .....</i>                              | <i>57</i> |
| 5.3.2.3.2      | <i>Reservatório.....</i>                                       | <i>58</i> |
| 5.3.2.3.3      | <i>Válvula Redutora de Pressão (VRP) .....</i>                 | <i>59</i> |
| 5.3.2.3.4      | <i>Rede de Distribuição.....</i>                               | <i>61</i> |
| 5.3.2.4        | Setor Campinho .....                                           | 64        |
| 5.3.2.4.1      | <i>Descrição do Sistema .....</i>                              | <i>64</i> |
| 5.3.2.4.2      | <i>Reservatório Campinho da Serra.....</i>                     | <i>65</i> |
| 5.3.2.4.3      | <i>Booster Planalto Serrano .....</i>                          | <i>66</i> |
| 5.3.2.4.4      | <i>Válvulas Redutoras de Pressão (VRP).....</i>                | <i>68</i> |
| 5.3.2.4.5      | <i>Rede de Distribuição.....</i>                               | <i>70</i> |
| <b>ANEXO 1</b> | <b>DIMENSIONAMENTO DE ELEVATÓRIAS E BOOSTERS .....</b>         | <b>75</b> |
| <b>ANEXO 2</b> | <b>LISTA DE DESENHOS .....</b>                                 | <b>99</b> |



## LISTA DE FIGURAS

|           |                                                                                                                             |    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1  | Localização da área de estudo.....                                                                                          | 9  |
| Figura 2  | Área de estudo e principais unidades do sistema.....                                                                        | 10 |
| Figura 3  | Reservatório Enterrado Planalto.....                                                                                        | 11 |
| Figura 4  | Reservatório Elevado Planalto.....                                                                                          | 12 |
| Figura 5  | Vistas da Elevatória Planalto.....                                                                                          | 12 |
| Figura 6  | Vistas do Reservatório Serra Sede.....                                                                                      | 14 |
| Figura 7  | Reservatório Belvedere.....                                                                                                 | 14 |
| Figura 8  | Vistas do Reservatório Campinho da Serra.....                                                                               | 15 |
| Figura 9  | Vistas do Booster Serra Verde.....                                                                                          | 16 |
| Figura 10 | Vistas do <i>Booster</i> Belvedere.....                                                                                     | 16 |
| Figura 11 | Vistas do <i>Booster</i> Colina da Serra.....                                                                               | 17 |
| Figura 12 | Vistas do <i>Booster</i> Jardim Bela Vista.....                                                                             | 18 |
| Figura 13 | Vistas do <i>Booster</i> São Judas Tadeu.....                                                                               | 18 |
| Figura 14 | Vistas do <i>Booster</i> Planalto Serrano.....                                                                              | 19 |
| Figura 15 | Vistas do <i>Booster</i> Civit.....                                                                                         | 20 |
| Figura 16 | Distribuição espacial dos padrões de consumo.....                                                                           | 23 |
| Figura 17 | Padrões de consumo nodal utilizados na área de estudo.....                                                                  | 24 |
| Figura 18 | Variação espacial da pressão às 4 h (maiores pressões).....                                                                 | 27 |
| Figura 19 | Variação espacial da pressão às 12 h (menores pressões).....                                                                | 27 |
| Figura 20 | Variação espacial da perda de carga às 12 h (maiores consumos).....                                                         | 28 |
| Figura 21 | Distribuição dos setores da zona abastecida pela Unidade de Bombeamento Civit da Elevatória Planalto.....                   | 31 |
| Figura 22 | Variação diária de vazão e perda de carga nas bombas da unidade de bombeamento Civit da Elevatória Planalto (Ano 2020)..... | 33 |
| Figura 23 | Variação diária de vazão e perda de carga nas bombas da unidade de bombeamento Civit da Elevatória Planalto (Ano 2030)..... | 34 |
| Figura 24 | Distritos de Medição e Controle e principais unidades do Setor Serra Sede.....                                              | 36 |
| Figura 25 | Variação diária de pressão nos Reservatórios Serra Sede: para o cenário 2020 e 2030, respectivamente.....                   | 37 |
| Figura 26 | Localização e área de influência dos <i>boosters</i> do Setor Serra Sede.....                                               | 38 |
| Figura 27 | Variação diária de vazão e perda de carga nas bombas do <i>Booster</i> Civit no cenário 2020.....                           | 40 |
| Figura 28 | Variação diária de vazão e perda de carga nas bombas do <i>Booster</i> Civit no cenário 2030.....                           | 40 |

|                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 29 ĩ Variação diária de vazão e perda de carga nas bombas do <i>Booster</i> São Judas Tadeu (Ano 2030). ....                                                        | 41 |
| Figura 30 ĩ Variação diária de vazão e perda de carga nas bombas do <i>Booster</i> Belvedere (Ano 2030). ....                                                              | 43 |
| Figura 31 ĩ Posicionamento das válvulas redutoras de pressão e suas áreas de influência no Setor Serra Sede.....                                                           | 44 |
| Figura 32 ĩ Variação diária de pressão a montante e a jusante da (a) VRP SE004, (b) VRP SE005, (c) VRP SE006, (d) VRP Cascata, (e) VRP Belvedere 1 e (f) Belvedere 2. .... | 45 |
| Figura 33 ĩ Variação espacial da pressão no Setor Serra Sede (Ano 2030): (a) às 4 h (maiores pressões) e (b) às 13 h (menores pressões).....                               | 47 |
| Figura 34 ĩ Distritos de Medição e Controle e principais unidades do Setor Nova Carapina. ....                                                                             | 49 |
| Figura 35 ĩ Localização e área de influência do <i>booster</i> do Setor Nova Carapina. ....                                                                                | 50 |
| Figura 36 ĩ Variação diária de vazão e perda de carga nas bombas e no <i>bypass</i> do <i>Booster</i> Nova Carapina (Ano 2030).....                                        | 52 |
| Figura 37 ĩ Posicionamento das válvulas redutoras de pressão e suas áreas de influência no Setor Nova Carapina . ....                                                      | 53 |
| Figura 38 ĩ Variação diária de pressão a montante e a jusante da (a) VRP SE001, (b) VRP SE002, (c) VRP SE003, (d) VRP SE009 e (e) VRP Pitanga.....                         | 54 |
| Figura 39 ĩ Variação espacial da pressão do Setor Nova Carapina (Ano 2030): (a) às 4 h (maiores pressões) e (b) às 13 h (menores pressões).....                            | 56 |
| Figura 40 ĩ Distritos de Medição e Controle e principais unidades do Setor Civit.....                                                                                      | 58 |
| Figura 41 ĩ Posicionamento da válvula redutora de pressão e sua área de influência no Setor Civit . ....                                                                   | 60 |
| Figura 42 ĩ Variação diária de pressão a montante e a jusante da VRP Civit.nos cenários 2020 e 2030, respectivamente. ....                                                 | 61 |
| Figura 43 ĩ Variação espacial da pressão do Setor Civit (Ano 2030): (a) às 4 h (maiores pressões) e (b) às 13 h (menores pressões). ....                                   | 63 |
| Figura 44 ĩ Distritos de Medição e Controle e principais unidades do Setor Campinho. ....                                                                                  | 65 |
| Figura 45 ĩ Variação diária de pressão nos Reservatório Campinho da Serra nos cenários 2020 e 2030. ....                                                                   | 66 |
| Figura 46 ĩ Localização e área de influência do <i>booster</i> Planalto Serrano do Setor Campinho.....                                                                     | 67 |
| Figura 47 ĩ Variação diária de vazão e perda de carga nas bombas do <i>Booster</i> Planalto Serrano (Ano 2030).....                                                        | 68 |
| Figura 48 ĩ Posicionamento da válvula redutora de pressão e sua área de influência no Setor Campinho . ....                                                                | 69 |
| Figura 49 ĩ Variação diária de pressão a montante e a jusante da VRP SE007 ĩ Planalto Serrano. ....                                                                        | 70 |
| Figura 50 ĩ Variação espacial da pressão do Setor Campinho (Ano 2030): (a) às 4 h (maiores pressões) e (b) às 13 h (menores pressões).....                                 | 72 |

## LISTA DE TABELAS

|           |                                                                                                                                         |                                                                         |    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1  | Características dos conjuntos motobomba                                                                                                 | Elevatória Planalto (bombeamento para o Reservatório Elevado Planalto). | 13 |
| Tabela 2  | Características dos conjuntos motobomba                                                                                                 | Elevatória Planalto (bombeamento para Civit).                           | 13 |
| Tabela 3  | Características do conjunto motobomba                                                                                                   | Booster Serra Verde                                                     | 16 |
| Tabela 4  | Características do conjunto motobomba                                                                                                   | Booster Belvedere                                                       | 17 |
| Tabela 5  | Características do conjunto motobomba                                                                                                   | Booster Colina da Serra                                                 | 17 |
| Tabela 6  | Características dos conjuntos motobomba                                                                                                 | Booster Jardim Bela Vista                                               | 18 |
| Tabela 7  | Características do conjunto motobomba                                                                                                   | Booster São Judas Tadeu                                                 | 19 |
| Tabela 8  | Características dos conjuntos motobomba                                                                                                 | Booster Planalto Serrano                                                | 19 |
| Tabela 9  | Características dos conjuntos motobomba                                                                                                 | Booster Civit                                                           | 20 |
| Tabela 10 | Comprimentos das redes de distribuição e das adutoras existentes por diâmetro                                                           |                                                                         | 21 |
| Tabela 11 | Resumo dos dados de consumo                                                                                                             |                                                                         | 25 |
| Tabela 12 | Comprimento de rede por diâmetro                                                                                                        |                                                                         | 32 |
| Tabela 13 | Características dos conjuntos motobomba da Unidade de Bombeamento Civit da Elevatória Planalto, utilizados na simulação do Cenário 2020 |                                                                         | 33 |
| Tabela 14 | Características dos conjuntos motobomba da Unidade de Bombeamento Civit da Elevatória Planalto, utilizados na simulação do Cenário 2030 |                                                                         | 34 |
| Tabela 15 | Características dos conjuntos motobomba do Booster Civit utilizados na simulação                                                        |                                                                         | 39 |
| Tabela 16 | Características dos conjuntos motobomba do Booster São Judas Tadeu utilizados na simulação                                              |                                                                         | 41 |
| Tabela 17 | Características dos conjuntos motobomba do Booster Belvedere utilizados na simulação                                                    |                                                                         | 42 |
| Tabela 18 | Principais características das válvulas redutoras de pressão do Setor Serra Sede                                                        |                                                                         | 45 |
| Tabela 19 | Comprimento de rede por diâmetro                                                                                                        | Setor Serra Sede                                                        | 46 |
| Tabela 20 | Características dos Distritos de Medição e Controle do Setor Serra Sede                                                                 |                                                                         | 48 |
| Tabela 21 | Características dos conjuntos motobomba do Booster Nova Carapina utilizados na simulação                                                |                                                                         | 51 |
| Tabela 22 | Principais características das válvulas redutoras de pressão do Setor Nova Carapina                                                     |                                                                         | 54 |
| Tabela 23 | Comprimento de rede por diâmetro                                                                                                        | Setor Nova Carapina                                                     | 55 |
| Tabela 24 | Características dos Distritos de Medição e Controle do Setor Nova Carapina                                                              |                                                                         | 57 |
| Tabela 25 | Principais características das válvulas redutoras de pressão do Setor Civit                                                             |                                                                         | 61 |

|           |                                                                                                     |                |    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----|
| Tabela 26 | Comprimento de rede por diâmetro                                                                    | Setor Civit.   | 62 |
| Tabela 27 | Características dos Distritos de Medição e Controle do Setor Civit.                                 |                | 64 |
| Tabela 28 | Características dos conjuntos motobomba do <i>Booster</i> Planalto Serrano utilizados na simulação. |                | 68 |
| Tabela 29 | Principais características das válvulas redutoras de pressão do Setor Nova Carapina.                |                | 69 |
| Tabela 30 | Comprimento de rede por diâmetro                                                                    | Setor Campinho | 71 |
| Tabela 31 | Características do Distrito de Medição e Controle do Setor Campinho.                                |                | 73 |

## **RELATÓRIO**

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Objetivos

O contrato nº 284/2012 celebrado entre a CESAN e a GANEM Engenharia Ltda. prevê o desenvolvimento do estudo de vários setores do sistema de abastecimento de água da Grande Vitória. Cada estudo deve contemplar o diagnóstico, a análise operacional e a proposição de soluções de melhorias para o respectivo sistema de abastecimento de água. Tais melhorias podem ser de caráter imediato, ou seja, para solucionar problemas da situação atual, ou podem considerar um determinado ano de alcance do projeto, conforme definição prévia e individual assumida pela contratante.

A CESAN vem vivenciando problemas na distribuição de água em toda a região metropolitana, gerando constantes reclamações por parte dos usuários. Estes problemas são ainda mais evidenciados nos períodos de maiores temperaturas, os quais provocam um aumento no consumo de água, além do agravamento ocorrido ao longo do tempo devido ao crescimento da população.

Como diretriz para a ampliação do sistema, a CESAN conta com o Planejamento Global do Sistema de Abastecimento de Água da Grande Vitória, elaborado em 1998, que inclui o projeto executivo dos sistemas de distribuição de água. Porém, a implantação dos sistemas projetados requer, por parte da CESAN, grandes investimentos que são impraticáveis em curto prazo. Por essa razão, este contrato prevê a elaboração de diagnósticos e a realização de análise operacional, com o objetivo principal de identificar soluções de aplicação imediata para as deficiências no abastecimento de água dos setores. Neste âmbito, são propostas intervenções objetivando tornar o abastecimento de água contínuo e satisfatório para o cenário atual dos setores estudados, mas, na medida do possível, não se afastar das premissas propostas pelo planejamento global acima citado.

Outro objetivo do atual contrato é propor adequações aos sistemas de distribuição de água que facilitem a futura implantação de um programa de redução e controle de perdas. Sabe-se, da literatura especializada, que este tipo de programa se apresenta pouco eficaz quando aplicado a grandes sistemas como o de uma cidade, ou mesmo de agrupamentos de setores de abastecimento. Dessa forma, a implantação de um programa de controle e redução de perdas é tecnicamente mais aconselhável em setores de medição, nomeadamente os Distritos de Medição e Controle (DMC). Denomina-se Distrito de Medição e Controle (DMC) uma parte da rede de distribuição perfeitamente delimitada e isolável, com a finalidade de acompanhar a evolução do consumo e avaliar as perdas de água na rede, não devendo ultrapassar os 25 km de rede de distribuição e com um ponto preparado para medição de vazão na entrada do setor e de pressão em pontos de controle da rede. Para atender a esse objetivo é proposto também um projeto de setorização para as áreas analisadas.

Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo reavaliar o estudo que resultou no diagnóstico, na análise operacional e na proposição de melhorias para parte do sistema de distribuição de água Planalto. A área a ser reavaliada corresponde a região abastecida pela EEAT Planalto/Civit que contempla os setores Serra Sede, Nova Carapina e Civit. Ressalta-se que os setores Carapina e Laranjeiras, que também fazem parte do estudo original do sistema Planalto, já foram revisados anteriormente.

## 1.2 Metodologia

### 1.2.1 Descrição da Metodologia

A metodologia utilizada neste estudo resume-se em quatro fases: (i) a modelação do sistema de distribuição a partir do *software* EPANET; (ii) a calibração do mesmo; (iii) o diagnóstico do sistema existente a partir da simulação dinâmica do modelo em período mínimo de 24 horas; e (iv) a proposição de cenários com melhorias no abastecimento de água do setor, conforme horizonte definido pela contratante.

A primeira fase, de modelação do sistema, consiste na reunião de todos os dados pertinentes ao estudo, seguida do lançamento destes no simulador EPANET. Esta fase se inicia com a delimitação do setor de abastecimento a ser estudado e a validação do cadastro de rede existente, que se encontra bastante desatualizado e deficiente de informações. A melhoria das informações cadastrais é conseguida a partir da verificação do cadastro por técnicos da CESAN, que pode ser ainda complementada pela verificação *in loco*. A fase seguinte da modelação consiste em lançar no EPANET todas as unidades do sistema, tais como rede de distribuição, reservatórios, estações elevatórias, *boosters*, válvulas redutoras de pressão, incluindo suas características (diâmetro da rede, consumos dos nós, capacidade dos reservatórios, curva da bomba) pertinentes à simulação do modelo matemático.

Na fase de calibração são requeridos à CESAN os dados referentes ao consumo de água e ao seu posicionamento em planta, ou seja, o georeferenciamento das ligações / economias existentes no setor. Estas informações estão disponíveis a partir do *software* INFOGEO. Solicita-se também um conjunto de medições de vazão e de pressão em pontos previamente determinados em conjunto com a contratante, que servirão de balizador para a calibração do sistema. Estas medições são realizadas pelo setor de pitometria da contratante. Nesta fase são adotados percentuais de perdas reais e aparentes para ajustar a diferença entre o consumo requerido - determinado pela conjugação de população e do *per capita* estimado para o setor, e a água que efetivamente entra no sistema - determinada a partir de medições de vazão na entrada do sistema. Os dados de consumo utilizados na calibração correspondem ao mês de referência das medições de vazão e pressão. O consumo nodal é determinado com base no número de economias existentes na área de influência do respectivo nó, considerando a taxa de ocupação e o número de habitantes por residência fornecidos



pelo IBGE, além do consumo *per capita* determinado para o setor, incluindo as perdas comerciais.

Na fase de diagnóstico do sistema existente utiliza-se o modelo do sistema calibrado na fase anterior para se efetuar a simulação num período estendido. Nesta fase são utilizados os dados do mês de maior consumo dos últimos doze meses, visando retratar a situação mais crítica na qual o sistema foi submetido. Esta fase permite que seja efetuada a análise operacional do sistema, conhecendo o seu comportamento e os seus problemas, tais como pontos com pressões baixas / elevadas, trechos com perdas de carga excessivas e baixos níveis dos reservatórios ao longo do período de tempo estendido da simulação.

O conhecimento da realidade operacional do sistema de distribuição permite intervir onde há deficiência, propondo, numa quarta fase, cenários com alternativas técnicas que melhorem substancialmente a eficiência do sistema e abastecimento. Adicionalmente, nesta etapa é proposta a setorização do sistema de distribuição visando facilitar a futura implantação de programas de avaliação e redução de perdas.

Por se tratar de revisão de um estudo existente, optou-se por partir de um modelo pronto, previamente calibrado, e fez-se apenas pequenas adequações ao mesmo com base no cadastro atualizado das redes de distribuição da região.

Quanto ao carregamento de demandas e perdas procedeu-se a um novo carregamento com base nos consumos micromedidos e macromedidos atuais. Sobre estes valores foram dados os devidos crescimentos para os anos de cenário.

### **1.2.2 Simulador EPANET**

O simulador hidráulico utilizado no presente trabalho foi o *software* EPANET 2.0, desenvolvido e distribuído gratuitamente pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (*EPA U. S. Environmental Protection Agency*). A seguir é realizada uma breve apresentação deste *software* e no item seguinte é apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento do presente trabalho.

O simulador EPANET compreende um conjunto de funções que permitem efetuar simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água em sistemas de distribuição de água sob pressão. Este modelo utiliza o método híbrido nó-malha para resolver as equações da continuidade, da conservação da energia e da lei de resistência ao escoamento, que caracterizam as condições de equilíbrio hidráulico da rede num dado instante.

O EPANET modela um sistema de distribuição de água como sendo um conjunto de elementos ligados aos nós, elementos estes que representam as tubulações, bombas e válvulas de controle, e os nós representam ligações entre os diversos elementos, assim como reservatórios de nível fixo (RNF) e de nível variável (RNV).

O EPANET apresenta um ambiente gráfico integrado para edição do modelo hidráulico e dos cenários a serem simulados, permite a execução de simulações hidráulicas e de qualidade da água e possibilita a visualização dos resultados em vários formatos, inclusive compatíveis com a utilização em ambientes de edição de texto ou de cálculo. Sua interface gráfica permite examinar mapas da rede com auxílio de códigos de cores, além de apresentar desenhos gráficos de séries temporais, perfis de tubulação, mapas de pressões, frequências e outros.

Segue a descrição de algumas das características pertinentes ao módulo de simulação hidráulica do software EPANET:

- Dimensão ilimitada da rede em termos de número de elementos;
- Cálculo da perda de carga contínua nas tubulações de acordo com a fórmula de *Hazen-Williams*, de *Chezy-Manning* ou de *Darcy-Weisbach*;
- Consideração das perdas de carga localizadas em peças, como perdas em curvas, ampliações e reduções, etc;
- Modelação de bombas de velocidade constante ou variável;
- Cálculo da energia de bombeamento e do respectivo custo;
- Modelação dos principais tipos de válvulas como de seccionamento, de retenção, reguladoras de pressão e de vazão;
- Modelação de reservatórios de armazenamento de nível variável de diversas formas, a partir de curvas de volume em função da altura do nível de água;
- Adição de múltiplas categorias de consumo nos nós, cada uma com um padrão próprio de variação temporal;
- Modelação de dispositivos para os quais a vazão dependa da pressão no nó, como aspersores de rega. Estes dispositivos também podem ser utilizados para simular perdas em tubulações ou a vazão de combate a incêndio num nó;
- Configuração das condições de operação do sistema em controles simples, dependentes de uma só condição, como o período do dia, ou a altura de água em um reservatório de nível variável; ou em controles com condições múltiplas, como desligar / ligar a bomba e abrir / fechar a tubulação de *by-pass*, verificar quando a altura de água no reservatório de nível variável está acima / abaixo de um determinado valor especificado;
- Edição de uma propriedade para um grupo de objetos pertencentes a uma zona definida pelo utilizador;
- Exploração de diferentes possibilidades de visualização do mapa da rede a partir da personalização da caixa de diálogo de Opções do Mapa;

- Utilização de uma imagem de fundo no esquema da rede, em escala, evitando a necessidade da digitação do comprimento dos trechos;
- Criação de diferentes tipos de gráficos, tais como gráficos de perfil e gráficos de isolinhas;
- Adição de dados de medições ao projeto para calibração do modelo e visualização do relatório de calibração;
- Migração de gráficos e relatórios do mapa da rede para o *clipboard* ou para arquivos no formato de imagem ou como arquivo de dados ASCII;
- Importação / exportação de um cenário projetado, como por exemplo, um cenário com os consumos nodais correntes, ou um cenário de valores de rugosidade para as tubulações.

Nos próximos itens estão descritos as características do sistema estudado, o diagnóstico da situação atual e as intervenções necessárias em cada um dos cenários propostos para o Setor Planalto.

## 2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE

### 2.1 Introdução

A região objeto de estudo deste relatório compreende uma grande parte da região central do Município de Serra, englobando, total ou parcialmente, os seguintes bairros: São Lourenço, Vista Da Serra I, Campinho Da Serra II, Vista Da Serra II, Fazenda Cascata, Caçaroca, Vila Maria Niobe, Campinho Da Serra I, Planalto Serrano, Jardim Primavera, Centro Da Serra, Jardim Bela Vista, Belvedere, Continental, São Judas Tadeu, Santo Antônio, Palmeiras, São Domingos, São Marcos I, Serra Centro, Nossa Senhora Da Conceição, Jardim Guanabara, Jardim Da Serra, Colina Da Serra, Divinópolis, São Marcos II, Eldorado, Serra Dourada III, Serra Dourada II, Serra Dourada I, Planície Da Serra, Maringá, Porto Canoa, Parque Residencial Tubarão, Mata Da Serra, Civit I, Santa Rita De Cássia, Novo Porto Canoa, Nova Carapina I, Barro Branco, Parque Residencial Mestre Álvaro, Pitanga, Cidade Pomar, Nova Carapina II. A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo.



Figura 1 – Localização da área de estudo.

O estudo desta área tem como principais objetivos: (i) garantir um abastecimento contínuo para a população residente na área, (ii) facilitar a operação do sistema com a separação em setores menores e a criação de seus distritos de medição e controle, e (iii) otimizar as pressões no sistema com a criação, readequação ou eliminação de *boosters* e área controladas por válvulas redutoras de pressão.

## 2.2 Características das Unidades Existentes

O sistema de distribuição de água existente na área de estudo é formado por reservatórios, elevatórias, *boosters*, adutoras, válvulas de controle e redes de distribuição. A Figura 2 apresenta a localização das principais unidades de abastecimento de água existentes na área de estudo. Posteriormente, é apresentada uma breve descrição destas unidades.

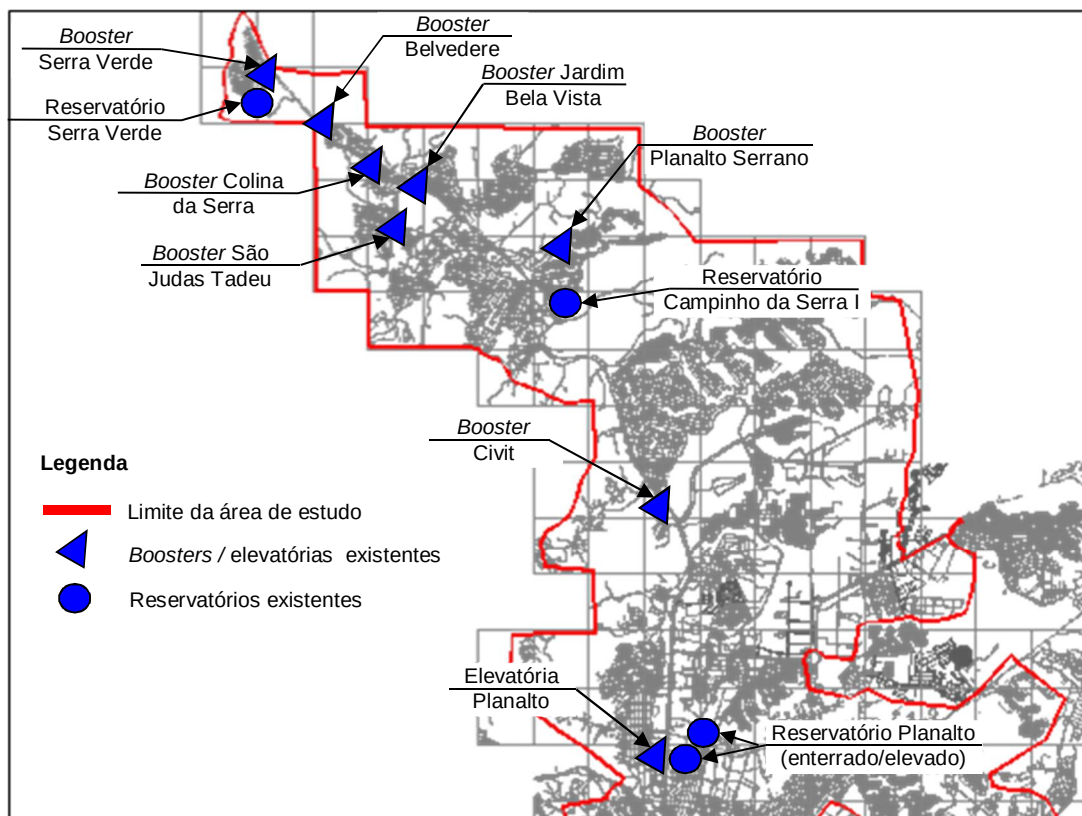


Figura 2 – Área de estudo e principais unidades do sistema.

### 2.2.1 Complexo Planalto

O Complexo Planalto situa-se na área da ETA V no Bairro Carapina. O complexo é composto por um Reservatório Enterrado e um Elevado, e pela Elevatória Planalto. A Elevatória Planalto por sua vez é composta por uma série de bombas que utilizam como poço de sucção o tanque de contato do Reservatório Enterrado. Atualmente existem 11 unidades de bombeamento, sendo: duas para a VALE, uma para a Arcelor Mittal (fora de operação), duas para Jacaraípe, duas para Feu Rosa, três para o



Reservatório Elevado e uma para a linha DN700 que vai para o *booster* Civit. Apenas as quatro últimas unidades fazem parte da área de estudo objeto deste relatório.

A seguir é apresentada uma breve descrição dos dois reservatórios supracitados e das quatro unidades de bombeamento que fazem parte da área de estudo.

#### **2.2.1.1 Reservatório Enterrado Planalto**

O Reservatório Enterrado Planalto é um reservatório de concreto, enterrado, com capacidade para 10 000 m<sup>3</sup>, composto por 2 células de (44 x 48) m e 5.3 m de altura, que recebe toda a produção da ETA V de Carapina (Figura 3). É também a unidade que funciona como tanque de contato da estação de tratamento, de onde partem todas as unidades de bombeamento da Elevatória Planalto, conforme citadas anteriormente.



Figura 3 ĩ Reservatório Enterrado Planalto

Este reservatório possui cota de fundo de 26.2 m e de nível máximo de 30.8 m.

#### **2.2.1.2 Reservatório Elevado Planalto**

O Reservatório Elevado Planalto (Figura 4), também localizado na área da ETA V no bairro Carapina, é responsável atualmente pelo abastecimento de grande parte da área de estudo. Com capacidade para 1 500 m<sup>3</sup>, o reservatório, implantado a uma altura de 30.4 m do solo, apresenta diâmetro de 25.6 m e altura útil de aproximadamente 4.50 m.



Figura 4 – Reservatório Elevado Planalto.

Além da função de distribuição de água, o Reservatório Elevado Planalto também funciona como reserva de água para lavagem dos filtros da ETA V. A água produzida na ETA V é recalçada para o Reservatório Elevado Planalto através de três unidades de bombeamento da Elevatória Planalto. Essa elevatória está operando na sua capacidade máxima, com a três bombas em funcionamento e sem bomba reserva, o que deixa todo o sistema numa situação de grande vulnerabilidade.

### 2.2.1.3 Elevatória Planalto

A Elevatória Planalto (Figura 5) é composta por 11 unidades de bombeamento, sendo: uma para a VALE, uma para a Arcelor Mittal (fora de operação), uma para Jacaraípe, uma para Feu Rosa, três para o Reservatório Elevado e uma para a linha DN700 que vai para o *booster* Civit. Destas, serão apresentadas apenas as características das unidades que alimentam o Reservatório Elevado e a rede DN700, ou seja, as que fazem parte da área de estudo.



Figura 5 – Vistas da Elevatória Planalto.

A elevatória que alimenta o Reservatório Elevado conta com três conjuntos motobomba semelhantes, sendo que 2 conjuntos operam continuamente e o terceiro é desativado

no período da madrugada. As características desses conjuntos estão apresentadas na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Características dos conjuntos motobomba – Elevatória Planalto (bombeamento para o Reservatório Elevado Planalto).

| Características                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|
| Fabricante                      | Flowserve       |
| Modelo                          | 16 QL-21 / R=20 |
| Vazão bomba (m <sup>3</sup> /h) | -               |
| Altura manométrica (mca)        | -               |
| Potência (cv)                   | -               |
| Frequência (rpm)                | 1175            |

A elevatória que recalca para Civit, conta com três conjuntos motobomba instalados, sendo dois de um modelo e um diferente de menor capacidade. O sistema opera com uma ou duas bombas consoante a necessidade de demanda, que também interfere na utilização da bomba de menor ou maior capacidade. A Tabela 2 apresenta as principais características dos conjuntos motobomba utilizados na Elevatória Planalto / Civit.

Tabela 2 – Características dos conjuntos motobomba – Elevatória Planalto (bombeamento para Civit).

| Características                 |                      |                   |
|---------------------------------|----------------------|-------------------|
| Fabricante                      | Flowserve            | Flowserve         |
| Modelo                          | 20 QL-20 A / R=20.75 | 12 QL-147 / R=140 |
| Vazão bomba (m <sup>3</sup> /h) | -                    | -                 |
| Altura manométrica (mca)        | -                    | -                 |
| Potência (cv)                   | 200                  | 300               |
| Frequência (rpm)                | 1175                 | 1775              |
| Número de conjuntos             | 1                    | 2                 |

## 2.2.2 Reservatórios

### 2.2.2.1 Reservatório Serra Sede

Esse reservatório foi recentemente construído no mesmo local do antigo Reservatório São Judas Tadeu, no bairro de mesmo nome, no centro da Serra e destina-se ao abastecimento de todo o Setor Serra Sede. A Figura 6, a seguir apresenta vista do Reservatório Serra Sede.





Figura 6 ã Vistas do Reservatório Serra Sede.

Este é um reservatório de concreto, apoiado, que está implantado na cota 87 m, com capacidade para 6 000 m<sup>3</sup>, composto por duas câmara prismáticas de (24x25) m e 5.1 m de altura.

#### 2.2.2.2 Reservatório Belvedere

O Reservatório Belvedere, também conhecido como Serra Verde, destina-se ao abastecimento do bairro Belvedere no Município de Serra. Localizado à esquina das ruas Domingos Martins e Ecoporanga no Bairro Belvedere, encontra-se em bom estado físico como pode ser observado na Figura 7, a seguir.



Figura 7 ã Reservatório Belvedere.

Este é um reservatório de concreto, apoiado, que está implantado na cota 70 m, tem capacidade para 130 m<sup>3</sup>, e é composto por 1 câmara quadrada de (7.15 x 7.15) m e 2.5 m de altura.

### 2.2.2.3 Reservatório Campinho da Serra (Marajá)

O Reservatório Campinho da Serra, também conhecido por Marajá, destina-se ao abastecimento dos bairros Campinho da Serra I e Planalto Serrano, próximo a região do Centro de Serra. Localizado à Rua Pingo de Ouro em frente a Escola de 1º Grau Campinho, no Bairro Campinho da Serra I, encontra-se em bom estado físico como pode ser observado na Figura 8, a seguir.



Figura 8 – Vistas do Reservatório Campinho da Serra.

Este é um reservatório de concreto, apoiado, que está implantado na cota 52 m, com capacidade para 1080 m<sup>3</sup>, composto por 1 câmara em tronco de pirâmide com 4.1 m de altura.

### 2.2.3 Boosters

A região em estudo conta com oito *boosters* em operação, nomeadamente: Serra Verde, Belvedere, Colina da Serra, Jardim Bela Vista, São Judas Tadeu, Planalto Serrano e Civit, além das duas unidades de bombeamento da Elevatória Planalto, já apresentadas anteriormente.

É importante ressaltar que o cadastro dos conjuntos motobomba utilizados pela CESAN encontra-se desatualizado e com várias lacunas em branco. Dessa forma, alguns dados utilizados na simulação foram fornecidos diretamente pelos técnicos da CESAN, e outros, como altura manométrica e vazão, foram ajustados pelo EPANET.

A seguir, são apresentadas a descrição e as características particulares de cada um dos *boosters* estudados.

#### 2.2.3.1 Booster Serra Verde

O *Booster* Serra Verde localiza-se na área do reservatório Belvedere, na Rua Domingos Martins, em Belvedere. O *booster* funciona com apenas um conjunto motobomba e suas instalações encontram-se em más condições de conservação, como podem ser observadas nas fotografias apresentadas na Figura 9.

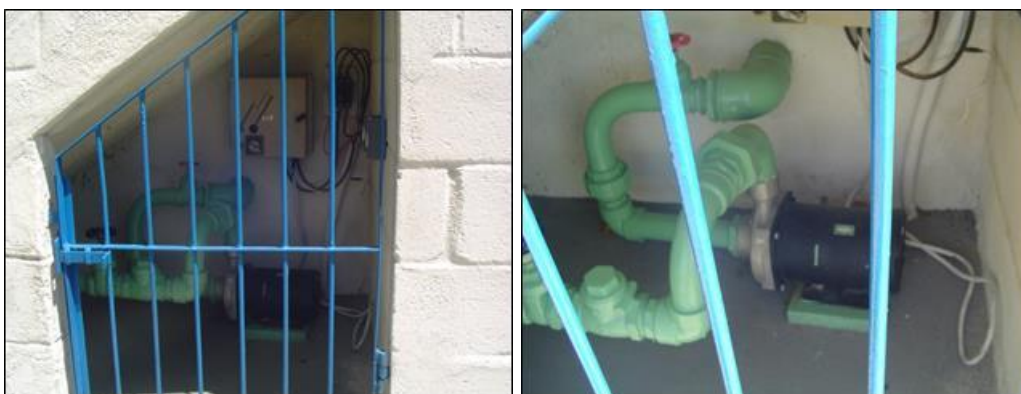


Figura 9 – Vistas do Booster Serra Verde.

A Tabela 3 apresenta as principais características do conjunto motobomba utilizado no *Booster Serra Verde*.

Tabela 3 – Características do conjunto motobomba – *Booster Serra Verde*

| Características                 |                   |
|---------------------------------|-------------------|
| Fabricante                      | Dancor            |
| Modelo                          | CAM W19 – R=120mm |
| Vazão bomba (m <sup>3</sup> /h) | -                 |
| Altura manométrica (mca)        | -                 |
| Potência (cv)                   | 3                 |
| Frequência (rpm)                | 3450              |

### 2.2.3.2 *Booster Belvedere*

O *Booster Belvedere* está situado na BR101, próximo ao Bairro Divinópolis. O *booster* funciona com dois conjuntos motobomba e suas instalações físicas encontram-se em boas condições de conservação, como podem ser observadas na Figura 10.



Figura 10 – Vistas do *Booster Belvedere*.

A Tabela 4 apresenta as principais características do conjunto motobomba utilizado no *Booster Belvedere*.

Tabela 4 – Características do conjunto motobomba – Booster Belvedere.

| Características                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|
| Fabricante                      | Dancor          |
| Modelo                          | 630 TJM / R=190 |
| Vazão bomba (m <sup>3</sup> /h) | -               |
| Altura manométrica (mca)        | -               |
| Potência (cv)                   | 5               |
| Frequência (rpm)                | 3450            |

### 2.2.3.3 Booster Colina da Serra

O *Booster* Colina da Serra está situado no bairro de mesmo nome, próximo ao cruzamento da Rua Cariacica com a Rua Colatina. Esse *booster* opera com apenas um conjunto motobomba e suas instalações físicas apresentam-se em bom estado de conservação (Figura 11).

Figura 11 – Vistas do *Booster* Colina da Serra.

A Tabela 5 apresenta as principais características do conjunto motobomba utilizado no *Booster* Colina da Serra.

Tabela 5 – Características do conjunto motobomba – *Booster* Colina da Serra.

| Características                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|
| Fabricante                      | Dancor          |
| Modelo                          | 618 TJM / R=155 |
| Vazão bomba (m <sup>3</sup> /h) | 26              |
| Altura manométrica (mca)        | -               |
| Potência (cv)                   | 5               |
| Frequência (rpm)                | 3450            |

### 2.2.3.4 Booster Jardim Bela Vista

O *Booster* Jardim Bela Vista localiza-se no bairro de mesmo nome, na Rua 1, paralela à BR101. O *booster* funciona com apenas um conjunto motobomba e suas instalações físicas encontram-se em bom estado de conservação (Figura 12).





Figura 12 – Vistas do *Booster* Jardim Bela Vista.

A Tabela 6 apresenta as principais características do conjunto motobomba utilizado no *Booster* Jardim Bela Vista.

Tabela 6 – Características dos conjuntos motobomba – *Booster* Jardim Bela Vista.

| Características                 |                         |
|---------------------------------|-------------------------|
| Fabricante                      | KSB                     |
| Modelo                          | Meganorm 50-125 / R=114 |
| Vazão bomba (m <sup>3</sup> /h) | -                       |
| Altura manométrica (mca)        | -                       |
| Potência (cv)                   | -                       |
| Frequência (rpm)                | 3500                    |

#### 2.2.3.5 *Booster* São Judas Tadeu

O *Booster* São Judas Tadeu está situado na rua de mesmo nome, próximo ao cruzamento com a Rua Antônio Ferreira Madruga, no Bairro Centro. O *booster* conta com apenas um conjunto motobomba e suas instalações também se encontram em boas condições físicas (Figura 13).



Figura 13 – Vistas do *Booster* São Judas Tadeu.

A Tabela 7 apresenta as principais características do conjunto motobomba utilizado no *Booster* São Judas Tadeu.

Tabela 7 ĩ Características do conjunto motobomba ĩ *Booster São Judas Tadeu.*

| Características                 |                         |
|---------------------------------|-------------------------|
| Fabricante                      | KSB                     |
| Modelo                          | Meganorm 32-125 / R=127 |
| Vazão bomba (m <sup>3</sup> /h) | -                       |
| Altura manométrica (mca)        | -                       |
| Potência (cv)                   | -                       |
| Frequência (rpm)                | 3500                    |

### 2.2.3.6 *Booster Planalto Serrano*

O *Booster Planalto Serrano* está situado no bairro de mesmo nome, próximo ao cruzamento da Rua Colatina com a Rua Ibirapu. O *booster* funciona com dois conjuntos motobomba e suas instalações físicas encontram-se em bom estado de conservação (Figura 14).

Figura 14 ĩ Vistas do *Booster Planalto Serrano*.

A Tabela 8 apresenta as principais características dos conjuntos motobomba utilizados no *Booster Planalto Serrano*.

Tabela 8 ĩ Características dos conjuntos motobomba ĩ *Booster Planalto Serrano*.

| Características                 |                         |
|---------------------------------|-------------------------|
| Fabricante                      | KSB                     |
| Modelo                          | Meganorm 80-250 / R=250 |
| Vazão bomba (m <sup>3</sup> /h) | -                       |
| Altura manométrica (mca)        | -                       |
| Potência (cv)                   | 20                      |
| Frequência (rpm)                | 1750                    |

### 2.2.3.7 *Booster Civit*

O *Booster Civit* localiza-se na BR101-Norte, na altura da Avenida Civit I. O *booster* opera com uma bomba funcionando e uma de reserva, mas conta com espaço para instalação de uma terceira bomba. Suas instalações encontram-se em boas condições físicas, como podem ser observadas nas fotografias apresentadas na (Figura 15).



Figura 15 – Vistas do *Booster Civit*.

A Tabela 9 apresenta as principais características dos conjuntos motobomba utilizados no *Booster Civit*.

Tabela 9 – Características dos conjuntos motobomba – *Booster Civit*.

| Características                 |                     |
|---------------------------------|---------------------|
| Fabricante                      | Worthington         |
| Modelo                          | Bipartida 10 LNH-18 |
| Vazão bomba (m <sup>3</sup> /h) | 1000                |
| Altura manométrica (mca)        | 70                  |
| Potência (cv)                   | 350                 |
| Frequência (rpm)                | 1775 rpm            |

As instalações do *Booster Civit* contam ainda com um inversor de frequência que trabalha a uma rotação de 50 a 60 Hz visando manter a pressão de recalque. Desta forma a curva da bomba se desloca, resultando num ponto de trabalho de 443 l/s (1595 m<sup>3</sup>/h) para uma altura de 38 mca. Logo na saída do recalque do *Booster Civit* existe uma derivação, sendo que parte segue em direção a Serra Sede e parte segue para a região de Civit I passando por uma placa de orifícios, que reduz a pressão em cerca de 20 mca em média. Esta placa de orifício tem a função principal de controlar o fluxo para a região de Civit, situada em cotas mais baixas, constituindo o caminho preferencial da água. Desta forma, otimiza-se o abastecimento para a região de Serra Sede, que encontra-se mais afastada e localizada em cotas mais elevadas.

#### 2.2.4 Adutoras e Rede de Distribuição

A realidade mostra uma grande deficiência no cadastro da rede de distribuição da CESAN. O cadastro ainda se encontra desatualizado e requer o auxílio dos técnicos da empresa para viabilizar a sua validação.

As adutoras e as redes de distribuição da área de estudo apresentam diâmetros variando entre 40 e 700 mm, totalizando um comprimento de aproximadamente 335 km. Os comprimentos por diâmetro estão relacionados na Tabela 10.

Tabela 10 ii Comprimentos das redes de distribuição e das adutoras existentes por diâmetro.

| Diâmetro (mm) | Rede Existente (m) |
|---------------|--------------------|
| 40            | 10 446             |
| 50            | 221 925            |
| 75            | 28 458             |
| 100           | 25 484             |
| 125           | 424                |
| 140           | 150                |
| 150           | 19 469             |
| 200           | 13 140             |
| 250           | 5 298              |
| 300           | 1 848              |
| 400           | 7 883              |
| 500           | 453                |
| 600           | 198                |
| 700           | 263                |
| Total         | 335 439            |

### **3 DADOS UTILIZADOS NA SIMULAÇÃO**

#### **3.1 Economias, População e Demanda**

##### **3.1.1 Introdução**

Para avaliar o consumo micromedido da área de estudo foram utilizadas as informações georreferenciadas constantes no banco de dados comercial da CESAN (INFOGEO). Os dados foram disponibilizados em forma de arquivo do tipo shapefile contendo a posição georreferenciada e as informações de consumo medido, consumo faturado e número de economias para cada usuário do sistema.

Conforme metodologia apresentada no Capítulo 1 deste relatório cria-se no software EPANET o modelo matemático que representa o sistema de abastecimento de água em estudo.

Com o auxílio do software ArcGis, foi possível efetuar-se o processamento dos dados de consumo de forma integrada ao modelo matemático do sistema. Algumas rotinas computacionais desenvolvidas especificamente para este trabalho viabilizaram a sua execução.

Inicialmente criou-se um polígono representativo da área de estudo. Em seguida foram criados polígonos de influência para cada nó do modelo matemático desenvolvido em EPANET. Promoveu-se a interseção desta malha de polígonos com as informações georreferenciadas dos clientes do sistema. Esta interseção permitiu definir, com bastante precisão, o grupo de clientes que deveriam ter o seu consumo contabilizado em cada nó do modelo. Assim sendo, tornou-se possível contabilizar, para cada nó do modelo, qualquer informação constante no cadastro comercial dos clientes. No presente caso foram contabilizados o consumo micromedido mensal e número de economias para cada nó do modelo.

##### **3.1.2 Parâmetros Utilizados**

Os dados apresentados a seguir referem-se às dimensões do sistema utilizado para definir o cenário atual da área de estudo em questão.

O consumo micromedido e o número de economias utilizado para definir o cenário atual foi obtido a partir dos dados do INFOGEO, conforme segue:

- Consumo micromedido: 220 l/s;
- Número de ligações: 35 618 unidades.

O consumo total de água da área de estudo foi determinado a partir da medição de vazão no recalque da elevatória Planalto/Civit localizada na área da ETA V. Desta forma, tem-se:

- Consumo macromedido: 505 l/s.

Na determinação da população residente no setor foi utilizado o índice de atendimento e a densidade demográfica apresentados pelo SINCOP. Os valores considerados foram, portanto:

- índice de atendimento: 97%;
- densidade demográfica: 4.04 hab./economia.

A utilização desses dados resultou numa população conforme segue:

- população residente: 138 895 hab.

Os valores de vazão medidos permitiram determinar um padrão de consumo específico para as regiões com características diferentes de abastecimento e consumo. A Figura 16 apresenta um mapa temático da área de estudo com a distribuição espacial dos padrões de consumo utilizados na calibração do sistema Planalto, para as áreas pertencentes aos setores em análise neste estudo.

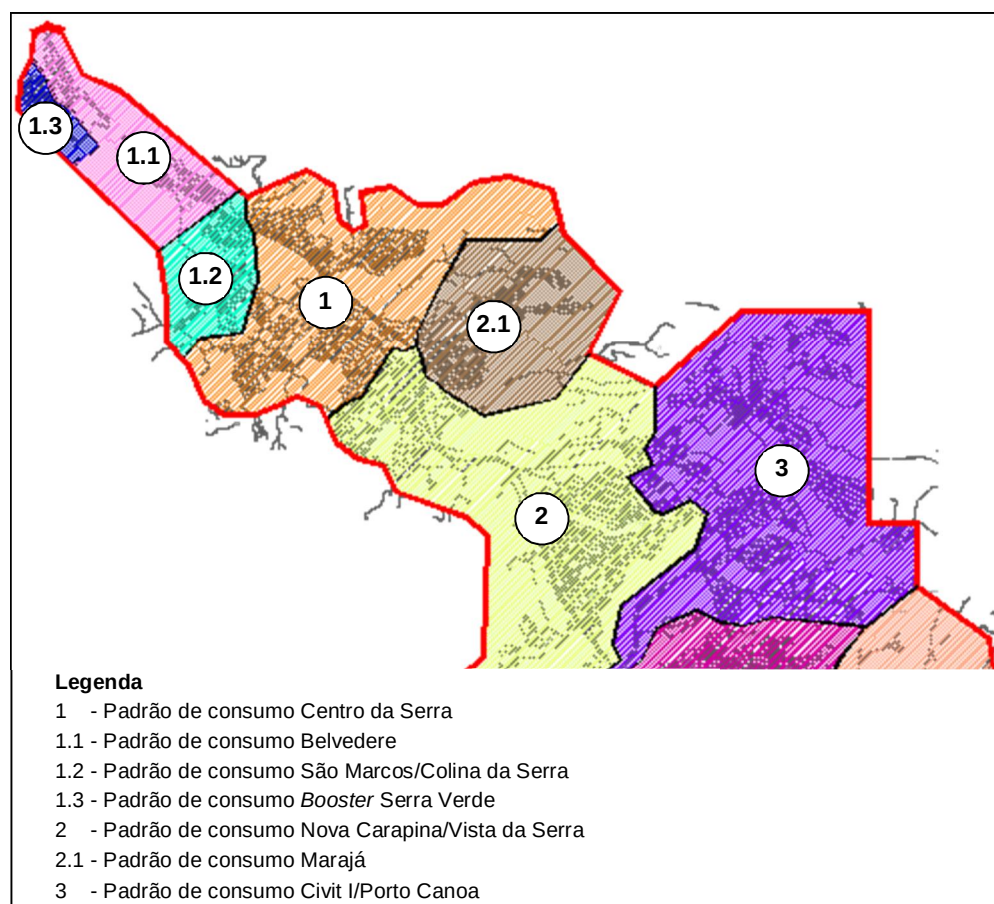


Figura 16 - Distribuição espacial dos padrões de consumo.

A Figura 17 apresenta as curvas diárias de consumo dos padrões utilizados.

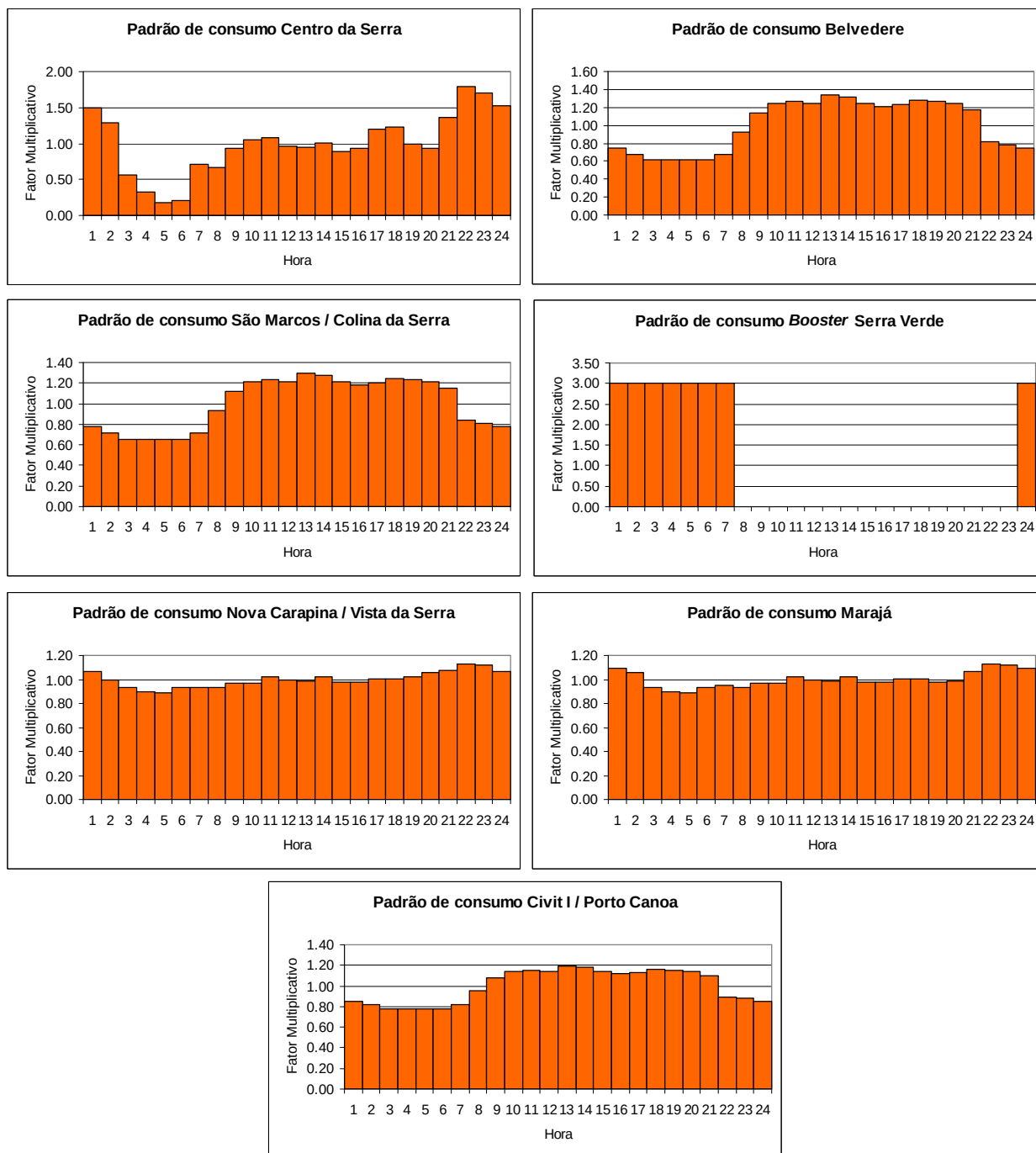


Figura 17 – Padrões de consumo nodal utilizados na área de estudo.

### 3.2 Perdas no Sistema

A simulação hidráulica do setor não contempla um estudo detalhado de perdas no sistema de distribuição. Utiliza-se apenas o índice de perdas na distribuição de água apresentado pelo sistema de informações do controle operacional da CESAN para calcular o volume total de perdas no sistema. Posteriormente, este volume é dividido



em duas parcelas: (i) uma correspondendo às perdas aparentes ou comerciais, e (ii) a outra, referindo às perdas reais.

As perdas aparentes (ou perdas não físicas de água) são constituídas pelos consumos não autorizados - furto a uso ilícito, e pelos erros de medição dos hidrômetros. As perdas reais (ou perdas físicas de água) correspondem ao volume perdido no sistema de adução e distribuição através de fugas, rupturas e extravasamentos e que podem ocorrer na captação, adução, tratamento, reserva e distribuição (incluindo os ramais de serviço), até ao hidrômetro do cliente.

Conforme acordo com os técnicos da CESAN, as parcelas de perdas reais e perdas aparentes correspondem respectivamente a 50% e 50% das perdas totais encontradas no setor. Para a área de estudo, portanto, as perdas são distribuídas da seguinte forma:

- perdas totais: 285 l/s;
- perdas reais: 142.5l/s;
- perdas aparentes: 142.5 l/s.

A parcela de perdas aparentes ou comerciais é tratada exatamente como consumo, ou seja, é distribuída entre os nós do modelo conforme metodologia apresentada no subitem 1.2.1, e acaba por sofrer variação horária conforme curva de consumo pré-estabelecida.

A parcela de perdas reais é distribuída por todos os nós do modelo, sendo ponderada pelo comprimento de todos os trechos que convergem para este ponto, uma vez que visam reproduzir a água perdida por vazamentos existentes nas tubulações. Esta parcela de perdas sofre variação horária proporcional às pressões existentes nos respectivos nós.

Dessa forma, o consumo efetivo da área de estudo é dado pelo volume macromedido (505 l/s) subtraindo-se deste as perdas reais (142.5 l/s), resultando em 362.5 l/s. O consumo efetivo per capita é, portanto, de 226 l/hab./dia. A Tabela 11 apresenta um resumo dos dados de consumo para a área de estudo.

Tabela 11 – Resumo dos dados de consumo.

|                                    |                |
|------------------------------------|----------------|
| Vazão de entrada (macromedida)     | 505 l/s        |
| Índice de perdas total             | 56.4%          |
| Volume total de perdas             | 285 l/s        |
| - Volume de perdas físicas (55%)   | 142.5 l/s      |
| - Volume de perdas aparentes (55%) | 142.5 l/s      |
| Volume efetivamente consumido      | 362.6 l/s      |
| População residente                | 138 895 hab.   |
| Per capita efetivo                 | 226 l/hab./dia |

## 4 DIAGNÓSTICO

### 4.1 Introdução

Para otimizar a gestão de sistemas de abastecimento de água é necessário conhecer, em pormenor, a forma como o consumo de água se processa no tempo e no espaço, assim como os fatores que o afetam e o condicionam. Trata-se de um problema muito abrangente, cuja solução deve se basear na conjugação de informações inerentes a várias áreas de conhecimento, tais como: a técnica, a operacional, a de manutenção e a de obras.

A definição da concepção operacional de um sistema de abastecimento de água constitui-se por um conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e informações necessárias para caracterizar tal sistema. A caracterização física dos componentes do sistema em conjunto com as informações pertinentes ao consumo de água do setor é de fundamental importância para a modelagem hidráulica e consequentemente para o diagnóstico do sistema estudado. O diagnóstico do sistema foi determinado a partir do *software* EPANET com base no modelo matemático do sistema, devidamente calibrado.

### 4.2 Calibração

Como já comentado anteriormente o presente trabalho prende-se à revisão de alguns setores do Sistema Planalto apresentados em estudo anterior. Nesta revisão partiu-se do modelo calibrado no estudo original do Sistema Planalto aplicando apenas as alterações de cadastro. Assim sendo, não serão apresentados aqui os resultados da calibração, os quais podem ser verificados na íntegra no relatório C-035-000-80-5-RT-0005, de 2010.

### 4.3 Diagnóstico do Sistema Existente

O diagnóstico da área de estudo foi compatível com as informações recolhidas junto à equipe de operação da CESAN. Foram verificadas as seguintes deficiências no sistema de abastecimento de água do Sistema Planalto:

- pressões muito baixas em várias áreas;
- pressões elevadas em algumas áreas baixas;
- distribuição de água intermitente em vários locais, causada pelo funcionamento temporário de alguns *boosters*.

A Figura 18 apresenta a variação de pressão nos nós do sistema às 4 h (quando se verificam as maiores pressões), enquanto a Figura 19 apresenta a variação de pressão

nos nós do sistema às 12 h (quando se verificam as menores pressões). A Figura 20 mostra a variação espacial de perda de carga pelos trechos do sistema às 12 h (quando se verificam os maiores consumos).

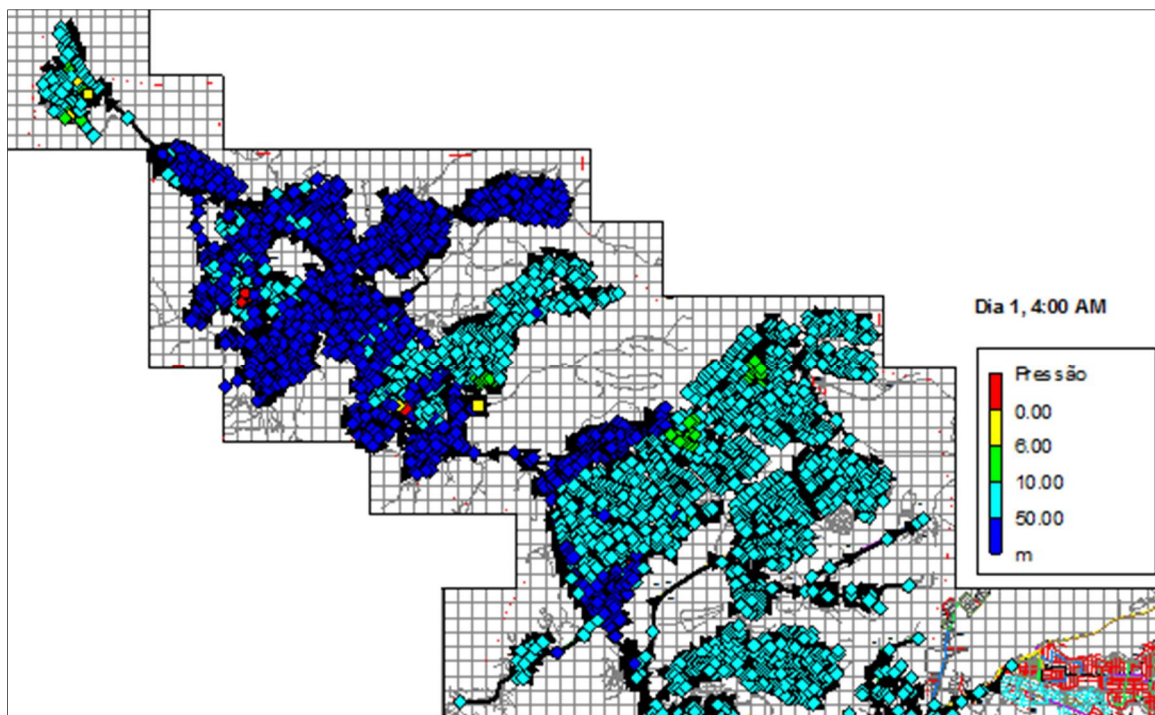


Figura 18 i Variação espacial da pressão às 4 h (maiores pressões).

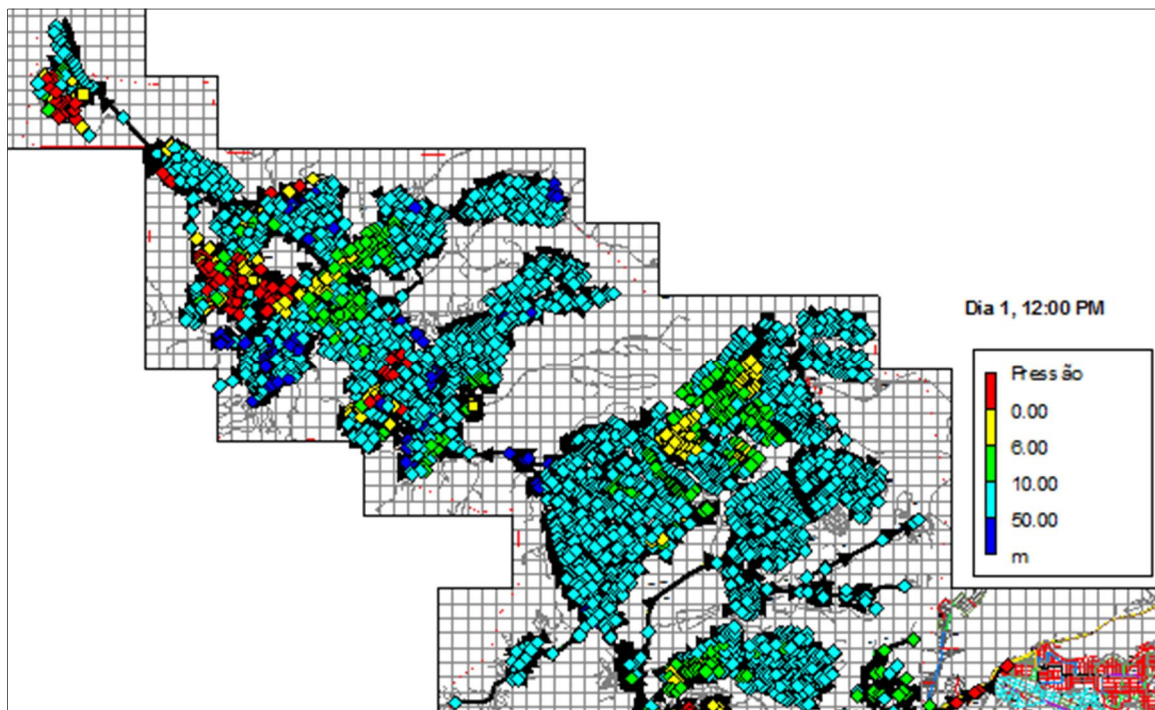


Figura 19 i Variação espacial da pressão às 12 h (menores pressões).

Conforme pode ser observado na Figura 18 e na Figura 19 em ambas as situações de operação as pressões no sistema variam entre valores muito baixos, que provocam o

desabastecimento do setor, e valores muito altos, que contribuem para a elevação do índice de perdas físicas no sistema. No capítulo 5 são apresentadas alternativas de melhoria do sistema.

Além das deficiências acima apontadas é importante salientar que outros fatores contribuem com a diminuição da eficiência do sistema, como:

- hidrômetros antigos e sem calibração, que subestimam as medições;
- ligações clandestinas;
- fraudes;
- tubulações antigas;
- cadastro comercial desatualizado;
- vazamentos provocados pelo excesso de pressão, devido aos grandes desníveis encontrados no setor.

Através da Figura 20 identifica-se que em alguns locais há uma deficiência de rede de distribuição demonstrada pela excessiva perda de carga, cujos valores ultrapassam os 20 m/km. De modo geral, entretanto, não há grande deficiência de rede de distribuição neste setor.

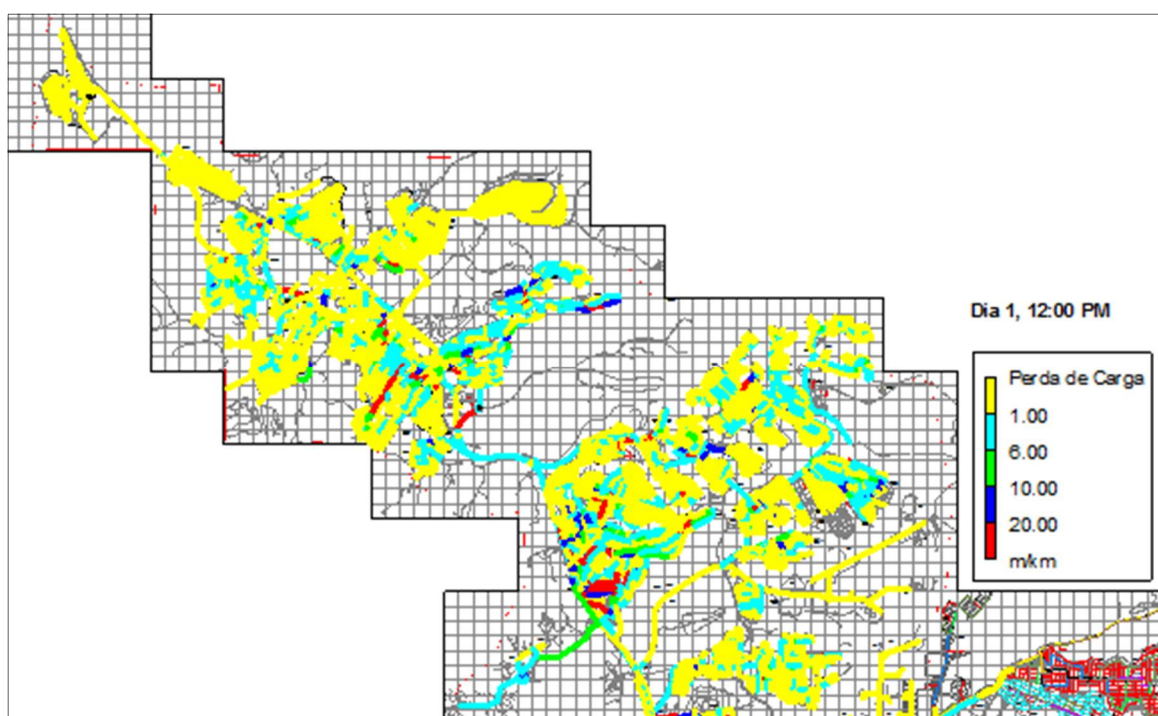


Figura 20 ĩ Variação espacial da perda de carga às 12 h (maiores consumos).

No capítulo a seguir são apresentadas alternativas de melhoria do sistema, tendo como base as premissas do Planejamento Global e os projetos resultantes de estudos anteriores.



## **5 PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS**

### **5.1 Introdução**

A necessidade prioritária de programar a melhoria da qualidade dos serviços de abastecimento de água prestados aos utilizadores é clara, contudo, o conceito de serviço de boa qualidade depende do estado de evolução da entidade gestora e do sistema em questão. Em geral, a qualidade dos serviços do sistema de abastecimento de água pode dividir-se em três vertentes principais, consoante o objetivo principal da entidade gestora: (i) a abrangência do atendimento; (ii) a qualidade técnica dos serviços prestados; e (iii) o estado de desenvolvimento sustentável em termos sociais, económicos e ambientais.

### **5.2 Considerações Gerais**

O presente estudo contempla a revisão do cenário proposto para parte do Sistema Planalto, mais precisamente para as regiões abastecidas pelo recalque da EEAT Planalto / Civit, que contemplou os setores Serra Sede, Nova Carapina e Civit no estudo original do referido sistema.

Assim como no estudo original o principal objetivo deste estudo prende-se a estabilização do abastecimento de água da população, através da permanência das pressões na faixa normalizada (entre 10 e 50 mca), que se traduz na diminuição direta do volume de água perdido em fugas e vazamentos, ao mesmo tempo em que garante um abastecimento contínuo para toda a população.

Adicionalmente, foram reavaliados os limites dos setores definidos no estudo original e sua subdivisão em distritos de medição e controle (DMC). No estudo original do Sistema Planalto as áreas abastecidas pelo recalque da EEAT Planalto / Civit, que estava dividida em três setores, passou a integrar quatro setores, nomeadamente os setores Serra Sede, Nova Carapina, Civit e Campinho. A área dos setores Nova Carapina e Civit, sofreram pequenas alterações com relação aos limites, enquanto a área do setor Serra Sede foi dividida em Serra Sede e Campinho.

Atualmente, o abastecimento de toda a área estudada encontra-se a partir da Elevatória Planalto / Civit, através de uma unidade de bombeamento que recalca para a linha DN700.

Entre as alterações impostas ao estudo original, salienta-se: (i) a manutenção do funcionamento o Reservatório Campinho da Serra, que estava sendo desativado, e a (ii) eliminação do Reservatório Civit que estava sendo reativado no estudo original. A manutenção do Reservatório Campinho da Serra levou a criação de um novo setor de

abastecimento, nomeadamente o Setor Campinho, que foi configurado por parte do Setor Serra Sede.

Salienta-se que todas estas alterações foram acordadas com a equipe técnica da CESAN.

A proposta de adequação do sistema teve por base a demanda do ano 2030 (baseada na demanda atual e nas taxas de crescimento apresentadas no estudo populacional do Plano Diretor de Esgoto da Grande Vitória), acrescida ainda das demandas pontuais dos novos empreendimento imobiliários propostos para a região. Verificou-se também o carregamento para o ano 2020 sem algumas unidades do sistema e ampliações de rede, com o objetivo de nortear a equipe técnica da CESAN na etapalização da implantação das unidades do sistema.

## **5.3 Cenário Proposto**

### **5.3.1 Descrição Geral**

O Sistema Planalto, objeto do estudo apresentado no relatório C-035-000-80-5-RT-0005, de 2010, foi dividido em cinco setores de abastecimento, nomeadamente: o Setor Serra Sede, o Setor Nova Carapina, o Setor Civit, o Setor Laranjeiras e o Setor Carapina. Os setores Serra Sede, Nova Carapina e Civit são abastecidos pela unidade de bombeamento Civit da Elevatória Planalto que recalcará através da adutora DN700/DN900/DN800 até a região do *Booster* Civit, e os setores Laranjeiras e Carapina serão abastecidos a partir do Reservatório Planalto Elevado, configurando assim duas zonas distintas de abastecimento.

O presente estudo contempla a avaliação da Zona de Abastecimento da Unidade de Bombeamento Civit da Elevatória Planalto, aqui subdividida em Setor Serra Sede, Setor Nova Carapina, Setor Civit e Setor Campinho.

A Elevatória Planalto / Civit, recalcará basicamente até o ponto onde se localiza hoje o *booster* Civit, a partir do qual: (i) o *booster* Civit / Serra, recalcará para os reservatórios Serra Sede (entrada do Setor Serra) e Campinho da Serra (entrada do Setor Campinho); (ii) o *booster* Civit / Nova Carapina recalcará diretamente para o Setor Nova Carapina, e (iii) uma válvula redutora de pressão controlará o abastecimento para o Setor Civit.

A Figura 21 apresenta a zona de abastecimento da unidade de bombeamento da Elevatória Planalto com a divisão dos setores e as principais unidades previstas para o sistema.



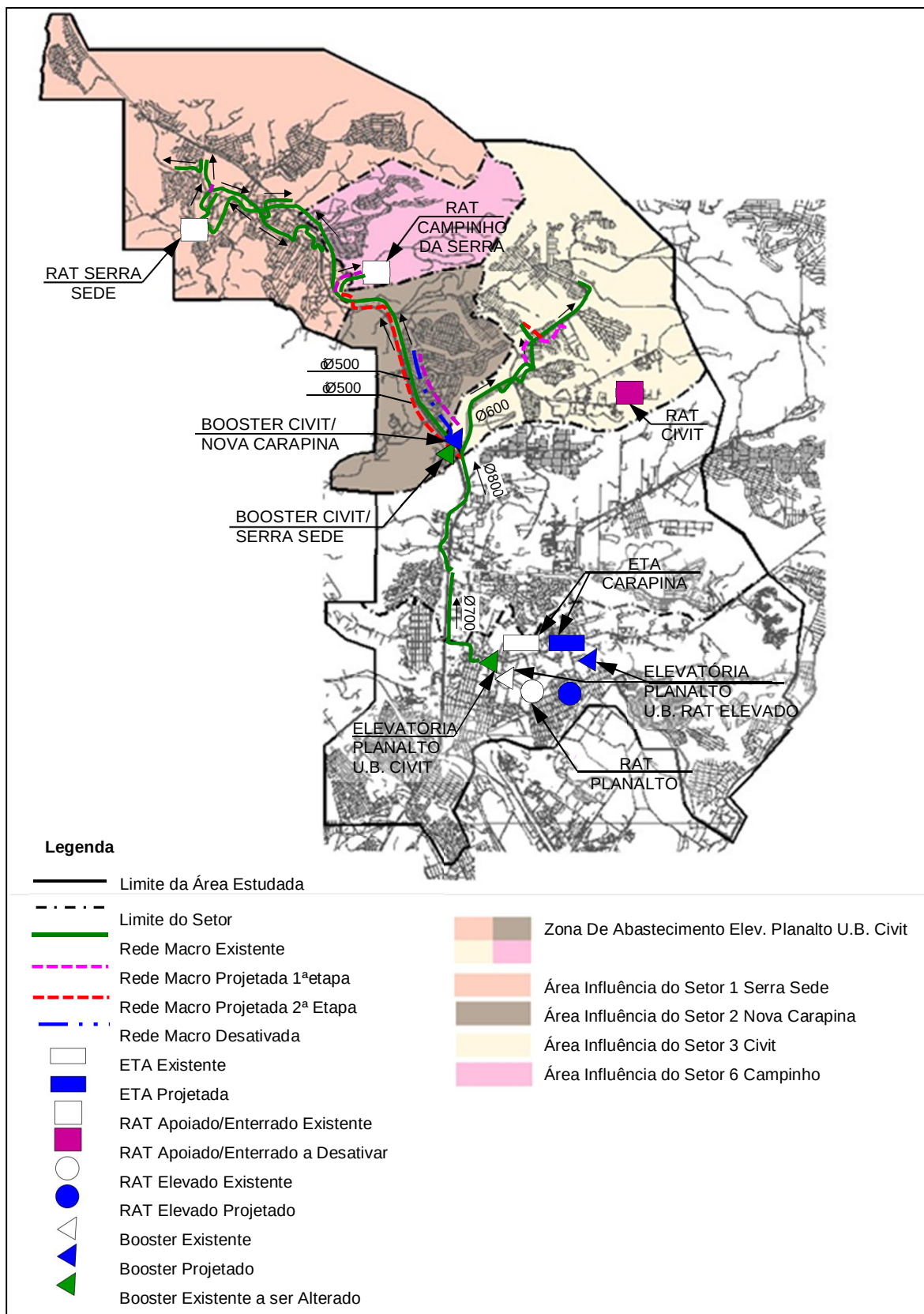


Figura 21 ĩ Distribuição dos setores da zona abastecida pela Unidade de Bombeamento Civit da Elevatória Planalto.

O cenário proposto prevê o atendimento para o ano 2030, no entanto, verificou-se o seu funcionamento também para o ano 2020, para o qual foi possível suprimir alguns investimentos em redes, adutoras e conjuntos motobomba.

No cenário proposto são necessários 36.4 km de rede projetada para adequar o abastecimento dos setores Serra Sede, Nova Carapina, Civit e Campinho. Essas redes projetadas variam de 50 a 500 mm, conforme pode ser observado na Tabela 12.

Tabela 12 – Comprimento de rede por diâmetro

| Diâmetro (mm) | Comprimento (m)         |                       |                                |                     |                     |                        | Total Analisado |
|---------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|-----------------|
|               | Existente a ser mantida | Rede a ser desativada | Rede Projetada em substituição | Rede Projetada 2020 | Rede Projetada 2030 | Adutora Projetada 2030 |                 |
| 40            | 0                       | 36                    | 0                              | 0                   | 0                   | 0                      | 36              |
| 50            | 221 649                 | 276                   | 10 358                         | 2 394               | 0                   | 0                      | 234 677         |
| 75            | 28 390                  | 68                    | 52                             | 5 070               | 0                   | 0                      | 33 580          |
| 100           | 25 401                  | 82                    | 0                              | 6 763               | 0                   | 0                      | 32 247          |
| 125           | 424                     | 0                     | 0                              | 0                   | 0                   | 0                      | 424             |
| 140           | 107                     | 0                     | 0                              | 0                   | 0                   | 0                      | 107             |
| 150           | 19 449                  | 20                    | 43                             | 6 390               | 0                   | 0                      | 25 902          |
| 200           | 13 140                  | 0                     | 0                              | 5 061               | 970                 | 0                      | 19 171          |
| 250           | 3 464                   | 1 834                 | 0                              | 1 705               | 0                   | 0                      | 7 003           |
| 300           | 1 560                   | 288                   | 0                              | 6 737               | 0                   | 0                      | 8 585           |
| 400           | 7 780                   | 103                   | 0                              | 2 265               | 0                   | 0                      | 10 148          |
| 500           | 453                     | 0                     | 0                              | 11                  | 0                   | 4 496                  | 4 960           |
| 600           | 198                     | 0                     | 0                              | 0                   | 0                   | 0                      | 198             |
| 700           | 263                     | 0                     | 0                              | 0                   | 0                   | 0                      | 263             |
| Total         | 322 278                 | 2 708                 | 10 453                         | 36 396              | 970                 | 4 496                  | 377 301         |

Segue a descrição das unidades localizadas na área do estudo em questão, para os dois cenários apresentados, ou seja, para as demandas dos anos 2020 e 2030.

#### 5.3.1.1.1 Elevatória Planalto – Unidade de bombeamento Civit

A Unidade de Bombeamento Civit da Elevatória Planalto conta hoje com 3 conjuntos motobomba, sendo dois de 300 cv e um de 200 cv, conforme apresentados no Capítulo 2.

Para o Cenário 2020 considera-se a utilização dos dois conjuntos de 300 cv, devendo ser substituído o conjunto existente de 200 cv por um igual aos demais. A Tabela 13 mostra as principais características dos conjuntos motobomba utilizados na simulação para o Cenário 2020.

Tabela 13 | Características dos conjuntos motobomba da Unidade de Bombeamento Civit da Elevatória Planalto, utilizados na simulação do Cenário 2020.

| Características                |             |
|--------------------------------|-------------|
| Marca                          | Worthington |
| Modelo                         | 12 QL-147   |
| Diâmetro do rotor (pol)        | 14          |
| Vazão bomba (l/s)              | 339         |
| Altura manométrica (m)         | 56          |
| Potência do motor (cv)         | 313         |
| Rotação (rpm)                  | 1 750       |
| Eficiência mínima do motor (%) | 94          |
| Eficiência mínima da bomba (%) | 86          |
| Número de conjuntos            | 2+1         |

Na Figura 22 é possível observar o funcionamento das mesmas num período de 48 horas na simulação para o Cenário 2020.

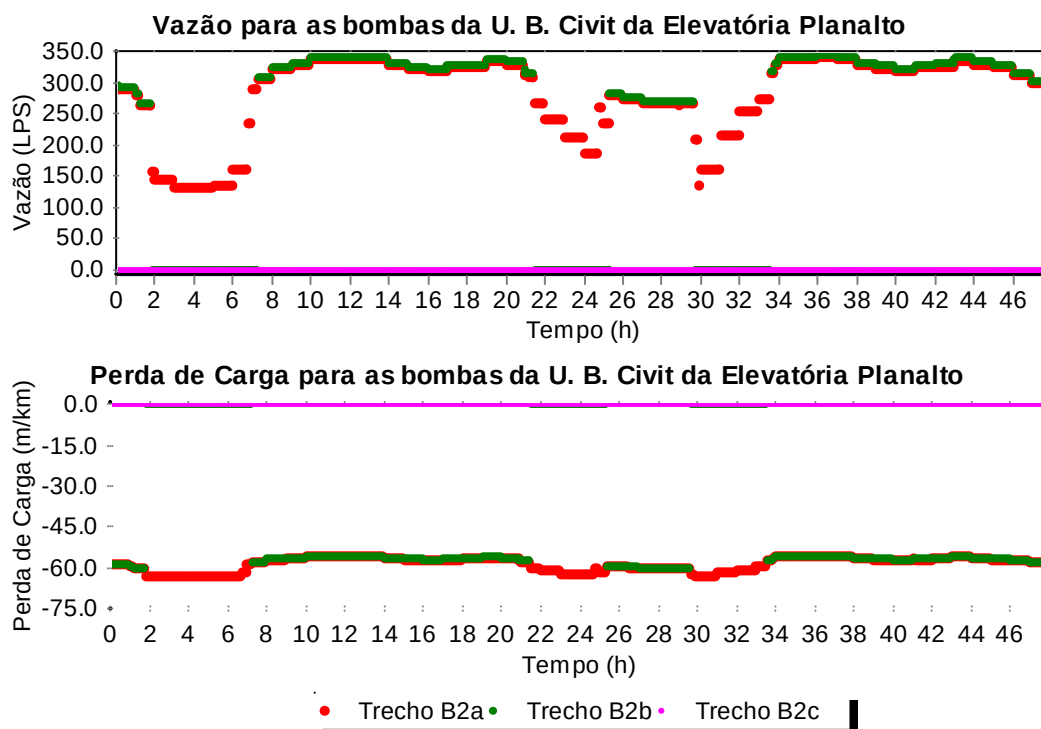


Figura 22 | Variação diária de vazão e perda de carga nas bombas da unidade de bombeamento Civit da Elevatória Planalto (Ano 2020).

Considerando o Cenário 2030, fez-se necessária a ampliação da vazão desses conjuntos. Com a intenção de não realizar grandes mudanças no sistema de bombeamento existente, considerou-se apenas a substituição dos rotores de 14" para 15.25" no entanto isso implicará também na substituição dos atuais motores.

A Tabela 14 mostra as principais características dos conjuntos motobomba utilizados na simulação para o Cenário 2030.

Tabela 14 i Características dos conjuntos motobomba da Unidade de Bombeamento Civit da Elevatória Planalto, utilizados na simulação do Cenário 2030.

| Características                |             |
|--------------------------------|-------------|
| Marca                          | Worthington |
| Modelo                         | 12 QL-147   |
| Diâmetro do rotor (pol)        | 15.25       |
| Vazão bomba (l/s)              | 397.82      |
| Altura manométrica (m)         | 80.39       |
| Potência do motor (cv)         | 550         |
| Rotação (rpm)                  | 1 775       |
| Eficiência mínima do motor (%) | 94          |
| Eficiência mínima da bomba (%) | 86          |
| Número de conjuntos            | 2+1         |

Na Figura 23 pode-se observar o funcionamento das bombas com alteração do diâmetro do rotor, num período de 48 horas, utilizados na simulação para o Cenário 2030.

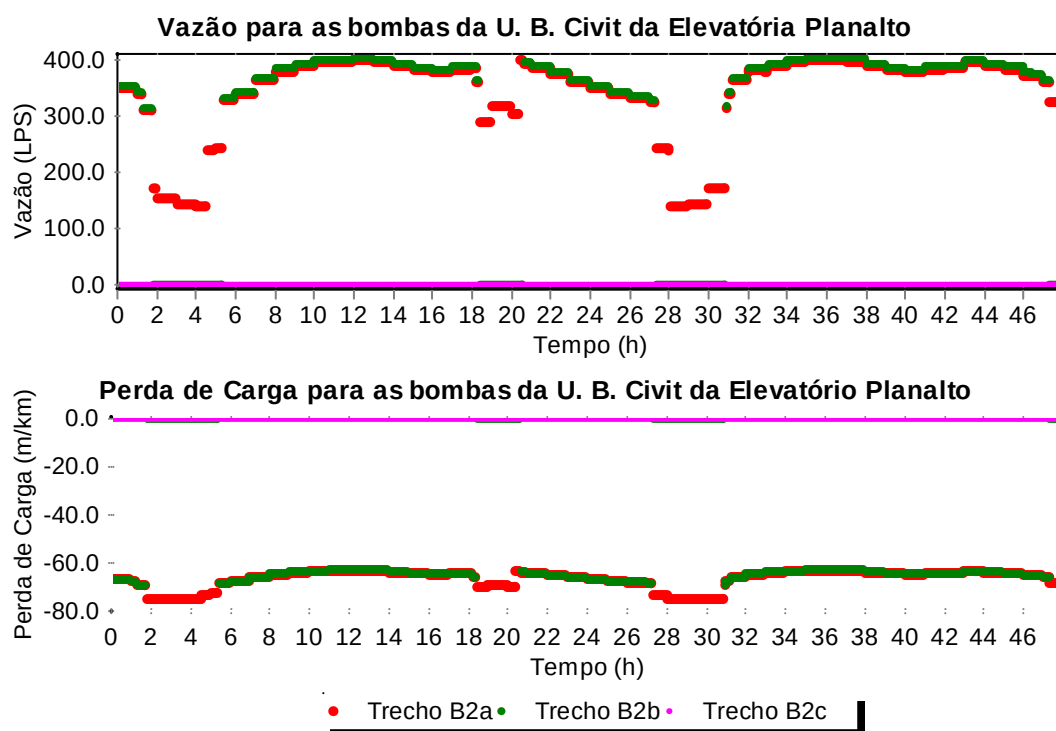


Figura 23 i Variação diária de vazão e perda de carga nas bombas da unidade de bombeamento Civit da Elevatória Planalto (Ano 2030).

## **5.3.2 Descrição dos Setores**

### **5.3.2.1 Setor Serra Sede**

#### **5.3.2.1.1 Descrição do Sistema**

No cenário estudado para este setor foram considerados em operação o Reservatório Serra Sede e vários trechos de adutoras, os quais se encontram em fase de implantação pela CESAN.

Além destas, foram necessárias diversas intervenções no sistema visando solucionar os problemas de abastecimento da região e promover a adequação do sistema atual ao do ano de alcance do projeto (2030). Entre as intervenções destacam-se a implantação de redes de distribuição, a criação ou adequação de setores controlados por válvulas redutoras de pressão, a alteração ou desativação de *boosters*, a desativação de reservatórios, além da interligação e do seccionamento de redes em vários pontos do sistema.

O Setor Serra Sede foi dividido em cinco distritos de medição e controle (DMC) como mostra a Figura 24 a seguir. A Figura 24 apresenta também as principais unidades (existentes, desativadas, projetadas ou alteradas) do sistema e o posicionamento dos macro medidores que permitem a medição de vazão na entrada dos distritos.



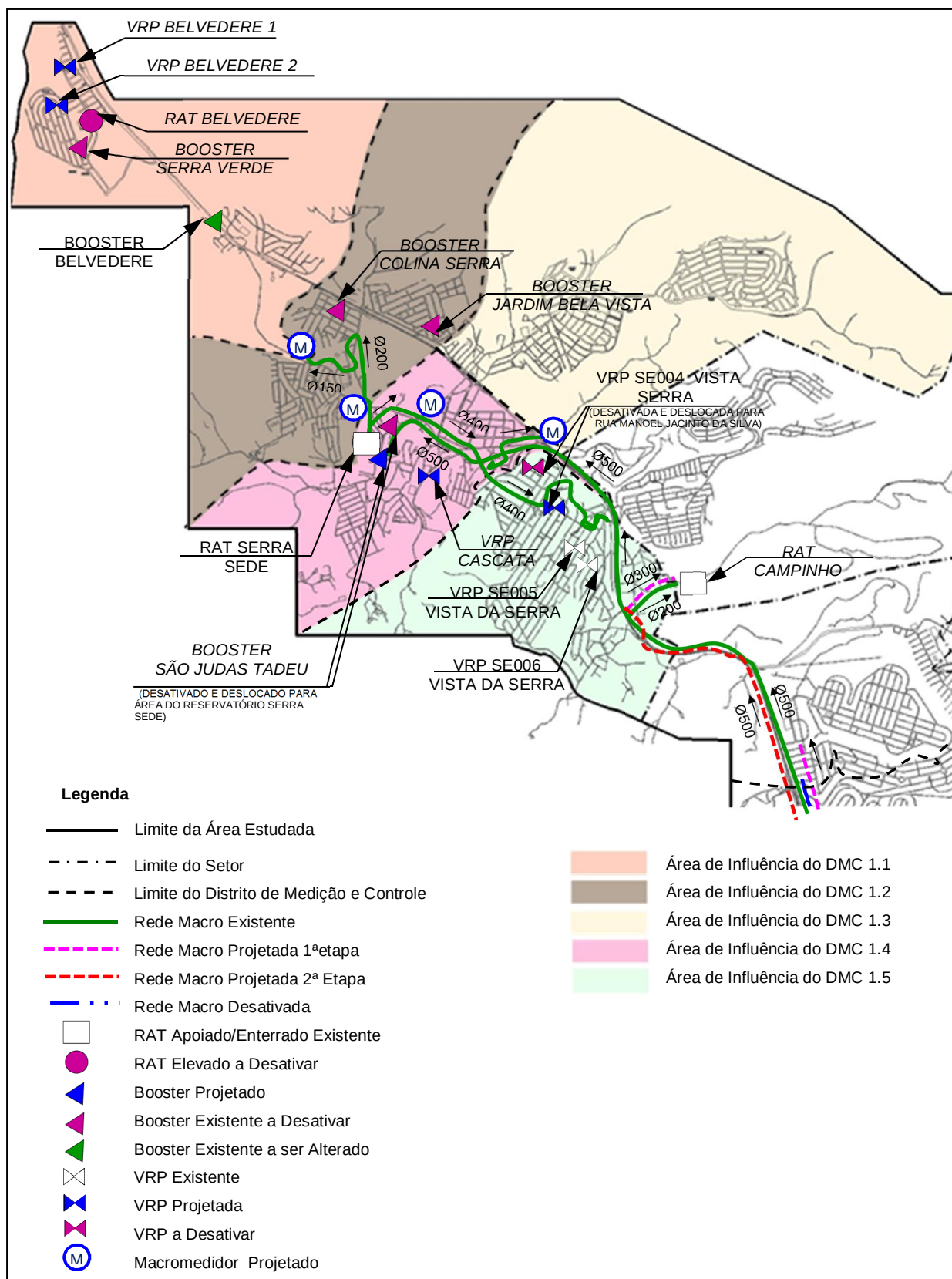


Figura 24 i Distritos de Medição e Controle e principais unidades do Setor Serra Sede.

### 5.3.2.1.2 Reservatórios

Atualmente, a área do Setor Serra Sede conta com dois reservatórios em operação, o Belvedere e o Serra Sede. O estudo atual propõe a desativação do RAT Belvedere.

A seguir é apresentada uma descrição mais detalhada do reservatório que funcionará no cenário estudado.

#### 5.3.2.1.2.1 Reservatório Serra Sede

Conforme indicado anteriormente, esse reservatório foi construído recentemente e destina-se ao abastecimento de todo o Setor Serra Sede.

A Figura 25 apresenta o funcionamento do Reservatório Serra Sede para os dois cenários avaliados

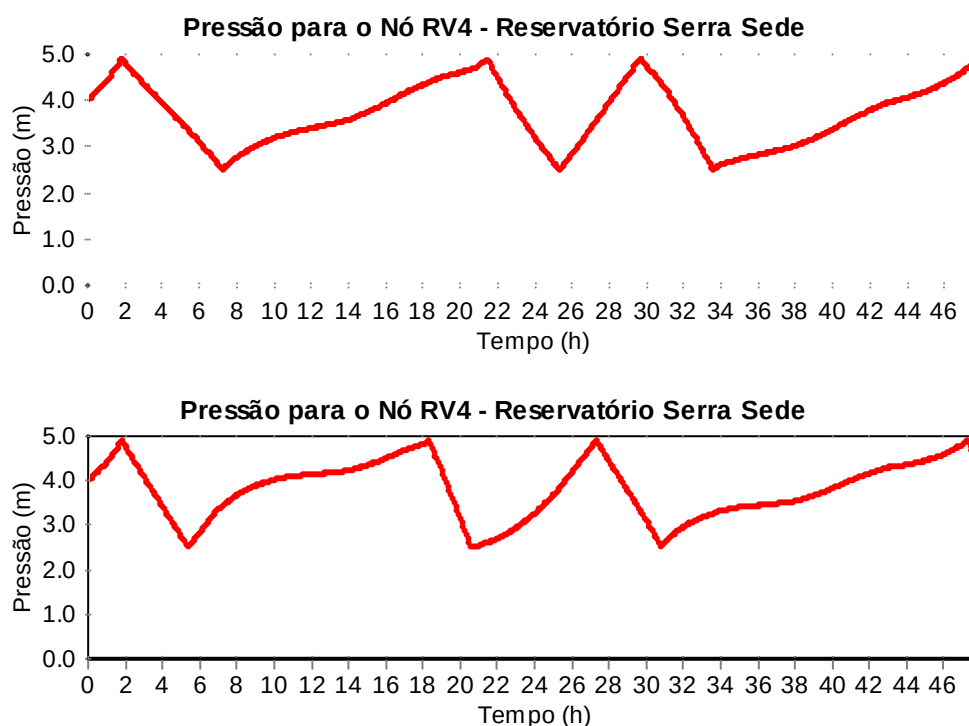


Figura 25 – Variação diária de pressão nos Reservatórios Serra Sede: para o cenário 2020 e 2030, respectivamente.

#### 5.3.2.1.3 Boosters

Atualmente, a área do Setor Serra Sede conta com cinco *boosters* em operação: Serra Verde, Belvedere, Colina da Serra, Jardim Bela Vista e São Judas Tadeu Destes, os *boosters* Serra Verde, Colina da Serra, Jardim Bela Vista, serão desativados, o *booster* Belvedere passará por troca de bombas e o *booster* São Judas Tadeu será relocado para a área do Reservatório Serra Sede.

A Figura 26 apresenta a localização dos *boosters* citados e a área de influência dos que permanecerão em funcionamento segundo a concepção dos cenários estudados.

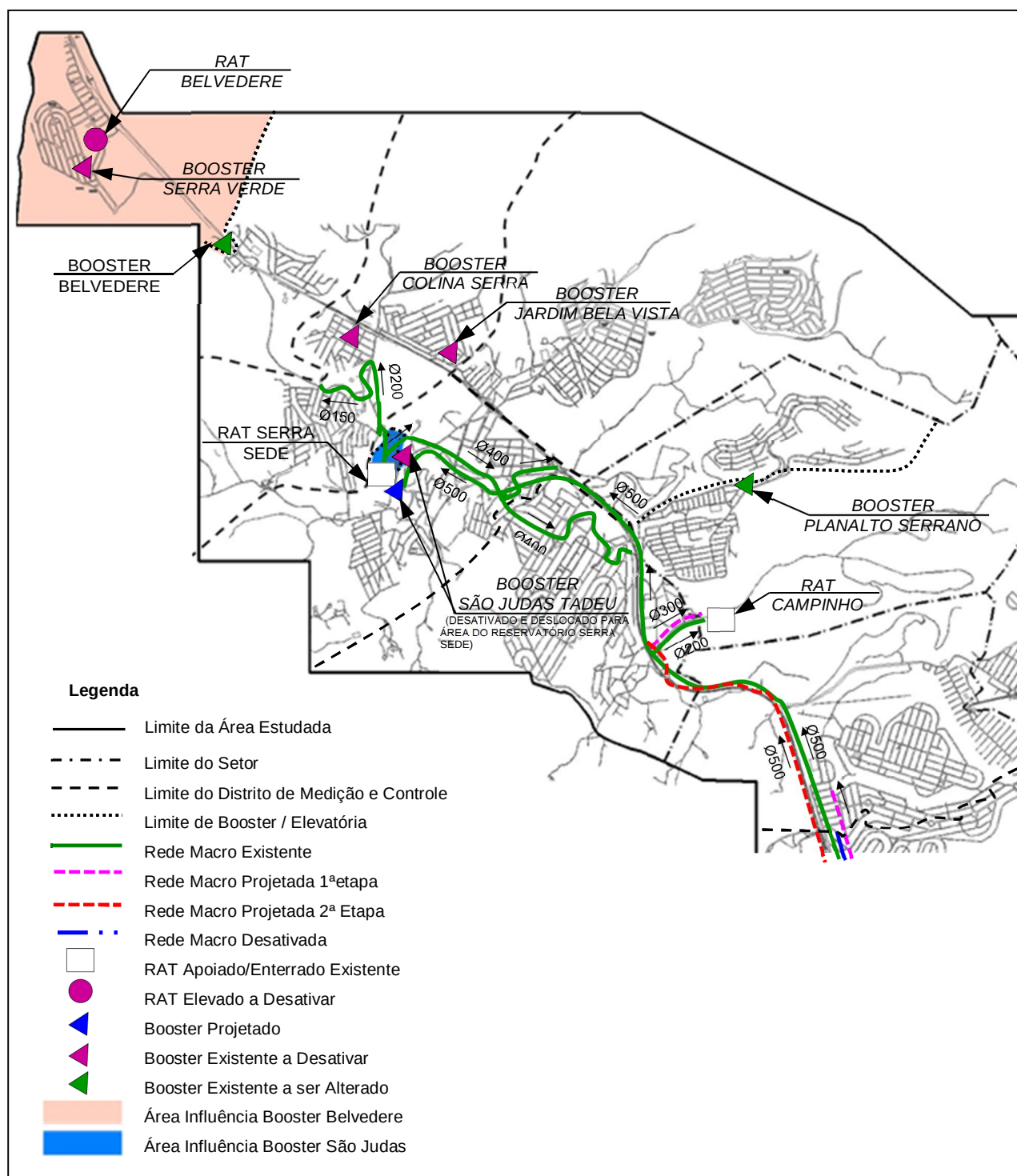


Figura 26 i Localização e área de influência dos *boosters* do Setor Serra Sede.

A seguir é apresentada uma descrição mais detalhada dos *boosters* que estão em funcionamento nos cenários estudados.

### 5.3.2.1.3.1 *Booster Civit*

No cenário proposto o *Booster Civit* recalcará para o reservatório Serra Sede e para o Reservatório Campinho da Serra. Este *booster* permanecerá no mesmo local que está atualmente, sendo necessária apenas a troca dos conjuntos motobomba. A Tabela 15 mostra as principais características dos conjuntos motobomba utilizados na simulação, em substituição ao atual conjunto.

Tabela 15 – Características dos conjuntos motobomba do *Booster Civit* utilizados na simulação.

| Características                |                    |
|--------------------------------|--------------------|
| Marca                          | KSB                |
| Modelo                         | Bipartida 250-600A |
| Diâmetro do rotor (mm)         | 554                |
| Vazão bomba (l/s)              | 257                |
| Altura manométrica (m)         | 109                |
| Potência do motor (cv)         | 500                |
| Rotação (rpm)                  | 1 750              |
| Eficiência mínima do motor (%) | 94                 |
| Eficiência mínima da bomba (%) | 83                 |
| Número de conjuntos            | 2+1                |

A Figura 27 e a Figura 28 mostram o funcionamento do *booster Civit* para os Cenários 2020 e 2030, respectivamente, num período de 48 horas.

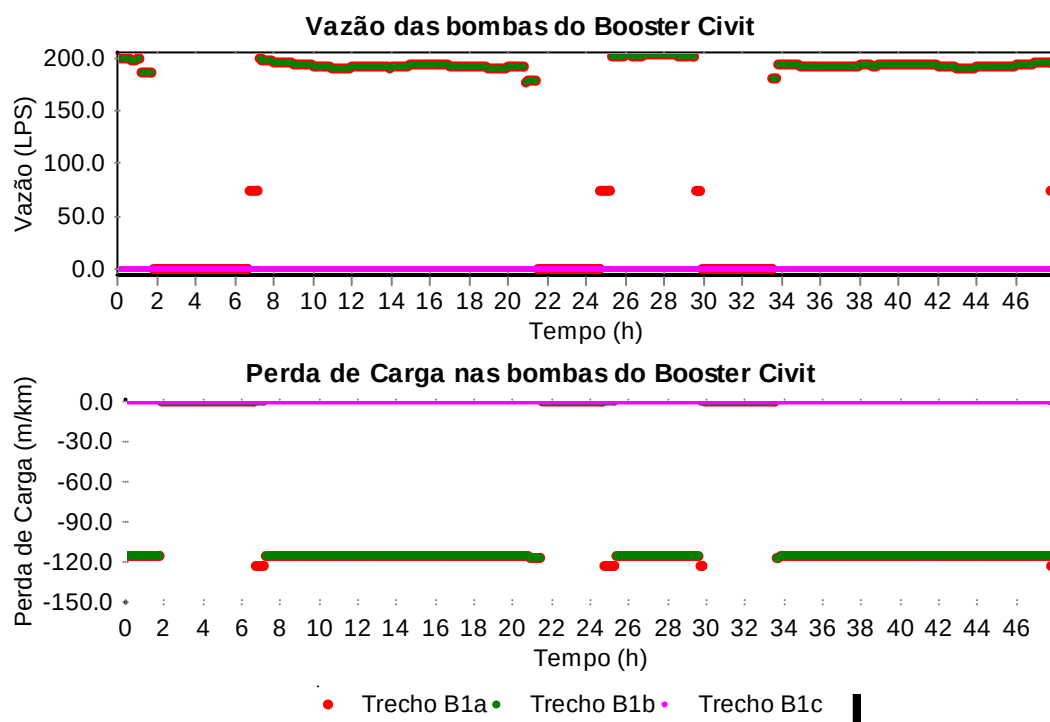


Figura 27 ĩ Variação diária de vazão e perda de carga nas bombas do *Booster Civit* no cenário 2020.

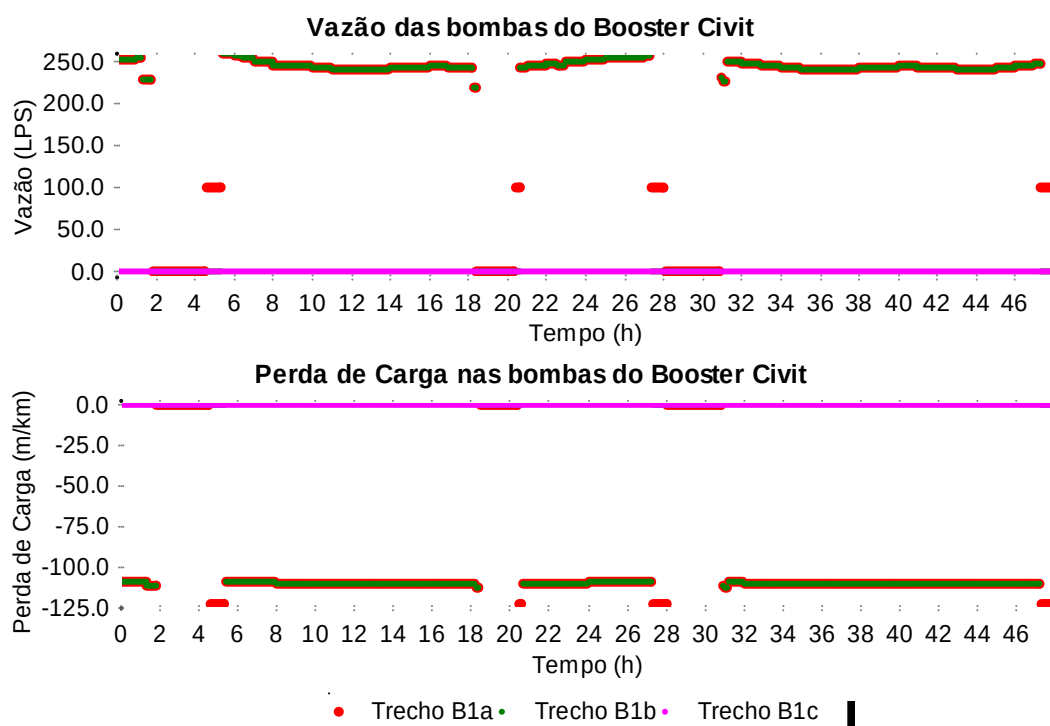


Figura 28 ĩ Variação diária de vazão e perda de carga nas bombas do *Booster Civit* no cenário 2030.

### 5.3.2.1.3.2 Booster São Judas Tadeu

O *Booster* São Judas Tadeu será relocado para a área do reservatório Serra Sede, ficando destinado ao abastecimento de uma pequena calota localizada nas proximidades do mesmo. Seus conjuntos motobomba não foram substituídos. A Tabela 16 mostra as principais características dos conjuntos motobomba utilizados na simulação.

Tabela 16 – Características dos conjuntos motobomba do *Booster* São Judas Tadeu utilizados na simulação.

| Características                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| Marca                          | KSB             |
| Modelo                         | Meganorm 32-125 |
| Diâmetro do rotor (mm)         | 127             |
| Vazão bomba (l/s)              | 2.9             |
| Altura manométrica (m)         | 12.5            |
| Potência do motor (cv)         | 1               |
| Rotação (rpm)                  | 3 500           |
| Eficiência mínima do motor (%) | 91              |
| Eficiência mínima da bomba (%) | 55              |
| Número de conjuntos            | 1+1             |

A Figura 29 mostra o funcionamento dos mesmos num período de 48 horas.

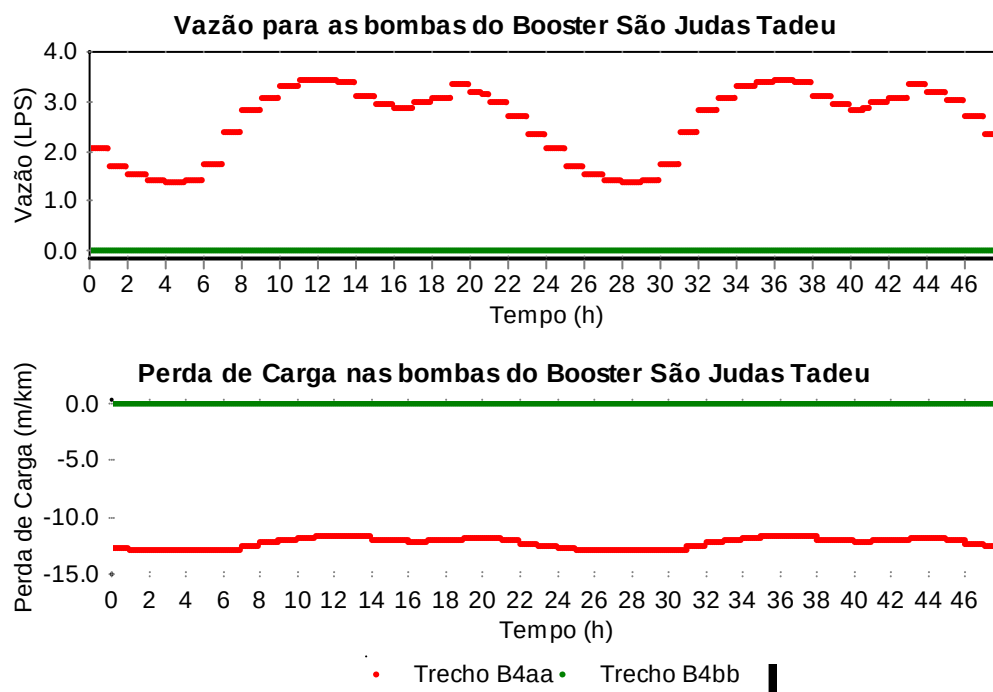


Figura 29 – Variação diária de vazão e perda de carga nas bombas do *Booster* São Judas Tadeu (Ano 2030).



### 5.3.2.1.3.3 *Booster Belvedere*

O *Booster Belvedere* permanecerá no mesmo local que está atualmente, sendo necessária apenas a troca dos conjuntos motobomba. A Tabela 17 mostra as principais características dos conjuntos motobomba utilizados na simulação, em substituição ao atual conjunto.

Tabela 17 – Características dos conjuntos motobomba do *Booster Belvedere* utilizados na simulação.

| Características                |         |
|--------------------------------|---------|
| Marca                          | DANCOR  |
| Modelo                         | CAM W19 |
| Diâmetro do rotor (mm)         | 120     |
| Vazão bomba (l/s)              | 4.67    |
| Altura manométrica (m)         | 29.18   |
| Potência do motor (cv)         | 4       |
| Rotação (rpm)                  | 3 500   |
| Eficiência mínima do motor (%) | 91      |
| Eficiência mínima da bomba (%) | 55      |
| Número de conjuntos            | 1+1     |

A área de influência do *Booster Belvedere* não sofrerá alteração, no entanto alteram-se as suas condições de trabalho uma vez que a área não mais contará com o Reservatório Belvedere e com o *Booster Serra Verde* que foram desativados.

A Figura 30 mostra o funcionamento dos mesmos num período de 48 horas.

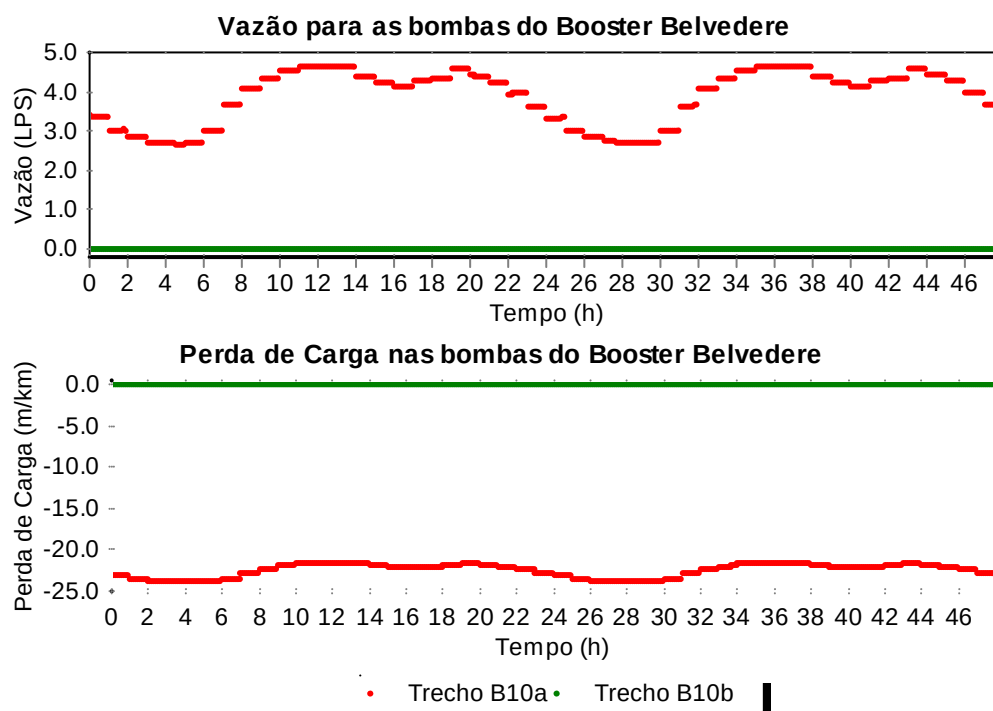


Figura 30 – Variação diária de vazão e perda de carga nas bombas do *Booster Belvedere* (Ano 2030).

#### 5.3.2.1.4 Válvulas Redutoras de Pressão (VRP)

A área do Setor Serra Sede conta atualmente com três áreas controladas por válvulas redutoras de pressão: SE004 - Vista da Serra, SE005 - Vista da Serra e SE006 - Vista da Serra. Nos cenários estudados a VRP SE004 - Vista da Serra foi deslocada para se adequar a setorização do distrito a que pertence; a área da VRP SE005 - Vista da Serra não sofreu alterações; a área da VRP SE006 - Vista da Serra foi ampliada; e ainda foi criada uma nova área de VRP no Bairro Cascata e duas novas áreas no Bairro Belvedere, a VRP Belvedere 1 e VRP Belvedere 2.

A Figura 31 mostra o posicionamento das cinco VRPs e suas áreas de influência.

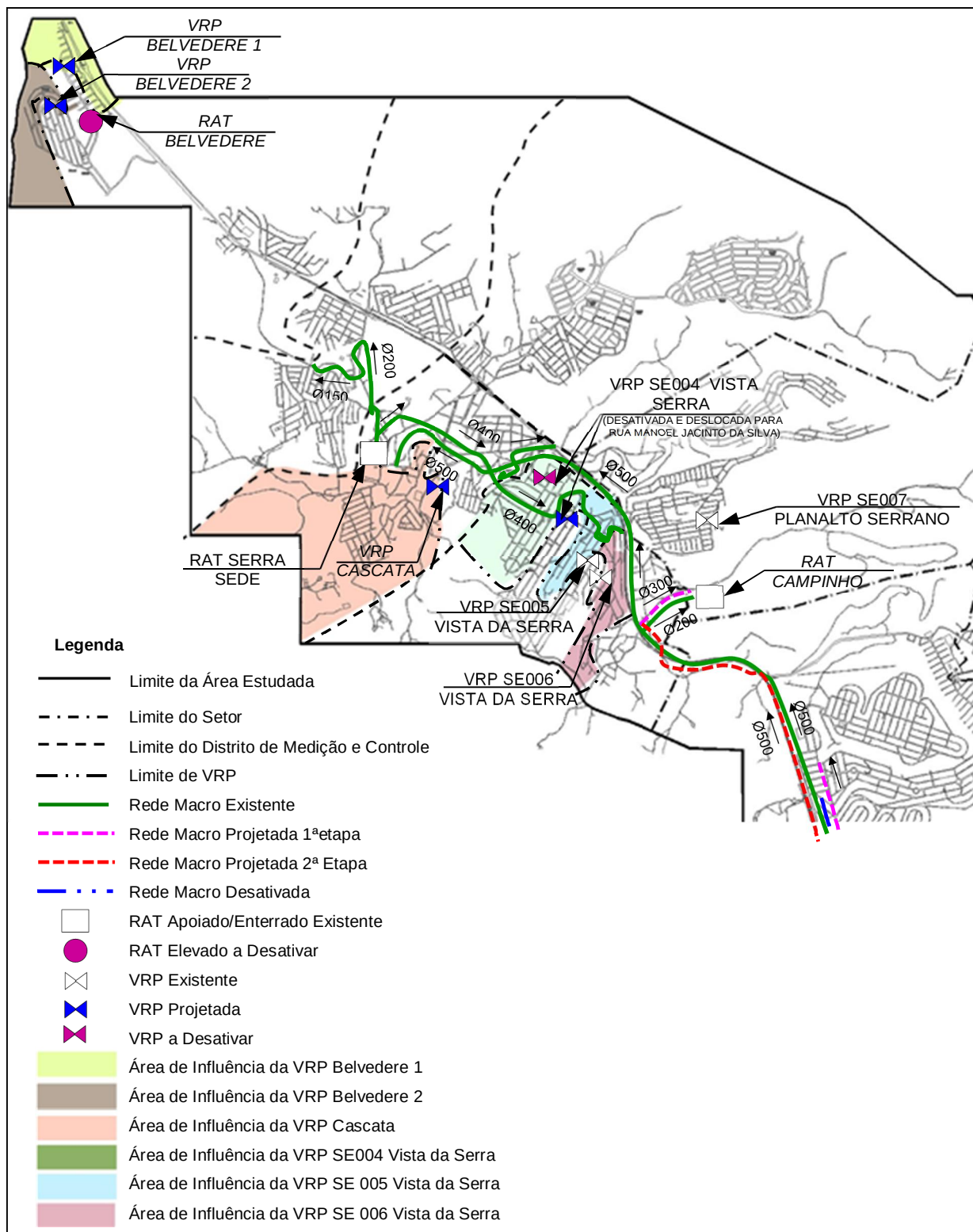


Figura 31 – Posicionamento das válvulas redutoras de pressão e suas áreas de influência no Setor Serra Sede.

A Tabela 18 mostra as principais características das VRPs que estarão em funcionamento no cenário 2030.

Tabela 18 - Principais características das válvulas redutoras de pressão do Setor Serra Sede.

| Características         | SE004 | SE005 | SE006 | Cascata | Belvedere 1 | Belvedere 2 |
|-------------------------|-------|-------|-------|---------|-------------|-------------|
| Referência na modelação | V368  | V105  | V94   | V367    | V486        | V485        |
| Diâmetro (mm)           | 100   | 75    | 150   | 150     | 50          | 50          |
| Cota instalação (m)     | 19    | 26.7  | 6.6   | 42      | 57          | 58          |
| Pressão saída (mca)     | 28    | 32    | 35    | 24      | 21          | 10          |
| Vazão máxima (l/s)      | 16.75 | 8.89  | 6.93  | 40.41   | 0.66        | 0.53        |
| Vazão mínima (l/s)      | 7.33  | 4.03  | 2.89  | 22.72   | 0.32        | 0.24        |
| Velocidade máxima (m/s) | 2.13  | 2.01  | 0.39  | 2.28    | 1.32        | 1.07        |
| Velocidade mínima (m/s) | 0.93  | 0.91  | 0.16  | 1.28    | 0.64        | 0.48        |

A Figura 32 apresenta os gráficos de pressão a montante e a jusante das mesmas.

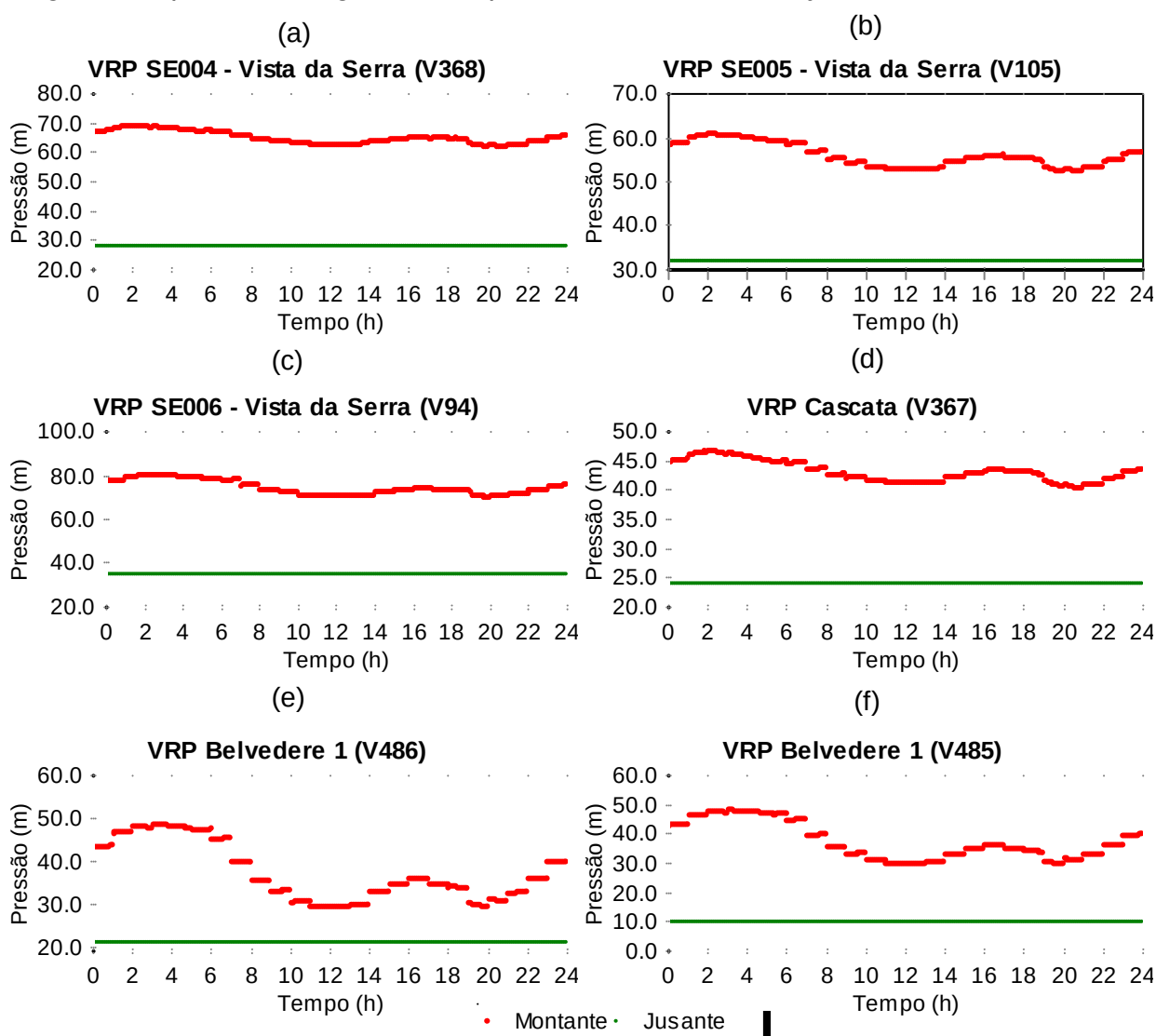


Figura 32 - Variação diária de pressão a montante e a jusante da (a) VRP SE004, (b) VRP SE005, (c) VRP SE006, (d) VRP Cascata, (e) VRP Belvedere 1 e (f) Belvedere 2.

Ressalta-se que os valores sugeridos para as pressões de saída das VRPs (Tabela 18) foram verificados para atender de forma equilibrada, tanto aos limites superiores,

quanto aos limites inferiores das pressões no final de plano. Assim sendo, estes valores devem ser reavaliados em campo e esta análise deve ser feita com muita parcimônia para evitar o aparecimento de pontos com pressões muito elevadas nos limites inferiores ou pressões insuficientes nos limites superiores destes setores.

#### 5.3.2.1.5 Rede de Distribuição

Para adequar a atual malha de distribuição ao cenário proposto e garantir o abastecimento contínuo de todas as economias do Setor Serra Sede são necessários aproximadamente 17.5 km de rede, incluindo as redes, inúmeras interligações e capeamentos no sistema. Este incremento de rede tem o objetivo de reforçar a atual malha de distribuição e promover a setorização da área de estudo. As redes projetadas variam de 50 a 400 mm, conforme pode ser observado na Tabela 19.

Tabela 19 – Comprimento de rede por diâmetro – Setor Serra Sede.

| Diâmetro (mm) | Comprimento (m)         |                       |                                |                     | Total Analisado |
|---------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------|
|               | Existente a ser mantida | Rede a ser desativada | Rede Projetada em substituição | Rede Projetada 2020 |                 |
| 50            | 103 542                 | 230                   | 3 314                          | 988                 | 108 074         |
| 75            | 12 081                  | 54                    | 0                              | 2 200               | 14 334          |
| 100           | 15 110                  | 75                    | 0                              | 1 602               | 16 788          |
| 125           | 424                     | 0                     | 0                              | 0                   | 424             |
| 140           | 107                     | 0                     | 0                              | 0                   | 107             |
| 150           | 9 398                   | 14                    | 43                             | 3 402               | 12 858          |
| 200           | 5 624                   | 0                     | 0                              | 2 620               | 8 244           |
| 250           | 1 213                   | 0                     | 0                              | 993                 | 2 205           |
| 300           | 963                     | 0                     | 0                              | 4 729               | 5 692           |
| 400           | 3 022                   | 0                     | 0                              | 53                  | 3 074           |
| 500           | 453                     | 0                     | 0                              | 0                   | 453             |
| 700           | 263                     | 0                     | 0                              | 0                   | 263             |
| Total         | 152 199                 | 374                   | 3 357                          | 16 586              | 172 515         |

Não houve acréscimo de rede para o cenário 2030, em relação ao proposto para o cenário 2020 e apresentado na Tabela 19.

Para as redes projetadas em ruas, vale a seguinte distribuição de materiais: tubulações com diâmetros de 50 a 100 mm serão em PVC PBA e acima de 150 mm devem ser executadas em ferro fundido, salvo indicação contrária.

A Figura 33 apresenta a variação espacial de pressão para os horários de maiores e de menores pressões no Setor Serra Sede para o cenário 2030.



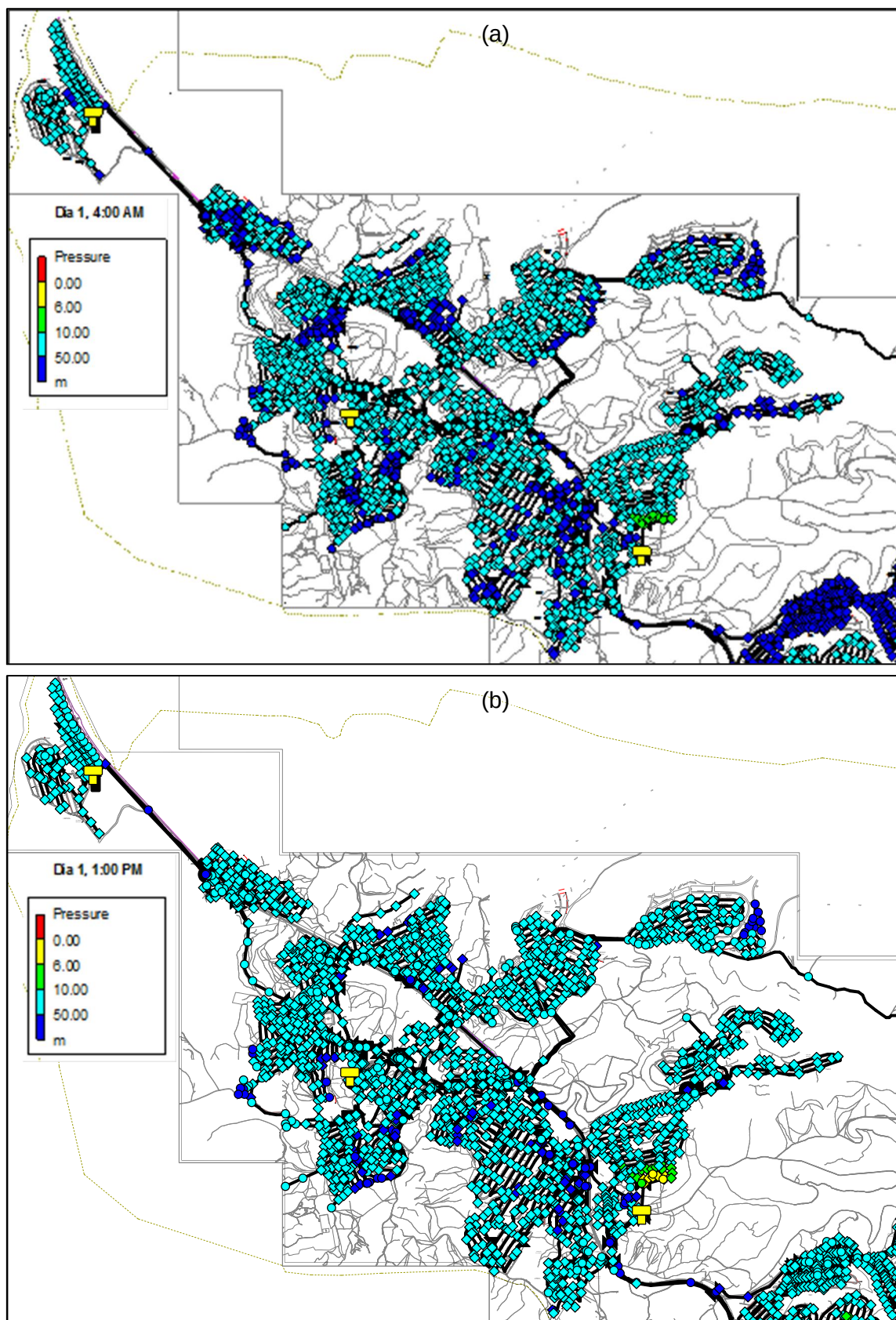


Figura 33 i Variação espacial da pressão no Setor Serra Sede (Ano 2030): (a) às 4 h (maiores pressões) e (b) às 13 h (menores pressões).



A Tabela 20 apresenta as principais características dos distritos de medição e controle sugeridos para o Setor Serra Sede.

Tabela 20 – Características dos Distritos de Medição e Controle do Setor Serra Sede.

| Distritos | Macromedidor            |               | Vazão média de entrada (l/s) | Comprimento total da rede (m) |
|-----------|-------------------------|---------------|------------------------------|-------------------------------|
|           | Referência na modelação | Diâmetro (mm) |                              |                               |
| DMC 1.1   | V353                    | 100           | 10.45                        | 22 394                        |
| DMC 1.2   | V374                    | 200           | 67.89                        | 39 595                        |
| DMC 1.3   | V375                    | 200           | 77.26                        | 38 783                        |
| DMC 1.4   | V369                    | 200           | 78.74                        | 44 294                        |
| DMC 1.5   | V376                    | 250           | 61.8                         | 43 617                        |

### 5.3.2.2 Setor Nova Carapina

#### 5.3.2.2.1 Descrição do Sistema

O Setor Nova Carapina faz parte da zona de abastecimento da unidade de bombeamento da Elevatória Planalto. Este setor não contará com reservatório. O mesmo será abastecido diretamente pelo recalque do *booster* de mesmo nome, que será implantado em área anexa ao atual *Booster Civit*.

No cenário estudado para o Setor Nova Carapina foram necessárias algumas intervenções no sistema visando solucionar os problemas de abastecimento da região e promover a adequação do sistema atual ao do ano de alcance do projeto (2030). Entre as intervenções necessárias destacam-se a criação de um *booster* na entrada do setor, a implantação de redes de distribuição, a adequação dos setores controlados por válvulas redutoras de pressão, além da interligação e do seccionamento de redes em vários pontos do sistema.

O setor foi dividido em apenas dois distritos de medição e controle (DMC) como mostra Figura 34 a seguir. A figura apresenta também as principais unidades (existentes, projetadas ou alteradas) do sistema e o posicionamento dos macro medidores que permitem a medição de vazão na entrada dos distritos.

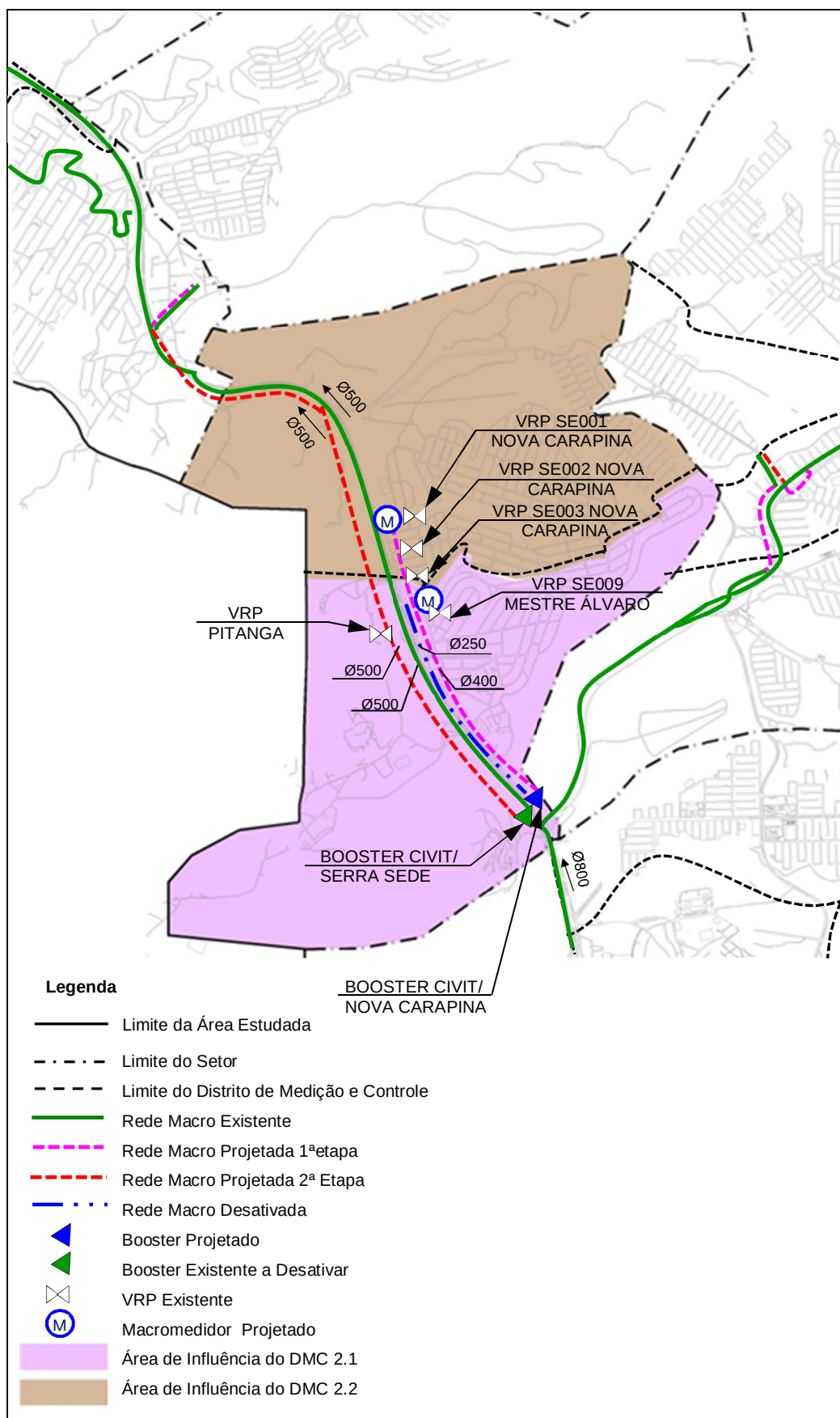


Figura 34 | Distritos de Medição e Controle e principais unidades do Setor Nova Carapina.

### 5.3.2.2 Boosters

O Setor Nova Carapina contará apenas com um *booster* na entrada do sistema. A Figura 35 apresenta a sua localização e área de influência.

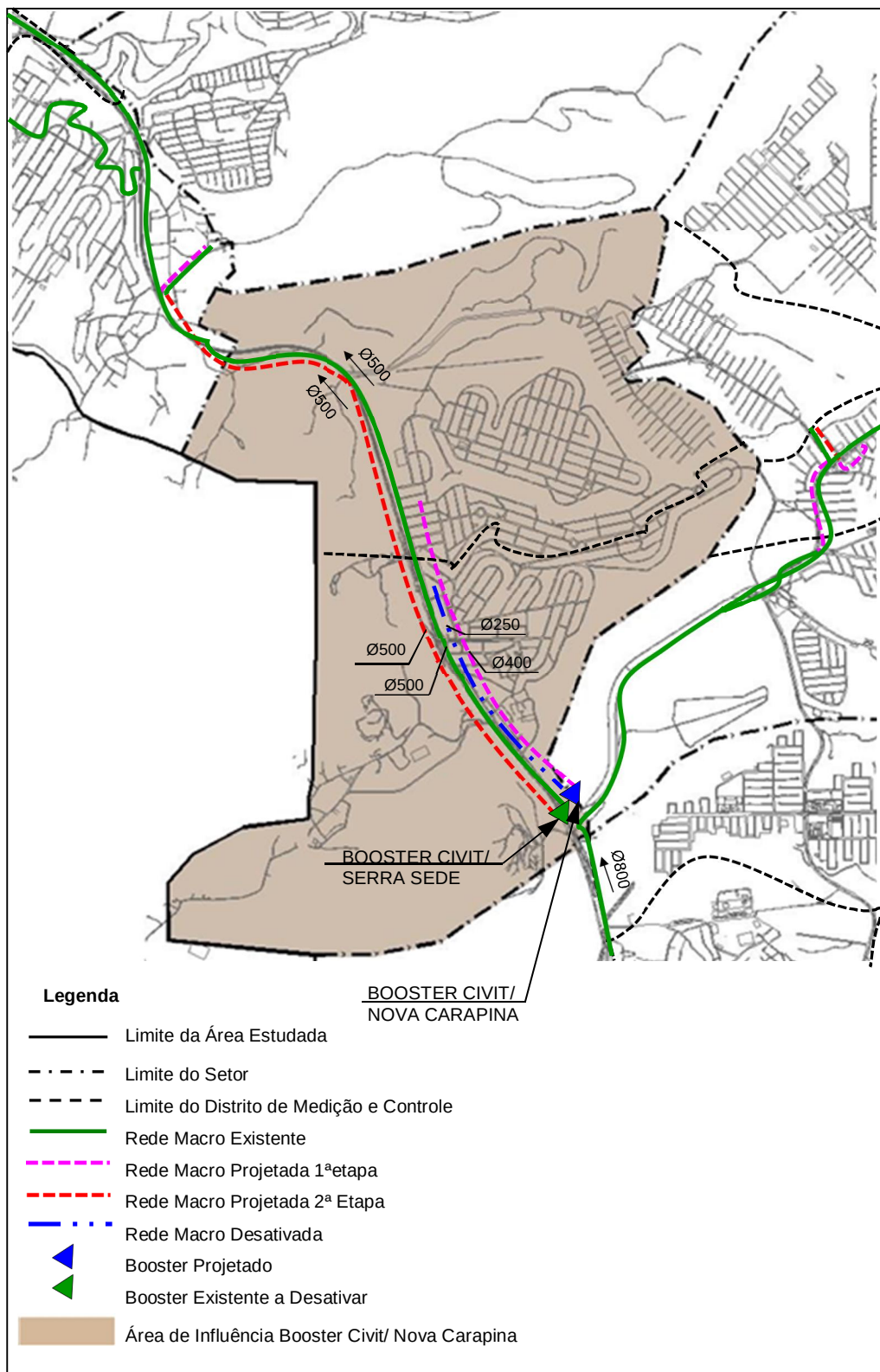


Figura 35 – Localização e área de influência do *booster* do Setor Nova Carapina.

A seguir é apresentada uma descrição mais detalhada deste *booster*.

#### 5.3.2.2.1 *Booster Nova Carapina*

O *Booster Nova Carapina* será implantado na área do atual *booster* Civit e destina-se ao abastecimento dos dois distritos do setor Nova Carapina. A Tabela 21 mostra as principais características dos conjuntos motobomba utilizados na simulação deste *booster*, enquanto a Figura 36 mostra o funcionamento dos mesmos num período de 48 horas.

Tabela 21 – Características dos conjuntos motobomba do *Booster Nova Carapina* utilizados na simulação.

| Características                |               |
|--------------------------------|---------------|
| Marca                          | KSB Bipartida |
| Modelo                         | 200-340B      |
| Diâmetro do rotor (mm)         | 290           |
| Vazão bomba (l/s)              | 177           |
| Altura manométrica (m)         | 25            |
| Potência do motor (cv)         | 77            |
| Rotação (rpm)                  | 1750          |
| Eficiência mínima do motor (%) | 91            |
| Eficiência mínima da bomba (%) | 55            |
| Número de conjuntos            | 1+1           |

Uma vez que o setor não contará com unidade de reservação, este *booster* deverá contar com inversor de frequência, de forma a adequar o seu ponto de trabalho às variações diárias de consumo.

A Figura 36 mostra o funcionamento do mesmo num período de 48 horas.

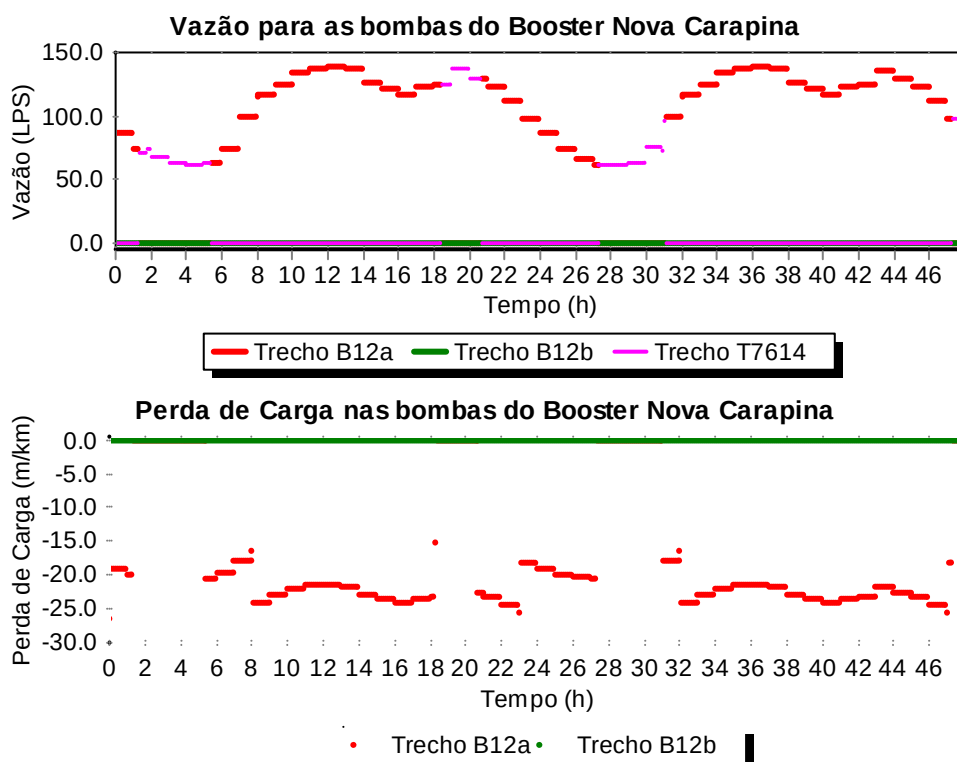


Figura 36 – Variação diária de vazão e perda de carga nas bombas e no *bypass* do Booster Nova Carapina (Ano 2030).

### 5.3.2.2.3 Válvulas Redutoras de Pressão (VRP)

A área do Setor Nova Carapina conta atualmente com cinco áreas controladas por válvulas redutoras de pressão: Pitanga, SE001 - Nova Carapina, SE002 - Nova Carapina, SE003 - Nova Carapina, e SE009 - Mestre Álvaro. No cenário estudado a área das VRPs SE009 - Mestre Álvaro, SE002 - Nova Carapina, SE003 - Nova Carapina foram alteradas. As demais não sofreram alterações. A Figura 37 mostra o posicionamento das cinco VRPs e suas áreas de influência.



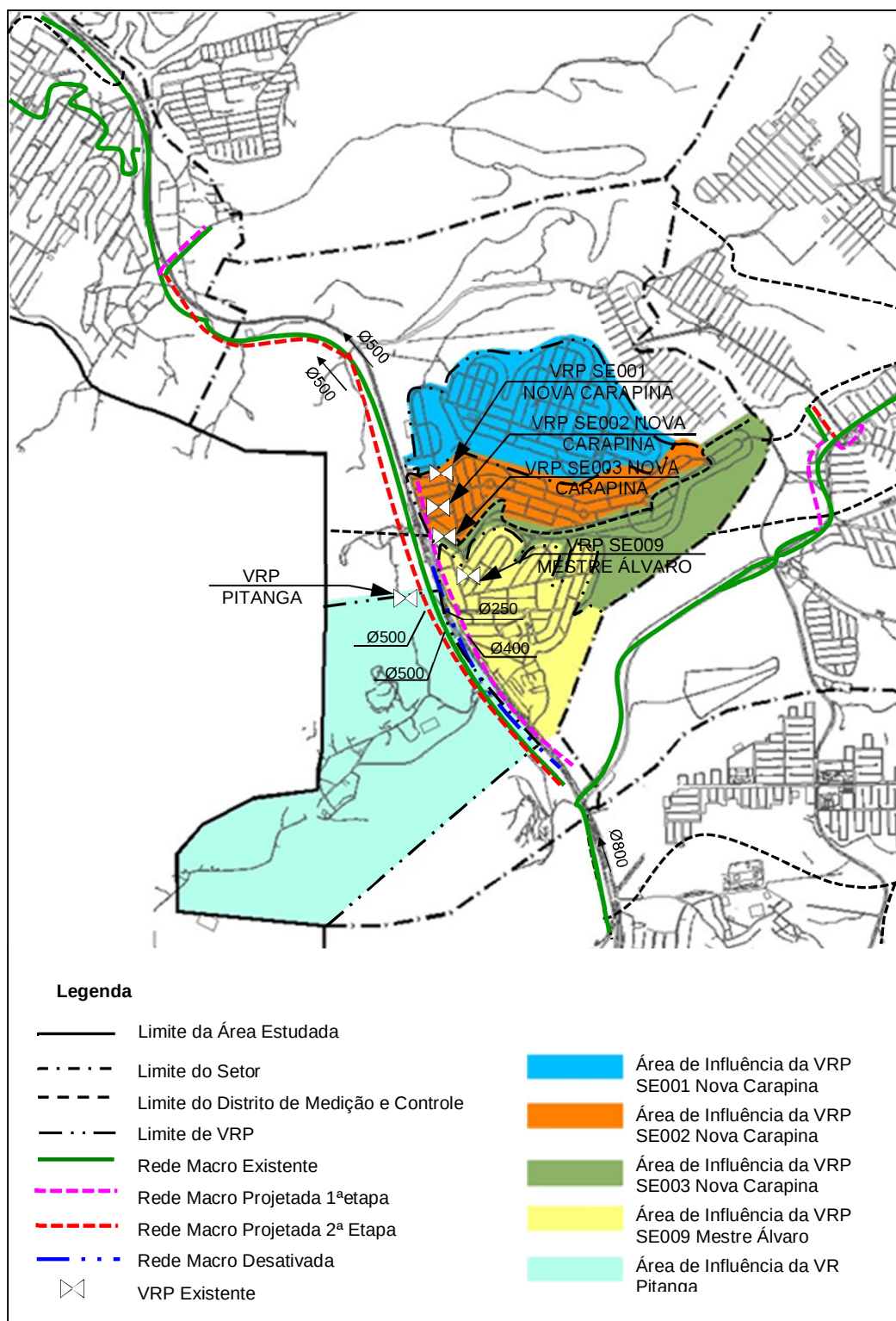


Figura 37 ĩ Posicionamento das válvulas redutoras de pressão e suas áreas de influência no Setor Nova Carapina .

Na Tabela 22 é possível observar as principais características das VRPs que estarão em funcionamento no cenário estudado.



Tabela 22 – Principais características das válvulas redutoras de pressão do Setor Nova Carapina.

| Características         | VRPSE001<br>- Nova Carapina | VRPSE002<br>- Nova Carapina | VRPSE003<br>- Nova Carapina | VRPSE009<br>- Mestre Álvaro | VRP Pitanga |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|
| Referência na modelação | V215                        | V75                         | V106                        | V129                        | V327        |
| Diâmetro (mm)           | 150                         | 150                         | 100                         | 100                         | 100         |
| Cota instalação (m)     | 49.7                        | 50.9                        | 21.6                        | 34.3                        | 32.2        |
| Pressão saída (mca)     | 15                          | 16                          | 35                          | 30                          | 15          |
| Vazão máxima (l/s)      | 33.81                       | 23.63                       | 12.7                        | 21.22                       | 3.89        |
| Vazão mínima (l/s)      | 14.06                       | 13.7                        | 1.47                        | 8.97                        | 1.91        |
| Velocidade máxima (m/s) | 1.91                        | 1.34                        | 1.62                        | 2.7                         | 0.5         |
| Velocidade mínima (m/s) | 0.8                         | 0.78                        | 0.19                        | 1.14                        | 0.24        |

A Figura 38 apresenta os gráficos de pressão a montante e a jusante das mesmas para os cenários estudados.

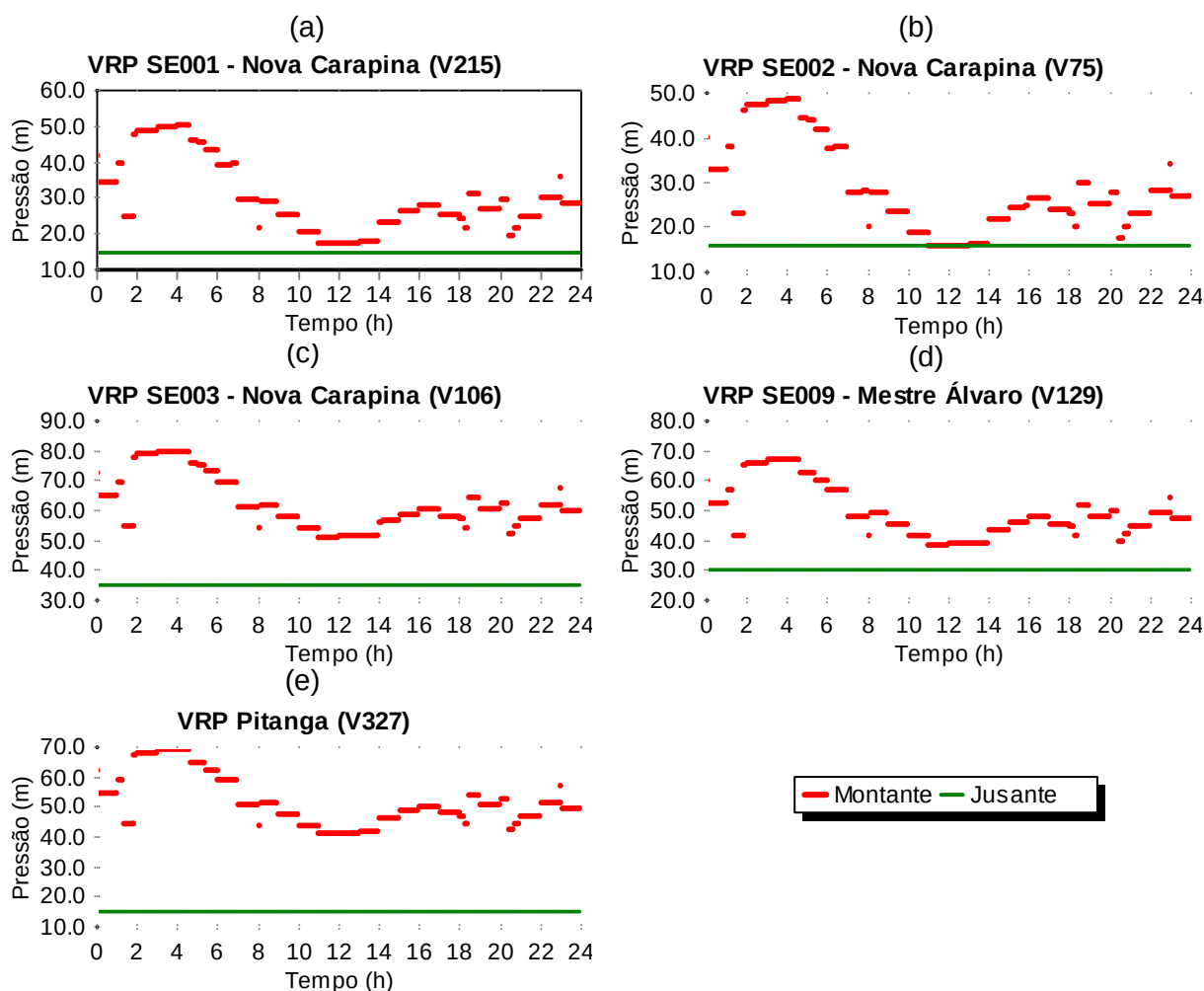


Figura 38 – Variação diária de pressão a montante e a jusante da (a) VRP SE001, (b) VRP SE002, (c) VRP SE003, (d) VRP SE009 e (e) VRP Pitanga.

Ressalta-se que os valores sugeridos para as pressões de saída das VRP's (Tabela 22) foram verificados para atender de forma equilibrada, tanto aos limites superiores, quanto aos limites inferiores das pressões no final de plano. Assim sendo, estes valores devem ser reavaliados em campo e esta análise deve ser feita com muita parcimônia para evitar o aparecimento de pontos com pressões muito elevadas nos limites inferiores ou pressões insuficientes nos limites superiores destes setores.

#### 5.3.2.2.4 Rede de Distribuição

Para adequar a atual malha de distribuição ao cenário proposto e garantir o abastecimento contínuo de todas as economias do sistema são necessários aproximadamente 7.5 km de rede, incluindo as redes, inúmeras interligações e capeamentos no sistema. Este incremento de rede tem o objetivo de reforçar a atual malha de distribuição e promover a setorização da área de estudo. As redes projetadas variam de 50 a 500 mm, conforme pode ser observado na Tabela 23.

Tabela 23 – Comprimento de rede por diâmetro – Setor Nova Carapina.

| Diâmetro (mm) | Comprimento (m)         |                       |                                |                     | Total Analisado |
|---------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------|
|               | Existente a ser mantida | Rede a ser desativada | Rede Projetada em substituição | Rede Projetada 2020 |                 |
| 50            | 34 484                  | 46                    | 81                             | 114                 | 34 724          |
| 75            | 4 917                   | 0                     | 0                              | 392                 | 5 310           |
| 100           | 3 107                   | 7                     | 0                              | 1 917               | 5 032           |
| 150           | 3 021                   | 6                     | 0                              | 1 480               | 4 506           |
| 200           | 869                     | 0                     | 0                              | 939                 | 1 808           |
| 250           | 1 728                   | 1 834                 | 0                              | 436                 | 3 999           |
| 300           | 0                       | 0                     | 0                              | 611                 | 611             |
| 400           | 0                       | 0                     | 0                              | 1 611               | 1 611           |
| 500           | 0                       | 0                     | 0                              | 11                  | 11              |
| Total         | 48 126                  | 1 893                 | 81                             | 7 511               | 57 611          |

Para as redes projetadas em ruas, vale a seguinte distribuição de materiais: tubulações com diâmetros de 50 a 100 mm serão em PVC PBA e acima de 150 mm devem ser executadas em ferro fundido, salvo indicação contrária.

A Figura 39 apresenta a variação espacial de pressão para os horários de maiores e de menores pressões no Setor Nova Carapina.

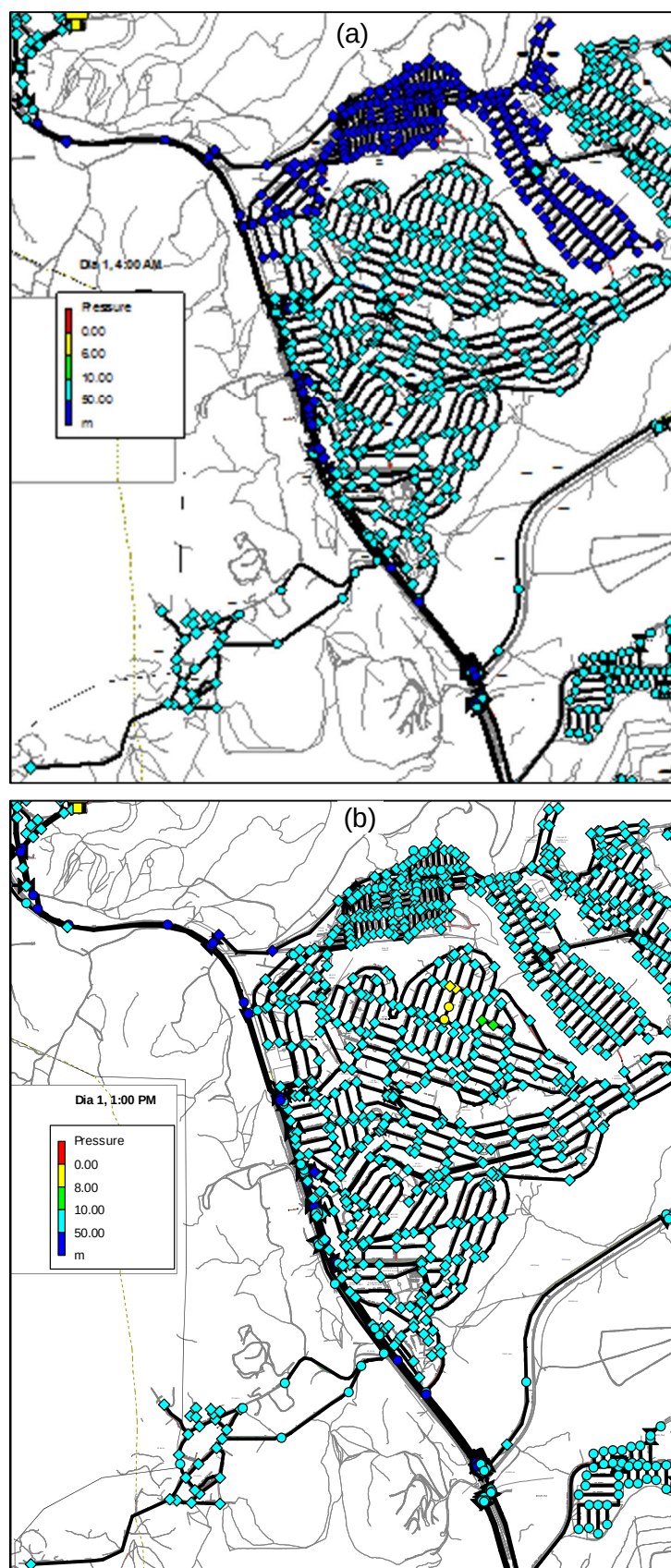


Figura 39 ï Variação espacial da pressão do Setor Nova Carapina (Ano 2030): (a) às 4 h (maiores pressões) e (b) às 13 h (menores pressões).

A Tabela 24 apresenta as principais características dos distritos de medição e controle sugeridos para o Setor Nova Carapina.

Tabela 24 – Características dos Distritos de Medição e Controle do Setor Nova Carapina.

| Distritos | Macromedidor            |               | Vazão média de entrada (l/s) | Comprimento total da rede (m) |
|-----------|-------------------------|---------------|------------------------------|-------------------------------|
|           | Referência na modelação | Diâmetro (mm) |                              |                               |
| DMC 2.1   | V379                    | 200           | 28.89                        | 28 778                        |
| DMC 2.2   | V381                    | 250           | 78.79                        | 53 535                        |

### 5.3.2.3 Setor Civit

#### 5.3.2.3.1 Descrição do Sistema

O cenário proposto para o Setor Civit mantém a desativação de um reservatório enterrado e um elevado existentes na área, e que faziam parte da ETA Civit I. Os estudos mostraram não ser interessante o aproveitamento a reativação destes reservatório.

Atualmente, a área do Setor Civit é abastecida parte do dia diretamente pela Elevatória Planalto / Civit e parte do dia pelo *Booster* Civit. No cenário proposto este *booster* passa a recalcar exclusivamente para os Setores Serra Sede e Campinho deixando de abastecer a área do Setor Civit. Assim sendo, o Setor Civit será abastecido diretamente pela Elevatória Planalto / Civit.

No entanto, a oscilação de pressão na entrada deste setor é muito grande devido ao funcionamento dos Boosters Civit / Serra Sede. Como o mesmo recalca para dois reservatórios o seu funcionamento varia consoante o enchimento dos mesmos provocando uma grande variação na pressão de sucção que corresponde ao ponto de entrada do Setor Civit. Nos períodos onde o RAT Serra Sede não está sendo abastecido a pressão na sucção do *Booster* Civit chega a valores que comprometem o abastecimento do Setor Civit, por se apresentarem muito elevadas Assim sendo, foi proposta uma VRP para a região de Civit, de modo a cortar o excesso de pressão quando o *Booster* Civit estiver desligado. Essa unidade será detalhada mais à frente.

Foram necessárias algumas intervenções entre as quais se destacam a implantação da VRP supra citada e a implantação de redes de distribuição, além da interligação e do seccionamento de redes em vários pontos do sistema.

O Setor Civit foi dividido em quatro distritos de medição e controle (DMC) como mostra a Figura 40 a seguir. A figura apresenta também as principais unidades (existentes, desativadas, projetadas ou alteradas) do sistema e o posicionamento dos macro medidores que permitem a medição de vazão na entrada dos distritos.

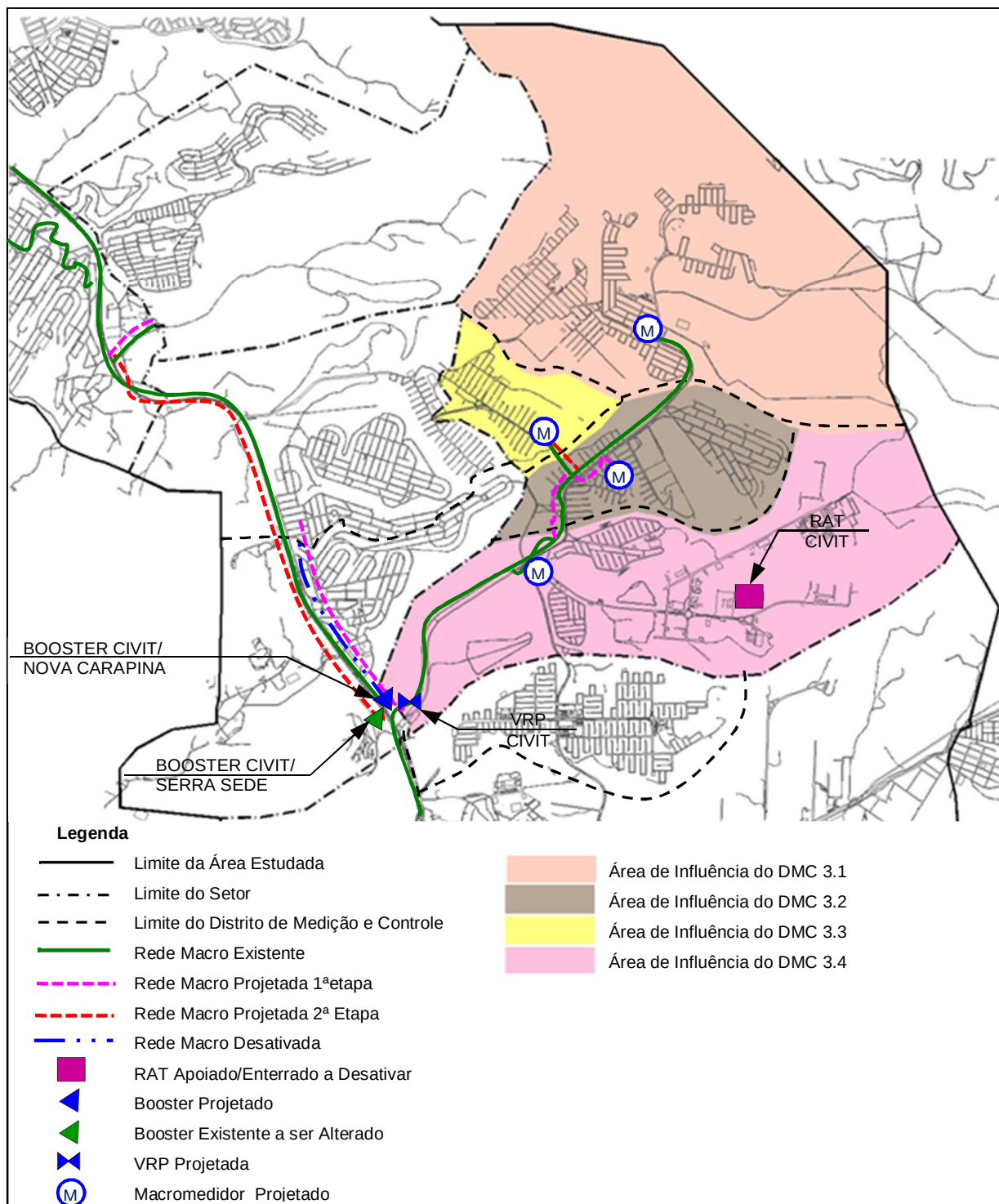


Figura 40 i Distritos de Medição e Controle e principais unidades do Setor Civit.

### 5.3.2.3.2 Reservatório

Atualmente, a área do Setor Civit conta com dois reservatórios, um enterrado e um elevado, que fazem parte do complexo da ETA Civit I, hoje desativada.

O cenário propõe o abastecimento do setor diretamente através da Elevatória Planalto/Civit, observando-se que a utilização do reservatório Civit I no setor em



questão, tornaria necessário implantar uma elevatória para distribuir a partir da unidade de reservação, uma vez que a mesma quebra a pressão fornecida pela EEAT Planalto.

#### **5.3.2.3.3 Válvula Redutora de Pressão (VRP)**

Devido ao desligamento do *Booster* Civit, que abastece os Reservatórios Serra Sede e Campinho da Serra, ocorre uma elevação na pressão da sucção do mesmo e consequentemente na região do Setor Civit.

De modo a minimizar essa situação, propõe-se a instalação de uma Válvula Redutora de Pressão na rede DN600 que abastece esse setor. Esta deverá estar localizada próxima ao terreno do *Booster* Civit. A Figura 41 mostra o posicionamento da VRP Civit e sua área de influência.



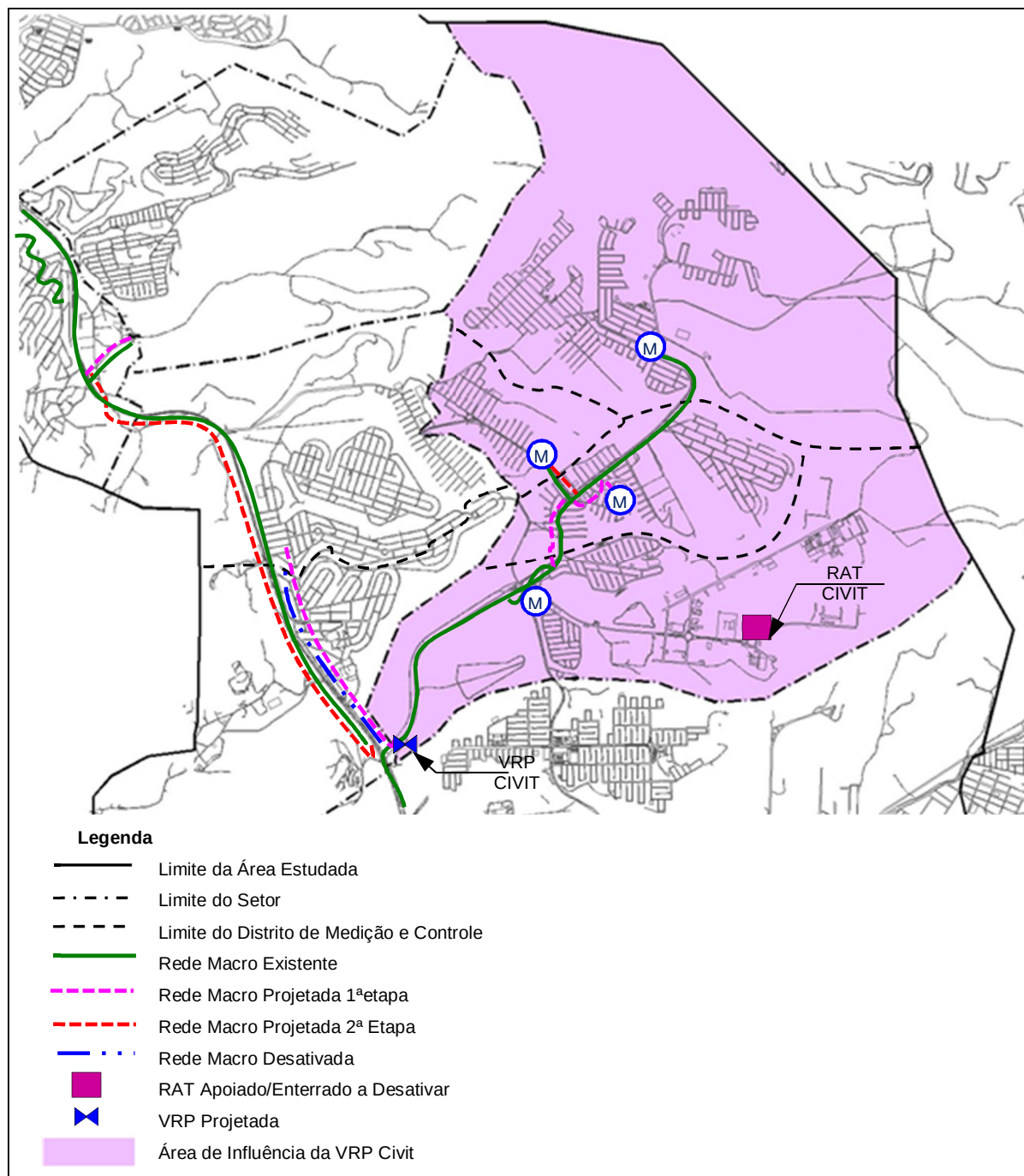


Figura 41 i Posicionamento da válvula redutora de pressão e sua área de influência no Setor Civit .

A Tabela 25 mostra as principais características da VRP em questão.

Tabela 25 ĩ Principais características das válvulas redutoras de pressão do Setor Civit.

| Características         | VRP Civit |
|-------------------------|-----------|
| Referência na modelação | V495      |
| Diâmetro (mm)           | 300       |
| Cota instalação (m)     | 44.8      |
| Pressão saída (mca)     | 20        |
| Vazão máxima (l/s)      | 180.59    |
| Vazão mínima (l/s)      | 78.02     |
| Velocidade máxima (m/s) | 2.55      |
| Velocidade mínima (m/s) | 1.10      |

Na Figura 42 é possível observar a variação de pressão citada anteriormente através dos gráficos de pressão a montante e a jusante da VRP Civit nos cenários estudados.

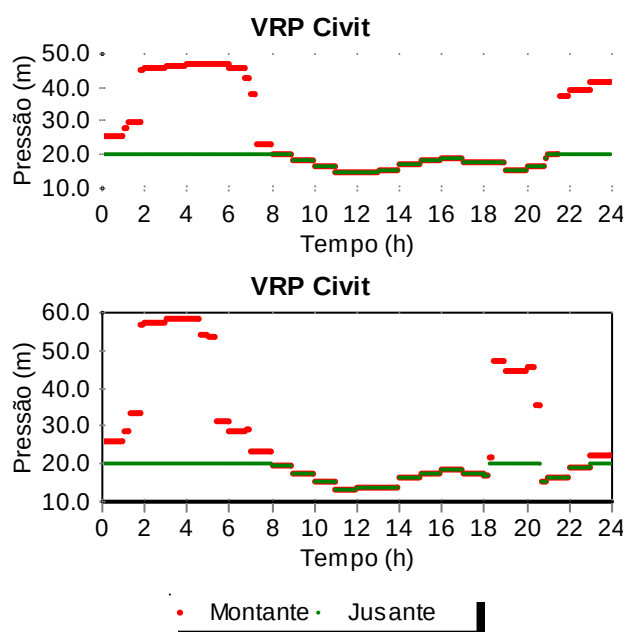


Figura 42 ĩ Variação diária de pressão a montante e a jusante da VRP Civit.nos cenários 2020 e 2030, respectivamente.

Ressalta-se que o valor sugerido para a pressão de saída da VRP (Tabela 25) foram verificados para atender de forma equilibrada, tanto aos limites superiores, quanto aos limites inferiores das pressões no final de plano. Assim sendo, estes valores devem ser reavaliados em campo e esta análise deve ser feita com muita parcimônia para evitar o aparecimento de pontos com pressões muito elevadas nos limites inferiores ou pressões insuficientes nos limites superiores destes setores.

#### 5.3.2.3.4 Rede de Distribuição

Para adequar a atual malha de distribuição ao cenário 2020 e garantir o abastecimento contínuo de todas as economias do sistema são necessários aproximadamente 9.6 km de rede, incluindo as redes, inúmeras interligações e capeamentos no sistema. Já para

o cenário 2030 está prevista a implantação de 970 m de rede de diâmetro 200 mm. Este incremento de rede tem o objetivo de reforçar a atual malha de distribuição e promover a setorização da área de estudo. As redes projetadas variam de 50 a 400 mm, conforme pode ser observado na Tabela 26.

Tabela 26 – Comprimento de rede por diâmetro – Setor Civit.

| Diâmetro (mm) | Comprimento (m)         |                       |                                |                     |                     |                 |
|---------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|
|               | Existente a ser mantida | Rede a ser desativada | Rede Projetada em substituição | Rede Projetada 2020 | Rede Projetada 2030 | Total Analisado |
| 50            | 71 123                  | 0                     | 1 222                          | 1 183               | 0                   | 73 529          |
| 75            | 9 111                   | 0                     | 0                              | 2 213               | 0                   | 11 324          |
| 100           | 5 761                   | 0                     | 0                              | 2 674               | 0                   | 8 434           |
| 150           | 5 002                   | 0                     | 0                              | 1 016               | 0                   | 6 019           |
| 200           | 3 994                   | 0                     | 0                              | 1 474               | 970                 | 6 437           |
| 250           | 523                     | 0                     | 0                              | 276                 | 0                   | 798             |
| 300           | 584                     | 0                     | 0                              | 184                 | 0                   | 767             |
| 400           | 4 752                   | 103                   | 0                              | 601                 | 0                   | 5 457           |
| 600           | 198                     | 0                     | 0                              | 0                   | 0                   | 198             |
| Total         | 101 047                 | 103                   | 1 222                          | 9 620               | 970                 | 112 963         |

Para as redes projetadas em ruas, vale a seguinte distribuição de materiais: tubulações com diâmetros de 50 a 100 mm serão em PVC PBA e acima de 150 mm devem ser executadas em ferro fundido, salvo indicação contrária.

A Figura 43 apresenta a variação espacial de pressão para os horários de maiores e de menores pressões no Setor Civit.

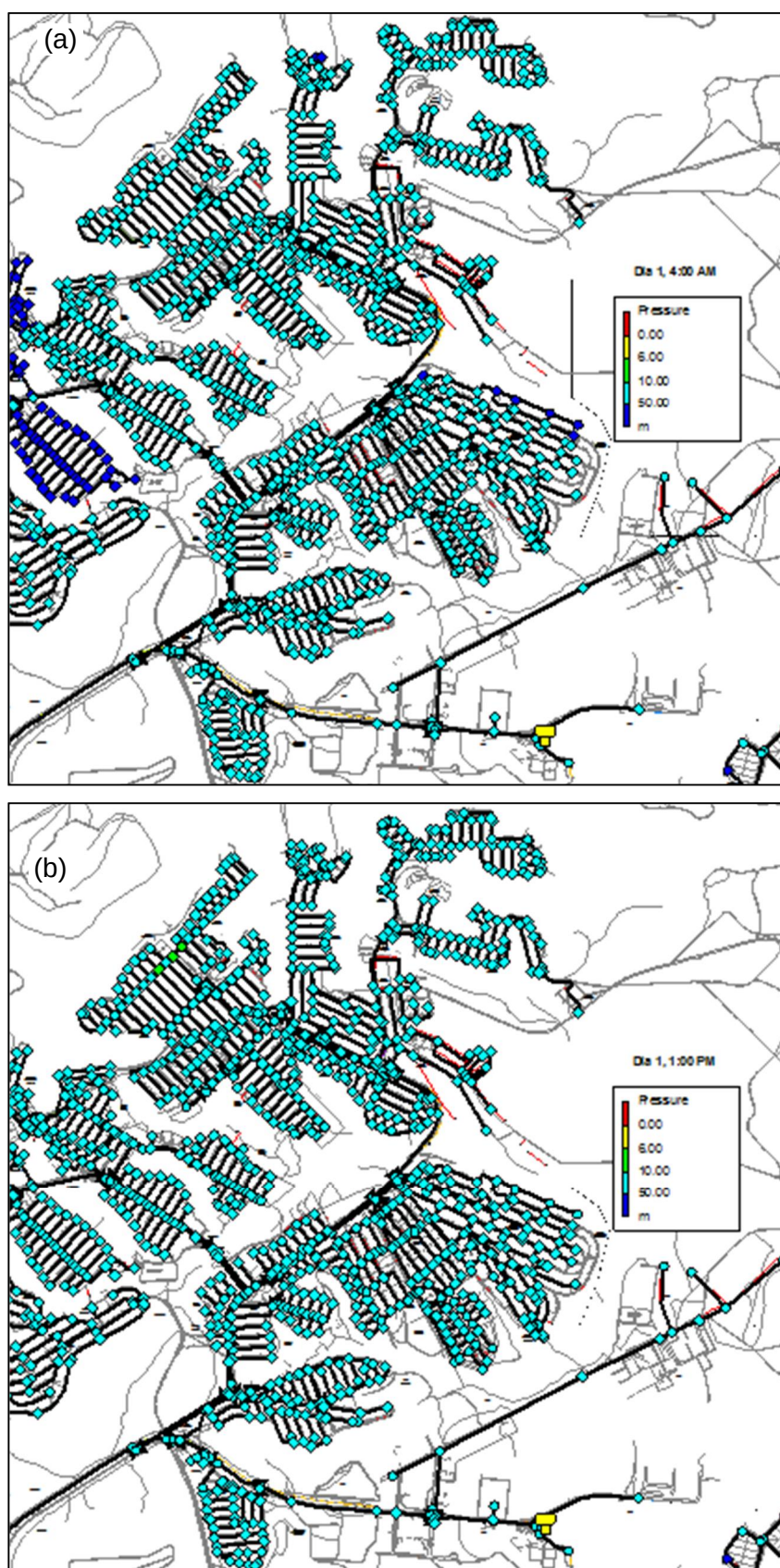


Figura 43 ̄ Variação espacial da pressão do Setor Cívico (Ano 2030): (a) às 4 h (maiores pressões) e (b) às 13 h (menores pressões).

A Tabela 27 apresenta as principais características dos distritos de medição e controle sugeridos para o Setor Civit.

Tabela 27 – Características dos Distritos de Medição e Controle do Setor Civit.

| Distritos | Macromedidor            |               | Vazão média de entrada (l/s) | Comprimento total da rede (m) |
|-----------|-------------------------|---------------|------------------------------|-------------------------------|
|           | Referência na modelação | Diâmetro (mm) |                              |                               |
| DMC 3.1   | V382                    | 250           | 57.03                        | 48 070                        |
| DMC 3.2   | V383                    | 150           | 35.96                        | 29 323                        |
| DMC 3.3   | V384                    | 150           | 23.39                        | 14 141                        |
| DMC 3.4   | V488                    | 200           | 22.02                        | 16 565                        |

### 5.3.2.4 Setor Campinho

#### 5.3.2.4.1 Descrição do Sistema

O Setor Campinho faz parte da zona de abastecimento da unidade de bombeamento da Elevatória Planalto. Este setor contará com reservação no Reservatório Campinho da Serra existente. O mesmo será abastecido diretamente pelo recalque do *Booster Civit*, que também é destinado ao abastecimento do Reservatório Serra Sede.

Devido a seu tamanho, o setor terá apenas um distrito de medição e controle (DMC) como mostra a Figura 44 a seguir. A Figura 44 apresenta também as principais unidades (existentes ou alteradas) do sistema e o posicionamento do macromedidor.



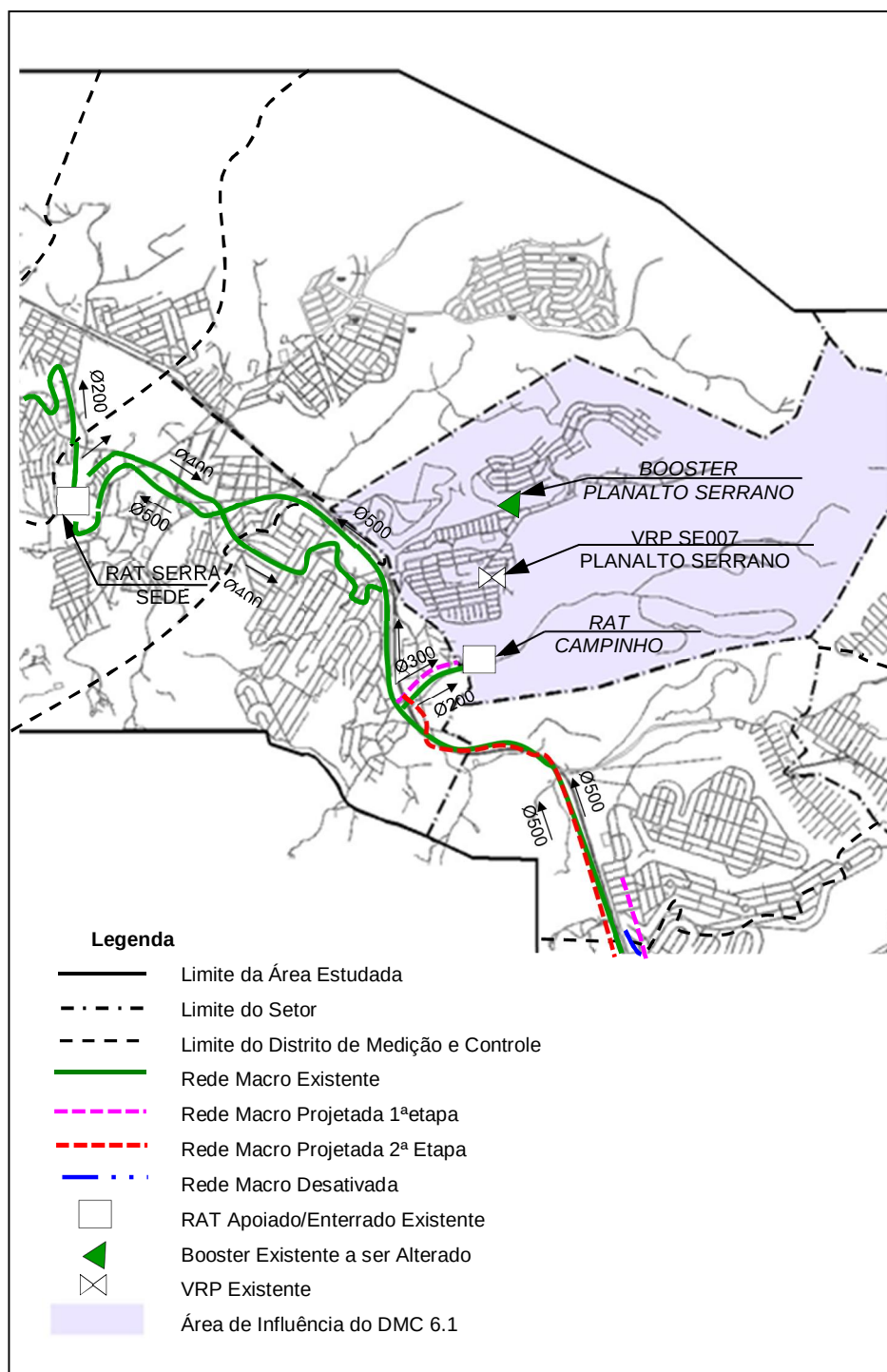


Figura 44 – Distritos de Medição e Controle e principais unidades do Setor Campinho.

#### 5.3.2.4.2 Reservatório Campinho da Serra

Conforme mencionado anteriormente, o Reservatório Campinho da Serra, também conhecido por Marajá, destina-se ao abastecimento dos bairros Campinho da Serra I e Planalto Serrano.



A Figura 45 apresenta o funcionamento do Reservatório Capinho da Serra nos cenários estudados.

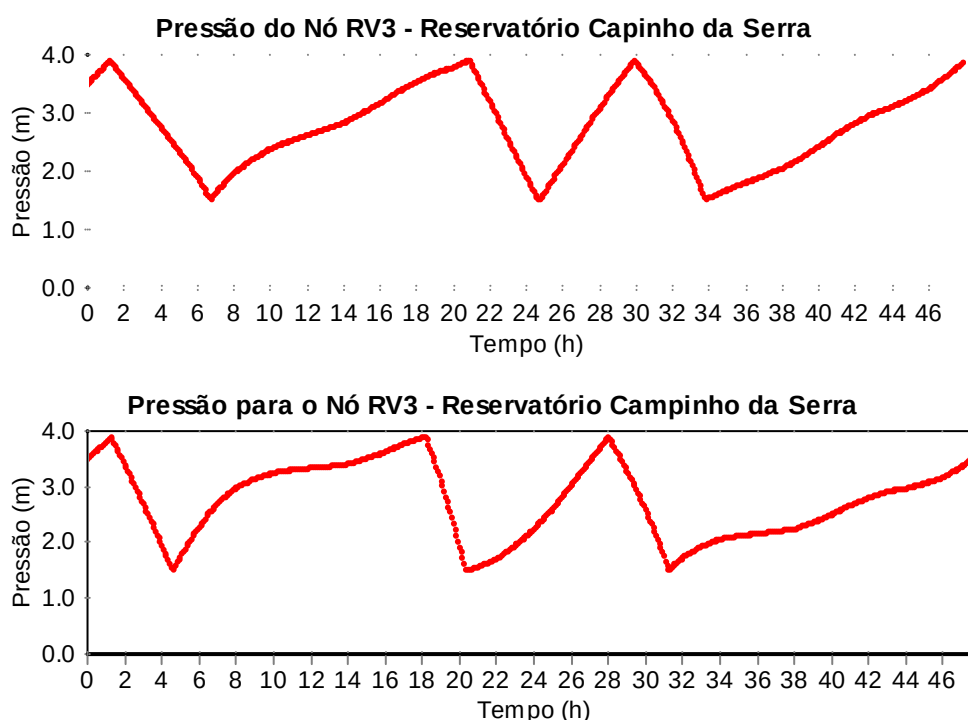


Figura 45 – Variação diária de pressão nos Reservatório Capinho da Serra nos cenários 2020 e 2030.

#### 5.3.2.4.3 Booster Planalto Serrano

O Booster Planalto Serrano foi previamente estudado e dimensionado conforme apresentado no relatório C-035-000-60-5-RT-0004 de outubro de 2013. Trata-se de um booster existente que destina-se a abastecer a parte alta do Bairro Planalto Serrano. O seu redimensionamento baseou-se na implantação de um loteamento que se desenvolve em cotas mais elevadas do que as atualmente ocupadas na região. A Figura 46 apresenta a sua localização e área de influência.

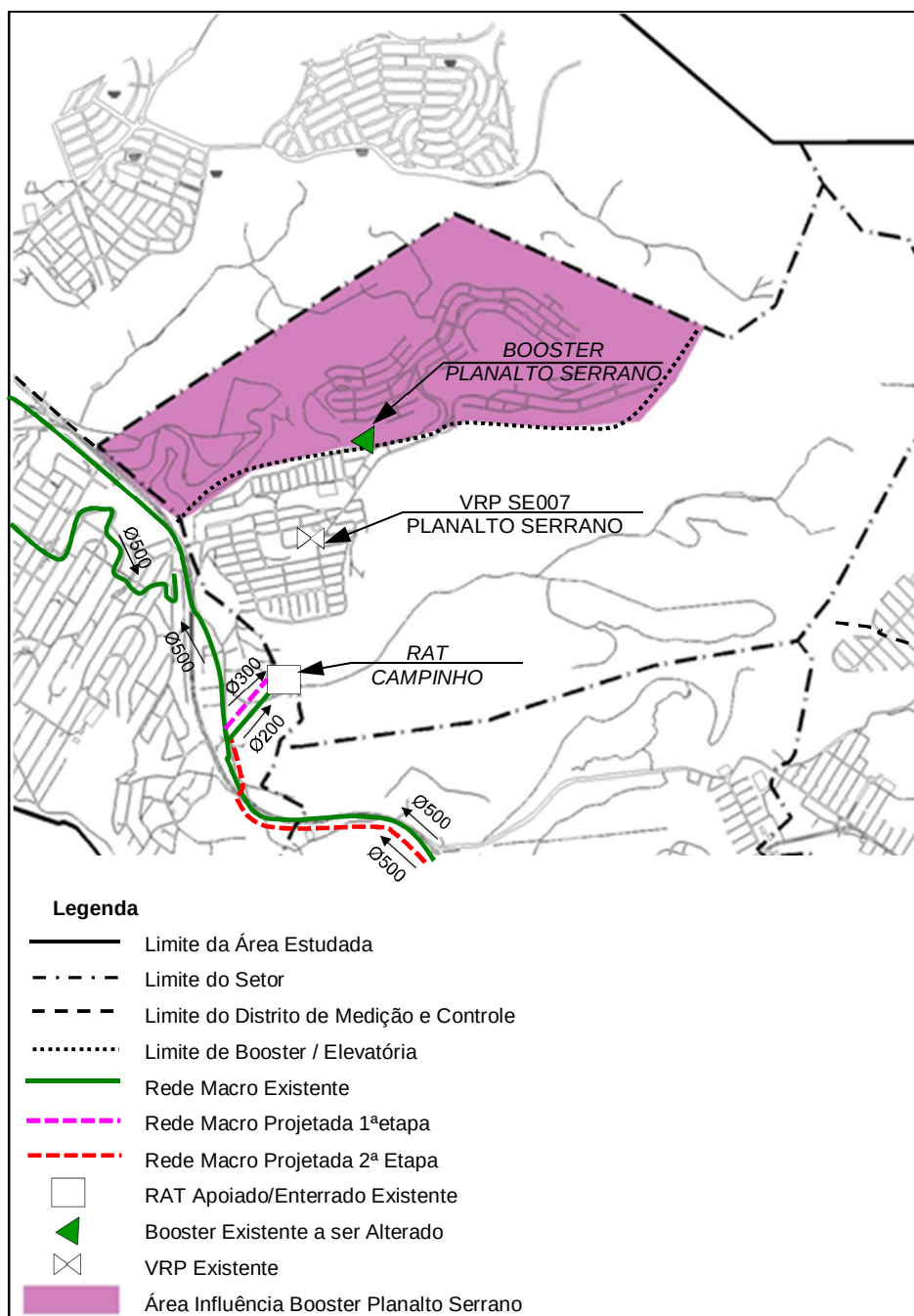


Figura 46 – Localização e área de influência do *booster* Planalto Serrano do Setor Campinho.

A Tabela 28 mostra as principais características dos conjuntos motobomba utilizados na simulação deste *booster*.

Tabela 28 – Características dos conjuntos motobomba do *Booster Planalto Serrano* utilizados na simulação.

| Características                |              |
|--------------------------------|--------------|
| Marca                          | KSB Meganorm |
| Modelo                         | 100-315      |
| Diâmetro do rotor (mm)         | 293          |
| Vazão bomba (l/s)              | 42.49        |
| Altura manométrica (m)         | 40.53        |
| Potência do motor (cv)         | 34           |
| Rotação (rpm)                  | 1750         |
| Eficiência mínima do motor (%) | 91           |
| Eficiência mínima da bomba (%) | 74           |
| Número de conjuntos            | 1+1          |

A Figura 47 mostra o funcionamento dos mesmos num período de 48 horas.

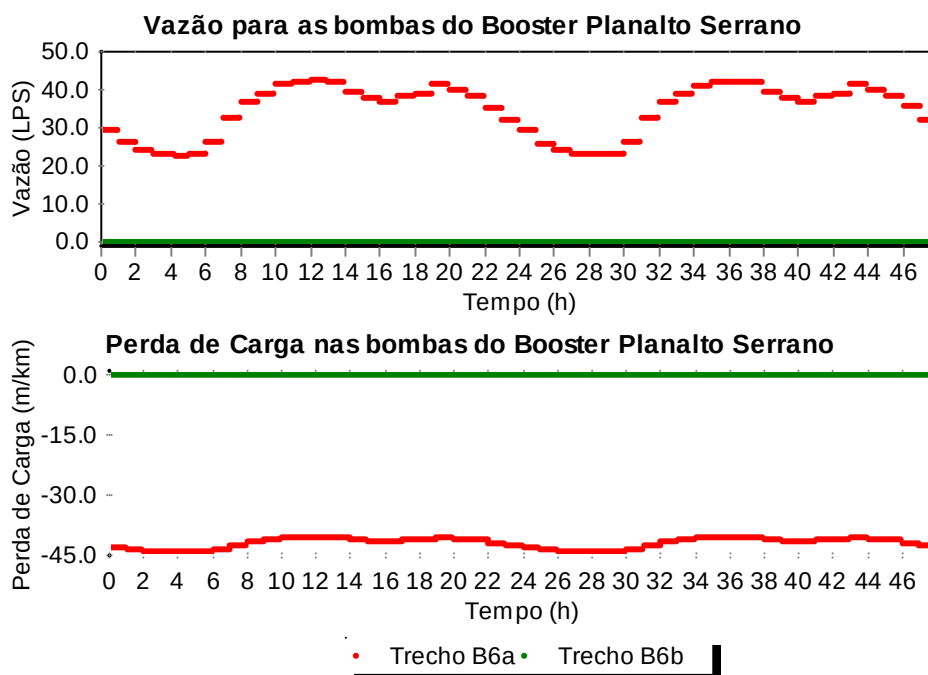


Figura 47 – Variação diária de vazão e perda de carga nas bombas do *Booster Planalto Serrano* (Ano 2030).

#### 5.3.2.4.4 Válvulas Redutoras de Pressão (VRP)

A área do Setor Campinho conta atualmente uma área controlada por válvula redutora de pressão, sendo ela a SE007 – Planalto Serrano. Sua área não sofreu alterações. A Figura 48 mostra o posicionamento da VRP em questão e sua área de influência.

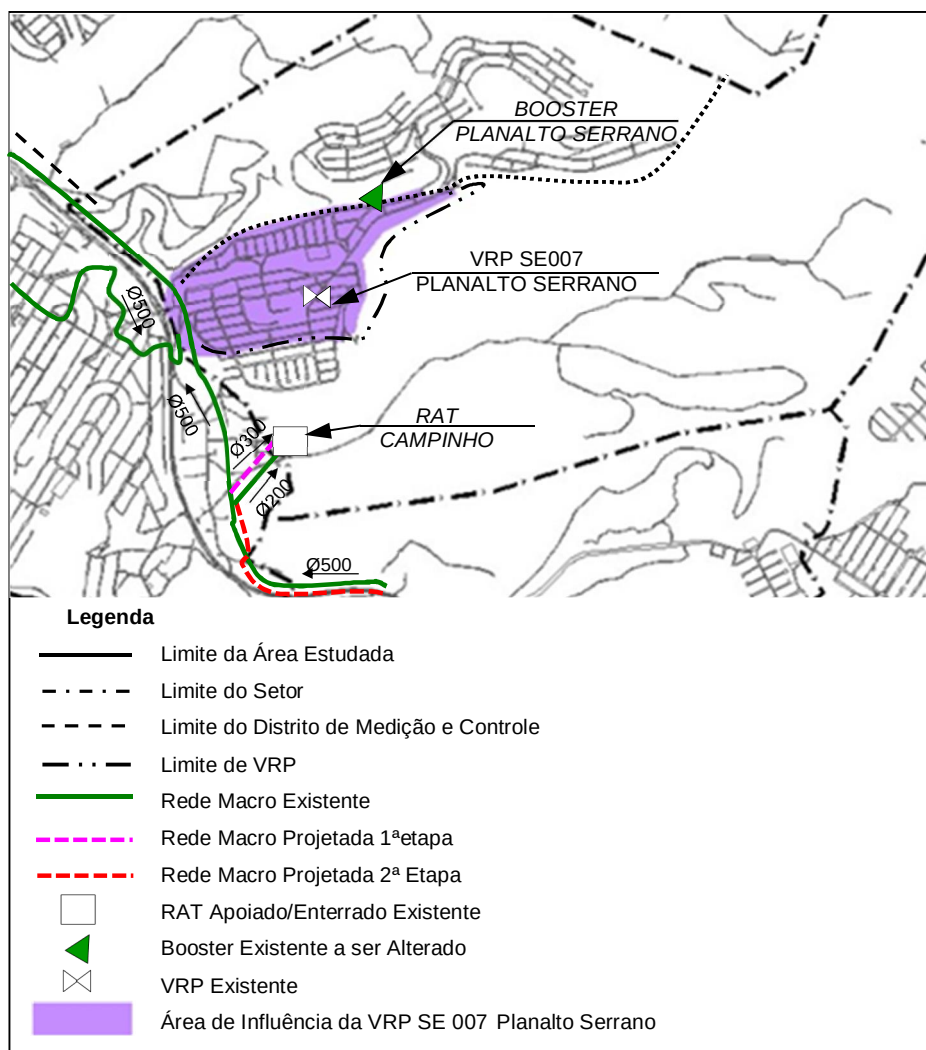


Figura 48 ĩ Posicionamento da válvula redutora de pressão e sua área de influência no Setor Campinho .

A Tabela 29 mostra as principais características da VRP em funcionamento no cenário estudado, enquanto a Figura 38 apresenta os gráficos de pressão a montante e a jusante da mesma.

Tabela 29 ĩ Principais características das válvulas redutoras de pressão do Setor Nova Carapina.

| Características         | SE007 - Planalto Serrano |
|-------------------------|--------------------------|
| Referência na modelação | V131                     |
| Diâmetro (mm)           | 150                      |
| Cota instalação (m)     | 30.2                     |
| Pressão saída (mca)     | 13                       |
| Vazão máxima (l/s)      | 22.28                    |
| Vazão mínima (l/s)      | 7.66                     |
| Velocidade máxima (m/s) | 1.26                     |
| Velocidade mínima (m/s) | 0.43                     |

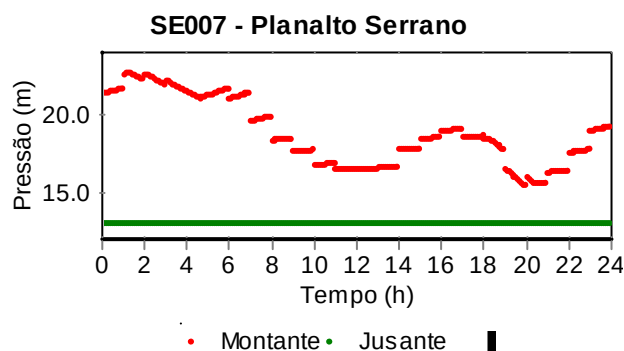


Figura 49 - Variação diária de pressão a montante e a jusante da VRP SE007 - Planalto Serrano.

Ressalta-se que o valor sugerido para a pressão de saída da VRP (Tabela 29) foram verificados para atender de forma equilibrada, tanto aos limites superiores, quanto aos limites inferiores das pressões no final de plano. Assim sendo, estes valores devem ser reavaliados em campo e esta análise deve ser feita com muita parcimônia para evitar o aparecimento de pontos com pressões muito elevadas nos limites inferiores ou pressões insuficientes nos limites superiores destes setores.

#### **5.3.2.4.5 Rede de Distribuição**

Para adequar a atual malha de distribuição ao cenário proposto e garantir o abastecimento contínuo de todas as economias do sistema são necessários aproximadamente 2.6 km de rede, incluindo as redes, inúmeras interligações e capeamentos no sistema. Este incremento de rede tem o objetivo de reforçar a atual malha de distribuição e promover a setorização da área de estudo. As redes projetadas variam de 50 a 300 mm, conforme pode ser observado na Tabela 30.



Tabela 30 ï Comprimento de rede por diâmetro ï Setor Campinho

| Diâmetro (mm) | Comprimento (m)         |                       |                                |                     | Total Analisado |
|---------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------|
|               | Existente a ser mantida | Rede a ser desativada | Rede Projetada em substituição | Rede Projetada 2020 |                 |
| 40            | 0                       | 36                    | 0                              | 0                   | 36              |
| 50            | 12 500                  | 0                     | 5 741                          | 109                 | 18 350          |
| 75            | 2 281                   | 15                    | 52                             | 265                 | 2 612           |
| 100           | 1 423                   | 0                     | 0                              | 570                 | 1 993           |
| 150           | 2 028                   | 0                     | 0                              | 492                 | 2 520           |
| 200           | 2 654                   | 0                     | 0                              | 29                  | 2 683           |
| 300           | 13                      | 288                   | 0                              | 1 213               | 1 514           |
| 400           | 6                       | 0                     | 0                              | 0                   | 6               |
| Total         | 20 905                  | 339                   | 5 793                          | 2 678               | 29 715          |

Para as redes projetadas em ruas, vale a seguinte distribuição de materiais: tubulações com diâmetros de 50 a 100 mm serão em PVC PBA e acima de 150 mm devem ser executadas em ferro fundido, salvo indicação contrária.

A Figura 50 apresenta a variação espacial de pressão para os horários de maiores e de menores pressões no Setor Campinho.

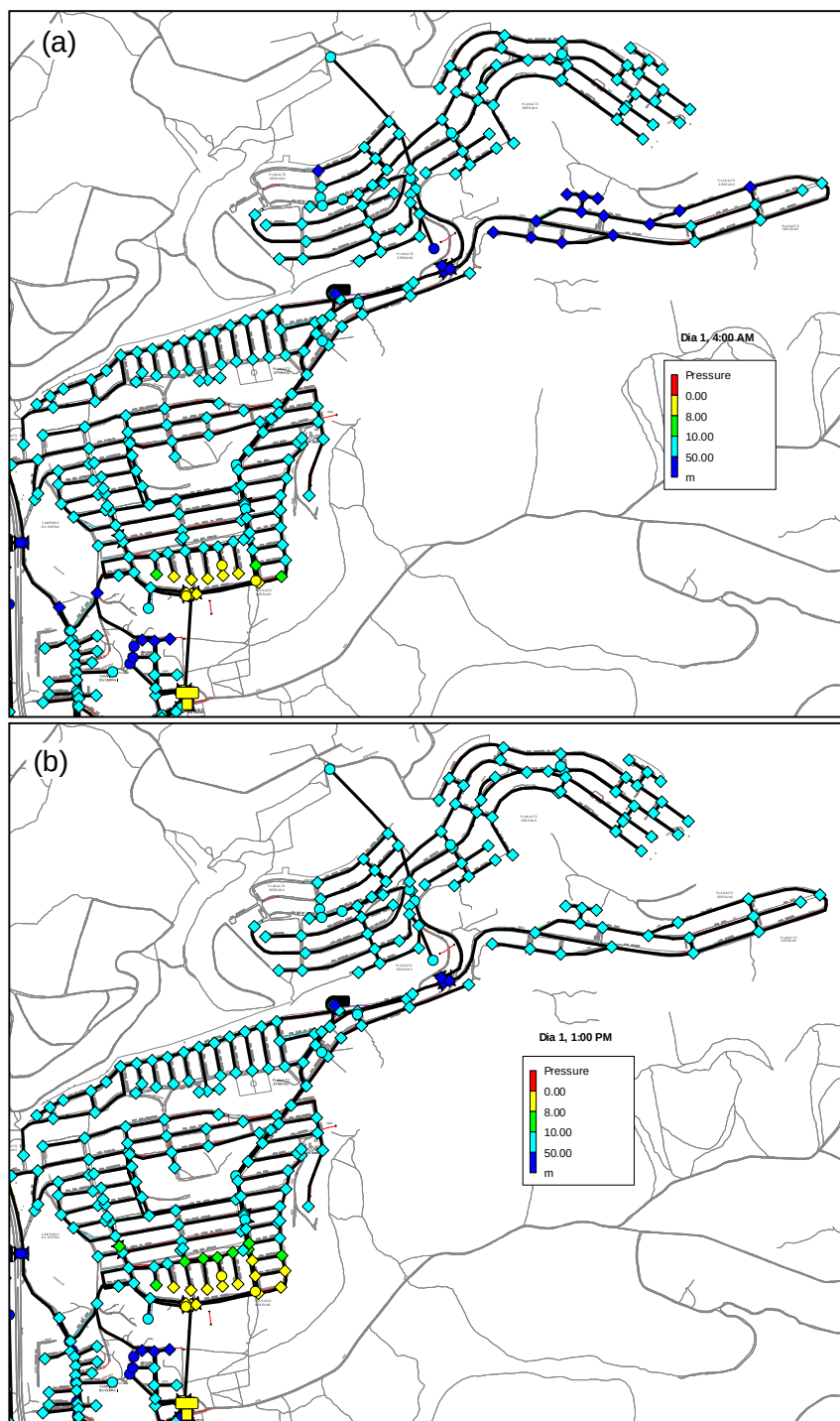


Figura 50 ï Variação espacial da pressão do Setor Campinho (Ano 2030): (a) às 4 h (maiores pressões) e (b) às 13 h (menores pressões).

A Tabela 31 apresenta as principais características do distrito de medição e controle sugeridos para o Setor Campinho

Tabela 31 ĩ Características do Distrito de Medição e Controle do Setor Campinho.

| Distritos | Macromedidor               |                  | Vazão<br>média de<br>entrada<br>(l/s) | Comprimento<br>total da rede<br>(m) |
|-----------|----------------------------|------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
|           | Referência na<br>modelação | Diâmetro<br>(mm) |                                       |                                     |
| DMC 6.1   | V349                       | 250              | 59.73                                 | 28 944                              |

**ANEXOS**

## ANEXO 1 DIMENSIONAMENTO DE ELEVATÓRIAS E BOOSTERS

### EEAT PLANALTO 2ª ETAPA

Situação: Existente a ser alterado  
 Variador de velocidade? Não  
 Modelo da Bomba: Worthington 12 QL-147

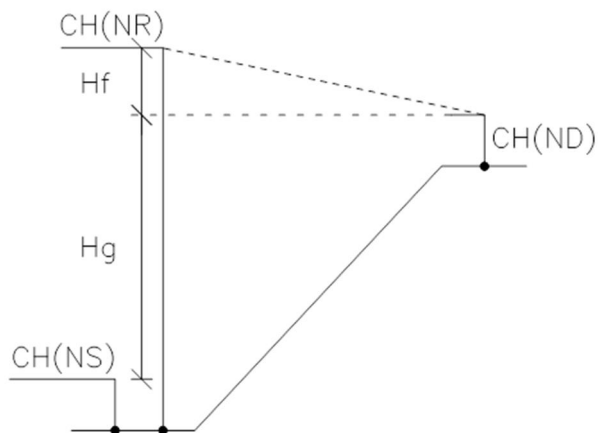
Dados do EPANET:

|                           |       |                      |          |
|---------------------------|-------|----------------------|----------|
| Nó de Sucção (NS)         | N6746 |                      | Cota (m) |
| Nó de Recalque (NR)       | N23   | Elevatória           | 25.0     |
| Nó mais desfavorável (ND) | N978  | Nó mais desfavorável | 46.8     |

| Horas | Carga hidráulica CH (m) |        |        | Vazão da bomba (l/s) |
|-------|-------------------------|--------|--------|----------------------|
|       | N6746                   | N23    | N978   |                      |
| 00:00 | 29.42                   | 96.21  | 71.90  | 350.07               |
| 01:00 | 29.42                   | 97.16  | 74.53  | 336.93               |
| 02:00 | 29.36                   | 104.51 | 103.06 | 152.95               |
| 03:00 | 29.51                   | 104.86 | 103.61 | 141.35               |
| 04:00 | 29.65                   | 105.03 | 103.80 | 140.21               |
| 05:00 | 29.83                   | 105.56 | 102.23 | 120.54               |
| 06:00 | 30.00                   | 97.53  | 74.54  | 339.85               |
| 07:00 | 30.09                   | 95.97  | 69.96  | 362.83               |
| 08:00 | 30.24                   | 94.96  | 66.76  | 378.81               |
| 09:00 | 30.38                   | 94.49  | 65.12  | 387.39               |
| 10:00 | 30.33                   | 93.74  | 63.25  | 395.35               |
| 11:00 | 28.86                   | 92.14  | 61.42  | 396.94               |
| 12:00 | 29.45                   | 92.64  | 61.79  | 397.82               |
| 13:00 | 29.27                   | 92.58  | 61.91  | 396.59               |
| 14:00 | 29.01                   | 93.14  | 63.83  | 386.98               |
| 15:00 | 28.77                   | 93.34  | 64.84  | 380.97               |
| 16:00 | 28.86                   | 93.70  | 65.71  | 377.29               |
| 17:00 | 28.86                   | 93.33  | 64.64  | 382.32               |
| 18:00 | 28.92                   | 93.27  | 64.32  | 384.08               |
| 19:00 | 29.12                   | 98.02  | 92.37  | 316.67               |
| 20:00 | 28.86                   | 98.60  | 93.46  | 301.04               |
| 21:00 | 28.54                   | 92.87  | 63.91  | 384.23               |
| 22:00 | 28.25                   | 93.37  | 65.93  | 373.29               |
| 23:00 | 28.22                   | 94.25  | 68.55  | 360.60               |
| 00:00 | 29.42                   | 96.19  | 71.84  | 350.37               |

### Curva do Sistema:

Caso a elevatória possua variador de velocidade, este estará atuando em determinados horários do dia. Portanto, é conveniente que o sistema apresente uma curva para cada momento de operação.



Onde:

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| $H_m$ = | Altura manométrica (m)     |
| $H_g$ = | Altura geométrica (m)      |
| $H_f$ = | Perda de carga (m)         |
| $CH$ =  | Carga hidráulica no nó (m) |

A curva do sistema, em função da vazão, é dada por:

$$H_m = H_g + K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2$$

Onde:

|         |                                          |
|---------|------------------------------------------|
| $K_1$ = | Coeficiente de perda de carga linear     |
| $K_2$ = | Coeficiente de perda de carga localizada |
| $Q$ =   | Vazão (m³/s)                             |

#### 1) Altura Geométrica

$$H_g = CH(ND) - CH(NS)$$

|                        |          | Curva - I |      |
|------------------------|----------|-----------|------|
| Nó                     | Cota (m) | Pressão   | CH   |
| N978                   | 46.8     | 27.7      | 74.5 |
| N6746                  | 25.0     | 3.1       | 28.1 |
| Altura Geométrica (Hg) |          |           | 46.4 |

#### 2) Perda de carga

$$h_f = K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2$$

Onde  $K_1$  está relacionado com as perdas lineares e  $K_2$  com as perdas localizadas.

Uma vez que os dados utilizados provêm do EPANET, consideram-se as perdas localizadas inseridas nas perdas lineares. Portanto, é razoável considerar a aproximação:

$$K = \frac{h_f}{Q^{1.85}}$$

Onde:  $h_f = CH(\text{nó de recalque}) - CH(\text{nó desfavorável})$



Cálculo de K médio:

| Horas | h (m) | Q (l/s) | K  |
|-------|-------|---------|----|
| 00:00 | 24.31 | 704.14  | 47 |
| 01:00 | 22.63 | 677.57  | 46 |
| 02:00 | 1.45  | 152.95  | 47 |
| 03:00 | 1.25  | 141.35  | 47 |
| 04:00 | 1.23  | 140.21  | 47 |
| 05:00 | 3.33  | 242.97  | 46 |
| 06:00 | 22.99 | 683.47  | 46 |
| 07:00 | 26.01 | 729.97  | 47 |
| 08:00 | 28.20 | 762.31  | 47 |
| 09:00 | 29.37 | 779.01  | 47 |
| 10:00 | 30.49 | 794.78  | 47 |
| 11:00 | 30.72 | 797.99  | 47 |
| 12:00 | 30.85 | 799.78  | 47 |
| 13:00 | 30.67 | 797.29  | 47 |
| 14:00 | 29.31 | 778.25  | 47 |
| 15:00 | 28.50 | 766.68  | 47 |
| 16:00 | 27.99 | 759.22  | 47 |
| 17:00 | 28.69 | 769.42  | 47 |
| 18:00 | 28.95 | 772.98  | 47 |
| 19:00 | 5.65  | 316.67  | 47 |
| 20:00 | 5.14  | 301.04  | 47 |
| 21:00 | 28.96 | 773.25  | 47 |
| 22:00 | 27.44 | 751.14  | 47 |
| 23:00 | 25.70 | 725.45  | 47 |
| 00:00 | 24.35 | 704.74  | 47 |
| Média |       |         | 47 |

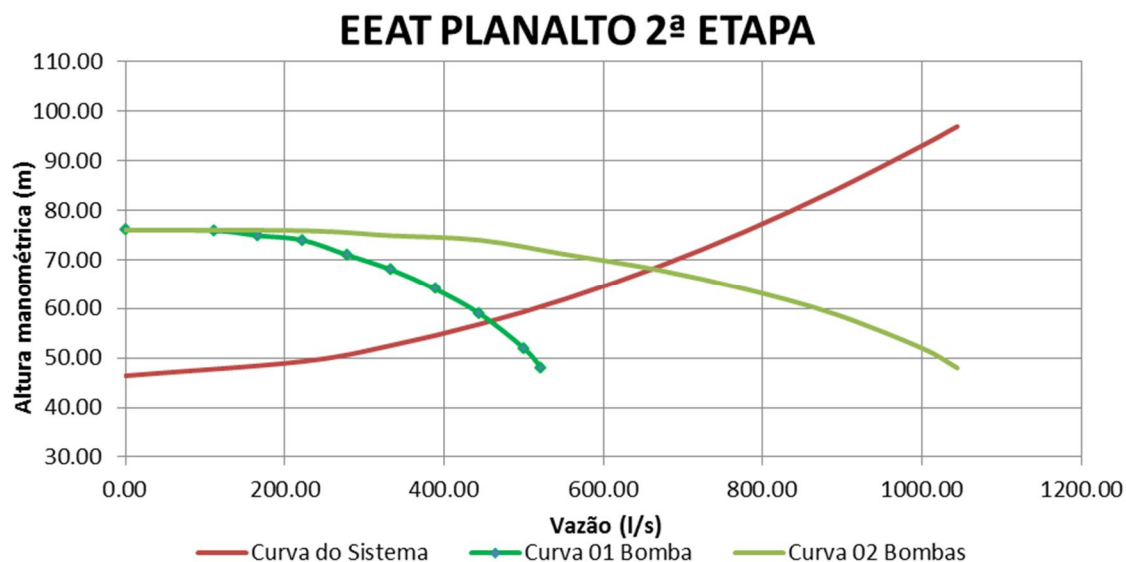
Admitindo um K médio para as duas situações e, considerando a altura geométrica calculada em (1), tem-se que a equação da curva do sistema pode ser dada pela equação abaixo:

Curva do sistema (média):

$$H_m = 46.4 + 46.6 \times Q^{1.85}$$

Neste caso, a curva da bomba é a curva da associação de duas bombas.

A partir das informações acima e, dada a curva característica do fabricante do conjunto motobomba escolhido para a Elevatória Planalto (2ª Etapa), obtém-se o gráfico das curvas da bomba e do sistema, conforme observado a seguir.



Curva da bomba e do sistema dimensionado

É possível observar o ponto de trabalho da booster em questão, com vazão de 330 l/s e altura manométrica em torno de 67 m.

## BOOSTER CIVIT

Situação: Existente a ser alterado  
 Variador de velocidade? Não  
 Modelo da Bomba: KSB Bipartida 250-600A

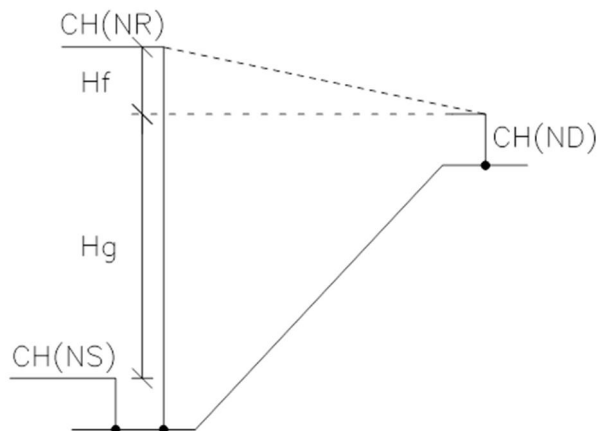
Dados do EPANET:

|                           |       |                      |          |
|---------------------------|-------|----------------------|----------|
| Nó de Sucção (NS)         | N1094 |                      | Cota (m) |
| Nó de Recalque (NR)       | N1095 | Elevatória           | 46.5     |
| Nó mais desfavorável (ND) | RV4   | Nó mais desfavorável | 87.0     |

| Horas | Carga hidráulica CH (m) |        |       | Vazão da bomba (l/s) |
|-------|-------------------------|--------|-------|----------------------|
|       | N1094                   | N1095  | RV4   |                      |
| 00:00 | 66.09                   | 175.35 | 91.00 | 252.19               |
| 01:00 | 68.61                   | 177.59 | 91.41 | 254.71               |
| 02:00 | 103.00                  | 98.26  | 91.77 | 0.00                 |
| 03:00 | 103.55                  | 92.47  | 91.08 | 0.00                 |
| 04:00 | 103.74                  | 90.45  | 90.42 | 0.00                 |
| 05:00 | 101.94                  | 224.94 | 89.76 | 100.00               |
| 06:00 | 68.54                   | 177.33 | 89.86 | 256.44               |
| 07:00 | 64.22                   | 173.64 | 90.36 | 250.72               |
| 08:00 | 61.23                   | 171.09 | 90.69 | 246.71               |
| 09:00 | 59.68                   | 169.77 | 90.89 | 244.56               |
| 10:00 | 57.92                   | 168.28 | 91.03 | 242.23               |
| 11:00 | 56.20                   | 166.80 | 91.10 | 240.00               |
| 12:00 | 56.55                   | 167.11 | 91.13 | 240.40               |
| 13:00 | 56.66                   | 167.21 | 91.17 | 240.49               |
| 14:00 | 58.47                   | 168.78 | 91.22 | 242.68               |
| 15:00 | 59.43                   | 169.62 | 91.33 | 243.71               |
| 16:00 | 60.25                   | 170.35 | 91.49 | 244.53               |
| 17:00 | 59.26                   | 169.52 | 91.68 | 243.08               |
| 18:00 | 58.96                   | 169.28 | 91.82 | 242.54               |
| 19:00 | 92.24                   | 75.58  | 91.35 | 0.00                 |
| 20:00 | 93.33                   | 70.84  | 90.26 | 0.00                 |
| 21:00 | 58.46                   | 168.54 | 89.53 | 244.73               |
| 22:00 | 60.37                   | 170.21 | 89.68 | 246.88               |
| 23:00 | 62.86                   | 172.40 | 89.92 | 249.61               |
| 00:00 | 66.00                   | 175.17 | 90.25 | 252.98               |

### Curva do Sistema:

Caso a elevatória possua variador de velocidade, este estará atuando em determinados horários do dia. Portanto, é conveniente que o sistema apresente uma curva para cada momento de operação.



Onde:

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| $H_m$ = | Altura manométrica (m)     |
| $H_g$ = | Altura geométrica (m)      |
| $H_f$ = | Perda de carga (m)         |
| $CH$ =  | Carga hidráulica no nó (m) |

A curva do sistema, em função da vazão, é dada por:

$$H_m = H_g + K_1 \times Q^{1,85} + K_2 \times Q^2$$

Onde:

|         |                                          |
|---------|------------------------------------------|
| $K_1$ = | Coeficiente de perda de carga linear     |
| $K_2$ = | Coeficiente de perda de carga localizada |
| $Q$ =   | Vazão (m³/s)                             |

#### 1) Altura Geométrica

$$H_g = CH(ND) - CH(NS)$$

|                        |          | Curva - I |      |
|------------------------|----------|-----------|------|
| Nó                     | Cota (m) | Pressão   | CH   |
| RV4                    | 87.0     | 3.8       | 90.8 |
| N1094                  | 46.5     | 23.8      | 70.3 |
| Altura Geométrica (Hg) |          |           | 20.5 |

#### 2) Perda de carga

$$h_f = K_1 \times Q^{1,85} + K_2 \times Q^2$$

Onde  $K_1$  está relacionado com as perdas lineares e  $K_2$  com as perdas localizadas.

Uma vez que os dados utilizados provêm do EPANET, consideram-se as perdas localizadas inseridas nas perdas lineares. Portanto, é razoável considerar a aproximação:

$$K = \frac{h_f}{Q^{1,85}}$$

Onde:  $h_f$  = CH (nó de recalque) - CH (nó desfavorável)

Cálculo de K médio:

| Horas | h (m)  | Q (l/s) | K    |
|-------|--------|---------|------|
| 00:00 | 84.35  | 504.39  | 299  |
| 01:00 | 86.18  | 509.41  | 300  |
| 02:00 | 6.49   | 0.00    |      |
| 03:00 | 1.39   | 0.00    |      |
| 04:00 | 0.03   | 0.00    |      |
| 05:00 | 135.18 | 100.00  | 9570 |
| 06:00 | 87.47  | 512.89  | 301  |
| 07:00 | 83.28  | 501.44  | 299  |
| 08:00 | 80.40  | 493.43  | 297  |
| 09:00 | 78.88  | 489.13  | 296  |
| 10:00 | 77.25  | 484.46  | 295  |
| 11:00 | 75.70  | 480.00  | 294  |
| 12:00 | 75.98  | 480.80  | 294  |
| 13:00 | 76.04  | 480.97  | 295  |
| 14:00 | 77.56  | 485.35  | 295  |
| 15:00 | 78.29  | 487.42  | 296  |
| 16:00 | 78.86  | 489.06  | 296  |
| 17:00 | 77.84  | 486.15  | 296  |
| 18:00 | 77.46  | 485.08  | 295  |
| 19:00 | -15.77 | 0.00    |      |
| 20:00 | -19.42 | 0.00    |      |
| 21:00 | 79.01  | 489.47  | 296  |
| 22:00 | 80.53  | 493.77  | 297  |
| 23:00 | 82.48  | 499.22  | 298  |
| 00:00 | 84.92  | 505.96  | 299  |
| Média |        |         | 761  |

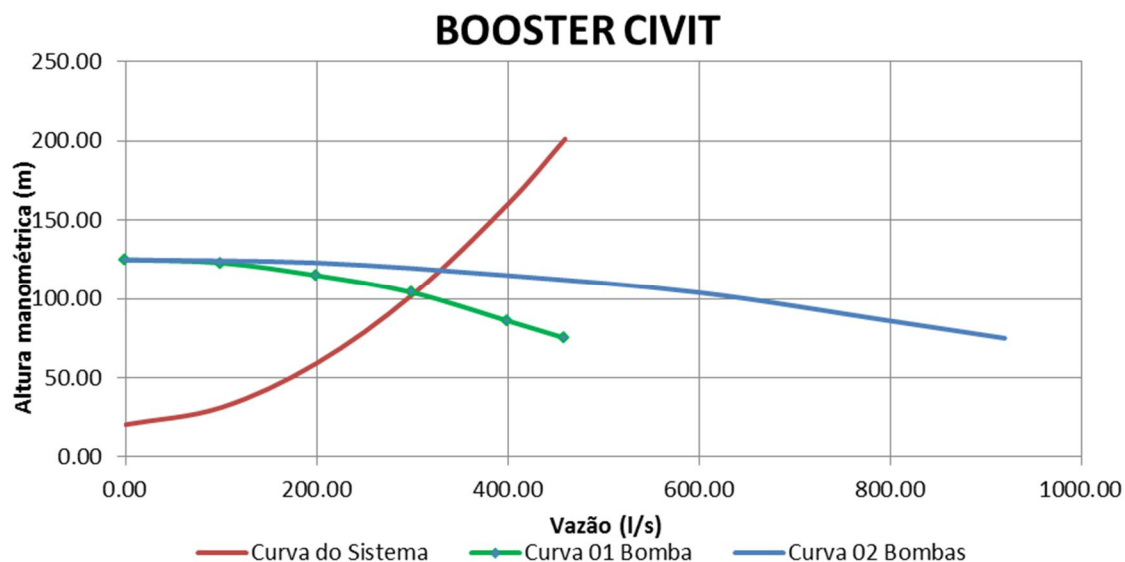
Admitindo um K médio para as duas situações e, considerando a altura geométrica calculada em (1), tem-se que a equação da curva do sistema pode ser dada pela equação abaixo:

Curva do sistema (média):

$$H_m = 20.5 + 760.5 \times Q^{1.85}$$

Neste caso, a curva da bomba é a curva da associação de duas bombas.

A partir das informações acima e, dada a curva característica do fabricante do conjunto motobomba escolhido para o Booster Civit, obtém-se o gráfico das curvas da bomba e do sistema, conforme observado a seguir.



Curva da bomba e do sistema dimensionado

É possível observar o ponto de trabalho da booster em questão, com vazão de 378 l/s e altura manométrica em torno de 146 m.



## BOOSTER NOVA CARAPINA

Situação: Projetado  
 Variador de velocidade? Sim  
 Modelo da Bomba: Bomba KSB Bipartida 200-340B

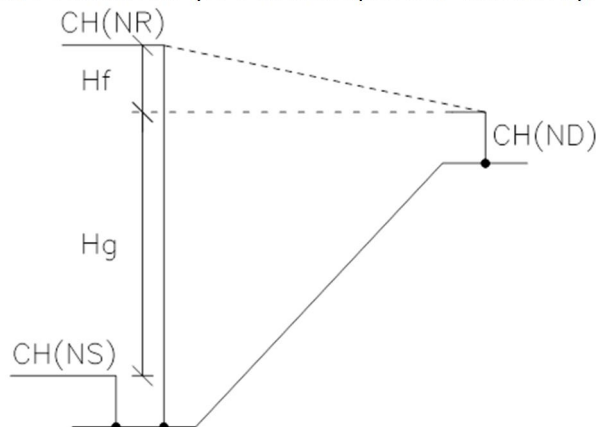
Dados do EPANET:

|                           |       |                      |          |
|---------------------------|-------|----------------------|----------|
| Nó de Sucção (NS)         | N7193 |                      | Cota (m) |
| Nó de Recalque (NR)       | N7194 | Elevatória           | 46.5     |
| Nó mais desfavorável (ND) | N3199 | Nó mais desfavorável | 51.4     |

| Horas | Carga hidráulica CH (m) |        |       | Vazão da bomba (l/s) |
|-------|-------------------------|--------|-------|----------------------|
|       | N7193                   | N7194  | N3199 |                      |
| 00:00 | 70.57                   | 97.09  | 64.20 | 87.65                |
| 01:00 | 73.58                   | 93.38  | 64.64 | 73.87                |
| 02:00 | 102.28                  | 102.27 | 64.86 | 0.00                 |
| 03:00 | 102.94                  | 102.94 | 65.02 | 0.00                 |
| 04:00 | 103.14                  | 103.14 | 65.04 | 0.00                 |
| 05:00 | 101.54                  | 101.54 | 65.00 | 0.00                 |
| 06:00 | 73.56                   | 93.30  | 64.60 | 74.90                |
| 07:00 | 68.24                   | 86.18  | 63.73 | 99.18                |
| 08:00 | 64.40                   | 80.67  | 63.00 | 116.15               |
| 09:00 | 62.39                   | 85.36  | 62.57 | 125.82               |
| 10:00 | 60.12                   | 82.01  | 62.10 | 134.78               |
| 11:00 | 58.14                   | 79.61  | 61.82 | 138.21               |
| 12:00 | 58.49                   | 79.91  | 61.89 | 138.63               |
| 13:00 | 58.66                   | 80.21  | 61.95 | 137.50               |
| 14:00 | 61.04                   | 83.83  | 62.49 | 127.29               |
| 15:00 | 62.29                   | 85.80  | 62.78 | 121.34               |
| 16:00 | 63.32                   | 87.23  | 62.98 | 117.34               |
| 17:00 | 62.02                   | 85.33  | 62.70 | 123.08               |
| 18:00 | 61.62                   | 84.68  | 62.60 | 125.09               |
| 19:00 | 89.10                   | 89.09  | 62.02 | 0.00                 |
| 20:00 | 90.50                   | 90.49  | 62.37 | 0.00                 |
| 21:00 | 61.28                   | 84.55  | 62.68 | 123.39               |
| 22:00 | 63.77                   | 88.23  | 63.22 | 111.85               |
| 23:00 | 66.86                   | 92.51  | 63.78 | 98.64                |
| 00:00 | 70.52                   | 89.48  | 64.20 | 86.70                |

### Curva do Sistema:

Caso a elevatória possua variador de velocidade, este estará atuando em determinados horários do dia. Portanto, é conveniente que o sistema apresente uma curva para cada momento de operação.



Onde:

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| $H_m =$ | Altura manométrica (m)     |
| $H_g =$ | Altura geométrica (m)      |
| $H_f =$ | Perda de carga (m)         |
| $CH =$  | Carga hidráulica no nó (m) |

A curva do sistema, em função da vazão, é dada por:

$$H_m = H_g + K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2$$

Onde:

|         |                                          |
|---------|------------------------------------------|
| $K_1 =$ | Coeficiente de perda de carga linear     |
| $K_2 =$ | Coeficiente de perda de carga localizada |
| $Q =$   | Vazão (m³/s)                             |

#### 1) Altura Geométrica

$$H_g = CH(ND) - CH(NS)$$

| Curva - I              |          |         |      |
|------------------------|----------|---------|------|
| Nó                     | Cota (m) | Pressão | CH   |
| N3199                  | 51.4     | 11.9    | 63.3 |
| N7193                  | 46.5     | 25.9    | 72.4 |
| Altura Geométrica (Hg) |          |         | -9.1 |

#### 2) Perda de carga

$$h_f = K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2$$

Onde  $K_1$  está relacionado com as perdas lineares e  $K_2$  com as perdas localizadas.

Uma vez que os dados utilizados provêm do EPANET, consideram-se as perdas localizadas inseridas nas perdas lineares. Portanto, é razoável considerar a aproximação:

$$K = \frac{h_f}{Q^{1.85}}$$

Onde:  $h_f = CH(\text{nó de recalque}) - CH(\text{nó desfavorável})$

Cálculo de K médio:

| Horas | h (m) | Q (l/s) | K    |
|-------|-------|---------|------|
| 00:00 | 32.89 | 87.65   | 2971 |
| 01:00 | 28.74 | 73.87   | 3563 |
| 02:00 | 37.41 | 68.16   | 5382 |
| 03:00 | 37.92 | 63.25   | 6265 |
| 04:00 | 38.10 | 62.78   | 6382 |
| 05:00 | 36.54 | 63.84   | 5934 |
| 06:00 | 28.70 | 74.90   | 3468 |
| 07:00 | 22.45 | 99.18   | 1614 |
| 08:00 | 17.67 | 116.15  | 948  |
| 09:00 | 22.79 | 125.82  | 1055 |
| 10:00 | 19.91 | 134.78  | 811  |
| 11:00 | 17.79 | 138.21  | 692  |
| 12:00 | 18.02 | 138.63  | 697  |
| 13:00 | 18.26 | 137.50  | 717  |
| 14:00 | 21.34 | 127.29  | 967  |
| 15:00 | 23.02 | 121.34  | 1139 |
| 16:00 | 24.25 | 117.34  | 1277 |
| 17:00 | 22.63 | 123.08  | 1091 |
| 18:00 | 22.08 | 125.09  | 1033 |
| 19:00 | 27.07 | 137.12  | 1069 |
| 20:00 | 28.12 | 130.55  | 1216 |
| 21:00 | 21.87 | 123.39  | 1049 |
| 22:00 | 25.01 | 111.85  | 1439 |
| 23:00 | 28.73 | 98.64   | 2086 |
| 00:00 | 25.28 | 86.70   | 2330 |
| Média |       |         | 2208 |

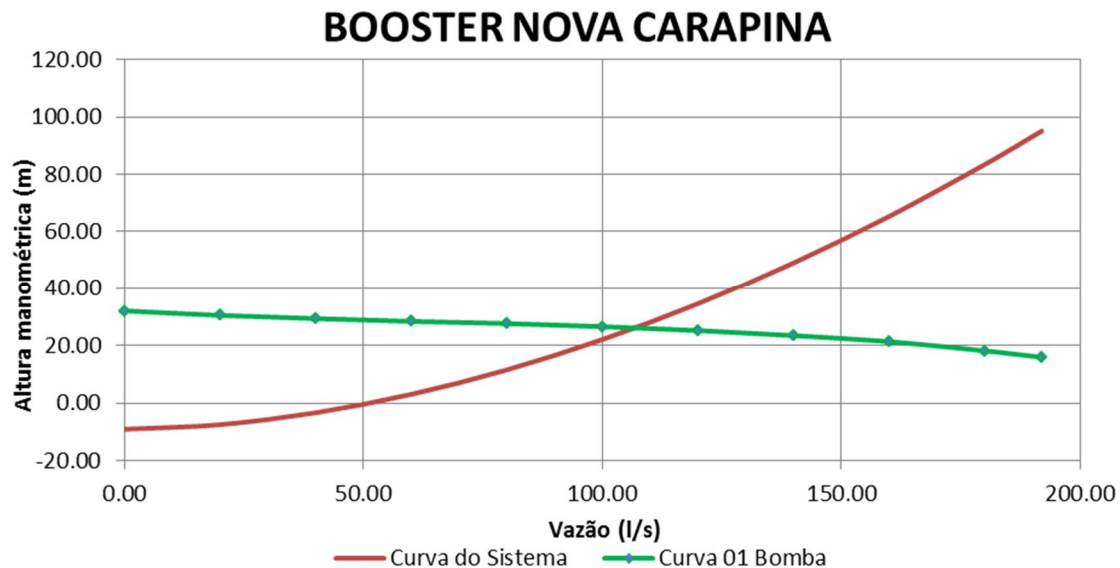
Admitindo um K médio para as duas situações e, considerando a altura geométrica calculada em (1), tem-se que a equação da curva do sistema pode ser dada pela equação abaixo:

Curva do sistema (média):

$$H_m = -9.1 + 2207.9 \times Q^{1.85}$$

A curva da bomba é a curva do fabricante, com a utilização de inversor

A partir das informações acima e, dada a curva característica do fabricante do conjunto motobomba escolhido para o Booster Nova Carapina, obtém-se o gráfico das curvas da bomba e do sistema, conforme observado a seguir.



Curva da bomba e do sistema dimensionado

É possível observar o ponto de trabalho da booster em questão, com vazão de 107 l/s e altura manométrica em torno de 26 m.

## BOOSTER PLANALTO SERRANO

Situação: Existente a ser alterado  
 Variador de velocidade? Não  
 Modelo da Bomba: KSB - 100 -315

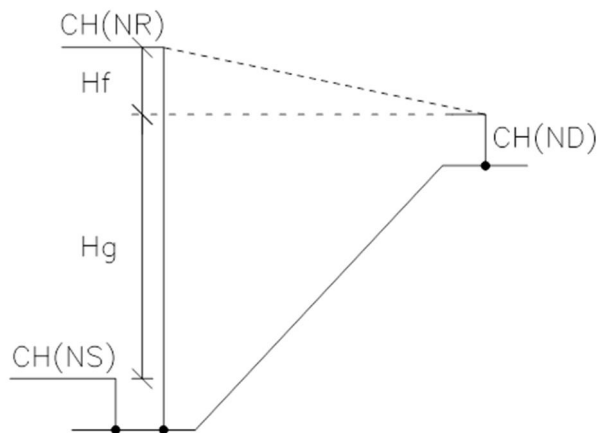
Dados do EPANET:

|                           |       |                      |          |
|---------------------------|-------|----------------------|----------|
| Nó de Sucção (NS)         | N2653 |                      | Cota (m) |
| Nó de Recalque (NR)       | N1923 | Elevatória           | 5.1      |
| Nó mais desfavorável (ND) | N8339 | Nó mais desfavorável | 55.0     |

| Horas | Carga hidráulica CH (m) |       |       | Vazão da bomba (l/s) |
|-------|-------------------------|-------|-------|----------------------|
|       | N2653                   | N1923 | N8339 |                      |
| 00:00 | 46.14                   | 89.34 | 86.26 | 29.42                |
| 01:00 | 48.33                   | 92.12 | 89.38 | 26.16                |
| 02:00 | 48.84                   | 92.94 | 90.38 | 24.43                |
| 03:00 | 48.78                   | 93.11 | 90.68 | 23.14                |
| 04:00 | 48.12                   | 92.49 | 90.08 | 22.96                |
| 05:00 | 47.76                   | 92.08 | 89.64 | 23.26                |
| 06:00 | 46.72                   | 90.49 | 87.75 | 26.31                |
| 07:00 | 43.36                   | 86.00 | 82.57 | 32.55                |
| 08:00 | 40.56                   | 82.29 | 78.32 | 36.90                |
| 09:00 | 38.99                   | 80.23 | 75.97 | 39.16                |
| 10:00 | 37.24                   | 77.98 | 73.41 | 41.47                |
| 11:00 | 36.51                   | 77.05 | 72.35 | 42.41                |
| 12:00 | 36.47                   | 77.00 | 72.28 | 42.49                |
| 13:00 | 36.75                   | 77.33 | 72.66 | 42.20                |
| 14:00 | 38.92                   | 80.07 | 75.75 | 39.58                |
| 15:00 | 40.19                   | 81.67 | 77.55 | 38.07                |
| 16:00 | 41.08                   | 82.78 | 78.79 | 37.05                |
| 17:00 | 40.10                   | 81.48 | 77.30 | 38.53                |
| 18:00 | 39.81                   | 81.07 | 76.82 | 39.05                |
| 19:00 | 36.94                   | 77.60 | 72.98 | 41.85                |
| 20:00 | 37.19                   | 78.23 | 73.85 | 40.11                |
| 21:00 | 37.92                   | 79.31 | 75.15 | 38.48                |
| 22:00 | 40.26                   | 82.29 | 78.50 | 35.54                |
| 23:00 | 42.81                   | 85.52 | 82.14 | 32.17                |
| 00:00 | 44.91                   | 88.13 | 85.07 | 29.33                |

### Curva do Sistema:

Caso a elevatória possua variador de velocidade, este estará atuando em determinados horários do dia. Portanto, é conveniente que o sistema apresente uma curva para cada momento de operação.



Onde:

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| $H_m$ = | Altura manométrica (m)     |
| $H_g$ = | Altura geométrica (m)      |
| $H_f$ = | Perda de carga (m)         |
| $CH$ =  | Carga hidráulica no nó (m) |

A curva do sistema, em função da vazão, é dada por:

$$H_m = H_g + K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2$$

Onde:

|         |                                          |
|---------|------------------------------------------|
| $K_1$ = | Coeficiente de perda de carga linear     |
| $K_2$ = | Coeficiente de perda de carga localizada |
| $Q$ =   | Vazão (m³/s)                             |

#### 1) Altura Geométrica

$$H_g = CH(ND) - CH(NS)$$

|                        |          | Curva - I |      |
|------------------------|----------|-----------|------|
| Nó                     | Cota (m) | Pressão   | CH   |
| N8339                  | 55.0     | 25.2      | 80.2 |
| N2653                  | 5.1      | 36.7      | 41.8 |
| Altura Geométrica (Hg) |          |           | 38.4 |

#### 2) Perda de carga

$$h_f = K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2$$

Onde  $K_1$  está relacionado com as perdas lineares e  $K_2$  com as perdas localizadas.

Uma vez que os dados utilizados provêm do EPANET, consideram-se as perdas localizadas inseridas nas perdas lineares. Portanto, é razoável considerar a aproximação:

$$K = \frac{h_f}{Q^{1.85}}$$

Onde:  $h_f$  = CH (nó de recalque) - CH (nó desfavorável)



Cálculo de K médio:

| Horas | h (m) | Q (l/s) | K    |
|-------|-------|---------|------|
| 00:00 | 3.08  | 29.42   | 2097 |
| 01:00 | 2.74  | 26.16   | 2318 |
| 02:00 | 2.56  | 24.43   | 2458 |
| 03:00 | 2.43  | 23.14   | 2579 |
| 04:00 | 2.41  | 22.96   | 2595 |
| 05:00 | 2.44  | 23.26   | 2565 |
| 06:00 | 2.74  | 26.31   | 2294 |
| 07:00 | 3.43  | 32.55   | 1937 |
| 08:00 | 3.97  | 36.90   | 1777 |
| 09:00 | 4.26  | 39.16   | 1709 |
| 10:00 | 4.57  | 41.47   | 1649 |
| 11:00 | 4.70  | 42.41   | 1627 |
| 12:00 | 4.72  | 42.49   | 1628 |
| 13:00 | 4.67  | 42.20   | 1631 |
| 14:00 | 4.32  | 39.58   | 1699 |
| 15:00 | 4.12  | 38.07   | 1741 |
| 16:00 | 3.99  | 37.05   | 1773 |
| 17:00 | 4.18  | 38.53   | 1728 |
| 18:00 | 4.25  | 39.05   | 1714 |
| 19:00 | 4.62  | 41.85   | 1639 |
| 20:00 | 4.38  | 40.11   | 1681 |
| 21:00 | 4.16  | 38.48   | 1723 |
| 22:00 | 3.79  | 35.54   | 1819 |
| 23:00 | 3.38  | 32.17   | 1950 |
| 00:00 | 3.06  | 29.33   | 2095 |
| Média |       |         | 1937 |

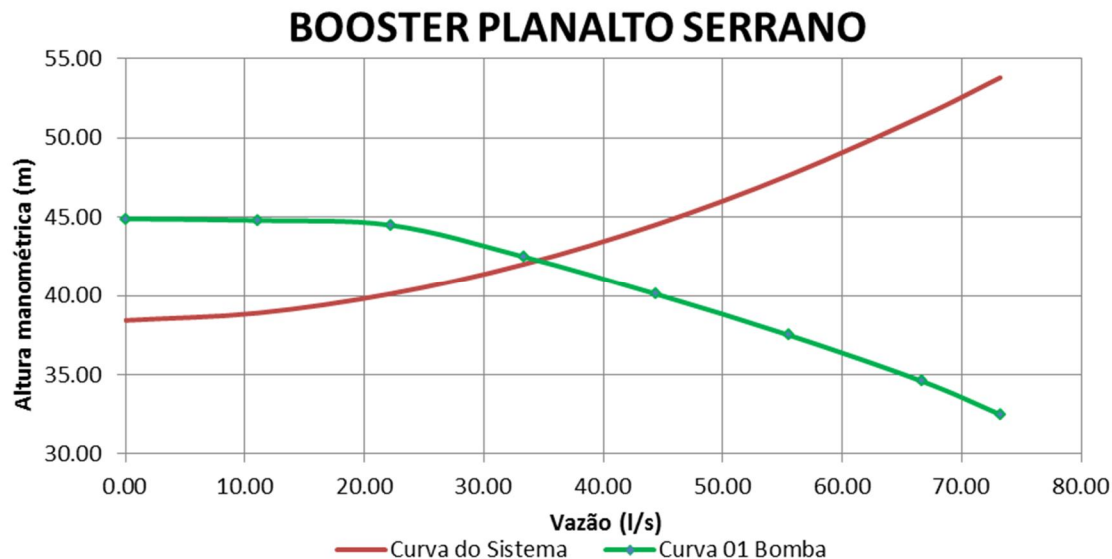
Admitindo um K médio para as duas situações e, considerando a altura geométrica calculada em (1), tem-se que a equação da curva do sistema pode ser dada pela equação abaixo:

Curva do sistema (média):

$$H_m = 38.4 + 1937.0 \times Q^{1.85}$$

A curva da bomba é a curva do fabricante, caso não haja utilização de inversor, nem usinagem de rotor.

A partir das informações acima e, dada a curva característica do fabricante do conjunto motobomba escolhido para o Booster Planalto Serrano, obtém-se o gráfico das curvas da bomba e do sistema, conforme observado a seguir.



Curva da bomba e do sistema dimensionado

É possível observar o ponto de trabalho da booster em questão, com vazão de 34 l/s e altura manométrica em torno de 42 m.

## BOOSTER BELVEDERE

Situação: Existente a ser alterado  
 Variador de velocidade? Não  
 Modelo da Bomba: DANCOR CAM W19

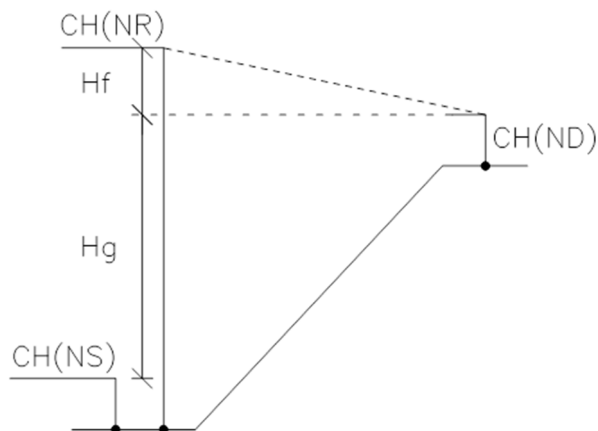
Dados do EPANET:

|                           |       |                      |          |
|---------------------------|-------|----------------------|----------|
| Nó de Sucção (NS)         | N2393 |                      | Cota (m) |
| Nó de Recalque (NR)       | N2390 | Elevatória           | 34.5     |
| Nó mais desfavorável (ND) | NC837 | Nó mais desfavorável | 78.0     |

| Horas | Carga hidráulica CH (m) |        |        | Vazão da bomba (l/s) |
|-------|-------------------------|--------|--------|----------------------|
|       | N2393                   | N2390  | NC837  |                      |
| 00:00 | 78.66                   | 101.69 | 100.82 | 3.43                 |
| 01:00 | 81.43                   | 104.94 | 104.24 | 3.03                 |
| 02:00 | 82.85                   | 106.55 | 105.92 | 2.86                 |
| 03:00 | 83.01                   | 106.84 | 106.27 | 2.72                 |
| 04:00 | 82.50                   | 106.34 | 105.78 | 2.69                 |
| 05:00 | 81.73                   | 105.56 | 104.99 | 2.70                 |
| 06:00 | 79.91                   | 103.43 | 102.74 | 3.02                 |
| 07:00 | 75.85                   | 98.61  | 97.61  | 3.66                 |
| 08:00 | 72.56                   | 94.79  | 93.56  | 4.10                 |
| 09:00 | 70.75                   | 92.70  | 91.34  | 4.33                 |
| 10:00 | 68.74                   | 90.42  | 88.92  | 4.56                 |
| 11:00 | 67.91                   | 89.48  | 87.92  | 4.66                 |
| 12:00 | 67.86                   | 89.42  | 87.86  | 4.67                 |
| 13:00 | 68.17                   | 89.77  | 88.22  | 4.64                 |
| 14:00 | 70.65                   | 92.56  | 91.17  | 4.38                 |
| 15:00 | 72.12                   | 94.19  | 92.89  | 4.23                 |
| 16:00 | 73.15                   | 95.34  | 94.10  | 4.13                 |
| 17:00 | 72.01                   | 94.03  | 92.70  | 4.28                 |
| 18:00 | 71.67                   | 93.62  | 92.26  | 4.34                 |
| 19:00 | 68.65                   | 90.28  | 88.76  | 4.61                 |
| 20:00 | 69.30                   | 91.15  | 89.74  | 4.42                 |
| 21:00 | 70.12                   | 92.18  | 90.87  | 4.25                 |
| 22:00 | 72.80                   | 95.21  | 94.06  | 3.95                 |
| 23:00 | 75.73                   | 98.53  | 97.56  | 3.62                 |
| 00:00 | 78.15                   | 101.29 | 100.45 | 3.34                 |

### Curva do Sistema:

Caso a elevatória possua variador de velocidade, este estará atuando em determinados horários do dia. Portanto, é conveniente que o sistema apresente uma curva para cada momento de operação.



Onde:

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| $H_m =$ | Altura manométrica (m)     |
| $H_g =$ | Altura geométrica (m)      |
| $H_f =$ | Perda de carga (m)         |
| $CH =$  | Carga hidráulica no nó (m) |

A curva do sistema, em função da vazão, é dada por:

$$H_m = H_g + K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2$$

Onde:

|         |                                          |
|---------|------------------------------------------|
| $K_1 =$ | Coeficiente de perda de carga linear     |
| $K_2 =$ | Coeficiente de perda de carga localizada |
| $Q =$   | Vazão (m³/s)                             |

#### 1) Altura Geométrica

$$H_g = CH(ND) - CH(NS)$$

|                        |          | Curva - I |      |
|------------------------|----------|-----------|------|
| Nó                     | Cota (m) | Pressão   | CH   |
| NC837                  | 78.0     | 17.6      | 95.6 |
| N2393                  | 34.5     | 39.8      | 74.3 |
| Altura Geométrica (Hg) |          |           | 21.4 |

#### 2) Perda de carga

$$h_f = K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2$$

Onde  $K_1$  está relacionado com as perdas lineares e  $K_2$  com as perdas localizadas.

Uma vez que os dados utilizados provêm do EPANET, consideram-se as perdas localizadas inseridas nas perdas lineares. Portanto, é razoável considerar a aproximação:

$$K = \frac{h_f}{Q^{1.85}}$$

Onde:  $h_f = CH(\text{nó de recalque}) - CH(\text{nó desfavorável})$

Cálculo de K médio:

| Horas | h (m) | Q (l/s) | K     |
|-------|-------|---------|-------|
| 00:00 | 0.87  | 3.43    | 31566 |
| 01:00 | 0.70  | 3.03    | 31947 |
| 02:00 | 0.63  | 2.86    | 31994 |
| 03:00 | 0.57  | 2.72    | 31763 |
| 04:00 | 0.56  | 2.69    | 31853 |
| 05:00 | 0.57  | 2.70    | 32200 |
| 06:00 | 0.69  | 3.02    | 31684 |
| 07:00 | 1.00  | 3.66    | 32178 |
| 08:00 | 1.23  | 4.10    | 32082 |
| 09:00 | 1.36  | 4.33    | 32065 |
| 10:00 | 1.50  | 4.56    | 32137 |
| 11:00 | 1.56  | 4.66    | 32108 |
| 12:00 | 1.56  | 4.67    | 31981 |
| 13:00 | 1.55  | 4.64    | 32157 |
| 14:00 | 1.39  | 4.38    | 32084 |
| 15:00 | 1.30  | 4.23    | 32005 |
| 16:00 | 1.24  | 4.13    | 31909 |
| 17:00 | 1.33  | 4.28    | 32039 |
| 18:00 | 1.36  | 4.34    | 31929 |
| 19:00 | 1.52  | 4.61    | 31915 |
| 20:00 | 1.41  | 4.42    | 32003 |
| 21:00 | 1.31  | 4.25    | 31971 |
| 22:00 | 1.15  | 3.95    | 32136 |
| 23:00 | 0.97  | 3.62    | 31854 |
| 00:00 | 0.84  | 3.34    | 32015 |
| Média |       |         | 31983 |

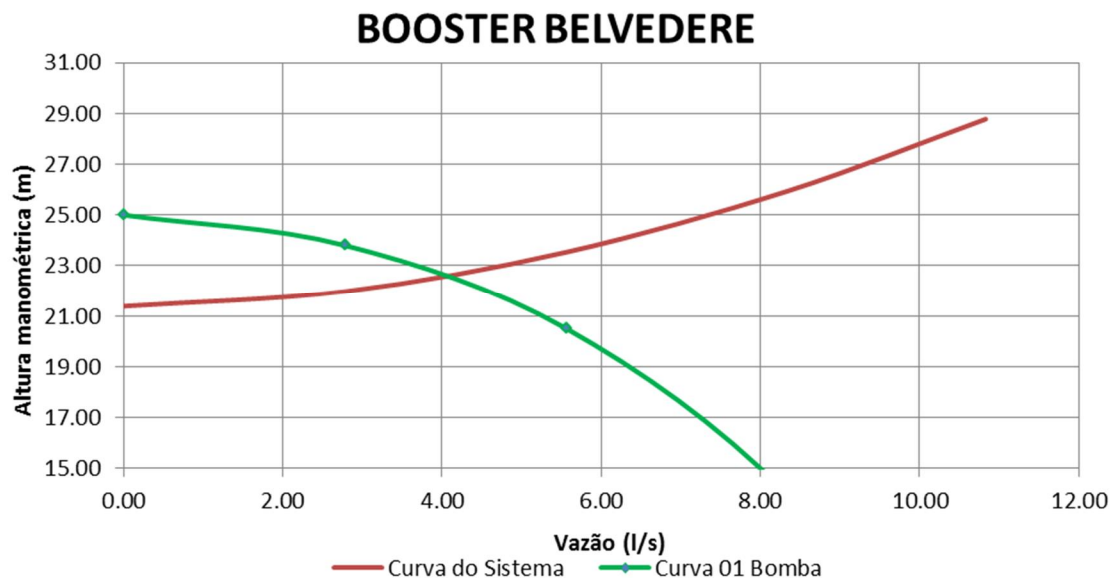
Admitindo um K médio para as duas situações e, considerando a altura geométrica calculada em (1), tem-se que a equação da curva do sistema pode ser dada pela equação abaixo:

Curva do sistema (média):

$$H_m = 21.4 + 31982.9 \times Q^{1.85}$$

A curva da bomba é a curva do fabricante, caso não haja utilização de inversor, nem usinagem de rotor.

A partir das informações acima e, dada a curva característica do fabricante do conjunto motobomba escolhido para o Booster Belvedere, obtém-se o gráfico das curvas da bomba e do sistema, conforme observado a seguir.



Curva da bomba e do sistema dimensionado

É possível observar o ponto de trabalho da booster em questão, com vazão de 4 l/s e altura manométrica em torno de 22.5 m.



## BOOSTER SÃO JUDAS TADEU

Situação:                                  Projetado (Relocado)  
 Variador de velocidade?                                  Não  
 Modelo da Bomba:                                  Bomba KSB Meganorm 32-125.1

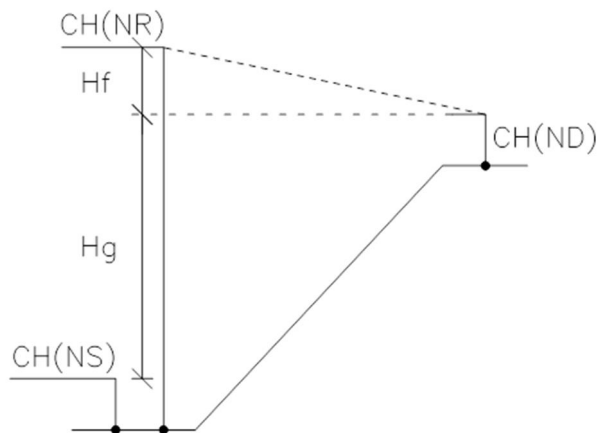
Dados do EPANET:

|                           |       |                      |          |
|---------------------------|-------|----------------------|----------|
| Nó de Sucção (NS)         | NC418 |                      | Cota (m) |
| Nó de Recalque (NR)       | N7596 | Elevatória           | 76.0     |
| Nó mais desfavorável (ND) | N6696 | Nó mais desfavorável | 84.0     |

| Horas | Carga hidráulica CH (m) |        |        | Vazão da bomba (l/s) |
|-------|-------------------------|--------|--------|----------------------|
|       | NC418                   | N7596  | N6696  |                      |
| 00:00 | 88.91                   | 101.66 | 101.50 | 2.06                 |
| 01:00 | 89.77                   | 102.61 | 102.50 | 1.72                 |
| 02:00 | 90.35                   | 103.23 | 103.14 | 1.54                 |
| 03:00 | 89.81                   | 102.73 | 102.65 | 1.41                 |
| 04:00 | 89.16                   | 102.09 | 102.01 | 1.39                 |
| 05:00 | 88.47                   | 101.39 | 101.31 | 1.42                 |
| 06:00 | 88.20                   | 101.04 | 100.92 | 1.73                 |
| 07:00 | 87.79                   | 100.35 | 100.15 | 2.38                 |
| 08:00 | 87.35                   | 99.55  | 99.27  | 2.84                 |
| 09:00 | 87.12                   | 99.12  | 98.80  | 3.08                 |
| 10:00 | 86.78                   | 98.59  | 98.23  | 3.32                 |
| 11:00 | 86.66                   | 98.35  | 97.96  | 3.42                 |
| 12:00 | 86.68                   | 98.36  | 97.97  | 3.43                 |
| 13:00 | 86.78                   | 98.49  | 98.11  | 3.39                 |
| 14:00 | 87.36                   | 99.33  | 99.00  | 3.12                 |
| 15:00 | 87.78                   | 99.88  | 99.58  | 2.96                 |
| 16:00 | 88.13                   | 100.31 | 100.03 | 2.86                 |
| 17:00 | 88.03                   | 100.09 | 99.78  | 3.01                 |
| 18:00 | 88.07                   | 100.09 | 99.77  | 3.07                 |
| 19:00 | 87.00                   | 98.76  | 98.37  | 3.36                 |
| 20:00 | 86.27                   | 98.19  | 97.84  | 3.18                 |
| 21:00 | 85.89                   | 97.95  | 97.64  | 3.01                 |
| 22:00 | 86.59                   | 98.90  | 98.65  | 2.70                 |
| 23:00 | 87.40                   | 100.00 | 99.81  | 2.35                 |
| 00:00 | 88.17                   | 100.92 | 100.76 | 2.05                 |

### Curva do Sistema:

Caso a elevatória possua variador de velocidade, este estará atuando em determinados horários do dia. Portanto, é conveniente que o sistema apresente uma curva para cada momento de operação.



Onde:

|         |                            |
|---------|----------------------------|
| $H_m$ = | Altura manométrica (m)     |
| $H_g$ = | Altura geométrica (m)      |
| $H_f$ = | Perda de carga (m)         |
| $CH$ =  | Carga hidráulica no nó (m) |

A curva do sistema, em função da vazão, é dada por:

$$H_m = H_g + K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2$$

Onde:

|         |                                          |
|---------|------------------------------------------|
| $K_1$ = | Coeficiente de perda de carga linear     |
| $K_2$ = | Coeficiente de perda de carga localizada |
| $Q$ =   | Vazão (m³/s)                             |

#### 1) Altura Geométrica

$$H_g = CH(ND) - CH(NS)$$

|                        |          | Curva - I |      |
|------------------------|----------|-----------|------|
| Nó                     | Cota (m) | Pressão   | CH   |
| N6696                  | 84.0     | 15.8      | 99.8 |
| NC418                  | 76.0     | 11.8      | 87.8 |
| Altura Geométrica (Hg) |          |           | 12.0 |

#### 2) Perda de carga

$$h_f = K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2$$

Onde  $K_1$  está relacionado com as perdas lineares e  $K_2$  com as perdas localizadas.

Uma vez que os dados utilizados provêm do EPANET, consideram-se as perdas localizadas inseridas nas perdas lineares. Portanto, é razoável considerar a aproximação:

$$K = \frac{h_f}{Q^{1.85}}$$

Onde:  $h_f = CH(\text{nó de recalque}) - CH(\text{nó desfavorável})$

Cálculo de K médio:

| Horas | h (m) | Q (l/s) | K     |
|-------|-------|---------|-------|
| 00:00 | 0.16  | 2.06    | 14910 |
| 01:00 | 0.11  | 1.72    | 14311 |
| 02:00 | 0.09  | 1.54    | 14366 |
| 03:00 | 0.08  | 1.41    | 15033 |
| 04:00 | 0.08  | 1.39    | 15435 |
| 05:00 | 0.08  | 1.42    | 14837 |
| 06:00 | 0.12  | 1.73    | 15445 |
| 07:00 | 0.20  | 2.38    | 14268 |
| 08:00 | 0.28  | 2.84    | 14405 |
| 09:00 | 0.32  | 3.08    | 14169 |
| 10:00 | 0.36  | 3.32    | 13874 |
| 11:00 | 0.39  | 3.42    | 14227 |
| 12:00 | 0.39  | 3.43    | 14150 |
| 13:00 | 0.38  | 3.39    | 14090 |
| 14:00 | 0.33  | 3.12    | 14267 |
| 15:00 | 0.30  | 2.96    | 14297 |
| 16:00 | 0.28  | 2.86    | 14219 |
| 17:00 | 0.31  | 3.01    | 14322 |
| 18:00 | 0.32  | 3.07    | 14254 |
| 19:00 | 0.39  | 3.36    | 14701 |
| 20:00 | 0.35  | 3.18    | 14608 |
| 21:00 | 0.31  | 3.01    | 14322 |
| 22:00 | 0.25  | 2.70    | 14123 |
| 23:00 | 0.19  | 2.35    | 13876 |
| 00:00 | 0.16  | 2.05    | 15044 |
| Média |       |         | 14462 |

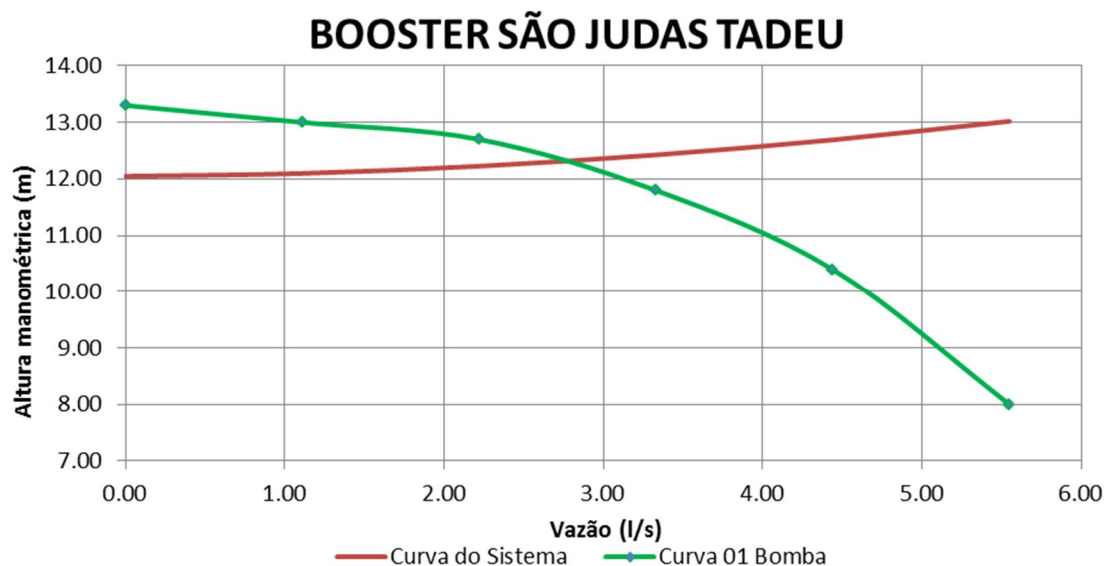
Admitindo um K médio para as duas situações e, considerando a altura geométrica calculada em (1), tem-se que a equação da curva do sistema pode ser dada pela equação abaixo:

Curva do sistema (média):

$$H_m = 12.0 + 14462.1 \times Q^{1.85}$$

A curva da bomba é a curva do fabricante, caso não haja utilização de inversor, nem usinagem de rotor.

A partir das informações acima e, dada a curva característica do fabricante do conjunto motobomba escolhido para o Booster São Judas Tadeus, obtém-se o gráfico das curvas da bomba e do sistema, conforme observado a seguir.



Curva da bomba e do sistema dimensionado

É possível observar o ponto de trabalho da booster em questão, com vazão de 2.6 l/s e altura manométrica em torno de 12.3 m.

## ANEXO 2 LISTA DE DESENHOS

Seguem abaixo as listas de desenhos identificadas pelos números da CESAN.

Tabela A1.1 – Lista de desenhos do Tomo 1.

| -  | Número da CESAN        | Referência do desenho                                                                       | Situação |
|----|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1  | C-035-000-80-5-XX-0630 | REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA-DIVISÃO DE SETORES                                             | EMIÇÃO   |
| 2  | C-035-000-80-5-XX-0631 | REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA-DISTRITOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE DO SETOR SERRA SEDE E CAMPINHO | EMIÇÃO   |
| 3  | C-035-000-80-5-XX-0632 | REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA-DISTRITOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE DO SETOR NOVA CARAPINA         | EMIÇÃO   |
| 4  | C-035-000-80-5-XX-0633 | REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA-DISTRITOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE DO SETOR CIVIT                 | EMIÇÃO   |
| 5  | C-035-000-80-5-XX-0634 | ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUA TRATADA-PLANTA GERAL                                           | EMIÇÃO   |
| 6  | C-035-000-80-5-XX-0635 | VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO-PLANTA GERAL                                                  | EMIÇÃO   |
| 7  | C-035-000-80-5-XX-0562 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 359-776                                                                | EMIÇÃO   |
| 8  | C-035-000-80-5-XX-0563 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 359-777                                                                | EMIÇÃO   |
| 9  | C-035-000-80-5-XX-0564 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 360-776                                                                | EMIÇÃO   |
| 10 | C-035-000-80-5-XX-0565 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 360-777                                                                | EMIÇÃO   |
| 11 | C-035-000-80-5-XX-0566 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 361-773                                                                | EMIÇÃO   |
| 12 | C-035-000-80-5-XX-0567 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 361-774                                                                | EMIÇÃO   |
| 13 | C-035-000-80-5-XX-0568 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 361-775                                                                | EMIÇÃO   |
| 14 | C-035-000-80-5-XX-0569 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 361-776                                                                | EMIÇÃO   |
| 15 | C-035-000-80-5-XX-0570 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 362-772                                                                | EMIÇÃO   |
| 16 | C-035-000-80-5-XX-0571 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 362-773                                                                | EMIÇÃO   |
| 17 | C-035-000-80-5-XX-0572 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 362-774                                                                | EMIÇÃO   |
| 18 | C-035-000-80-5-XX-0573 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 362-775                                                                | EMIÇÃO   |
| 19 | C-035-000-80-5-XX-0574 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 363-772                                                                | EMIÇÃO   |
| 20 | C-035-000-80-5-XX-0575 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 363-773                                                                | EMIÇÃO   |
| 21 | C-035-000-80-5-XX-0576 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 363-774                                                                | EMIÇÃO   |
| 22 | C-035-000-80-5-XX-0577 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 363-775                                                                | EMIÇÃO   |
| 23 | C-035-000-80-5-XX-0578 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 364-771                                                                | EMIÇÃO   |
| 24 | C-035-000-80-5-XX-0579 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 364-772                                                                | EMIÇÃO   |

Tabela A1.2 ĩ Lista de desenhos do Tomo 2.

| -  | Número da CESAN        | Referência do desenho        | Situação |
|----|------------------------|------------------------------|----------|
| 1  | C-035-000-80-5-XX-0580 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 364-773 | EMISSION |
| 2  | C-035-000-80-5-XX-0581 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 364-774 | EMISSION |
| 3  | C-035-000-80-5-XX-0582 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 364-775 | EMISSION |
| 4  | C-035-000-80-5-XX-0583 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 365-768 | EMISSION |
| 5  | C-035-000-80-5-XX-0584 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 365-771 | EMISSION |
| 6  | C-035-000-80-5-XX-0585 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 365-772 | EMISSION |
| 7  | C-035-000-80-5-XX-0586 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 365-773 | EMISSION |
| 8  | C-035-000-80-5-XX-0587 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 365-774 | EMISSION |
| 9  | C-035-000-80-5-XX-0588 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 365-775 | EMISSION |
| 10 | C-035-000-80-5-XX-0589 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 366-768 | EMISSION |
| 11 | C-035-000-80-5-XX-0590 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 366-769 | EMISSION |
| 12 | C-035-000-80-5-XX-0591 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 366-770 | EMISSION |
| 13 | C-035-000-80-5-XX-0592 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 366-771 | EMISSION |
| 14 | C-035-000-80-5-XX-0593 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 366-772 | EMISSION |
| 15 | C-035-000-80-5-XX-0594 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 366-773 | EMISSION |
| 16 | C-035-000-80-5-XX-0595 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 366-774 | EMISSION |
| 17 | C-035-000-80-5-XX-0596 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 366-775 | EMISSION |
| 18 | C-035-000-80-5-XX-0597 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 367-764 | EMISSION |
| 19 | C-035-000-80-5-XX-0598 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 367-765 | EMISSION |
| 20 | C-035-000-80-5-XX-0599 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 367-766 | EMISSION |
| 21 | C-035-000-80-5-XX-0600 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 367-767 | EMISSION |
| 22 | C-035-000-80-5-XX-0601 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 367-768 | EMISSION |
| 23 | C-035-000-80-5-XX-0602 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 367-769 | EMISSION |
| 24 | C-035-000-80-5-XX-0603 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 367-770 | EMISSION |



Tabela A1.3 – Lista de desenhos do Tomo 3.

| -  | Número da CESAN        | Referência do desenho        | Situação |
|----|------------------------|------------------------------|----------|
| 1  | C-035-000-80-5-XX-0604 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 367-771 | EMISSION |
| 2  | C-035-000-80-5-XX-0605 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 367-772 | EMISSION |
| 3  | C-035-000-80-5-XX-0606 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 367-773 | EMISSION |
| 4  | C-035-000-80-5-XX-0607 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 367-774 | EMISSION |
| 5  | C-035-000-80-5-XX-0608 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 368-769 | EMISSION |
| 6  | C-035-000-80-5-XX-0609 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 368-770 | EMISSION |
| 7  | C-035-000-80-5-XX-0610 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 368-771 | EMISSION |
| 8  | C-035-000-80-5-XX-0611 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 368-772 | EMISSION |
| 9  | C-035-000-80-5-XX-0612 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 368-773 | EMISSION |
| 10 | C-035-000-80-5-XX-0613 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 369-769 | EMISSION |
| 11 | C-035-000-80-5-XX-0614 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 369-770 | EMISSION |
| 12 | C-035-000-80-5-XX-0615 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 369-771 | EMISSION |
| 13 | C-035-000-80-5-XX-0616 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 369-772 | EMISSION |
| 14 | C-035-000-80-5-XX-0617 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 369-773 | EMISSION |
| 15 | C-035-000-80-5-XX-0618 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 370-769 | EMISSION |
| 16 | C-035-000-80-5-XX-0619 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 370-770 | EMISSION |
| 17 | C-035-000-80-5-XX-0620 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 370-771 | EMISSION |
| 18 | C-035-000-80-5-XX-0621 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 370-772 | EMISSION |
| 19 | C-035-000-80-5-XX-0622 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 370-773 | EMISSION |
| 20 | C-035-000-80-5-XX-0623 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 371-769 | EMISSION |
| 21 | C-035-000-80-5-XX-0624 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 371-770 | EMISSION |
| 22 | C-035-000-80-5-XX-0625 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 371-771 | EMISSION |
| 23 | C-035-000-80-5-XX-0626 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 371-772 | EMISSION |
| 24 | C-035-000-80-5-XX-0627 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 372-769 | EMISSION |
| 25 | C-035-000-80-5-XX-0628 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 372-770 | EMISSION |
| 26 | C-035-000-80-5-XX-0629 | PLANTA - ARTICULAÇÃO 372-771 | EMISSION |

Tabela A1.4 – Lista de desenhos do Tomo 4.

| -  | Número da CESAN        | Referência do desenho                                     | Situação |
|----|------------------------|-----------------------------------------------------------|----------|
| 1  | C-035-000-80-5-XX-0636 | SETOR SERRA SEDE - DETALHE DE NÓS E LISTA DE MATERIAIS    | EMIÇÃO   |
| 2  | C-035-000-80-5-XX-0637 | SETOR SERRA SEDE - DETALHE DE NÓS E LISTA DE MATERIAIS    | EMIÇÃO   |
| 3  | C-035-000-80-5-XX-0638 | SETOR SERRA SEDE - DETALHE DE NÓS E LISTA DE MATERIAIS    | EMIÇÃO   |
| 4  | C-035-000-80-5-XX-0639 | SETOR SERRA SEDE - DETALHE DE NÓS                         | EMIÇÃO   |
| 5  | C-035-000-80-5-XX-0640 | SETOR SERRA SEDE - DETALHE DE NÓS                         | EMIÇÃO   |
| 6  | C-035-000-80-5-XX-0641 | SETOR SERRA SEDE - DETALHE DE NÓS                         | EMIÇÃO   |
| 7  | C-035-000-80-5-XX-0642 | SETOR SERRA SEDE - DETALHE DE NÓS                         | EMIÇÃO   |
| 8  | C-035-000-80-5-XX-0643 | SETOR SERRA SEDE - DETALHE DE NÓS                         | EMIÇÃO   |
| 9  | C-035-000-80-5-XX-0644 | SETOR SERRA SEDE - DETALHE DE NÓS                         | EMIÇÃO   |
| 10 | C-035-000-80-5-XX-0645 | SETOR SERRA SEDE - DETALHE DE NÓS                         | EMIÇÃO   |
| 11 | C-035-000-80-5-XX-0646 | SETOR SERRA SEDE - DETALHE DE NÓS                         | EMIÇÃO   |
| 12 | C-035-000-80-5-XX-0647 | SETOR SERRA SEDE - DETALHE DE NÓS                         | EMIÇÃO   |
| 13 | C-035-000-80-5-XX-0648 | SETOR NOVA CARAPINA - DETALHE DE NÓS E LISTA DE MATERIAIS | EMIÇÃO   |
| 14 | C-035-000-80-5-XX-0649 | SETOR NOVA CARAPINA - DETALHE DE NÓS E LISTA DE MATERIAIS | EMIÇÃO   |
| 15 | C-035-000-80-5-XX-0650 | SETOR NOVA CARAPINA - DETALHE DE NÓS                      | EMIÇÃO   |
| 16 | C-035-000-80-5-XX-0651 | SETOR NOVA CARAPINA - DETALHE DE NÓS                      | EMIÇÃO   |
| 17 | C-035-000-80-5-XX-0652 | SETOR CIVIT - DETALHE DE NÓS E LISTA DE MATERIAIS         | EMIÇÃO   |
| 18 | C-035-000-80-5-XX-0653 | SETOR CIVIT - DETALHE DE NÓS E LISTA DE MATERIAIS         | EMIÇÃO   |
| 19 | C-035-000-80-5-XX-0654 | SETOR CIVIT - DETALHE DE NÓS                              | EMIÇÃO   |
| 20 | C-035-000-80-5-XX-0655 | SETOR CIVIT - DETALHE DE NÓS                              | EMIÇÃO   |
| 21 | C-035-000-80-5-XX-0656 | SETOR CIVIT - DETALHE DE NÓS                              | EMIÇÃO   |
| 22 | C-035-000-80-5-XX-0657 | SETOR CAMPINHO - DETALHE DE NÓS E LISTA DE MATERIAIS      | EMIÇÃO   |
| 23 | C-035-000-80-5-XX-0658 | SETOR CAMPINHO - DETALHE DE NÓS                           | EMIÇÃO   |
| 24 | C-035-000-80-5-XX-0659 | SETOR CAMPINHO - DETALHE DE NÓS                           | EMIÇÃO   |

Tabela A1.5 – Lista de desenhos do Tomo 5.

| -  | Número da CESAN        | Referência do desenho                                                  | Situação |
|----|------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1  | A-035-000-80-5-XX-1229 | MACROMEDIDOR DMC 1.1 - PLANTAS, CORTES E LM                            | REVISÃO  |
| 2  | A-035-000-80-5-XX-1230 | MACROMEDIDOR DMC 1.2 - PLANTAS, CORTES E LM                            | REVISÃO  |
| 3  | A-035-000-80-5-XX-1231 | MACROMEDIDOR DMC 1.3 - PLANTAS, CORTES E LM                            | EMIÇÃO   |
| 4  | A-035-000-80-5-XX-1232 | MACROMEDIDOR DMC 1.4 - PLANTAS, CORTES E LM                            | REVISÃO  |
| 5  | A-035-000-80-5-XX-1233 | MACROMEDIDOR DMC 1.5 - PLANTAS, CORTES E LM                            | REVISÃO  |
| 6  | A-035-000-80-5-XX-1234 | MACROMEDIDOR DMC 2.1 - PLANTAS, CORTES E LM                            | EMIÇÃO   |
| 7  | A-035-000-80-5-XX-1235 | MACROMEDIDOR DMC 2.2 - PLANTAS, CORTES E LM                            | REVISÃO  |
| 8  | A-035-000-80-5-XX-1236 | MACROMEDIDOR DMC 3.1 - PLANTAS, CORTES E LM                            | REVISÃO  |
| 9  | A-035-000-80-5-XX-1237 | MACROMEDIDOR DMC 3.2 - PLANTAS, CORTES E LM                            | REVISÃO  |
| 10 | A-035-000-80-5-XX-1238 | MACROMEDIDOR DMC 3.3 - PLANTAS, CORTES E LM                            | REVISÃO  |
| 11 | A-035-000-80-5-XX-1239 | MACROMEDIDOR DMC 3.4 - PLANTAS, CORTES E LM                            | EMIÇÃO   |
| 12 | A-035-000-80-5-XX-1240 | MACROMEDIDOR DMC 6.1 - PLANTAS, CORTES E LM                            | EMIÇÃO   |
| 13 | A-035-004-80-5-XX-0004 | VRP BELVEDERE 1 - PROJ HIDRÁULICO - PLANTAS, CORTES, DET MONTAGEM E LM | -        |
| 14 | A-035-004-80-5-XX-0005 | VRP BELVEDERE 2 - PROJ HIDRÁULICO - PLANTAS, CORTES, DET MONTAGEM E LM | -        |
| 15 | A-035-000-80-5-XX-1226 | VRP CASCATA - PLANTAS, CORTES E LISTA DE MATERIAIS                     | REVISÃO  |
| 16 | A-035-000-80-5-XX-1227 | VRP SE004 VISTA DA SERRA - PLANTAS, CORTES E LISTA DE MATERIAIS        | REVISÃO  |
| 17 | A-035-000-80-5-XX-1228 | VRP CIVIT - PLANTAS, CORTE AA E LISTA DE MATERIAIS                     | EMIÇÃO   |
| 18 | A-035-000-80-5-XX-1241 | VRP CIVIT - CORTES BB E CC E PLANTA DE SITUAÇÃO                        | EMIÇÃO   |