

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

BRUNO GERALDI RODRIGUES

ESTUDO DE CONCEPÇÃO PARA AMPLIAÇÃO DO
SUBSISTEMA EBAT BALNEÁRIOS

FLORIANÓPOLIS

FEVEREIRO 2013

BRUNO GERALDI RODRIGUES

**Estudo de concepção para ampliação do subsistema EBAT
Balneários**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação
em Engenharia Sanitária Ambiental
da Universidade Federal de Santa
Catarina como requisito à obtenção
do título de bacharel em Engenharia
Sanitária e Ambiental.

Orientador: Guilherme Farias Cunha

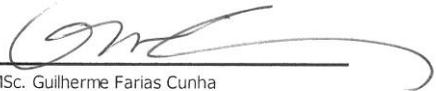
**Florianópolis
Fevereiro 2013**

Bruno Geraldi Rodrigues

Estudo de concepção para ampliação do subsistema EBAT Balneários

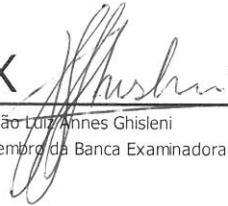
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental, sendo submetido à Banca Examinadora e considerado aprovado em __/__/__.

X



Prof. MSc. Guilherme Farias Cunha
Professor Orientador

X



João Luiz Annes Ghisleni
Membro da Banca Examinadora

X



Dr.ª Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto
Membro da Banca Examinadora

AGRADECIMENTO

À minha família, por todo amor, companheirismo e dedicação.

Aos amigos de Itajaí, pelo companheirismo, apoio e amizade.

Aos colegas de curso pela compreensão, companheirismo, parceria e horas de estudos durante esses anos de graduação.

Ao meu orientador Professor Guilherme Farias Cunha pelo apoio.

Aos professores do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC pelos ensinamentos.

Aos membros da minha banca, Eng. João Luiz Annes Ghisleni, e Dr^a.
Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 3.1- Sistema simples de abastecimento de água.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 5.1 – Localização do município de Porto Alegre.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 5.2 - Principais acessos ao município de Porto Alegre.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 5.3 - Localização dos bairros no município de Porto Alegre.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 5.4 - Acessos para a área de estudo.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 6.1 - Classificação da rede segundo material utilizado.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 6.2 - Classificação da rede segundo data de implantação.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 7.4 - Gráfico da estimativa populacional pelo Método Aritmético.</i>	<i>57</i>
<i>Figura 7.5- Gráfico da estimativa populacional pelo Método Geométrico.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 7.6 -Gráfico da estimativa populacional pelo Método Previsão. ...</i>	<i>58</i>
<i>Figura 7.7 -Gráfico da estimativa populacional pelo Método Crescimento.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 7.8 -Gráfico da estimativa populacional pelo Método Regressão.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 7.9 - Linha de tendência Logarítmica.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 7.10 - Linha de tendência Linear.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 7.11 - Linha de tendência Polinomial.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 7.12 - Linha de tendência Exponencial.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 8.1 – Curva de consumo horária.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 9.1- Organograma de Categorização dos Loteamentos.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 9.2- Loteamentos Previstos.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 10.1- Curva de Consumo diário EPANET 2.0.</i>	<i>82</i>
<i>Figura 10.2– Setores de consumo para o SAA Tristeza.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 10.3 - Pressões na rede existente horário crítico - Consumo 1.</i>	<i>86</i>
<i>Figura 10.4- Pressões na rede existente horário crítico - Consumo 2.</i>	<i>88</i>
<i>Figura 12.1- Alternativa D horário de maior consumo.</i>	<i>93</i>
<i>Figura 12.2- Nível do Reservatório Balneários.</i>	<i>95</i>
<i>Figura 12.3- Vazão da EBAT Balneários.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 12.4- Nível dos Reservatórios da Praça Moema Existente.</i>	<i>97</i>
<i>Figura 12.5- Nível dos Reservatórios da Praça Moema II.</i>	<i>98</i>
<i>Figura 12.6– Reservatório Marechal Hermes.</i>	<i>99</i>
<i>Figura 12.7– EBAT Morro do Osso I.</i>	<i>99</i>
<i>Figura 12.8– Reservatório Morro do Osso II.</i>	<i>100</i>
<i>Figura 12.9- Alternativa e horário de maior consumo.</i>	<i>101</i>
<i>Figura 12.10 – Reservatório Balneários.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 12.11– EBAT Balneários.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 12.12– Reservatório Praça Moema Existente.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 12.13– Reservatório Praça Moema 2.</i>	<i>106</i>
<i>Figura 12.14– Reservatório Marechal Hermes.</i>	<i>107</i>
<i>Figura 12.15– EBAT Morro do Osso I.</i>	<i>107</i>
<i>Figura 12.16– Reservatório Morro do Osso II.</i>	<i>108</i>
<i>Figura 12.17– Alternativa F horário de maior consumo.....</i>	<i>109</i>

<i>Figura 12.18– Reservatório Balneários.....</i>	<i>110</i>
<i>Figura 12.19– EBAT Balneários.....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 12.20– Reservatório Praça Moema Existente.</i>	<i>112</i>
<i>Figura 12.21– Reservatório Praça Moema II.</i>	<i>113</i>
<i>Figura 12.22– Reservatório Marechal Hermes.</i>	<i>114</i>
<i>Figura 12.23– EBAT Morro do Osso I.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 12.24– Reservatório Morro do Osso II.</i>	<i>115</i>
<i>Figura 12.25– Nível Reservatório Morro do Osso II.</i>	<i>116</i>

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 5.1– População dos bairros da região em estudo.</i>	35
<i>Tabela 6.1- Produção Total Média Medida em 2007.</i>	40
<i>Tabela 6.2- Caracterização geral das perdas.</i>	41
<i>Tabela 6.3- Índice de perdas no Sistema.</i>	42
<i>Tabela 6.4- Extensão da rede de água no local de estudo (Material x Data de Implantação).</i>	42
<i>Tabela 7.4- Projeção populacional dos bairros do SAA Tristeza, de acordo com PDA - Método Aritmético.</i>	50
<i>Tabela 7.5- Projeção populacional dos bairros do SAA Tristeza, de acordo com PDA - Método Geométrico.</i>	52
<i>Tabela 7.6- Projeção populacional dos bairros do SAA Tristeza, de acordo com PDA - Método Previsão.</i>	53
<i>Tabela 7.7- Projeção populacional dos bairros do SAA Tristeza, de acordo com PDA - Método Crescimento.</i>	55
<i>Tabela 7.8- Projeção populacional dos bairros do SAA Tristeza, de acordo com PDA - Método Regressão.</i>	56
<i>Tabela 7.9– Projeção da população pelas linhas de tendências para o Sistema Tristeza de acordo com PDA.</i>	62
<i>Tabela 7.10- Taxa de crescimento populacional para os bairros do SAA Tristeza de acordo com o PDA.</i>	64
<i>Tabela 7.11– Melhor projeção da população para o Sistema Tristeza de acordo com PDA - Método Aritmético.</i>	65
<i>Tabela 8.1– Dados de consumo, produção e perdas.</i>	67
<i>Tabela 8.2– Volume consumido.</i>	69
<i>Tabela 8.3– Consumo per capita.</i>	71
<i>Tabela 9.1- Lotes sem ramais de micromedição e consumo previsto zero.</i>	74
<i>Tabela 9.2- Lotes sem ramais de micromedição e consumo previsto pelo DMAE diferente de zero.</i>	74
<i>Tabela 9.3- Lotes com ramais de micromedição e consumo previsto zero.</i>	75
<i>Tabela 9.4– Loteamentos com consumo adotado de 20 m³/mês por economia</i>	77
<i>Tabela 9.5– Consumos das Áreas de Estudo (l/s).</i>	78
<i>Tabela 10.1- Coeficientes de rugosidade.</i>	81
<i>Tabela 10.2– Consumo médio estimado para as economias não medidas.</i>	85
<i>Tabela 12.1 Modificações Globais</i>	91
<i>Tabela 13.1 Custos das Alternativas.</i>	117

RESUMO

Este estudo do Sistema Tristeza de Abastecimento de Água, localizado na Zona Sul do Município de Porto Alegre – RS, tem o objetivo de verificar o comportamento do sistema de abastecimento atual da região. Por meio de uma análise são propostas alternativas que ofereçam maior qualidade no serviço de abastecimento de água para a demanda futura. Composto por estudo preliminar da região, que contém de diagnóstico do sistema de abastecimento, estudo do comportamento das vazões de consumo (atuais e futuras), análise do comportamento do sistema de abastecimento existente, através do software EPANET 2.0 e, a partir desta análise, propor alternativas que busquem aprimorar o abastecimento de água da região.

Palavras chave: Comportamento do Sistema de Abastecimento de Água, estudo preliminar, software EPANET 2.0.

ABSTRACT

This study of water supply system, situated in South of Porto Alegre – RS, has the objective to verify the behavior of the supply system of the current region. Analyzing the system, alternative proposals are made to offer better conditions in the water supply system to attend future demand. Compound by preliminary study of the region, which contains the diagnostic of the supply system, study of behavior by the consumption flows (current and futures), analysis the behavior of existent supply system through the software called EPANET 2.0, from this analysis, propose alternatives that seeks to develop the water supply of this region.

Keywords: Behavior of Water Supply System, Preliminary Study, Software EPANET 2.0.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	OBJETIVOS	21
2.1	OBJETIVOS GERAIS	21
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
3.1	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	22
3.1.1	MANANCIAL	22
3.1.2	CAPTAÇÃO	22
3.1.3	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	23
3.1.3.1	Casa de bombas	23
3.1.4	ADUTORA	23
3.1.5	RESERVATÓRIO	24
3.1.6	REDE DE DISTRIBUIÇÃO	24
4	METODOLOGIA	26
4.1	LEVANTAMENTO DE DADOS	26
4.2	ESTUDO POPULACIONAL	26
4.2.1	MÉTODO ARITMÉTICO	26
4.2.2	MÉTODO GEOMÉTRICO	27
4.2.3	MÉTODO DA PREVISÃO	28
4.2.4	MÉTODO DO CRESCIMENTO	28
4.2.5	MÉTODO DA REGRESSÃO MATEMÁTICA	29
4.3	DESCRIÇÃO DO SOFTWARE	29
4.3.1	EPANET 2.0	29
4.3.2	LANÇAMENTO DOS DADOS NO EPANET 2.0	30
4.4	EPANET CALBRATOR	31

4.4.1	LANÇAMENTO DOS DADOS PARA CALIBRAÇÃO NO EPANET CALIBRATOR	31
-------	---	----

5 SISTEMA TRISTEZA _____ 33

5.1	DADOS GERAIS DO MUNICÍPIO	33
5.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	34
5.3	DADOS GERAIS	35
5.4	LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	36
5.5	PLANO DIRETOR	37

6 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EXISTENTE _____ 38

6.1	SISTEMA TRISTEZA	38
6.1.1	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA	39
6.1.2	DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E RESERVAÇÃO	39
6.2	PRODUÇÃO DE ÁGUA	39
6.3	PERDAS NO SISTEMA	40
6.4	ANÁLISE DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO	42

7 ESTUDO POPULACIONAL _____ 48

7.1	HORIZONTE DE PROJETO	48
7.2	CENSO	48
7.3	ESTIMATIVA POPULACIONAL SISTEMA TRISTEZA - PLANO DIRETOR DE ÁGUA (PDA)	50
7.3.1	PROJEÇÃO PELOS MÉTODOS MATEMÁTICOS	50
7.3.2	PROJEÇÃO PELAS LINHAS DE TENDÊNCIA	59
7.3.3	DETERMINAÇÃO DA TAXA DE CRESCIMENTO SISTEMA TRISTEZA – PDA	63
7.4	DETERMINAÇÃO DA TAXA DE CRESCIMENTO	66

8 CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PROJETO _____ 67

8.1	CONSUMO PER CAPITA E ÍNDICE DE PERDAS _____	67
8.2	CRITÉRIOS DE PARÂMETRO DE PROJETO _____	67
8.3	VOLUME MICROMEDIDO DO CONSUMO _____	68
8.4	VOLUME CONSUMIDO OU UTILIZADO _____	68
8.5	CONSUMO MÉDIO PER CAPITA _____	69

9 AVALIAÇÃO DA DEMANDA FUTURA E VAZÃO ESPECÍFICA _____ 72

9.1	AVALIAÇÃO DA DEMANDA FUTURA - LOTEAMENTOS _____	72
9.1.1	VAZÃO ESPECÍFICA _____	78

10 SIMULAÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE _____ 80

10.1	REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA _____	80
10.1.1	PERDA DE CARGA _____	80
10.2	CONSUMO DE ÁGUA _____	81
10.2.1	SETORES DE CONSUMO _____	82
10.3	RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DA REDE EXISTENTE _____	85
10.3.1	SIMULAÇÃO REDE 0-1 _____	85
10.3.2	SIMULAÇÃO REDE 0-2 _____	87

11 DESENVOLVIMENTO DAS ALTERNATIVAS – DIRETRIZES DE PROJETO _____ 89

11.1	REDE A _____	89
11.2	REDE B _____	89
11.3	REDE C _____	90
11.4	SIMULAÇÃO E RESULTADOS _____	90

12 CONCEPÇÃO E SIMULAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE REDE	91
12.1 MODIFICAÇÕES GLOBAIS	91
12.2 ALTERNATIVA D	92
12.2.1 SIMULAÇÃO E RESULTADOS	92
12.3 ALTERNATIVA E	100
12.3.1 SIMULAÇÃO E RESULTADOS	100
12.4 ALTERNATIVA F	108
12.4.1 SIMULAÇÃO E RESULTADOS	108
12.5 SIMULAÇÃO SAA TRISTEZA SEM MISTURA	115
12.5.1 ANÁLISE 1	115
12.5.2 ANÁLISE 2	115
13 ANÁLISE ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS	117
13.1 ADUTORA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO	117
14 CONCLUSÃO E CARACTERIZAÇÃO DA MELHOR ALTERNATIVA	118
14.1 REDE DE ABASTECIMENTO	118
15 BIBLIOGRAFIA	119

1 INTRODUÇÃO

Visando a importância do adequamento dos sistemas de abastecimento de água, muitos investimentos vêm sendo realizados neste setor do saneamento básico, de modo que consiga levar água de qualidade para o maior número de usuários possíveis.

No Brasil o maior progresso neste setor foi nas décadas de 1970 e 1980 com a implementação do Plano Nacional de Saneamento que permitiu que o país atinja níveis de atendimento de até 90% da população urbana.

Atualmente, nos centros urbanos desenvolvidos, as maiores deficiências notadas dos sistemas de abastecimento de água são as deteriorações dos sistemas mais antigos, que apresentam vazamentos e rompimentos da rede, e a falta de abastecimento que se deve ao rápido e desordenado crescimento urbano.

O presente trabalho é um estudo de concepção para regularização do sistema de abastecimento de água dos bairros da zona sul do município de Porto Alegre – RS, que são casos de redes muito antigas que precisam ser substituídas por novas para que não ocorra tais problemas recorrentes que prejudicam a distribuição de água para a população.

Segundo Tsutiya (2006), uma das principais prioridades das populações é o atendimento por sistema de abastecimento de água em quantidade e qualidade adequada, pela importância para atendimento às suas necessidades relacionadas à saúde e ao desenvolvimento industrial.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Analisar a situação do Sistema de Abastecimento do Sistema Tristeza de Abastecimento de Água e sua evolução para o futuro.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Caracterização do atual sistema de distribuição de água da área de estudo;
- ✓ Estudo populacional, critérios e parâmetros de projeto;
- ✓ Simulações de rede de abastecimento da região;
- ✓ As simulações das alternativas propostas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Sistema de Abastecimento de Água

De acordo com Tsutiya (2006), entende-se por concepção de sistema de abastecimento de água, o conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficientes para caracterização completa do sistema a projetar.

Os sistemas de abastecimento de água possuem estrutura variada de acordo com sua localidade e particularidades, porém na sua generalidade são constituídos das seguintes partes: manancial, captação, estação elevatória, adutora, estação de tratamento de água, reservatório e rede de distribuição.

A figura 3.1 ilustra as partes constituintes de um sistema simples de abastecimento de água.

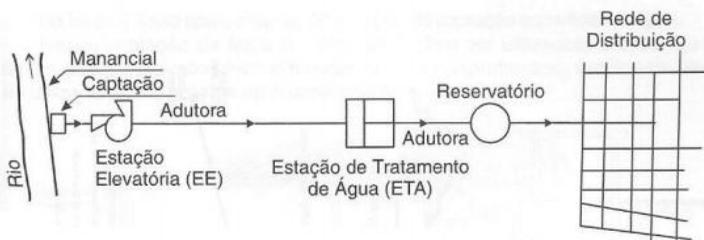


Figura 3.1- Sistema simples de abastecimento de água.

Fonte: TSUTIYA, 2006

3.1.1 MANANCIAL

É o corpo de água superficial ou subterrâneo, de onde é retirada a água para o abastecimento. Deve fornecer vazão suficiente para atender a demanda de água no período de projeto, e a qualidade dessa água deve ser adequada sob o ponto de vista sanitário (TSUTIYA, 2006, p.09).

3.1.2 CAPTAÇÃO

Segundo TSUTIYA (2006), captação de água é o conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto ao manancial, para a retirada de água destinada ao sistema de abastecimento. As obras

de captação devem ser projetadas e construídas de forma que, em qualquer época do ano, sejam asseguradas condições de fácil entrada de água e, tanto quanto possível, da melhor qualidade encontrada no manancial em consideração. Deve-se também ter sempre em vista, ao desenvolver um projeto, facilidades de operação e manutenção ao longo do tempo.

3.1.3 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

Um sistema de recalque ou elevatório é o conjunto de tubulações, acessórios, bombas e motores necessário para transportar uma certa vazão de um reservatório inferior para um reservatório superior

Em geral é composto por três partes (TSUTIYA, 2006):

- ✓ Tubulação de sucção: canalização que liga o reservatório inferior à bomba;
- ✓ Conjunto elevatório: constituído por uma ou mais bombas e respectivos motores;
- ✓ Tubulação de recalque: canalização que liga a bomba ao reservatório superior.

3.1.3.1 Casa de bombas

Local em espécie de abrigo onde se encontram as bombas, registros, tubos, quadro de comando e outros acessórios. Garante que a bomba esteja em local seco, bem ventilado e de fácil acesso para inspeção e manutenção. Deve ser localizada próxima ao manancial para que a linha de sucção seja a mais reta e curta possível.

3.1.4 ADUTORA

Adutoras são canalizações do sistema de abastecimento e destinam-se a conduzir água entre unidades que precedem a rede de distribuição. Não distribuem a água aos consumidores, mas podem existir derivações que são as sub-adutoras. Quanto a natureza da água transportada, as adutoras podem ser classificadas em adutoras de água bruta e adutoras de água tratada. Entretanto, segundo TSUTIYA (2006), sob o ponto de vista hidráulico, existem os seguintes tipos de adutoras:

- ✓ Adutoras por gravidade: transportam a água de uma cota mais elevada para a cota mais baixa;

✓ Adutoras por recalque: transportam a água de um ponto a outro com cota mais elevada, através de uma estação elevatória e podem ser:

- Único recalque;
- Recalque múltiplo.

✓ Adutoras mistas: trechos por gravidade e trechos por recalque.

3.1.5 RESERVATÓRIO

Segundo TSUTIYA (2006), os reservatórios de distribuição de água dependendo da sua configuração e sua posição com relação à rede de distribuição, podem ser classificados em:

- ✓ Enterrados, semi-enterrados, apoiados ou elevados;
- ✓ De montante ou de jusante;

Os reservatórios elevados, devido ao seu custo, em geral são associados a reservatórios apoiados ou enterrados que armazenam a maior parte do volume necessário.

3.1.6 REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Segundo TSUTIYA (2006), rede de distribuição é a unidade do sistema constituída por um conjunto de tubulações que conduz a água para os pontos de consumo.

Na rede de distribuição distinguem-se dois tipos de condutos:

- ✓ Condutos principais;
- ✓ Condutos secundários.

Condutos principais são as canalizações de maior diâmetro, responsáveis pela alimentação de condutos secundários, e são dispostas obedecendo à diferentes traçados, tais como:

- ✓ Redes ramificadas;
- ✓ Redes malhadas;
- ✓ Redes mistas.

Os condutos secundários de menor diâmetro abastecem os

consumidores a serem atendidos pelo sistema, TSUTIYA (2006).

4 METODOLOGIA

O estudo desenvolvido se dá através de critérios calçados em normas da ABNT e do DMAE de Porto Alegre, além de critérios estabelecidos no Plano Diretor de Água do Município de Porto Alegre.

4.1 Levantamento de dados

Para obtenção dos dados necessários para aplicar a este projeto foi criado um vínculo com o DMAE, e também muito dos dados foi encontrado no PPDUA de Porto Alegre.

4.2 Estudo Populacional

Nestes métodos a previsão da população futura é estabelecida através de uma equação matemática, cujos parâmetros são obtidos a partir de dados conhecidos. Vários são os métodos matemáticos conhecidos, destacando-se:

- ✓ Método aritmético;
- ✓ Método geométrico;
- ✓ Método da previsão;
- ✓ Método do crescimento;
- ✓ Método da regressão matemática;

4.2.1 MÉTODO ARITMÉTICO

Esse método pressupõe uma taxa de crescimento constante para os anos que se seguem, a partir de dados conhecidos. Matematicamente pode ser expressa da seguinte forma:

$$\frac{dP}{dt} = K_a$$

Onde dP/dt representa a variação da população (P) por unidade de tempo (t), e K_a é uma constante. Considerando que P_1 é a população do penúltimo censo (ano t_1) e P_2 , a população do último censo (ano t_2), tem-se:

$$\int_{P_2}^{P_1} dP = K_a \int_{t_1}^{t_2} dt$$

Integrando entre os limites definidos, tem-se:

$$P_2 - P_1 = K_a(t_2 - t_1)$$

$$P = P_2 + K_a(t - t_2)$$

Onde: t_1 - ano 1 de referência

t_2 - ano 2 de referência

P_1 - população no ano 1

P_2 - população no ano 2

P - população futura

4.2.2 MÉTODO GEOMÉTRICO

Este método considera para iguais períodos de tempo, a mesma porcentagem de aumento da população. Matematicamente pode ser apresentada da seguinte forma:

$$\frac{dP}{dt} = K_g dt$$

Onde dP/dt representa a variação da população (P) por unidade de tempo (t), e K_g representa a taxa de crescimento geométrico. Integrando a equação tem-se:

$$\int_{P_1}^{P_2} \frac{dP}{dt} = \int_{t_1}^{t_2} K_g dt$$

$$\log P_2 - \log P_1 = K_g(t_2 - t_1)$$

A expressão geral do método geométrico para estimar a população para o ano t é dada pela equação abaixo:

$$P = P_2 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{t-t_2}{t_2-t_1}}$$

Onde:	t_1	ano 1 de referência
	t_2	ano 2 de referência
	P_1	população no ano 1
	P_2	população no ano 2
	P	população futura

4.2.3 MÉTODO DA PREVISÃO

Este método calcula, ou prevê a população futura usando valores conhecidos. O valor previsto é um valor da população (P) para um determinado valor de tempo (t). Os valores conhecidos podem ser os censos demográficos da região, e a população futura é prevista através da regressão linear. A expressão matemática para o método da previsão é do tipo $a + bx$, onde:

$$a = \bar{P} - b\bar{t}$$

$$b = \frac{\sum(t - \bar{t})(P - \bar{P})}{\sum(t - \bar{t})^2}$$

Em que \bar{t} e \bar{P} são a média da amostra, sendo que t representa o tempo e P a população.

4.2.4 MÉTODO DO CRESCIMENTO

Este método prevê o crescimento da população de forma exponencial, sendo a função de crescimento do tipo:

$$y = b \times m^x$$

Onde, y é o valor projetado da população (P), b e m são constantes, e x é o instante tempo (t) em que se deseja projetar o valor.

As constantes b e m podem ser calculadas a partir dos dados

populacionais disponíveis (dados do IBGE), através da substituição dos valores disponíveis na equação mencionada no parágrafo anterior, com o auxílio de uma planilha de cálculo digital.

4.2.5 MÉTODO DA REGRESSÃO MATEMÁTICA

Utiliza a regressão linear (método dos mínimos quadrados) para prever o crescimento da população. A parábola de melhor ajuste do crescimento populacional é dada por:

$$a + b \times (t - t_0) + c \times (t - t_0)^2$$

Em que a, b e c podem ser calculados através da solução do seguinte sistema:

$$\begin{cases} a \times n + b \times \sum x + c \times (\sum x)^2 = \sum y \\ a \times \sum x + b \times (\sum x)^2 + c \times (\sum x)^3 = \sum x \times y \\ a \times (\sum x)^2 + b \times (\sum x)^3 + c \times (\sum x)^4 = \sum x^2 \times y \end{cases}$$

Sendo que x é a diferença t-t₀ dos dados populacionais disponíveis; y é a população do tempo t; e n é o número de dados populacionais disponíveis (segundo dados do IBGE).

4.3 Descrição do software

O presente capítulo será direcionado para a descrição da simulação do sistema, que será realizada no software EPANET 2.0. Primeiramente a simulação efetuada será direcionada para a avaliação do sistema de abastecimento existente na área de estudo, para então, após análise, serem realizadas simulações com modificações pertinentes a melhora do Sistema de Abastecimento Tristeza.

4.3.1 EPANET 2.0

De forma a satisfazer os requisitos regulamentares e as necessidades dos consumidores, as entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água sentem a necessidade de compreender melhor os movimentos e transformações que a água destinada ao consumo humano está sujeita nos sistemas de distribuição. O EPANET é um modelo automatizado de simulação que ajuda a atingir este objetivo.

Criado pela U.S. Environmental Protection Agency (EPA), agência estatal norte-americana encarregada de proteger os seus recursos naturais, o EPANET é um *software* que permite executar simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água em redes de distribuição pressurizada. Uma rede é constituída por tubulações, bombas, válvulas, reservatórios de nível fixo e/ou de nível variável. O EPANET permite obter os valores da vazão em cada tubulação, da pressão em cada nó, da altura de água em cada reservatório de nível variável e da concentração de espécies químicas através da rede durante o período de simulação, subdividido em múltiplos intervalos de cálculo. Adicionalmente, além de espécies químicas, o modelo simula o cálculo da idade da água e o rastreio da origem de água em qualquer ponto da rede.

O EPANET foi concebido para ser uma ferramenta de apoio à análise de sistemas de distribuição, melhorando o conhecimento sobre o transporte e o destino dos constituintes da água para consumo humano. Pode ser utilizado em diversas situações onde seja necessário efetuar simulações de sistemas pressurizados de distribuição. O estabelecimento de cenários de projeto (p.ex., expansão de uma rede existente), a calibração de modelos hidráulicos, a análise do decaimento do cloro residual e a avaliação dos consumos são alguns exemplos de aplicação do programa.

4.3.2 LANÇAMENTO DOS DADOS NO EPANET 2.0

Este item apresenta a descrição da metodologia utilizada para o lançamento dos dados no software EPANET 2.0. A simulação da rede de abastecimento de água pelo software EPANET 2.0 foi realizada a partir de uma série de dados levantados junto ao Departamento de Água e Esgoto – DMAE do Município de Porto Alegre, que incluem: curvas de nível, ramais de micromedição, cadastro da rede de abastecimento, loteamentos previsto para a região em estudo e croquis da rede de abastecimento.

Os dados relacionados com os componentes do sistema de abastecimento de água, tais como capacidade de produção, reservação, consumo, entre outros, foram obtidos através do Plano Diretor da Água de 2008/2009, além de informações disponibilizadas pelo DMAE e visita técnica realizada no local de estudo.

4.4 EPANET calibrator

Na busca de minimizar os desvios entre os dados simulados através do software EPANET 2.0 e os dados medidos em campo, foi feita uma calibração da rede simulada no EPANET 2.0 com o *software* EPANET CALIBRATOR, no qual são inseridos os dados de vazão e pressão nos trechos e nós correspondentes.

Criado pelo RESAN – Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico em Hidroinformática da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), o EPANET CALIBRATOR possui módulo de calibração de modelos (rugosidade, parâmetros de vazamentos). Esse software possui módulos de classificação de setores, onde são selecionadas tubulações de mesmo material e idade (teoricamente com coeficientes hidráulicos semelhantes), entrada de dados de campo (pressão e vazão) e o módulo de calibração baseado na tecnologia de Algoritmos Genéticos.

A calibração é feita para simulações que consideram o tempo de 24 horas, a entrada dos dados medidos é realizada para períodos de hora em hora que contemplam às 24 horas.

4.4.1 LANÇAMENTO DOS DADOS PARA CALIBRAÇÃO NO EPANET CALIBRATOR

Este item apresenta a descrição da metodologia utilizada para a calibração da rede de abastecimento de água simulada pelo software EPANET 2.0 e calibrada pela ferramenta EPANET CALIBRATOR, a partir de uma série de dados disponibilizados pelo DMAE, que incluem: medições de vazão e pressão, em trechos e pontos próximos às Estações de Bombeamento de Água Tratada (EBAT's) e Reservatórios, informações dos materiais e idade das tubulações.

Estas medições foram tabeladas em períodos horários (num total de 24 horas), para o mesmo dia da semana, e, a partir daí, importadas para o *software*, nos trechos e nós condizentes.

A seleção dos setores que correspondem às tubulações de mesmo material e idade, conseqüentemente de coeficientes hidráulicos semelhantes, foi realizada a partir das informações disponibilizadas e devido à grande heterogeneidade de materiais, buscou-se selecionar da maneira mais representativa á rede existente.

Dessa forma, o *software* EPANET CALIBRATOR tem a finalidade de aproximar os dados simulados anteriormente pelo EPANET 2.0 aos dados medidos em campo, por meio da variação da

perda de carga e perdas por vazamentos na rede de abastecimento.

5 SISTEMA TRISTEZA

5.1 Dados Gerais do Município

O município de Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul, tem como data oficial de fundação 26 de março de 1772. O município, localizado na região sul do território brasileiro, possui hoje uma população de 1.409.351 habitantes, de acordo com o Censo Demográfico 2010.



Figura 5.1 – Localização do município de Porto Alegre.

Cerca de 65% de seu território é composto por região de planície. Formação geológica onde está localizado o grande centro urbano do município, sendo o restante ocupado por morros arredondados que caracterizam a paisagem da cidade. Esta segunda formação geológica contribuiu como uma espécie de contenção natural da ocupação do município em direção à zona sul, o que ocasionou na conservação de, aproximadamente, 30% do território com área rural.

O município possui ainda, aproximadamente, 44 km² distribuídos em 16 ilhas do Lago Guaíba. O lago contorna o município numa extensão aproximada de 70 km de orla fluvial e é considerada como, a expressão geográfica mais marcante da capital gaúcha.

Porto Alegre está ligada às rodovias federais BR-290 e BR-116 (Figura 5.2), permitindo a conexão com os demais estados brasileiros e também com Uruguai e Argentina, podendo ser considerada equidistante de importantes capitais nacionais como São Paulo e Rio de Janeiro, e importantes capitais sul-americanas como Buenos Aires e Montevideú.



Figura 5.2 - Principais acessos ao município de Porto Alegre.

O clima, subtropical úmido, do município apresenta as quatro estações do ano, embora por situar-se numa zona de transição, tenha como característica a grande variabilidade dos elementos do tempo meteorológico. A temperatura média anual de 19,5°C. E o fuso horário de Porto Alegre é o mesmo de Brasília que é a hora oficial do país, corresponde a menos três horas em relação ao Meridiano de Greenwich.

5.2 Caracterização da Área de Estudo

Neste item será realizada a caracterização da região em estudo, onde constarão informações gerais, tais como: população, território, localização, uso e ocupação do solo, e outras particularidades.

5.3 Dados Gerais

A região em estudo está localizada na Zona Sul do município de Porto Alegre e é composta pelos bairros Cavahada, Espírito Santo, Guarujá, Ipanema, Pedra Redonda, Serraria, Tristeza, Vila Assunção e Vila Conceição, na grande maioria os bairros possuem características de usos e ocupações do solo semelhantes, bairros residenciais. Exceto o bairro Cavahada que não é exclusivamente residencial, trata-se de um bairro de uso e ocupação mista, com áreas residenciais e comerciais.

A região em estudo apresenta uma área de aproximadamente 18,65 km², referentes a 3,57 km² do bairro Cavahada, 1,74 km² do bairro Espírito Santo, 1,26 km² do bairro Guarujá, 3,98 km² do bairro Ipanema, 0,47 km² do bairro Pedra Redonda, 3,44 km² do bairro Serraria, 2,64 km² do bairro Tristeza, 1,20 km² do bairro Vila Assunção e 0,35 km² do bairro Vila Conceição.

Na Tabela 5.1 são apresentados os dados censitários para os bairros em estudo.

Tabela 5.1– População dos bairros da região em estudo.

Bairros	População Total [hab.]	
	2000	2010
Cavahada	19.854	18.582
Espirito Santo	5.734	5.606
Guarujá	2.589	2.612
Ipanema	16.877	15.518
Pedra Redonda	316	274
Serraria	5.775	5.885
Tristeza	15.125	16.198
Vila Assunção	4.591	4.418
Vila Conceição	1.467	1.349

5.4 Localização e Acessos

A região em estudo está localizada na Zona Sul do município de Porto Alegre, como pode ser verificado na

Figura 5.3, a uma distância de aproximadamente 11,0 km do centro da cidade.



Figura 5.3 - Localização dos bairros no município de Porto Alegre.

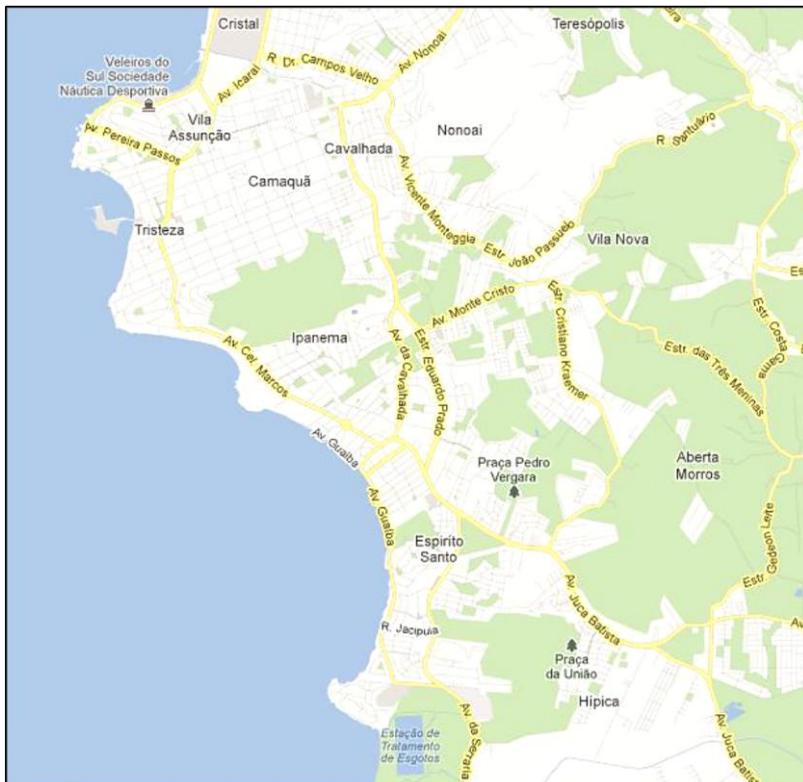


Figura 5.4 - Acessos para a área de estudo.

As principais vias de acesso à região de estudo, como pode ser verificado na Figura 5.4, são: ao norte pela rodovia Avenida Padre Cacique, a nordeste pela Avenida Nonoai, a leste pela Avenida Monte Cristo ou Avenida Juca Batista e pelo sul através da Avenida da Serraria.

5.5 Plano Diretor

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA) de Porto Alegre foi instituído pela Lei Complementar 434 de 1º de Dezembro de 1999, tal lei foi atualizada e compilada até a Lei Complementar nº 667, de 3 de janeiro de 2011.

De acordo com o PDDUA, a região em estudo está locada na Região de Planejamento 6, de acordo com o Capítulo VII relacionado ao Sistema de Planejamento do município de Porto Alegre.

O Capítulo I do Título III da Parte I do PDDUA de Porto Alegre divide o território do Município de Porto Alegre, por seu Modelo Espacial, em Área de Ocupação Intensiva e Área de Ocupação Rarefeita. As Áreas de Ocupação Intensiva e Rarefeita dividem-se em Unidades de Estruturação Urbana, Macrozonas e Regiões de Gestão do Planejamento.

O Capítulo II do Título III da Parte I do Plano Diretor em questão insere a região de estudo na Macrozona 5 – Cidade Jardim: caracteriza-se pela baixa densidade, pelo uso residencial predominante unifamiliar e elementos naturais integrados às edificações, com especial interesse na orla do Guaíba.

6 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EXISTENTE

A área de estudo é atualmente abastecida pelo Sistema de Abastecimento de Água Tristeza. As descrições apresentadas a seguir tem como base o Plano Diretor de Água do Município de Porto Alegre, além de dados fornecidos pelo DMAE, a fim de caracterizar o sistema de abastecimento dos bairros Cavallhada, Espírito Santo, Guarujá, Ipanema, Pedra Redonda, Serraria, Tristeza, Vila Assunção e Vila Conceição. Contendo uma breve descrição dos sistemas de captação, tratamento, reservação e distribuição da água.

6.1 Sistema tristeza

O Sistema Tristeza fica no oeste do município de Porto Alegre, tem conformação alongada pela orla do Lago Guaíba, com área de abastecimento de 1.062 ha (para o ano de 2007), fazendo limite a leste com os sistemas Menino Deus e Belém Novo.

Atualmente no Sistema Tristeza a captação de água bruta é feita num sistema subfluvial no Lago Guaíba em PEAD DE 800 mm com 630 metros de extensão, até próximo ao canal de navegação.

A estação de bombeamento de água bruta está localizada na Avenida Guaíba, em área junto ao Clube Veleiros do Sul. Atualmente estão em execução obras de ampliação e reforma das instalações existentes, adaptando-as à cota de chegada da nova adutora de captação. As instalações da EBAB foram preparadas para recalcar uma vazão máxima de 450 l/s.

A interligação entre a estação de bombeamento de água bruta e a unidade de tratamento é feita através de uma adutora de 600 mm de diâmetro com 294 metros de extensão.

6.1.1 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA - ETA

A ETA está localizada na Praça Araé, no entorno das ruas Maracá e Coroados. A capacidade nominal da ETA é de 220 l/s, mas após uma série de intervenções tem capacidade de tratamento em torno de 480 l/s, possui tratamento do tipo convencional, constituído por floculador, decantadores e cinco filtros com leito de areia.

De acordo com o PDA do município de Porto Alegre, esta estação está adequada para atuais e futuras demandas, necessitando apenas de obras de manutenção, adaptações e melhorias em algumas unidades.

6.1.2 DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E RESERVAÇÃO

A distribuição de água no Sistema Tristeza é feita através de seis subsistemas, sendo um deles abastecido por gravidade desde o reservatório da ETA, três por EBATs de primeiro nível e dois por EBATs de segundo nível. Em 2008, para melhorar as condições operacionais, foram incorporados ao Sistema Tristeza, o Subsistema EBAT Balneários e o Subsistema EBAT Altos do Ipê/Res. Altos do Ipê, que antes pertenciam ao Sistema Belém Novo. O Sistema Tristeza apresenta baixo volume de reservação em alguns subsistemas.

6.2 Produção de água

Devida à complexidade da rede de abastecimento da área de estudo, neste item, serão descritos a produção de água de todo Sistema

Tristeza, que abastece os bairros Cavallhada, Espírito Santo, Guarujá, Ipanema, Pedra Redonda, Serraria, Tristeza, Vila Assunção e Vila Conceição. Na Tabela 6.1 são apresentados os dados da produção total média medida em 2007.

Tabela 6.1- Produção Total Média Medida em 2007.

Produção Total Média Medida [l/s]	
Tristeza	222

6.3 Perdas no sistema

Em sistemas públicos de abastecimento de água, do ponto de vista operacional, as perdas de água são consideradas correspondentes aos volumes não contabilizados. Esses englobam tanto as perdas físicas (perdas reais), que representam a parcela não consumida, como as perdas não físicas (perdas aparentes), que correspondem à água consumida e não registrada.

No sistema de abastecimento de água, as perdas físicas correspondem ao volume de água produzido que não chega ao consumidor final. Devido a vazamentos no sistema, envolvendo a captação, a adução de água bruta, o tratamento, a reservação, a adução de água tratada e a distribuição, além de procedimentos operacionais como lavagem de filtros e descargas na rede, que geram consumos superiores ao estritamente necessário para operação.

Já as perdas não físicas correspondem aos volumes consumidos, porém não contabilizados. Originam-se de ligações clandestinas ou não cadastradas, hidrômetros com erros de medições e falhas no cadastramento comercial. Nesse caso, então, a água é efetivamente consumida, mas não é faturada.

A Tabela 6.2 apresenta a caracterização geral das perdas em um sistema de abastecimento de água.

Para os cálculos de perdas físicas e não físicas trabalha-se com estimativas, tanto de consumos não faturados e/ou não medidos (águas

destinadas para economia de baixa renda, combates a incêndios, usos operacionais), quanto de estimativas de volume perdidos nas fraudes e ligações clandestinas (normalmente através de uma porcentagem do volume total disponibilizado). Portanto os cálculos de perdas físicas e não físicas não serão descritos neste relatório devido ao fato de ser impossível distinguir um ao outro. Desta forma são apresentados apenas os volumes de perdas totais.

Tabela 6.2- Caracterização geral das perdas

Item	Características principais	
	Perdas reais	Perdas aparentes
Tipo de ocorrência mais comum	Vazamento	Erro de medição
Custos associados ao volume de água	Custos de produção da água tratada	Valor cobrado no varejo ao consumidor
Efeito no meio ambiente	Desperdício de recursos Maiores impactos ambientais devido à	Não é relevante
Efeito na saúde	Riscos de contaminação	Não é relevante
Ponto de vista consumidor	Perda de produto Imagem negativa da empresa associada ao	Perda elevada de preocupação
Efeitos finais no consumidor	Repasse de custos à tarifa Desincentivo ao uso racional da água	Repasse de custos à tarifa Incitamento ao roubo e fraudes

Fonte: Tsutiya, 2006.

O volume de perdas totais é a diferença entre o volume de água

disponível para consumo e o volume utilizado. Desta forma na Tabela 6.3 serão apresentados os dados apresentados no Plano Diretor da Água do Município de Porto Alegre para o sistema que abastece o local de estudo.

Tabela 6.3- Índice de perdas no Sistema.

Índice de perdas na distribuição [%]	
Tristeza	39,19

6.4 Análise da rede de distribuição

De acordo com o cadastro do DMAE, a rede de água é formada por uma malha de distribuição com extensão aproximada de 255 km.

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Tabela 6.4 são apresentados os dados de extensão da rede de distribuição de água da área de estudo, de acordo com o material da tubulação e sua data de implantação. Nota-se que desde 1983 houve uma diminuição na implantação de tubulações de FC (Fibrocimento), assim como, ocorreu o aumento do uso de tubos de FD (Ferro Fundido Dúctil) a partir do meio da década de 1980 e de PEAD a partir da década de 1990.

O objetivo da análise, realizada na Tabela 6.4 é apontar localidades que possam apresentar problemas relacionados ao abastecimento de água. Principalmente devido à utilização de tubulações obsoletas.

Essa mesma análise é apresentada visualmente, da Figura 6.1 e Figura 6.2. A Figura 6.1 apresenta o cadastro da rede de distribuição da área de estudo classificada de acordo com os materiais utilizados, com o objetivo mostrar as localidades que apresentam tubulações obsoletas.

Tabela 6.4- Extensão da rede de água no local de estudo (Material x Data de Implantação).

	Não especificado	FC	Fo	FoFo	PVC	FD	PEAD	TOTA
	3.041	6.391	166	2.896	11.086	1.214	602	25.395

1954		2	626	126			754
1955	301		1.983		170		2.454
1956	41						41
1957					199		199
1960			660				660
1964			222		1		223
1965		512					512
1966		129	144				272
1967			672				672
1968		180	802		131		1.113
1969		32		61			93
1970			2	31			33
1971		235	265				499
1972	76		63	427	219		786
1973		646	569	28			1.242
1974	66	11	2.776	401			3.255
1975		249	20	110			380
1976		1.941	121	232			2.294
1977	35	737	102	55			929
1978		345	322	99			765
1979		9	313				322
1980		2	21				23
1981			590		102		691
1982	14		4.912	348	499		5.772
1983		16	2.268	1.602	230	229	4.345
1984			1.800	444	326		2.570
1985			721	96	590		1.407
1986			213	192	6.096		6.501
1987		4	759	98	2.694		3.554
1988				304	1.707		2.011
1989					87		87
1990		282		2.851	579		3.712
1991		2		1.097	8.078	605	9.782
1992			27	1.693	4.338	35	6.093
1993				60	3.851	4.128	8.039
1995			136	251	3.173	2.303	5.863
1996				76	1.336	10.005	11.417
1997		82		724	2.778	1.366	4.950
1998				116	651	25.589	26.356
1999			212	54	616	5.130	6.012

2000					369	10.867	11.236
2001				249	1.957	4.800	7.006
2002				77	875	16.503	17.455
2003				231	1.875	4.760	6.866
2004					99	32.031	32.130
2005		13			426	3.300	3.739
2006				20	30	4.557	4.607
2007				15	93	3.192	3.299
2008				399	53	6.030	6.482
2010				91	29	1.407	1.527
2011				12	3	8.977	8.992
2012				128			128
TOT	3.575	11.80	229	24.59	23.673	45.25	146.41
							255.54



Figura 6.1 - Classificação da rede segundo material utilizado.

A Figura 6.2 apresenta as localidades com tubulações implantadas antes da década de 1980.



Figura 6.2 - Classificação da rede segundo data de implantação.

A Figura 6.2 apresenta a interseção da problemática encontrada na Figura 6.1 e Figura 6.2 evidenciando os locais, que em virtude das

variáveis citadas, possam vir a apresentar problemas na atual rede de distribuição.

7 ESTUDO POPULACIONAL

No presente capítulo é apresentado o estudo populacional para o horizonte de projeto de 20 anos. O estudo realizado foi baseado nos dados do IBGE para o município de Porto Alegre, para os bairros que abrangem o SAA Tristeza e para toda a área de estudo, que considera além dos bairros do SAA Tristeza os bairros de Camaquã, Cristal, Hípica e Ponta Grossa.

Para se chegar a uma conclusão sobre a taxa de crescimento populacional a ser adotada, os três estudos populacionais desenvolvidos são apresentados ao corpo técnico do DMAE e a partir daí determina-se a taxa a ser utilizada.

7.1 Horizonte de projeto

As obras de saneamento das cidades devem ser projetadas para atender a uma determinada população, em geral maior que a atual, correspondente ao crescimento demográfico em certo número de anos (Tsutiya, 2006). Este período é denominado como horizonte de projeto, e segundo o mesmo autor, varia de 20 a 30 anos. Para o presente projeto será adotado horizonte de projeto de 20 anos (2013 a 2032).

7.2 Censo

Para o cálculo da estimativa de projeção populacional para Porto Alegre, foram utilizados dados do IBGE dos anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010. Já para os outros dois estudos foram utilizados dados do IBGE dos anos de 1980, 1991, 2000 e 2010.

Na Tabela 7.1 é apresentada as populações e a taxas de crescimento populacional para os bairros que fazem parte do SAA Tristeza, de acordo com o PDA.

Tabela 7.1– População urbana dos bairros SAA Tristeza e a taxa de crescimento.

Censo	População (hab.)			t0/t1	Taxa de Crescimento Urbano Anual (%)	Taxa de Crescimento Municipal (%)
	Urbana	Rural	Total			
1980	55.015	-	55.015	1980 / 1991	1,49%	1,49%

1991	64.758	-	64.758	1991 / 2000	1,24%	1,24%
2000	72.328	-	72.328	2000 / 2010	-0,07%	-0,07%
2010	71.837	-	71.837	Mediana	1,24%	1,24%

O gráfico da taxa de crescimento atual dos bairros que fazem parte do SAA Tristeza encontra-se na Figura 7.1 Figura 7.

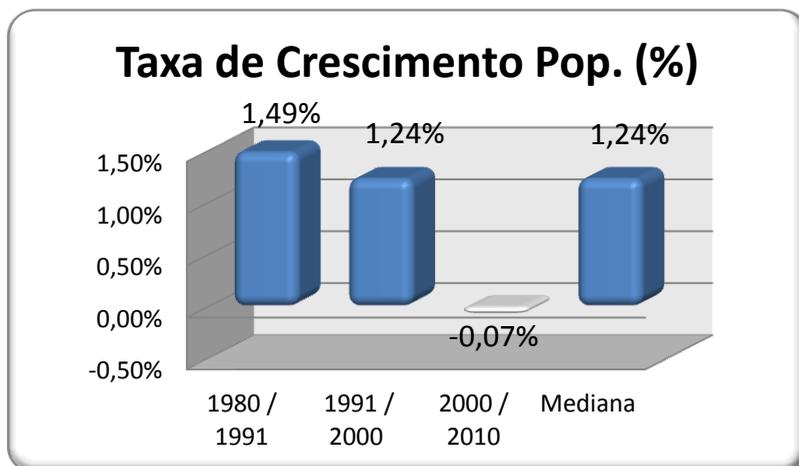


Figura 7.1 - Gráfico da taxa de crescimento urbano atual para bairros que fazem parte do SAA Tristeza.

7.3 Estimativa Populacional Sistema Tristeza - Plano Diretor de Água (PDA)

Neste item são apresentados os cálculos da projeção populacional para os bairros do Sistema de Abastecimento de Água Tristeza de acordo com o Plano Diretor de Água (PDA): Cavalhada, Espírito Santo Guarujá, Ipanema, Jardim Isabel, Pedra Redonda, Serraria, Tristeza, Vila Assunção e Vila Conceição.

As projeções foram realizadas pelos métodos matemáticos: aritmético; geométrico; previsão; crescimento e regressão.

7.3.1 PROJEÇÃO PELOS MÉTODOS MATEMÁTICOS

Os cálculos da projeção populacional e da taxa de crescimento dos bairros englobados pelo Sistema de Abastecimento de Água Tristeza foram realizados com base no censo do IBGE dos anos de 1980, 1991, 2000 e 2010. Na Tabela 7.4 a Tabela 7.8 são apresentados os resultados dos cálculos de população realizados pelos diferentes métodos de estimativas populacionais.

Tabela 7.1- Projeção populacional dos bairros do SAA Tristeza, de acordo com PDA - Método Aritmético.

Ano	Período base da projeção da população urbana					
	80 - 10	Tx. C.	91 - 10	Tx. C.	00 - 10	Tx. C.
2011	72.398		72.210		71.788	
2012	72.958	0,77	72.582	0,52	71.739	-0,07
2013	73.519	0,77	72.955	0,51	71.690	-0,07
2014	74.080	0,76	73.327	0,51	71.641	-0,07
2015	74.641	0,76	73.700	0,51	71.592	-0,07
2016	75.201	0,75	74.072	0,51	71.542	-0,07
2017	75.762	0,75	74.445	0,50	71.493	-0,07
2018	76.323	0,74	74.818	0,50	71.444	-0,07

2019	76.884	0,73	75.190	0,50	71.395	-0,07
2020	77.444	0,73	75.563	0,50	71.346	-0,07
2021	78.005	0,72	75.935	0,49	71.297	-0,07
2022	78.566	0,72	76.308	0,49	71.248	-0,07
2023	79.127	0,71	76.681	0,49	71.199	-0,07
2024	79.687	0,71	77.053	0,49	71.150	-0,07
2025	80.248	0,70	77.426	0,48	71.101	-0,07
2026	80.809	0,70	77.798	0,48	71.051	-0,07
2027	81.369	0,69	78.171	0,48	71.002	-0,07
2028	81.930	0,69	78.543	0,48	70.953	-0,07
2029	82.491	0,68	78.916	0,47	70.904	-0,07
2030	83.052	0,68	79.289	0,47	70.855	-0,07
2031	83.612	0,68	79.661	0,47	70.806	-0,07
2032	84.173	0,67	80.034	0,47	70.757	-0,07

Tabela 7.2- Projeção populacional dos bairros do SAA Tristeza, de acordo com PDA
- Método Geométrico.

Ano	Período Base da Projeção da População Urbana					
	80 - 10	Tx. C.	91 - 10	Tx. C.	00 - 10	Tx. C.
2011	72.479		72.230		71.788	
2012	73.126	0,89	72.626	0,55	71.739	-0,07
2013	73.779	0,89	73.023	0,55	71.690	-0,07
2014	74.438	0,89	73.423	0,55	71.642	-0,07
2015	75.103	0,89	73.825	0,55	71.593	-0,07
2016	75.774	0,89	74.229	0,55	71.544	-0,07
2017	76.451	0,89	74.636	0,55	71.495	-0,07
2018	77.134	0,89	75.044	0,55	71.447	-0,07
2019	77.823	0,89	75.455	0,55	71.398	-0,07
2020	78.518	0,89	75.868	0,55	71.349	-0,07
2021	79.220	0,89	76.284	0,55	71.301	-0,07
2022	79.927	0,89	76.701	0,55	71.252	-0,07
2023	80.641	0,89	77.121	0,55	71.204	-0,07
2024	81.362	0,89	77.544	0,55	71.155	-0,07
2025	82.088	0,89	77.968	0,55	71.107	-0,07
2026	82.822	0,89	78.395	0,55	71.058	-0,07
2027	83.561	0,89	78.824	0,55	71.010	-0,07
2028	84.308	0,89	79.256	0,55	70.962	-0,07

2029	85.061	0,89	79.690	0,55	70.913	-0,07
2030	85.821	0,89	80.126	0,55	70.865	-0,07
2031	86.587	0,89	80.565	0,55	70.817	-0,07
2032	87.361	0,89	81.006	0,55	70.769	-0,07

Tabela 7.3- Projeção populacional dos bairros do SAA Tristeza, de acordo com PDA
- Método Previsão.

Ano	Período Base da Projeção da População Urbana					
	80 - 10	Tx. C.	91 - 10	Tx. C.	00 - 10	Tx. C.
2011	75.258		73.532		71.788	
2012	75.847	0,78	73.897	0,50	71.739	-0,07
2013	76.436	0,78	74.262	0,49	71.690	-0,07
2014	77.024	0,77	74.627	0,49	71.641	-0,07
2015	77.613	0,76	74.991	0,49	71.592	-0,07
2016	78.202	0,76	75.356	0,49	71.542	-0,07
2017	78.791	0,75	75.721	0,48	71.493	-0,07
2018	79.380	0,75	76.086	0,48	71.444	-0,07
2019	79.968	0,74	76.451	0,48	71.395	-0,07
2020	80.557	0,74	76.815	0,48	71.346	-0,07
2021	81.146	0,73	77.180	0,47	71.297	-0,07
2022	81.735	0,73	77.545	0,47	71.248	-0,07
2023	82.324	0,72	77.910	0,47	71.199	-0,07

2024	82.912	0,72	78.275	0,47	71.150	-0,07
2025	83.501	0,71	78.639	0,47	71.101	-0,07
2026	84.090	0,71	79.004	0,46	71.051	-0,07
2027	84.679	0,70	79.369	0,46	71.002	-0,07
2028	85.268	0,70	79.734	0,46	70.953	-0,07
2029	85.856	0,69	80.099	0,46	70.904	-0,07
2030	86.445	0,69	80.463	0,46	70.855	-0,07
2031	87.034	0,68	80.828	0,45	70.806	-0,07
2032	87.623	0,68	81.193	0,45	70.757	-0,07

Tabela 7.4- Projeção populacional dos bairros do SAA Tristeza, de acordo com PDA
- Método Crescimento.

Ano	Período Base da Projeção da População Urbana					
	80 - 10	Tx. C.	91 - 10	Tx. C.	00 - 10	Tx. C.
2011	75.886		73.635		71.788	
2012	76.592	0,93	74.030	0,54	71.739	-0,07
2013	77.304	0,93	74.427	0,54	71.690	-0,07
2014	78.023	0,93	74.826	0,54	71.642	-0,07
2015	78.748	0,93	75.227	0,54	71.593	-0,07
2016	79.480	0,93	75.630	0,54	71.544	-0,07
2017	80.219	0,93	76.036	0,54	71.495	-0,07
2018	80.965	0,93	76.443	0,54	71.447	-0,07
2019	81.718	0,93	76.853	0,54	71.398	-0,07
2020	82.478	0,93	77.265	0,54	71.349	-0,07
2021	83.245	0,93	77.679	0,54	71.301	-0,07
2022	84.019	0,93	78.096	0,54	71.252	-0,07
2023	84.800	0,93	78.515	0,54	71.204	-0,07
2024	85.588	0,93	78.935	0,54	71.155	-0,07
2025	86.384	0,93	79.359	0,54	71.107	-0,07
2026	87.187	0,93	79.784	0,54	71.058	-0,07
2027	87.998	0,93	80.212	0,54	71.010	-0,07
2028	88.816	0,93	80.642	0,54	70.962	-0,07

2029	89.642	0,93	81.074	0,54	70.913	-0,07
2030	90.475	0,93	81.509	0,54	70.865	-0,07
2031	91.317	0,93	81.946	0,54	70.817	-0,07
2032	92.166	0,93	82.385	0,54	70.769	-0,07

Tabela 7.5- Projeção populacional dos bairros do SAA Tristeza, de acordo com PDA
- Método Regressão.

Ano	Projeção	Tx. C.
2011	72.105	
2012	71.921	-0,25
2013	71.691	-0,32
2014	71.414	-0,39
2015	71.090	-0,45
2016	70.720	-0,52
2017	70.303	-0,59
2018	69.839	-0,66
2019	69.329	-0,73
2020	68.772	-0,80
2021	68.169	-0,88
2022	67.519	-0,95
2023	66.822	-1,03
2024	66.079	-1,11

2025	65.289	-1,20
2026	64.452	-1,28
2027	63.569	-1,37
2028	62.639	-1,46
2029	61.662	-1,56
2030	60.639	-1,66
2031	59.569	-1,76
2032	58.453	-1,87

Para a melhor visualização do crescimento populacional dos diferentes métodos, são apresentados os gráficos de cada método da Figura 7.1 à Figura 7.5.

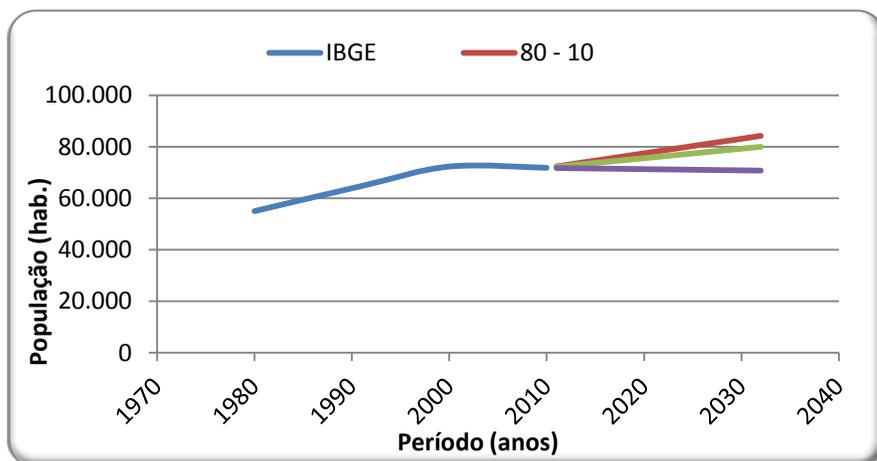


Figura 7.1 - Gráfico da estimativa populacional pelo Método Aritmético.

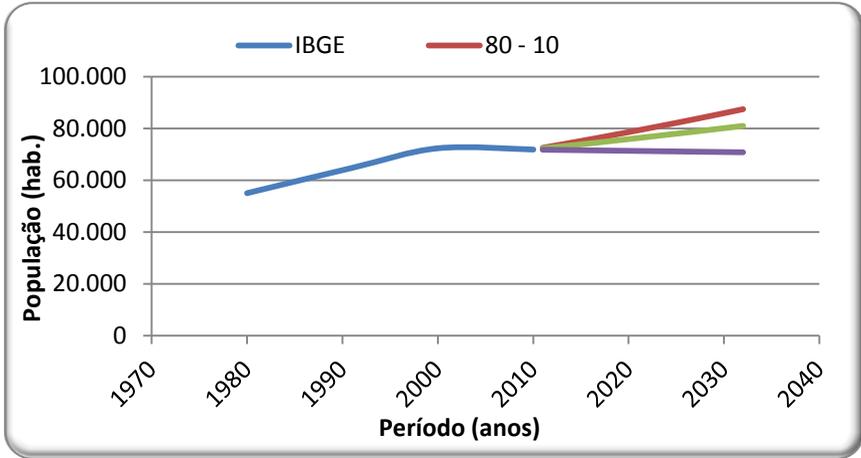


Figura 7.2- Gráfico da estimativa populacional pelo Método Geométrico.

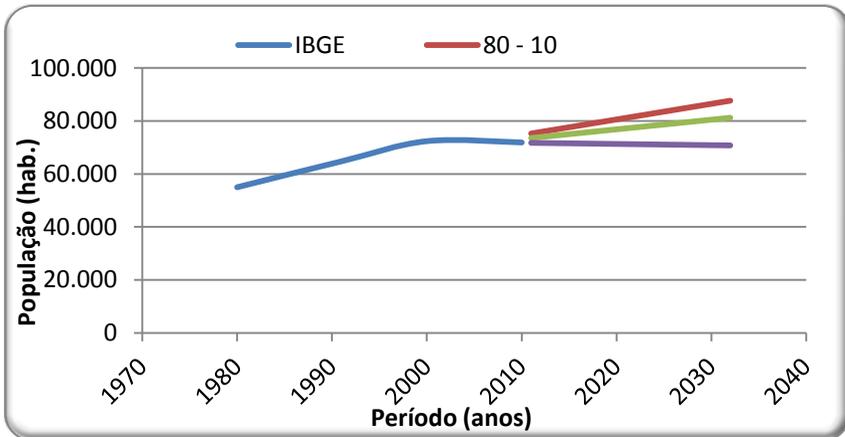


Figura 7.3 -Gráfico da estimativa populacional pelo Método Previsão.

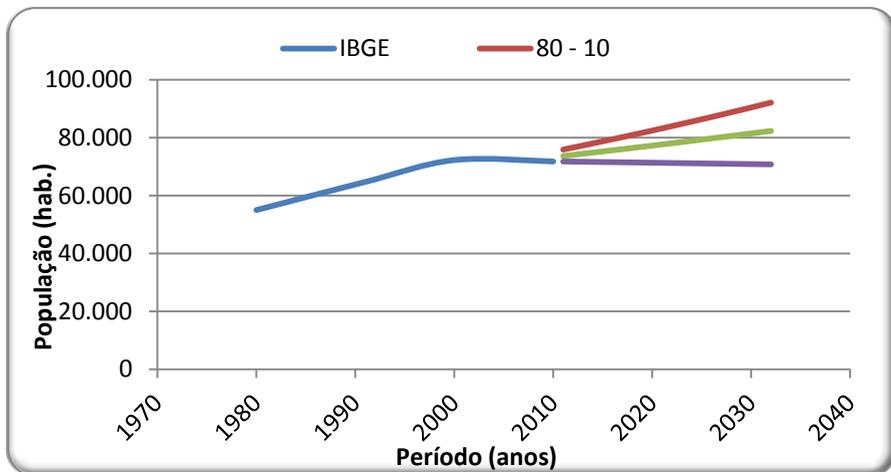


Figura 7.4 -Gráfico da estimativa populacional pelo Método Crescimento.

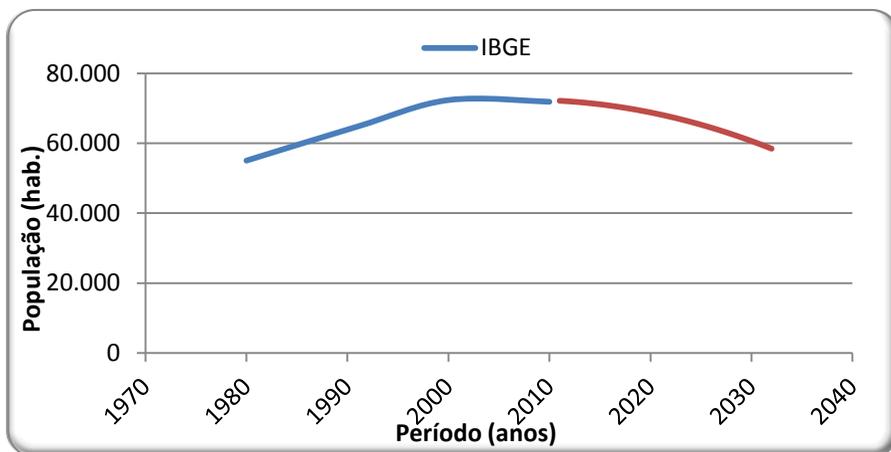


Figura 7.5 -Gráfico da estimativa populacional pelo Método Regressão.

7.3.2 PROJEÇÃO PELAS LINHAS DE TENDÊNCIA

A fim de definir qual dos métodos matemáticos melhor se adequa a realidade dos bairros estudados, podem-se obter linhas de

tendência para os dados do IBGE através do Software EXCEL utilizando-se 4 tipos diferentes de curvas: logarítmica, linear, polinomial e exponencial. A evolução da população, e a taxa de crescimento (%) ano a ano, obtidos através dos cálculos de projeção populacional pelos métodos matemáticos, são determinadas a partir das curvas que melhores se ajustam às linhas de tendências com maior R^2 , ou seja, menor desvio.

As linhas de tendências logarítmica, linear, polinomial e exponencial para os bairros do SAA Tristeza, de acordo com o PDA, são apresentadas da Figura 7.6 à Figura 7.9.

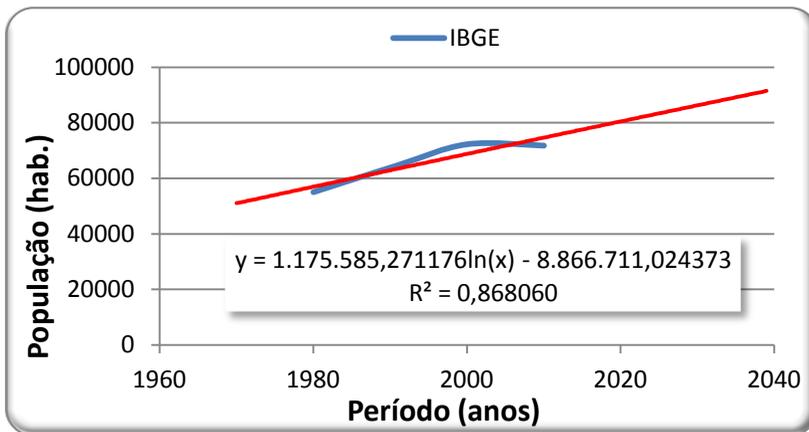


Figura 7.6 - Linha de tendência Logarítmica.

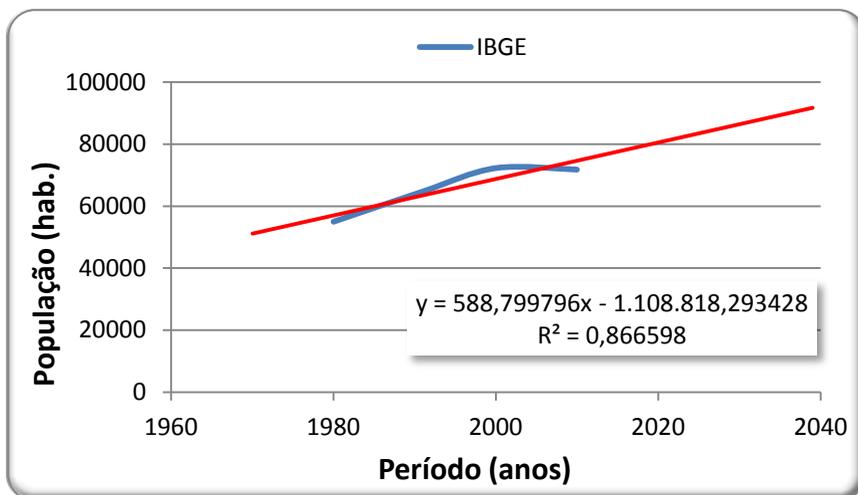


Figura 7.7 - Linha de tendência Linear.

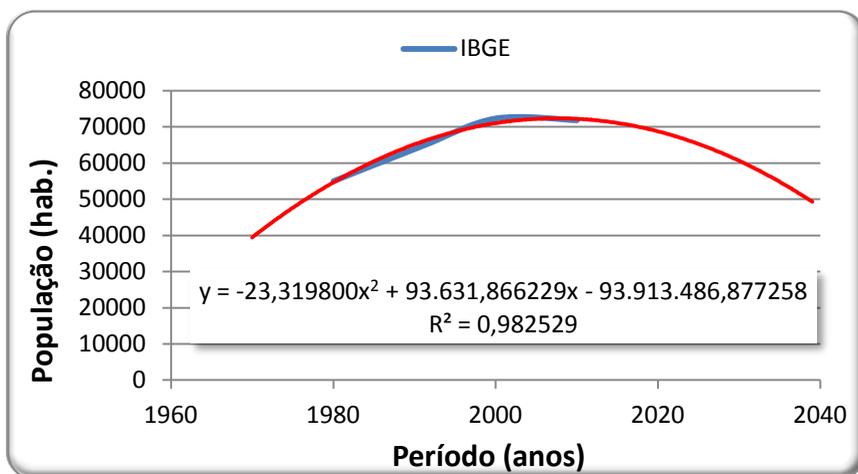


Figura 7.8 - Linha de tendência Polinomial.

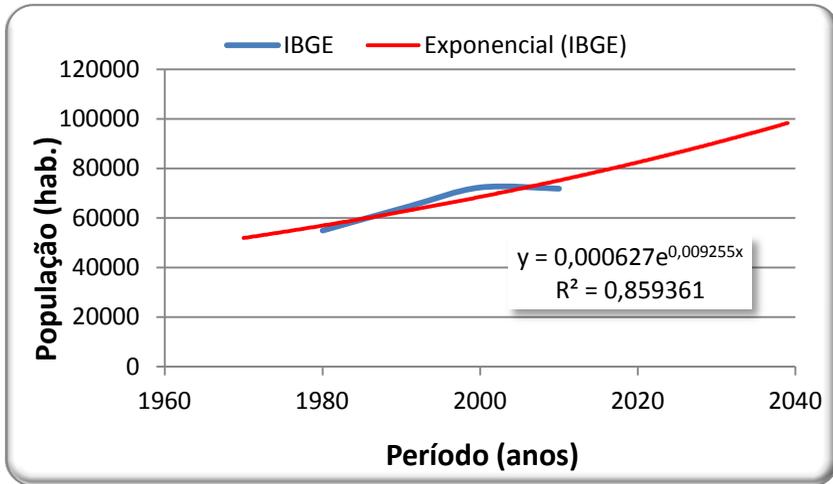


Figura 7.9 - Linha de tendência Exponencial.

Na Tabela 7.6 são apresentadas as projeções populacionais pelas linhas de tendências para os bairros do SAA Tristeza de acordo com Plano Diretor de Água.

Tabela 7.6– Projeção da população pelas linhas de tendências para o Sistema Tristeza de acordo com PDA.

Ano	Taxa de Crescimento por Linhas de Tendência							
	Logarít- mica	Tx	Linear	Tx	Polino- mial	Tx	Exponen- cial	Tx
2011	75.246		75.258		72.105		75.905	
2012	75.830	0,78	75.847	0,78	71.921	0,25	76.611	0,93
2013	76.415	0,77	76.436	0,78	71.691	0,32	77.323	0,93
2014	76.998	0,76	77.024	0,77	71.414	0,39	78.042	0,93
2015	77.582	0,76	77.613	0,76	71.090	0,45	78.768	0,93
2016	78.165	0,75	78.202	0,76	70.720	0,52	79.500	0,93

2017	78.748	0,75	78.791	0,75	70.303	0,59	80.239	0,93
2018	79.331	0,74	79.380	0,75	69.839	0,66	80.986	0,93
2019	79.913	0,73	79.968	0,74	69.329	0,73	81.739	0,93
2020	80.495	0,73	80.557	0,74	68.772	0,80	82.499	0,93
2021	81.077	0,72	81.146	0,73	68.169	0,88	83.266	0,93
2022	81.659	0,72	81.735	0,73	67.519	0,95	84.040	0,93
2023	82.240	0,71	82.324	0,72	66.822	1,03	84.821	0,93
2024	82.821	0,71	82.912	0,72	66.079	1,11	85.610	0,93
2025	83.402	0,70	83.501	0,71	65.289	1,20	86.406	0,93
2026	83.982	0,70	84.090	0,71	64.452	1,28	87.209	0,93
2027	84.562	0,69	84.679	0,70	63.569	1,37	88.020	0,93
2028	85.142	0,69	85.268	0,70	62.639	1,46	88.839	0,93
2029	85.722	0,68	85.856	0,69	61.662	1,56	89.665	0,93
2030	86.301	0,68	86.445	0,69	60.639	1,66	90.498	0,93
2031	86.880	0,67	87.034	0,68	59.569	1,76	91.340	0,93
2032	87.458	0,67	87.623	0,68	58.453	1,87	92.189	0,93
Tx.		0,90		0,91		0,93		1,14

7.3.3 DETERMINAÇÃO DA TAXA DE CRESCIMENTO SISTEMA TRISTEZA – PDA

Na Tabela 7.10 é apresentado as taxas de crescimento calculadas pelos diferentes métodos populacionais e as estimativas da

população futura para a rede de abastecimento de água do Sistema Tristeza de acordo com o PDA.

Tabela 7.7- Taxa de crescimento populacional para os bairros do SAA Tristeza de acordo com o PDA.

Resumo Estudo Populacional			
Método	Período	Tx. C.	Pop. 2032
Aritmético	80-10	0,67%	84.173
	91-10	0,47%	80.034
	00-10	0,07%	70.757
Geométrico	80-10	0,89%	87.361
	91-10	0,55%	81.006
	00-10	0,07%	70.769
Previsão	80-10	0,68%	87.623
	91-10	0,45%	81.193
	00-10	0,07%	70.757
Crescimento	80-10	0,93%	92.166
	91-10	0,54%	82.385
	00-10	0,07%	70.769
Regressão	80-10	1,87%	58.453

Para obter-se uma taxa de crescimento populacional coerente com o crescimento que ocorre nos bairros do SAA Tristeza, é comparado o crescimento populacional calculado pelos distintos

métodos com a linha de tendência que apresenta menor desvio (R^2). Com isso adota-se o método matemático que mais se aproxima da linha de tendência.

Na Tabela 7.11 é apresentado o método escolhido como melhor opção para determinação da projeção do crescimento populacional para os bairros do SAA Tristeza de acordo com o PDA.

Para os bairros do SAA Tristeza, a linha de tendência que melhor se ajustou aos dados do Censo do IBGE também foi a logarítmica, no qual apresenta taxa de crescimento médio de 0,90 %. O Método Matemático que obteve a menor diferença ao decorrer dos anos entre 2011 e 2032 foi o Método Aritmético com base nos dados do IBGE de 1980 a 2010, com a média de crescimento de 0,72 % a.a.

Tabela 7.8– Melhor projeção da população para o Sistema Tristeza de acordo com PDA - Método Aritmético.

Ano	Período base da projeção da população urbana	
	80 - 10	Tx C.
2011	72.398	
2012	72.958	0,77
2013	73.519	0,77
2014	74.080	0,76
2015	74.641	0,76
2016	75.201	0,75
2017	75.762	0,75
2018	76.323	0,74

2019	76.884	0,73
2020	77.444	0,73
2021	78.005	0,72
2022	78.566	0,72
2023	79.127	0,71
2024	79.687	0,71
2025	80.248	0,70
2026	80.809	0,70
2027	81.369	0,69
2028	81.930	0,69
2029	82.491	0,68
2030	83.052	0,68
2031	83.612	0,68
2032	84.173	0,67
Tx. Cresc.		0,72

7.4 Determinação da Taxa de Crescimento

De acordo com os cálculos por vários modelos matemáticos neste capítulo, o escolhido para representar a projeção populacional dos bairros que compõem o SAA Tristeza foi o modelo aritmético. Para o horizonte de projeto, de 2011 a 2032, a estimativa de crescimento populacional é de 16,26%.

8 CRITÉRIOS E PARÂMETROS DE PROJETO

São apresentados nesse item os critérios e os parâmetros que serão utilizados no Estudo de Concepção para Ampliação Subsistema EBAT Balneários – Adutora Sucção EBAT Balneário, no Município de Porto Alegre.

8.1 Consumo per capita e índice de perdas

Para a determinação da vazão de um sistema de abastecimento de água, é necessário conhecer o consumo da população de projeto. Assim sendo, faz-se uso do consumo médio *per capita*, que nada mais é do que o volume médio de água consumido por um habitante durante um dia, expresso em L/hab.dia.

De acordo com PDA de Porto Alegre, para fins de dimensionamento o consumo per capita mínimo deve ser 200 l/hab.dia. A Tabela 8.1 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta os índices de produção, consumos, população, perdas para fins de dimensionamento e consumos *per capita* com e sem perdas para o SAA Tristeza que abastece a área em estudo, de acordo com o PDA de Porto Alegre.

Tabela 8.1– Dados de consumo, produção e perdas.

Sistema	Produção 2007 [L/s]	Consumo 2007 [L/s]	População 2007 [hab.]	Perdas [%]	Consumo per capita s/ perdas [L/hab.dia]	Consumo per capita c/ perdas [L/hab.dia]
Tristeza	222	135	44.959	39	260	427

8.2 Critérios de parâmetro de projeto

O Plano Diretor da Água do Município de Porto Alegre sugere a utilização de 1,2 para o coeficiente de variação diária K_1 e 1,5 para coeficiente de variação horária K_2 . Porém, para o presente estudo para representar a variação horária do consumo de água foi adotada curva de consumo horária, fornecida pelo corpo técnico do DMAE. Esta pode ser

observada na Figura 8.1.

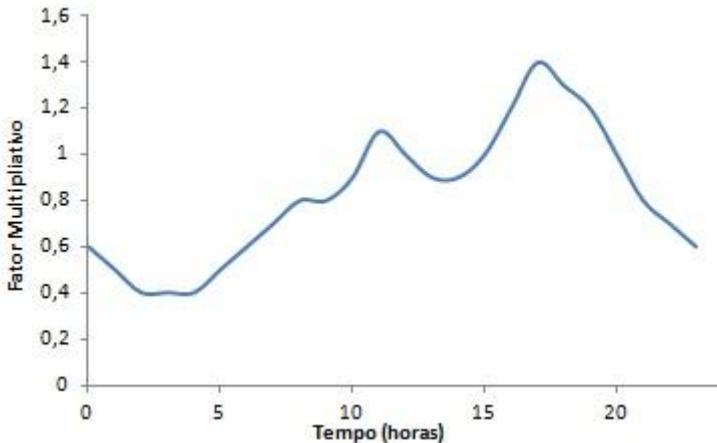


Figura 8.1 – Curva de consumo horária.

8.3 Volume micromedido do consumo

O volume micromedido é o somatório dos volumes registrados nos hidrômetros. Segundo dados do DMAE, no ano de 2011 o volume micromedido do consumo de água no Sistema Tristeza foi de 5.462.768 m³.

Os valores dos volumes micromedidos apresentados anteriormente não representam o consumo real da região estudada, já que juntamente com os dados de medição dos ramais fornecidos pelo DMAE existem ramais e economias com consumo igual a zero. Estes consumos valorados em zero não significam que não houve consumo de água, apenas que este consumo não foi medido.

8.4 Volume consumido ou utilizado

O volume consumido ou utilizado (V_c) é o somatório da leitura dos registros de cada economia (volume micromedido) ao volume estimado para as economias sem hidrometração.

$$V_c = \text{Volume micromedido} + \text{Volume estimado}$$

Para a definição do volume estimado, primeiramente define-se a quantidade de economias não medidas. A estas economias não medidas multiplica-se a média de consumo calculada para o sistema, resultando no volume estimado.

Tabela 8.2– Volume consumido.

Dados	Valores	
Volume micromedido	5.462.768,00	m ³
Número de economias medidas	27.717	unidade
Consumo médio por economia	16,42	m ³ /mês
Número de economias não medidas	2.442	unidade
Volume estimado	481.295,94	m ³
Volume consumido	5.944.063,94	m ³

Conforme a Tabela 8.2 o número de economias não medidas é de 2.442 unidades e o volume médio consumido por economia, para o ano de 2011, é de 16,42 m³/mês (16,42 m³/mês), na região em estudo. O volume estimado para as economias não medidas no ano de 2011 foi de 481.295,94 m³. Somando-se o volume micromedido ao volume estimado tem-se o volume consumido para o ano de 2011 que foi de 5.944.063,94 m³.

8.5 Consumo médio per capita

Para o cálculo do consumo médio *per capita* para a região em estudo, os dados disponíveis são:

- ✓ Volume Consumido para o ano de 2011 de toda região em estudo, incluindo mistura com o Sistema de Abastecimento de Água Menino Deus, calculado anteriormente;

- ✓ Número de Economias da região em estudo, para o ano de 2011 de acordo com os o arquivo *shapefile* de ramais fornecido pelo DMAE;
- ✓ Número de dias medidos;
- ✓ Índice de Perdas do Sistema.

A equação abaixo foi utilizada para calcular o consumo *per capita* efetivo, q_e (sem incluir as perdas do sistema).

$$q_e = \frac{Vc}{NE \times ND \times NH/L}$$

onde: q_e consumo efetivo per capita de água

Vc volume consumido

NE número de economias

ND número de dias da medição

NH/L número de habitantes por ligação

Para o cálculo do consumo *per capita*, com a inclusão das perdas usou-se a equação:

$$q = \frac{q_e}{1 - I};$$

Onde: q - consumo *per capita* [L/hab.dia]

q_e - consumo efetivo *per capita* [L/hab.dia]

I - índice de perdas [%]

Na Tabela 8.3 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** são apresentados os dados utilizados para o cálculo do consumo *per capita*, assim como os resultados obtidos a partir dos mesmos. Esses valores foram obtidos com base nos consumos micromedidos fornecidos pelo DMAE.

Tabela 8.3– Consumo per capita.

Dados	Valores	
Consumo p/ ano de 2011	5.944.063,94	m ³
Número de dias medidos	365	dias
Número de economias	30.159	economias
Índice de Perdas	39,19	%
Número de habitantes por ligação	2,55	hab./ligação
Consumo efetivo <i>per capita</i>	211,75	L/hab.dia
Consumo per capita s/ perdas (PDA)	260	L/hab.dia
Consumo <i>per capita</i>	348,22	L/hab.dia
Consumo per capita c/ perdas (PDA)	427	L/hab.dia

9 AVALIAÇÃO DA DEMANDA FUTURA E VAZÃO ESPECÍFICA

Após definidos os critérios e parâmetros de projetos, é feita análise da demanda futura de abastecimento de água. Esta demanda é analisada juntamente com a Vazão Específica (Qesp), já que esta foi definida com base nos consumos previstos para os loteamentos a serem implantados na área de estudo, de acordo com informações cedidas pelo DMAE. Esta Vazão Específica inclui o consumo de condomínios e empreendimentos com implantação aprovada e/ou em execução. Esse consumo vai além do crescimento populacional calculado, uma vez que os dados utilizados no estudo populacional, não contemplam novos eventos como estes.

9.1 Avaliação da demanda futura - loteamentos

Com o objetivo de facilitar a determinação da vazão específica os loteamentos previstos, ilustrados na Figura 9.2, foram separados em 3 categorias, como mostra a Figura 9.1.

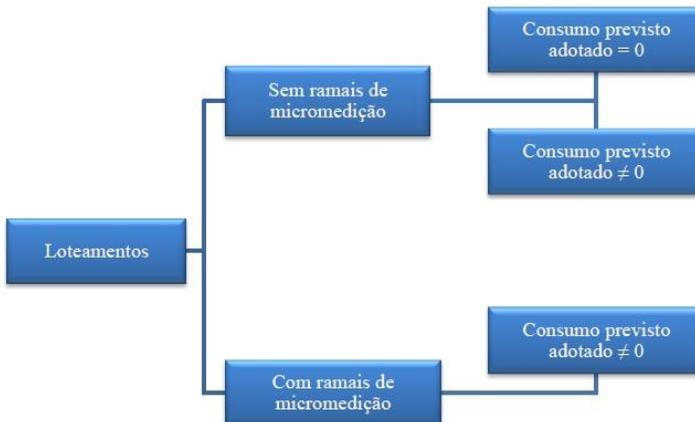


Figura 9.1- Organograma de Categorização dos Loteamentos



Figura 9.2- Loteamentos Previstos

Da Tabela 9.1 a Tabela 9.4 são listados os loteamentos previstos para a área de estudo, com seu respectivo endereço e consumo de água atualizado pelo corpo técnico do DMAE.

Tabela 9.1- Lotes sem ramais de micromedição e consumo previsto zero.

Nome	Endereço
Vila Bororó	Av. Guaíba, 1950
Av. Wenceslau Escobar	Av. Wenceslau Escobar, 3479
Rua Ney de Castilho Ferreira	Rua Ney de Castilho Ferreira, 300
Clube Jangadeiros	Rua Ernesto Paiva, 139

Tabela 9.2- Lotes sem ramais de micromedição e consumo previsto pelo DMAE diferente de zero.

Nome	Endereço	Consumo Previsto (l/s)
Condomínios de Edifícios Residenciais	Av. Orleans, 581	1,98
Loteamento Jardim Tapete Verde III	Rua Adão Pinheiro da Silva, 895	3,20
Condomínio Residencial	Av. Juca Batista, 250 e Av. Cavalhada, 6660	3,61
Av. Cel Marcos	Av. Cel Marcos, 186 e 200	1,00
Ed. Residencial	Av. Copacabana, 1147	1,00
Av. Otto Niemeyer	Av. Otto Niemeyer, 1252	0,44
Rua dr. Barcelos	Rua dr. Barcelos, 951	0,52
Cond. Residencial Jacundá	Rua Jacundá, 686	0,52
Cond. por unidades autônomas	Estrada da Serraria, 1900	0,67
Rua Dr. Pereira Neto rua Mário Totta	Rua dr. Pereira Neto, 35/75 Rua Mário Totta, 958	3,00

Nome	Endereço	Consumo Previsto (l/s)
Cond. Residencial e Comercial	Av. Wenceslau Escobar, 2832 Rua Dr. Pereira Neto	4,10
Condomínio Horizontal	Rua Goitacáz, 606	0,13

Tabela 9.3- Lotes com ramais de micromedição e consumo previsto zero.

Nome	Endereço	Consumo Previsto (l/s)	Consumo Micromedido (l/s)
Loteamento Villagio Milano	Estrada da Serraria, 1450 e 1452	4,17	0,717
Portal do Guarujá	Estrada Serraria	2,04	1,429
Cond. Figueiras do Guarujá	Av. Serraria, 1844	0,80	0,541
Altos do Guarujá	Av. Serraria, 1548	8,53	0,491
Galeria Comercial Lifestyle Wenceslau	Av. Wenceslau Escobar, 1823	0,82	0,295
Ed. Residencial	Travessa Nova Trento, 333 e 351	1,50	0,235
Ed. Residencial	Rua dr. Pereiro Neto, 570	0,41	0,128
Cond. Residencial	Av. Eduardo Prado, 1560	3,00	0,089
Rua dr. Armando Barbedo	Rua dr. Armando Barbedo, 541	0,38	0,082
Jardim do lago	Profº Carlos de Paula Couto, 505	0,20	0,052
Cond. Residencial	Rua Profº Emílio, 883	0,38	0,051

Nome	Endereço	Consumo Previsto (l/s)	Consumo Micromedido (l/s)
Cond. Residencial na Rua Francisco Bertoluzzi	Rua Francisco Bertoluzzi, 217	0,48	0,051
Ed. Residencial	Rua dr. Dias de Carvalho, 370 e 380	1,00	0,050
Rua Maracá	Rua Maracá, 240	0,27	0,050
Rua Agenor Mendes Ouriques	Rua Agenor Mendes Ouriques, 200	1,20	0,050
Ed. residencial Punta Parador	Rua General Rondon, 1077	0,88	0,048
Cond. Residencial	Rua das Laranjeiras, 350	2,50	0,048
Cond. por unidades autonomas	Rua Conselheiro Xavier da Costa, 3394	0,67	0,045
Zaffari	Juca Batista, 925	1,16	0,039
Mario Totta	Rua dr. Mario Totta, 506	2,00	0,033
Ipanema	Av. Guaíba, 1998	8,53	0,032
Ed. Residencial	Rua dr. Pereira Neto, 154	0,98	0,031
Ilha do Sol	Rua Ponciano da Silveira	1,00	0,029
Ed. Residencial	Rua dr. Pereira Neto, 715	1,20	0,029
Praia do Sitio	Av. Otto Niemeyer	0,81	0,027

Nome	Endereço	Consumo Previsto (l/s)	Consumo Micromedido (l/s)
Empreendimento Residencial	Rua Mario Totta, 701	0,60	0,025
Otto Niemeyer	Av. Otto Niemeyer, 786	2,60	0,023
Ed. Residencial	Rua dr. Armando Barbedo, 691	0,43	0,023
Residencial Santai	Rua General Rondon, 1000	0,87	0,020
Residencial Bay Side	Av. Cel Marcos, 2178	0,85	0,017
Portal Guarujá	Av. Serraria, 1330	4,46	0,014

De acordo com os dados atualizados de consumos dos loteamentos previstos fornecido pelo DMAE e de conversas com o corpo técnico do DMAE, para os loteamentos citados na Tabela 9.4, adotou-se o cálculo de 20 m³/mês por economia.

Tabela 9.4– Loteamentos com consumo adotado de 20 m³/mês por economia

Nome	Endereço	Consumo Previsto (l/s)	Consumo Micromedido (l/s)
Ipanema	Av. Guaíba, 1998	23,03	8,53
Cond. Residencial	Av. Juca Batista, 250	9,70	3,61
Portal do Guarujá	Estrada Serraria	5,50	2,04
Altos do Guarujá	Av. Serraria, 1548	16,64	8,53

Nome	Endereço	Consumo Previsto (l/s)	Consumo Micromedido (l/s)
Cond. de Edifícios	Av. Orleães, 515	5,30	1,98
Loteamento Villagio Milano	Estrada Serraria, 1450	11,27	4,17
Cond. Figueira do Guarujá	Av. Serraria, 1844	0,00	0,80

Os consumos previstos para os loteamentos são confrontados com os consumos micromedidos, a fim de evitar que o volume consumido seja duplamente considerado. A Tabela 9.5 resume os consumos previstos para os loteamentos da área de estudo e os consumos micromedidos fornecidos pelo DMAE.

Tabela 9.5– Consumos das Áreas de Estudo (l/s).

Tipo de Consumo	Classificação quanto a presença de ramais			
	Sem ramal de micromedição		Com ramal de micromedição	
Previsto - DMAE*	0	28,44	0	65,70
Micromedido	-	-	0	4,91

Previsto - DMAE*: São aqueles consumos previstos nas diretrizes dos loteamentos, fornecidos pelo setor de planejamento do DMAE de Porto Alegre.

9.1.1 VAZÃO ESPECÍFICA

A Vazão Específica (Qesp) consiste da soma dos consumos previstos para os loteamentos apresentados no item 9.1, subtraindo-se o consumo micromedido de loteamentos previstos que possuem ramais de micromedição. O resultado obtido é apresentado a seguir.

$$Q_{esp} = \text{Consumo previsto sem medição} + \text{Consumo previsto com medição} \\ - \text{Consumo medido em área de loteamento}$$

$$Q_{esp} = 28,44 + 65,70 - 4,91$$

$$Q_{esp} = 89,23 \text{ L/s}$$

10 SIMULAÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE

Este item tem como objetivo apresentar a metodologia usada, assim como os resultados obtidos da simulação do sistema de abastecimento de água existente da área de estudo.

10.1 Rede de abastecimento de água

Os dados da rede de abastecimento de água foram fornecidos pelo DMAE, em formato *shapefile* (.shp). Estes foram exportados para o AutoCAD e através do *software* EpaCAD versão 1.0.1, importados do AutoCAD para o EPANET. Os dados importados do AutoCAD para o EPANET através do EpaCAD não carregaram os valores de diâmetro e de coeficiente de rugosidade das tubulações, tendo estes que serem inseridos manualmente.

Para simulação no *software* EPANET 2.0 foram consideradas, em geral, as tubulações existentes de maiores diâmetros. Primeiramente, consideraram-se as tubulações de diâmetro acima de 125 mm, responsáveis por transportar maior quantidade do volume de água de abastecimento. Posteriormente foram adicionados alguns dos trechos de menor diâmetro buscando aproximar a simulação do software com a dinâmica de fluidos da rede de distribuição de água do local.

Foram inseridos na rede de abastecimento a ser simulada dois reservatórios de nível fixo (RNF), correspondentes aos reservatórios da ETA Tristeza e ETA Menino Deus. Os outros reservatórios existentes na região estudada, assim como as EBAT's, foram inseridos com as suas respectivas dimensões e caracterizações.

O desenho final da malha de distribuição para simulação da rede existente e as alternativas propostas foram traçadas diretamente no EPANET 2.0 e seus traçados podem ser observados nas Pranchas 01/12, 02/12, 03/12, 04/12, 05/12, 06/12, 07/12, 08/12, 09/12, 10/12, 11/12 e 12/12.

10.1.1 PERDA DE CARGA

As perdas de carga do sistema são calculadas no software, pela equação de Hazen-Willians. Na Tabela 10.1 são apresentados os coeficientes de rugosidade tomados como base para o desenvolvimento da rede de abastecimento, porém alguns foram adaptados para aproximar a simulação das medições reais.

Tabela 10.1- Coeficientes de rugosidade.

Material	Novo	10 anos	20 anos
PVC	-	130	130
PEAD	140	140	140
FD	130	120	120
FC	-	130	120
FoFo	-	120	105
FoG	-	125	125

É importante observar que as perdas de carga localizadas não foram consideradas, pois representam uma parcela menor da perda de carga do sistema e elevariam, de maneira significativa, a complexidade da simulação do sistema de abastecimento.

10.2 Consumo de água

Os valores de consumo de água inseridos no software EPANET foram obtidos a partir dos dados dos ramais micromedidos e da curva de consumo diário fornecidos pelo DMAE.

Intervalo	Fator Multiplicativo						
1	0,6	7	0,5	13	1,1	19	1,4
2	0,6	8	0,6	14	1	20	1,3
3	0,5	9	0,7	15	0,9	21	1,2
4	0,4	10	0,8	16	0,9	22	1
5	0,4	11	0,8	17	1	23	0,8

6	0,4	12	0,9	18	1,2	24	0,7
---	-----	----	-----	----	-----	----	-----

O software EPANET 2.0 permite a variação do consumo ao longo do dia, por meio da inserção de fatores multiplicativos com base na curva de consumo diário fornecida pelo DMAE. Na Figura 10.1 é apresentado os detalhes do padrão de consumo inserido no software.

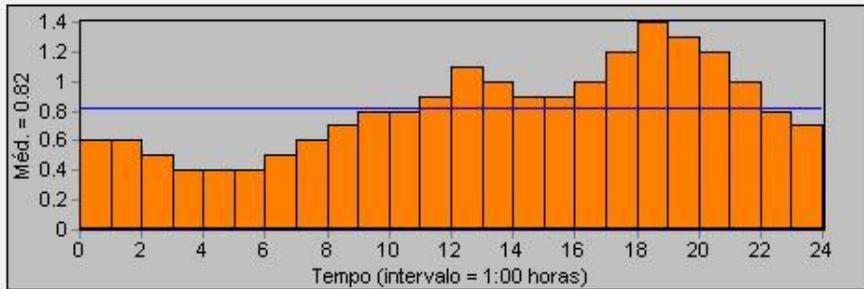


Figura 10.1- Curva de Consumo diário EPANET 2.0.

Para o sistema de abastecimento de água em estudo foram realizadas 4 (quatro) simulações com consumos de água distintos, que estão descritos a seguir:

- ✓ *Consumo 1:* consumo de água dos ramais micromedidos para o ano de 2011 com parte da área de estudo sendo abastecida pelo SAA Menino Deus;
- ✓ *Consumo 2:* consumo de água dos ramais micromedidos para o ano de 2011, com 100% de abastecimento pela ETA Tristeza, juntamente com o consumo específico dos loteamentos previstos pelo DMAE para a região em estudo.

10.2.1 SETORES DE CONSUMO

Com o objetivo de compilar os dados de consumo, agrupou-se os ramais micromedidos que apresentam tipo de ocupação semelhante como mostra a Figura 10.2 e estão localizados no mesmo subsistema de abastecimento.

Estes ramais agrupados foram denominados de “setores de consumo”. Cada setor de consumo, referente à respectiva área de ocupação, gerou um consumo único que foi distribuído entre os nós da rede de água desenvolvida para o arquivo EPANET (.net). A área de estudo gerou um total de 81 setores de consumo que foram distribuídos em 160 nós no *software* EPANET. Após definidos os consumos para cada lote, acrescentou-se o valor de perdas do sistema, de acordo com o PDA (39,19%).



Figura 10.2– Setores de consumo para o SAA Tristeza

É importante observar que alguns ramais do arquivo *shapefile* fornecido pelo DMAE não possuem medição. Para estes ramais de consumo zero, estipulou-se o valor médio, obtido fazendo uma média dos consumos medidos na área de estudo, como mostra a Tabela 10.2.

Tabela 10.2– Consumo médio estimado para as economias não medidas.

Área	Número de Economias não medidas	Consumo estimado para 1 Economia não medidas [m ³ /ano]	Consumo Total Médio das Economias não medidas [m ³ /ano]
SSA Tristeza	2.442	197,09	481.296

10.3 Resultados da simulação da rede existente

A simulação da rede existente, no software EPANET, denominada como Rede 0, foi realizada para os consumos de água:

- ✓ Consumo 1 (Rede 0-1);
- ✓ Consumo 2 (Rede 0-2).

Os resultados para cada uma dessas simulações estão apresentados a seguir.

10.3.1 SIMULAÇÃO REDE 0-1

A simulação realizada para o Consumo 1 apresentou nós com pressão abaixo do exigido pela NBR 12218. A Figura 10.3 mostra o comportamento da rede para o horário de maior consumo.

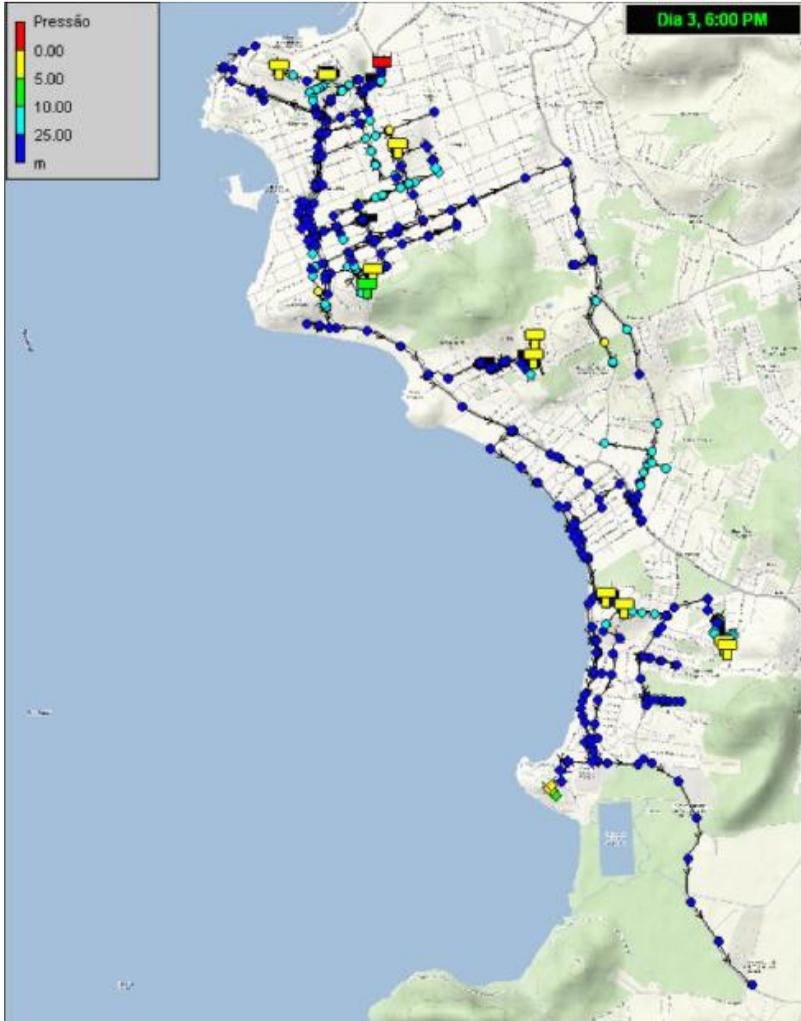


Figura 10.3 - Pressões na rede existente horário crítico - Consumo 1.

A região de estudo apresentou alguns pontos com pressão baixa no horário de maior consumo. A área localizada na porção sudoeste do bairro Guarujá, próximo à Rua José da Rocha Espíndola, apresentou 3 nós com pressão abaixo de 5 mca e 1 nó com pressão abaixo de 10 mca. No bairro Cavahada o nó localizado na região de cota mais elevada da Avenida Cavahada apresentou pressão menor que 5 mca. Outro ponto

que apresentou pressão menor do que 5mca foi o nó no alto da Avenida Wenceslau Escobar no bairro Tristeza. Além do nó localizado na intersecção da Rua Doutor Barcelos com a Rua Marechal Hermes, que também apresentou pressão abaixo de 5mca.

Nota-se na simulação (Figura 10.3) que os nós citados, representados por círculos amarelos e verdes, estão localizados nas regiões de cota elevada da rede de abastecimento.

10.3.2 SIMULAÇÃO REDE 0-2

A simulação realizada para o Consumo 2 além de apresentar nós com pressão abaixo do exigido pela NBR 12218 (os mesmos do item anterior) apresentou também alguns nós com pressão negativa. A Figura 10.4 mostra o comportamento da rede para o horário de maior consumo.

As simulações realizadas para o Consumo 2 apresentaram pressões negativas, no bairro Pedra Redonda, na Avenida Coronel Marcos, devido ao elevado consumo dos loteamentos previstos a serem implantados nesta região.

A Figura 10.4 apresenta o comportamento da rede no horário de maior consumo e pode-se observar que a rede apresentou uma discreta diminuição de pressão, com relação à simulação da Rede 0-1, em especial nas pontas de rede, como pode ser observado pelo aumento de nós na cor azul claro.

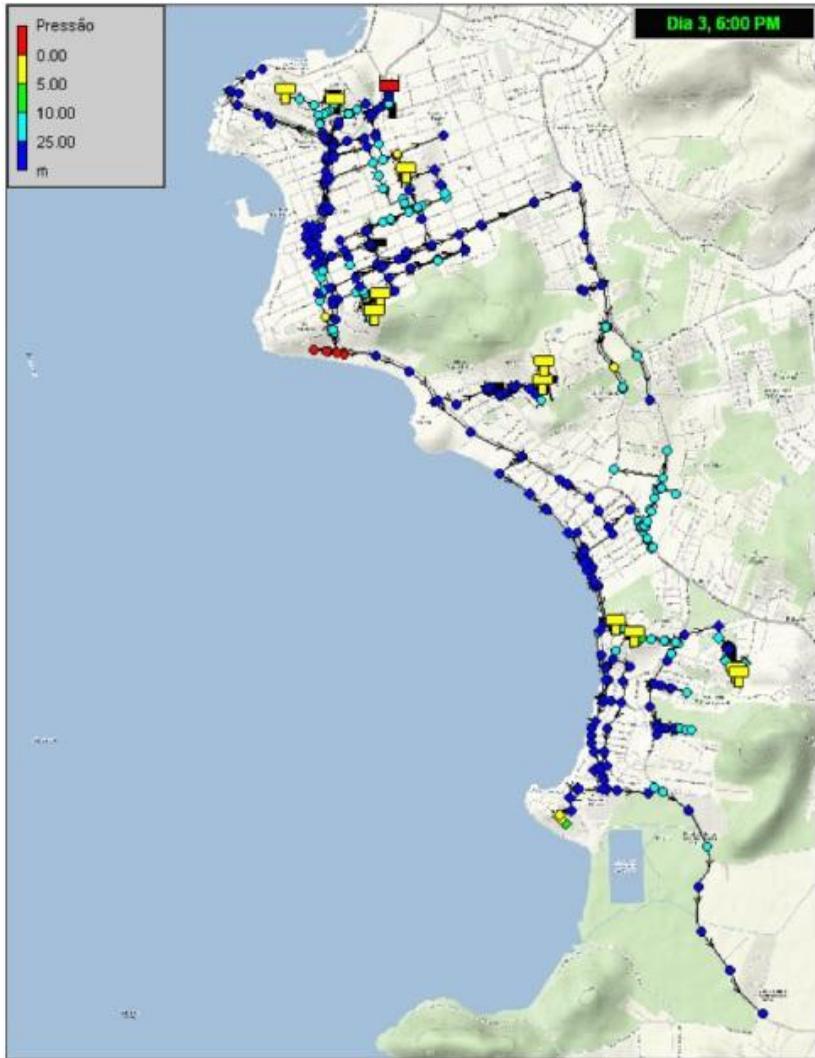


Figura 10.4- Pressões na rede existente horário crítico - Consumo 2.

11 DESENVOLVIMENTO DAS ALTERNATIVAS – DIRETRIZES DE PROJETO

Para o desenvolvimento das alternativas propostas no item 14 CONCEPÇÃO E SIMULAÇÃO DAS ALTERNATIVAS foram simuladas algumas modificações na rede de abastecimento existente de acordo com as diretrizes de projeto.

Primeiramente foi simulada a rede existente para os consumos descritos no item 10.2, conforme o item 10 SIMULAÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE. Depois de realizadas as simulações para a rede atual (Rede 0-1 e Rede 0-2) foram realizadas 3 etapas de modificações no sistema de abastecimento. Estas etapas foram denominadas: Rede A, Rede B e Rede C, e as modificações respectivas a estas etapas estão descritas nos itens a seguir.

11.1 Rede A

A Rede A foi desenvolvida com base na Rede 0 (Rede de Abastecimento existente), e a modificação realizada nesta concepção foi:

✓ Simulação da rede considerando o abastecimento do bairro Guarujá feito exclusivamente pelo reservatório de Balneários, interrompendo o abastecimento realizado pela adutora, vinda da ETA Tristeza, no cruzamento da Avenida Guaíba com a Rua dos Tabajaras, neste local manteve-se a ligação desta com o reservatório e considerou-se a execução de um trecho DN 300 FD que interliga o reservatório à adutora existente na Avenida Guaíba, após o cruzamento com a Rua Tabajaras.

11.2 Rede B

A Rede B foi desenvolvida com base na Rede 0 (Rede de Abastecimento existente) e a modificação realizada nesta concepção foi:

✓ Inclusão de um reservatório semelhante ao reservatório Moema, de mesmas dimensões e cotas, ao lado dele dobrando a capacidade de reservação do subsistema.

Este reservatório funcionará em conjunto com o existente, e prevê a ligação com a rede através da uma tubulação DN 300 FD.

11.3 Rede C

A Rede C foi desenvolvida com base nas seguintes redes: Rede A e Rede B (descritas nos itens 13.1 e 13.2), logo, as modificações consideradas neste item foram uma junção das duas concepções:

✓ Abastecimento ao Bairro Guarujá pelo reservatório Balneários e aumento da capacidade de reservação do reservatório Moema com a instalação de outro reservatório de mesmas dimensões e cotas.

11.4 Simulação e resultados

A Rede A, Rede B e Rede C, foram simuladas para o Consumo 1, Consumo 2 e Consumo3. A partir da análise do comportamento da rede de abastecimento especificada nas 9 (nove) simulações realizadas, verificou-se que a Rede B e a Rede C obtiveram melhores resultados, já que ambas contem o aumento da capacidade de armazenamento do subsistema da Praça Moema. Desta forma as alternativas apresentadas no item 12 têm como base de desenvolvimento a Rede B e a Rede C.

12 CONCEPÇÃO E SIMULAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE REDE

As alternativas apresentadas foram desenvolvidas a partir de modificações da Rede B e a Rede C, descritas nos itens 11.2 e 11.3.

Assim como as redes descritas no item 11 as alternativas propostas neste item incluem as mesmas modificações das redes, além de outras propostas de alterações, com a finalidade de favorecer o melhor funcionamento do sistema de abastecimento de água.

As alternativas propostas neste item foram simuladas para a situação de maior consumo, Consumo 3 (descrito no item 10.2), de modo que apresentam uma considerável elevação no consumo de água.

É importante observar que as modificações sugeridas para as localidades, que não fazem parte do Subsistema EBAT Balneários Espírito Santo/Res. Praça Moema, foram propostas para as 03 (três) alternativas deste item, Alternativa D, Alternativa E e Alternativa F. Estas foram desenvolvidas a partir da análise do comportamento do sistema de abastecimento como um todo, logo para sua implantação é recomendado uma observação mais detalhada do comportamento da rede de abastecimento atual.

12.1 Modificações globais

As Modificações Globais são as alterações na rede de abastecimento que não estão localizadas no Subsistema EBAT Balneários Espírito Santo/Res. Praça Moema. Estas modificações compõem as 03 alternativas apresentadas e estão descritas na Tabela 12.1:

Tabela 12.1 Modificações Globais

Localização	Modificação Proposta
Cruzamento da Avenida Coronel Marcos x Travessa Pedra Redonda	Interligação entre FoFo DN 600 com FD DN 100, por uma tubulação de PEAD DE 110
Avenida Cavallhada, cruzamento com a Avenida Padre João Batista Reus até a bifurcação com a	Substituição de tubulação de FD DN 200 para PEAD DE

Estrada Eduardo Prado	315
Rua Engenheiro Jorge Porto	Substituição de tubulação de FD DN 200 para PEAD DE 315
Rua dos Carijós, do cruzamento da Rua dos Guarinis até Av. Serraria	Substituição de tubulação de FD DN 200 para PEAD DE 315
Avenida Serraria próximo a Rua Heitor Kramer	Substituição de tubulação de FD DN 200 para PEAD DE 225
Avenida Wenceslau Escobar, próximo ao encontro com a Avenida Coronel Marcos	Substituição de tubulação de FD DN 200 para PEAD DE 160

12.2 Alternativa D

A Alternativa D foi desenvolvida com base na Rede B, apresentada no item 11.2. As principais modificações a partir da Rede B são: Substituição da adutora de sucção da EBAT Balneários. Início no cruzamento da Avenida Coronel Marcos com a Rua Dea Coufal até o Reservatório Balneários, de FC DN 300 por FD DN 300.

Substituição da mesma adutora que segue pela Avenida Guaíba, a partir da Rua dos Tabajaras até a Avenida Guarujá, de FC DN 300 por PEAD DE 315.

O traçado das mudanças propostas pela Alternativa D pode ser visualizado de maneira mais detalhada nas PRANCHAS 01/12 a 04/12 que seguem em anexo.

12.2.1 SIMULAÇÃO E RESULTADOS

A Figura 12.1 mostra o comportamento da rede para o horário de maior consumo.

Nota-se pela Figura 12.1 que poucos nós apresentam pressão abaixo de 10 mca e entre estes destacam-se o nó na cota elevada da Avenida Wenceslau Escobar no bairro Tristeza, além do nó localizado na intersecção da Rua Doutor Barcelos com a Rua Marechal Hermes, os outros nós com pressão abaixo de 10 mca são nós localizados próximos aos reservatórios do SAA em estudo.

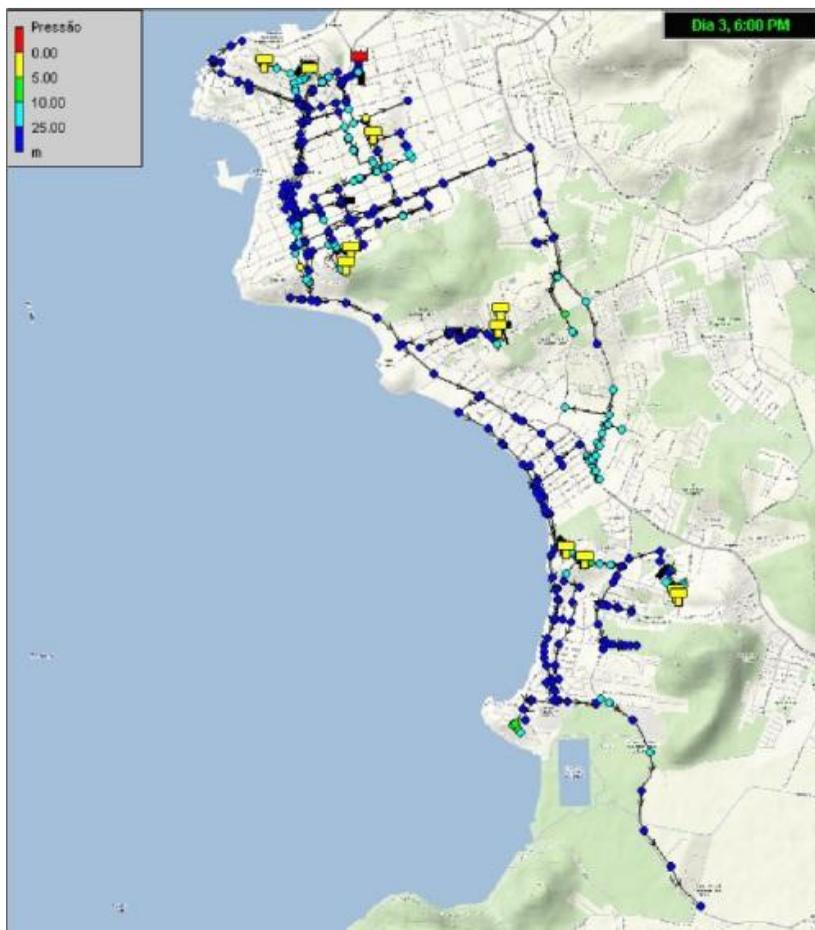


Figura 12.1- Alternativa D horário de maior consumo.

A simulação da Alternativa D apresentou resultado satisfatório para o Subsistema EBAT Balneários Espírito Santo/Res. Praça Moema, porém a EBAT Balneários trabalha aproximadamente 85% do tempo no limite

de bombeamento, sendo necessária a substituição desta para que a bomba trabalhe com um rendimento superior ao da simulação. A Figura 12.2, Figura 12.3, Figura 12.4e Figura 12.5 apresentam os gráficos do nível do Reservatório Balneários, Vazão da EBAT Balneários e nível dos Reservatórios da Praça Moema Existente e Praça Moema II, respectivamente.

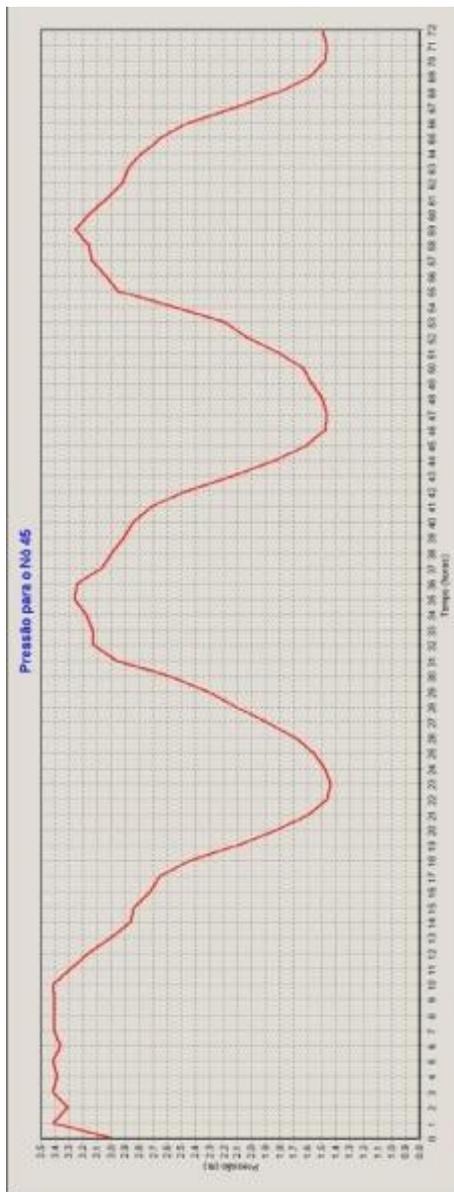


Figura 12.2- Nível do Reservatório Balneários.

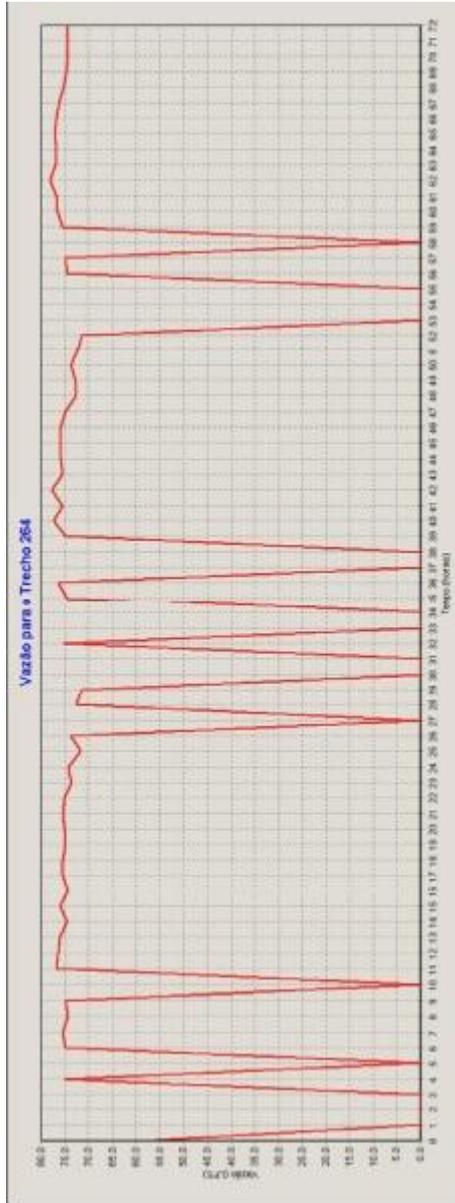


Figura 12.3- Vazão da EBAT Balneários

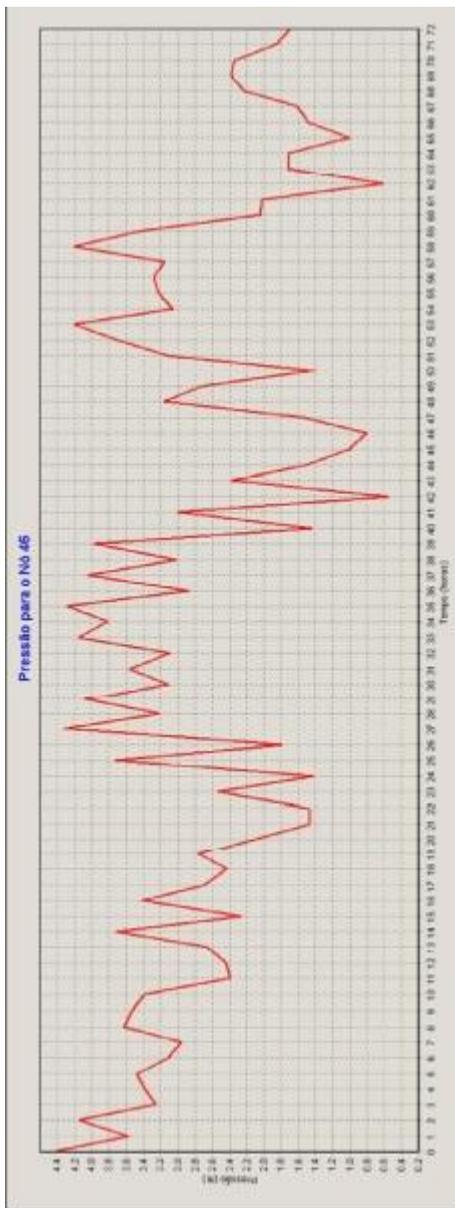


Figura 12.4- Nível dos Reservatórios da Praça Moema Existente.

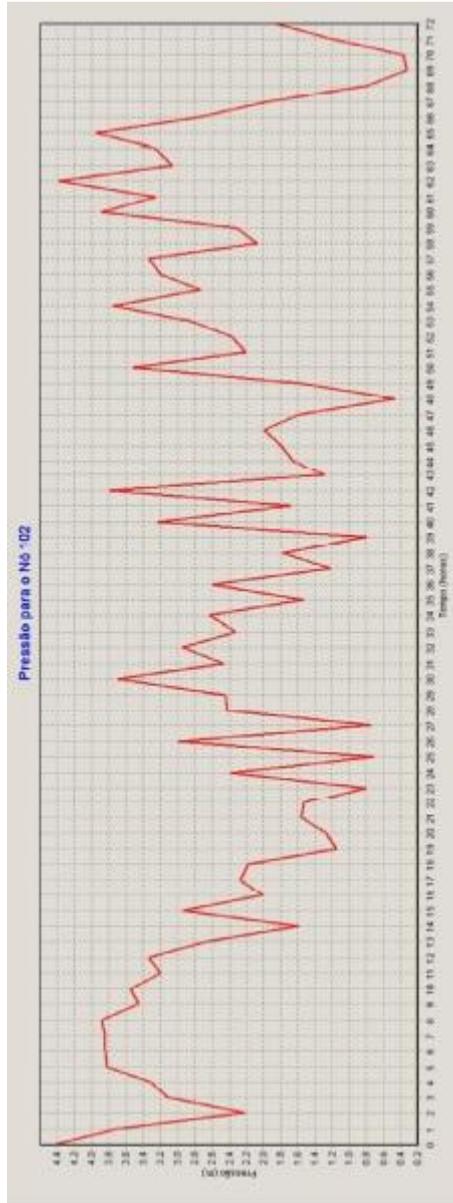


Figura 12.5- Nível dos Reservatórios da Praça Moema II.

Outros locais considerados críticos da região em estudo são o Reservatório Marechal Hermes, Reservatório Morro do Osso II e EBAT Morro do Osso I. Estes Subsistemas são influenciados pela mistura do SAA Tristeza com o SAA Menino Deus. O Reservatório Marechal Hermes comporta-se de maneira semelhante a atual variando o nível entre 0,60 m e 1,10 m, como pode ser observado na Figura 12.6..



Figura 12.6– Reservatório Marechal Hermes.

Com relação ao Subsistema EBAT Morro do Osso I e Res. Morro do Osso II, a EBAT Morro do Osso I trabalha ligada integralmente e não possui vazão suficiente para abastecer o Reservatório Morro do Osso II, como pode ser observado na Figura 12.7 e Figura 12.8. Seria necessário um estudo mais detalhado da região com o objetivo de prever a solução mais adequada técnica-economicamente.



Figura 12.7– EBAT Morro do Osso I.



Figura 12.8– Reservatório Morro do Osso II.

12.3 Alternativa E

A Alternativa E foi desenvolvida com base na Rede C, apresentada no item 11.3. As principais modificações a partir da Rede C são: Substituição da adutora de sucção da EBAT Balneários. Início no cruzamento da Avenida Coronel Marcos com a Rua Dea Coufal até o Reservatório Balneários, de FC DN 300 por FD DN 300. Adição do trecho que interliga o reservatório à adutora existente na Avenida Guaíba, após o cruzamento com a Rua Tabajara, por uma tubulação de PEAD DE 315. Substituição da adutora que segue pela Avenida Guaíba, a partir da Rua dos Tabajaras até a Avenida Guarujá, de FC DN 300 por PEAD DE 315.

O traçado das mudanças propostas pela Alternativa E podem ser visualizadas de maneira mais detalhada nas PRANCHAS 05/12 a 08/12 que seguem em anexo.

12.3.1 SIMULAÇÃO E RESULTADOS

A Figura 12.9 mostra o comportamento da rede para o horário de maior consumo.

Nota-se pela Figura 12.9 que poucos nós apresentam pressão abaixo de 10 mca e entre estes destacam-se o nó na cota elevada da Avenida Wenceslau Escobar no bairro Tristeza, além do nó localizado na intersecção da Rua Doutor Barcelos com a Rua Marechal Hermes, os outros nós com pressão abaixo de 10 mca são nós localizados próximos aos reservatórios do SAA em estudo.

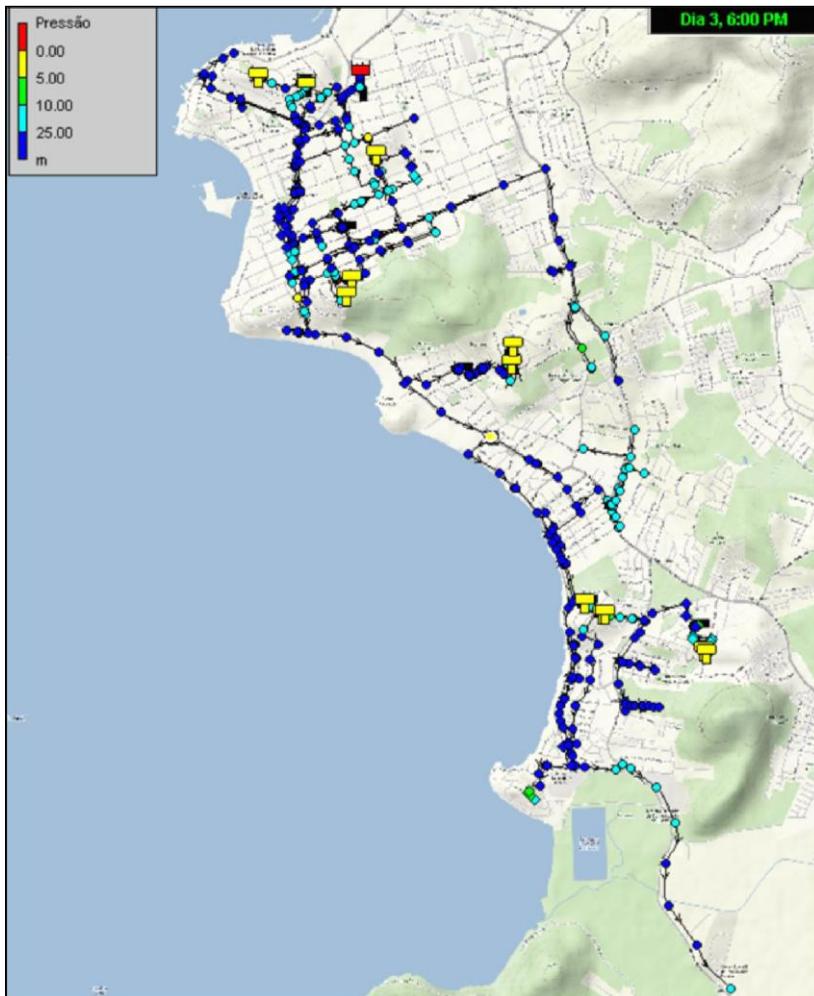


Figura 12.9- Alternativa e horário de maior consumo.

A simulação da Alternativa E para o Subistema EBAT Balneários Espírito Santo/Res. Praça Moema não apresentou resultado satisfatório como o apresentado na Alternativa D. Para o Reservatório Balneários perde-se volume de água armazenado ao longo da simulação de 72 horas. A EBAT Balneários trabalha aproximadamente 85 % do tempo no limite de bombeamento, sendo necessária a substituição desta para que a bomba trabalhe com um rendimento superior ao da

simulação. A Figura 12.10, Figura 12.11, Figura 12.12 e Figura 12.13 apresentam os gráficos do nível do Reservatório Balneários, Vazão da EBAT Balneários e nível dos Reservatórios da Praça Moema Existente e Praça Moema II.

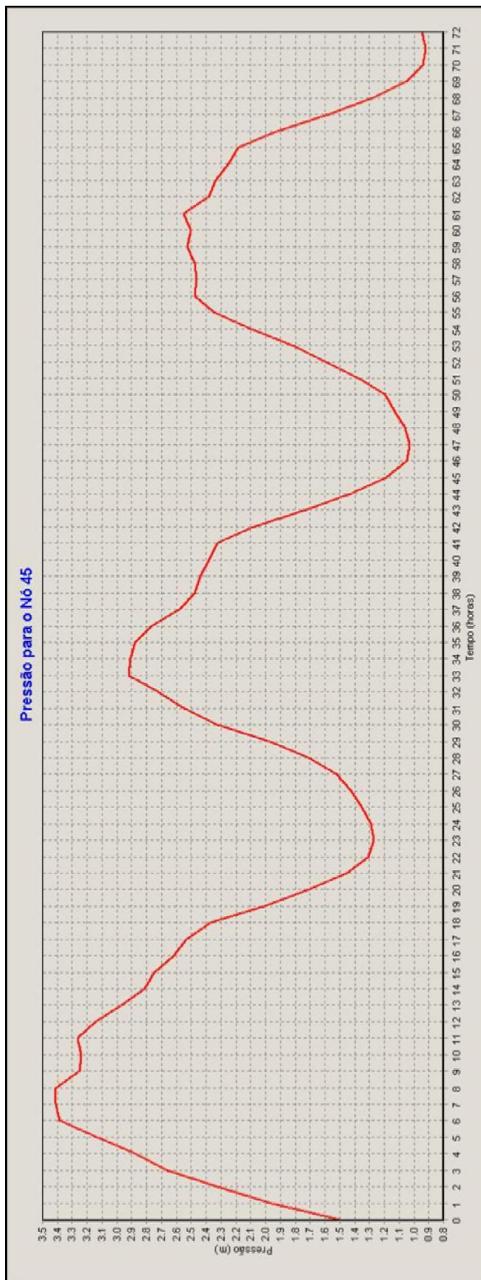


Figura 12.10 – Reservatório Balneários.

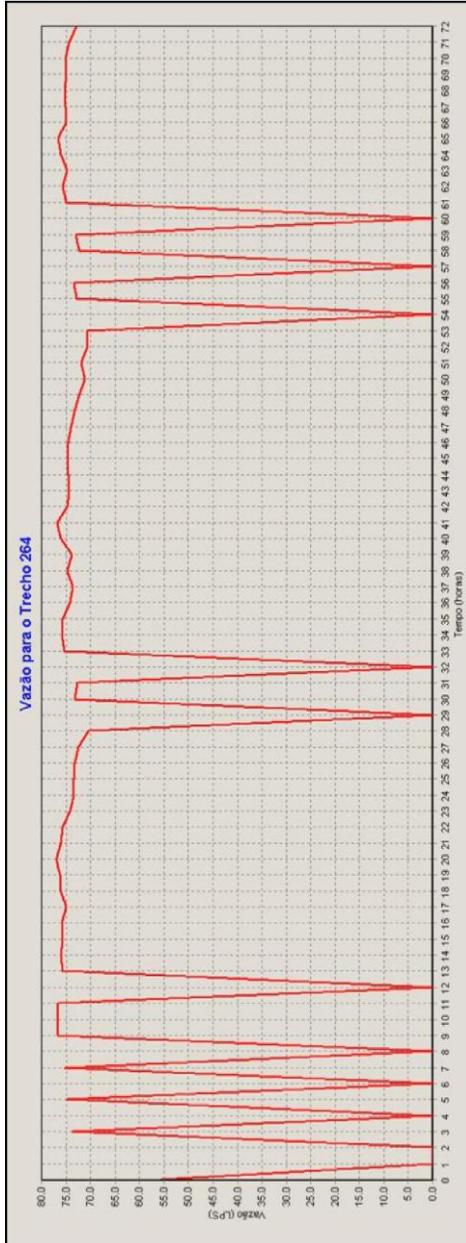


Figura 12.11– EBAT Balneários.

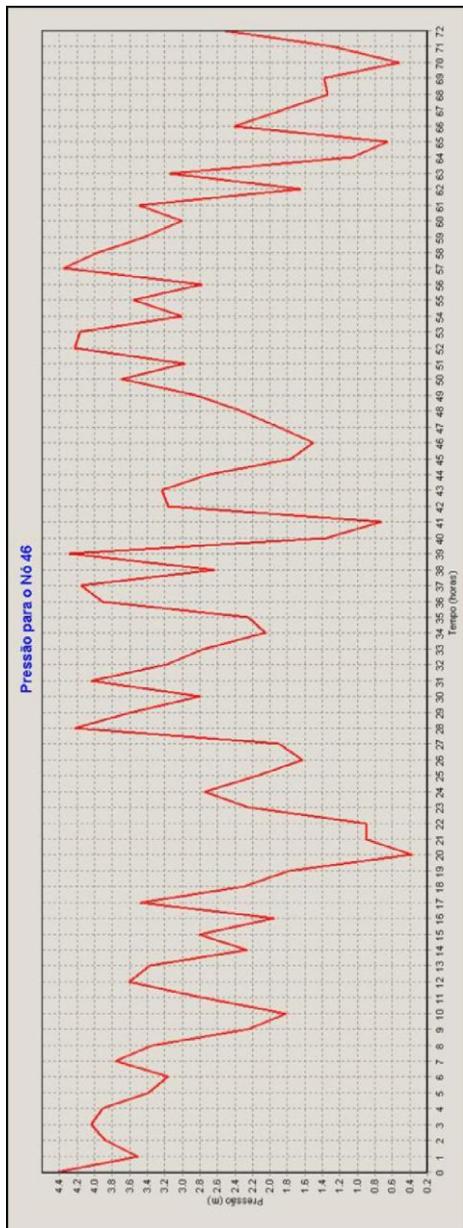


Figura 12.12– Reservatório Praça Moema Existente.

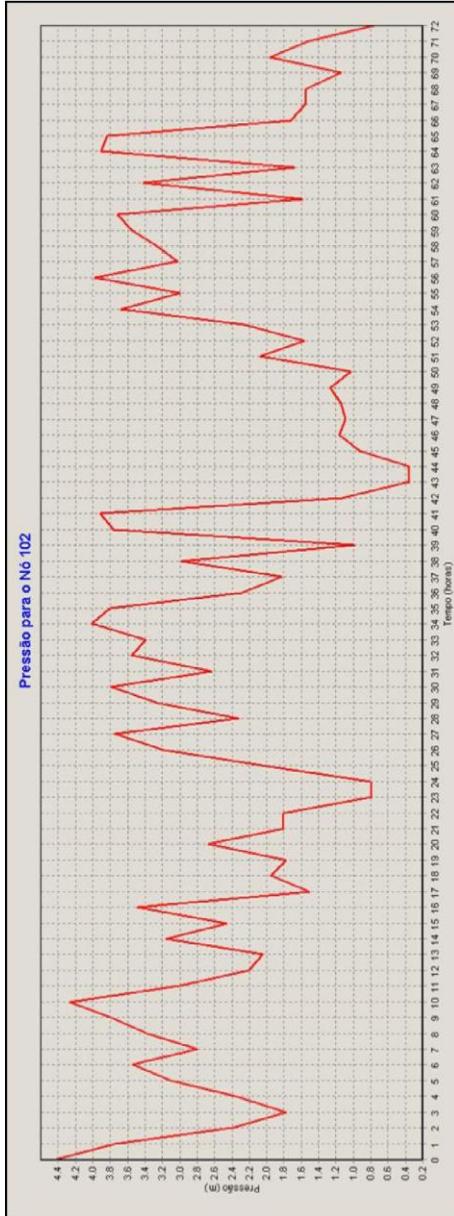


Figura 12.13– Reservatório Praça Moema 2.

Outros locais considerados críticos da região em estudo são o Reservatório Marechal Hermes, Reservatório Morro do Osso II e EBAT Morro do Osso I. Estes Subsistemas são influenciados pela mistura do SAA Tristeza com o SAA Menino Deus. O Reservatório Marechal Hermes comporta-se de maneira semelhante a atual variando o nível entre 0,55 m e 1,10 m, como pode ser observado na Figura 12.14.



Figura 12.14– Reservatório Marechal Hermes.

Com relação ao Subsistema EBAT Morro do Osso I e Res. Morro do Osso II, a EBAT Morro do Osso I trabalha ligada integralmente e não possui vazão suficiente para abastecer o Reservatório Morro do Osso II, como pode ser observado na Figura 12.15 e Figura 12.16. Seria necessário um estudo mais detalhado da região com o objetivo de prever a solução mais adequada técnica-economicamente.



Figura 12.15– EBAT Morro do Osso I.



Figura 12.16– Reservatório Morro do Osso II.

12.4 Alternativa F

A Alternativa F foi desenvolvida com base na Rede C, apresentada no item 11.3. As principais modificações a partir da Rede C são: Substituição da adutora de sucção da EBAT Balneários. Início no cruzamento da Avenida Coronel Marcos com a Rua Dea Coufal até o Reservatório Balneários, de FC DN 400 por FD DN 300. Adição do trecho que interliga o reservatório à adutora existente na Avenida Guaíba, após o cruzamento com a Rua Tabajaras, por uma tubulação de PEAD DE 315. Substituição da adutora que segue pela Avenida Guaíba, a partir da Rua dos Tabajaras até a Avenida Guarujá, de FC DN 300 por PEAD DE 315.

O traçado das mudanças propostas pela Alternativa F podem ser visualizadas de maneira mais detalhada nas PRANCHAS 09/12 a 12/12 que seguem em anexo.

12.4.1 SIMULAÇÃO E RESULTADOS

A Figura 12.17 mostra o comportamento da rede para o horário de maior consumo.

Nota-se pela Figura 12.17 que poucos nós apresentam pressão abaixo de 10 mca e entre estes destacam-se o nó na cota elevada da Avenida Wenceslau Escobar no bairro Tristeza, além do nó localizado na intersecção da Rua Doutor Barcelos com a Rua Marechal Hermes, os outros nós com pressão abaixo de 10 mca são nós localizados próximos aos reservatórios do SAA em estudo.

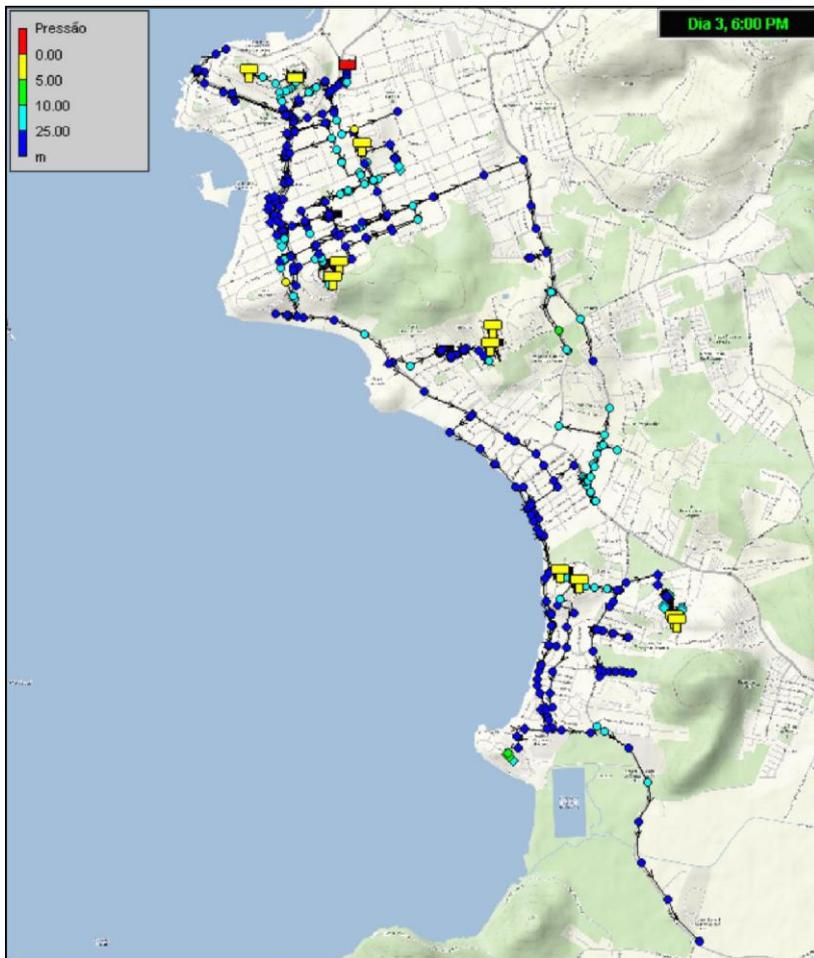


Figura 12.17– Alternativa F horário de maior consumo.

A simulação da Alternativa F apresentou o resultado mais satisfatório dentre as alternativas para o Subsistema EBAT Balneários Espírito Santo/Res. Praça Moema. A EBAT Balneários trabalha aproximadamente 85 % do tempo no limite de bombeamento, sendo necessária a substituição desta para que a bomba trabalhe com um rendimento superior ao da simulação. A Figura 12.18, Figura 12.19, Figura 12.20 e Figura 12.21 apresentam os gráficos do nível do Reservatório Balneários, Vazão da EBAT Balneários e nível dos Reservatórios da Praça Moema Existente e Praça Moema II.

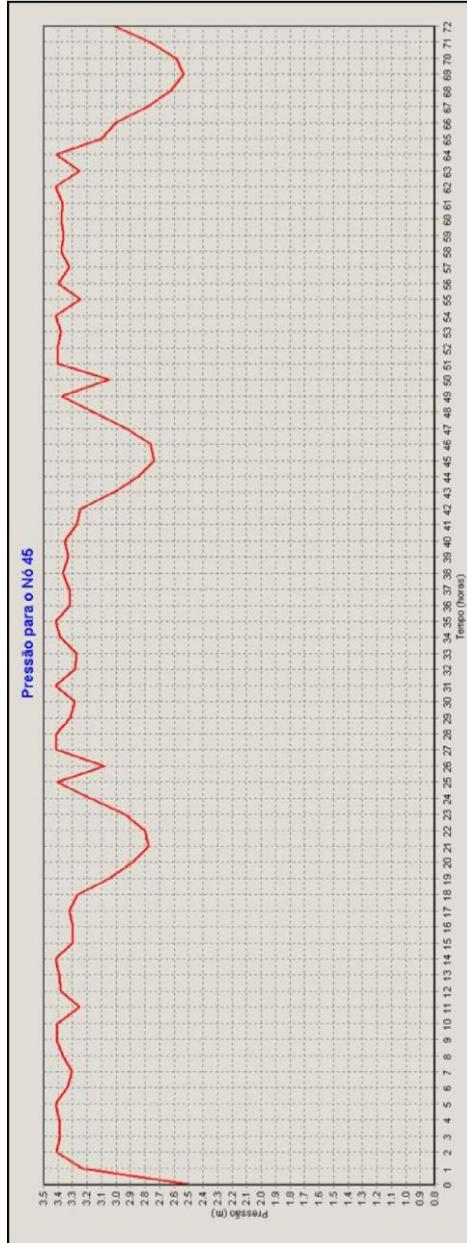


Figura 12.18– Reservatório Balneários.

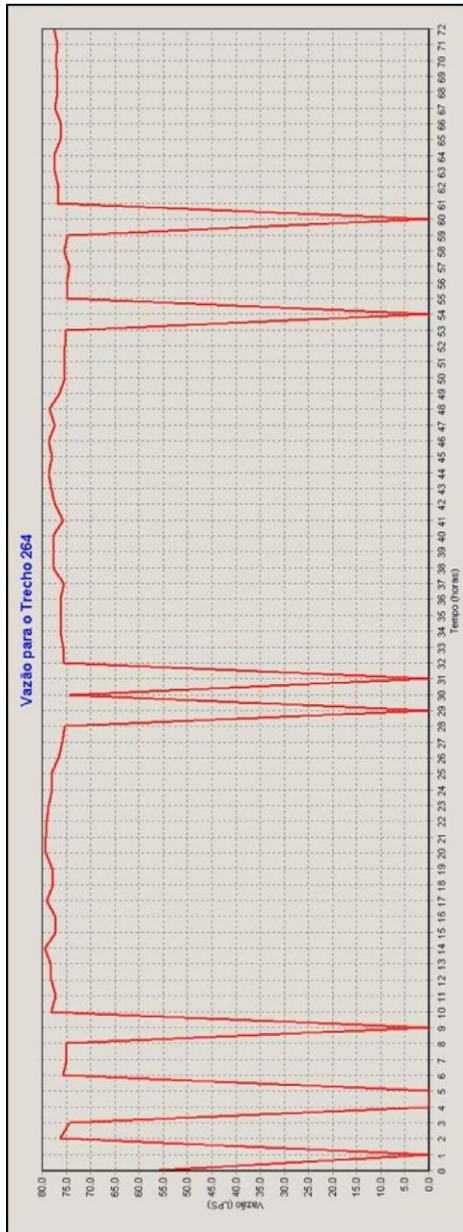


Figura 12.19– EBAT Balneários

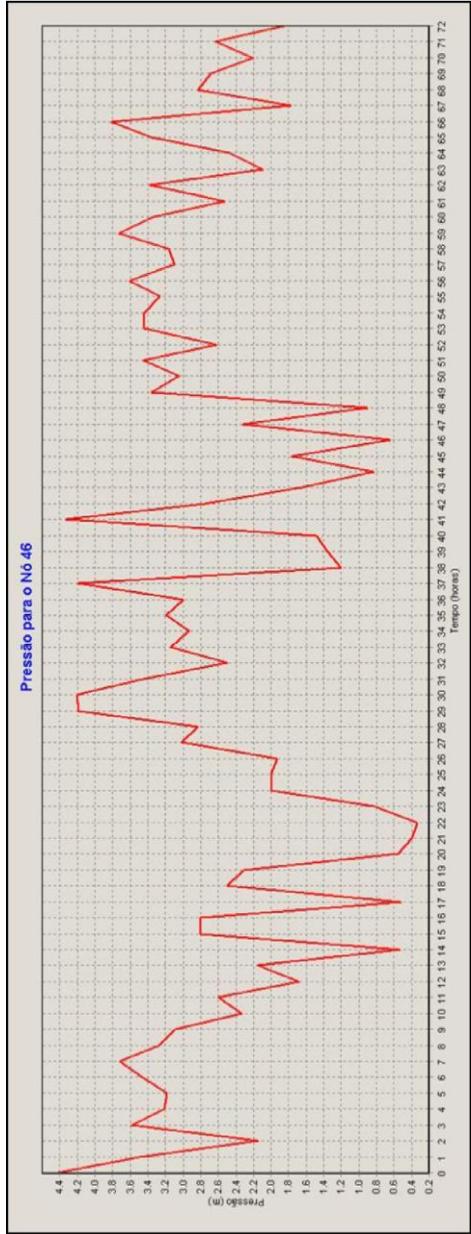


Figura 12.20– Reservatório Praça Moema Existente.

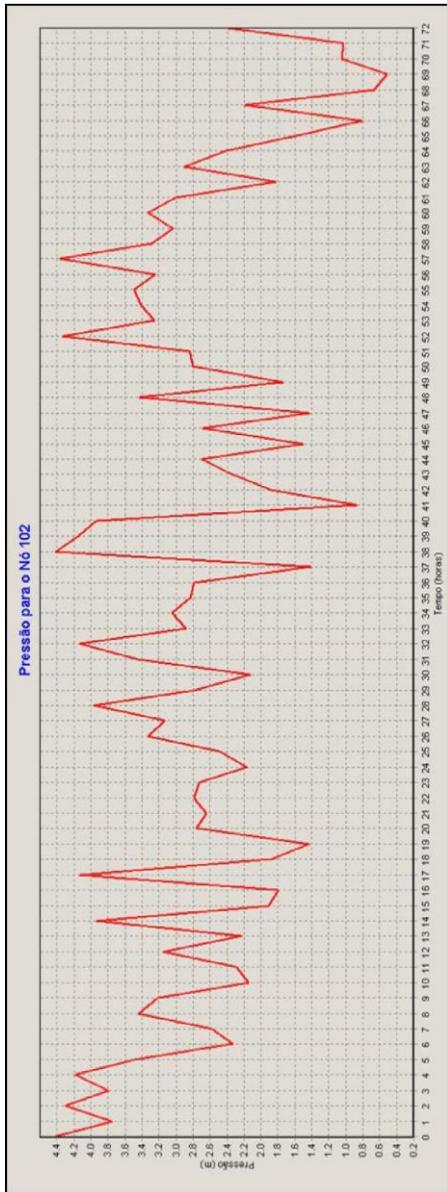


Figura 12.21– Reservatório Praça Moema II.

Outros locais considerados críticos da região em estudo são o Reservatório Marechal Hermes, Reservatório Morro do Osso II e EBAT Morro do Osso I. Estes Subsistemas são influenciados pela mistura do SAA Tristeza com o SAA Menino Deus. O Reservatório Marechal Hermes comporta-se de maneira semelhante a atual variando o nível entre 0,50 m e 1,20 m, como pode ser observado na Figura 12.22.



Figura 12.22– Reservatório Marechal Hermes.

Com relação ao Subsistema EBAT Morro do Osso I e Res. Morro do Osso II, a EBAT Morro do Osso I trabalha ligada integralmente e não possui vazão suficiente para abastecer o Reservatório Morro do Osso II, como pode ser observado na Figura 12.23 e Figura 12.24. Seria necessário um estudo mais detalhado da região com o objetivo de prever a solução mais adequada técnica-economicamente.



Figura 12.23– EBAT Morro do Osso I



Figura 12.24– Reservatório Morro do Osso II.

12.5 Simulação SAA Tristeza sem mistura

Foram realizadas duas simulações distintas para a análise do SAA Tristeza sem mistura com o SAA Menino Deus:

Primeiramente, fez-se uma análise considerando o Reservatório Marechal Hermes como parte do SAA Menino Deus (Análise 1); E a segunda análise foi feita considerando o Reservatório Marechal Hermes como parte do SAA Tristeza (Análise 2).

12.5.1 ANÁLISE 1

Para a Análise 1 a simulação do EPANET retornou a seguinte mensagem de advertência: “Bomba 259 fechado, sem altura manométrica às 39:58:39 horas”. Essa mensagem de advertência ocorre em vários horários da simulação e pode ser interpretada como falta de água e altura manométrica na EBAT Morro do Osso I (referente à bomba 259).

12.5.2 ANÁLISE 2

Para a Análise 2 a simulação do EPANET foi bem sucedida, porém o reservatório Morro do Osso II perde água ao longo da simulação como pode ser observado na Figura 12.25.



Figura 12.25– Nível Reservatório Morro do Osso II.

Para ambos os casos seria necessário aumentar a disponibilidade de água que chega a EBAT Morro do Osso I, logo, recomenda-se um estudo mais detalhado dessa região para apontar a solução mais adequada para a proposta de segregação entre estes dois SAAs.

13 ANÁLISE ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS

Este item apresenta as análises econômicas da rede de abastecimento de água, e para as propostas do reservatório adicional para a Praça Moema.

É importante salientar que os custos aqui calculados não são valores definitivos, sendo valores estimados através de cálculos dos dimensionamentos preliminares. Entretanto, os custos de todas as alternativas foram calculados mantendo a mesma metodologia permitindo, assim, uma comparação condizente.

13.1 Adutora e rede de distribuição

Para a escolha da melhor alternativa na óptica econômica, realizou-se um orçamento prévio contendo valores de obra civil e de materiais e equipamentos. Os orçamentos de obras civis foram realizados a partir da readequação da rede existente utilizando a tabela de preços do SINAPI de setembro de 2012, e quando da inexistência do item nesta, através de consultas com fornecedores.

A rede de abastecimento foi orçada nos trechos onde havia previsão de substituição de acordo com as diretrizes do projeto, que tem início no cruzamento da Avenida Coronel Marcos com a Rua Dea Coufal até o Reservatório Balneários, e da mesma adutora que segue pela Avenida Guaíba, a partir da Rua dos Tabajaras até a Avenida Guarujá. As Modificações Globais apresentadas no item 12.1, são sugestões que necessitariam de estudos mais detalhados em busca da solução mais adequada ao sistema.

A Tabela 16.1 apresenta o custo da Alternativa D, Alternativa E e Alternativa F.

Tabela 13.1 Custos das Alternativas

Alternativa	Custo Total	Custo por metro de rede
	[R\$]	[R\$/m]
D	1.494.559,10	517,13
E	1.575.837,66	516,98
F	1.871.285,12	613,91

As planilhas orçamentárias podem ser visualizadas no ANEXO 1 deste memorial descritivo.

14 CONCLUSÃO E CARACTERIZAÇÃO DA MELHOR ALTERNATIVA

Este item apresenta, de maneira separada, a alternativa julgada como a mais adequada técnico-economicamente para as modificações propostas na rede de abastecimento de água e reservatório de água tratada para o Subsistema EBAT Balneários/Reservatório Praça Moema.

Face ao exposto nos itens anteriores deste relatório, a tomada de decisão, como um processo, nos conduz a considerar duas situações. A primeira que prepondera o resultado financeiro, sendo a decisão adotada a que considera o menor investimento inicial. A segunda considera a parte técnica, nessa leva-se em conta a alternativa que apresentar a melhor proposta técnica de funcionamento do sistema.

14.1 Rede de abastecimento

Com relação à rede de abastecimento de água, em termos de indicadores quantitativos, nota-se que a tomada de decisão a partir do modelo de custos apresentado no item 13.1, identifica a Alternativa D e a Alternativa E como de menor investimento inicial.

Ao analisar-se tecnicamente, a Alternativa F apresenta o melhor funcionamento do Subsistema EBAT Balneários/Reservatório Praça Moema.

A Alternativa F inicialmente possui um investimento inicial de R\$ 96,78 a mais que a Alternativa D, que foi outra alternativa que se mostrou satisfatória, porém a alternativa F atenderá com melhor eficiência o sistema e futuramente implicará em menos gastos de manutenção da rede. Logo pode ser considerada como a alternativa mais adequada, por garantir, de maneira mais segura, o abastecimento da comunidade da região do bairro Guarujá.

15 BIBLIOGRAFIA

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1992). *NBR 12586 - Cadastro de sistema de abastecimento de água*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1992). *NBR 12586 - Cadastro de sistema de abastecimento de água*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1992). *NBR 12211 - Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água*. Rio de Janeiro.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1992). *NBR 12211 - Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água*. Rio de Janeiro.
- EPANET 2 USER'S MANUAL. (2000). **U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY., Office of Research and Development**.
- Caixa Econômica Federal. (s.d.). *Caixa Econômica Federal*. Acesso em 12 de 2012, disponível em SINAPI: http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/SINAPI/index.asp
- Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre - RS. (s.d.). **Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre - RS**. Acesso em 12 de 2012, disponível em DMAE - Porto Alegre: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/>
- Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre - RS. (s.d.). **Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre - RS**. Acesso em 2012, disponível em DMAE - Porto Alegre: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/>
- Grupo Brastubo. (s.d.). **Manual Técnico do Polietileno**.
- IBGE. (2012). **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Cidades**. Acesso em 12 de 2012, disponível em Site do IBGE: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>
- NETTO, A. (1998). **MANUAL DE HIDRAULICA**. SÃO PAULO: EDGARD BLÜCHER LTDA.
- Tsutiya, M. T. (2006). **Abastecimento de Água**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ANEXO 01 – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA REDE

ANEXO 02 – GRÁFICO CALIBRAÇÃO

ANEXO 03 – PEÇAS GRÁFICAS