

I-052 - DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS OPERACIONAIS PARA O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE VIDEIRA/SC

Heloise Cristine Schatzmann⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina. Engenheira da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

Rodrigo Silva Maestri

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Engenheiro da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

Jair Sartorato

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina. Engenheiro da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

Endereço⁽¹⁾: Rua XV de Novembro, 230 – Estreito – Florianópolis – SC - CEP: 88075-220 - Brasil - Tel: (48) 3221-5843 - e-mail: hcristine@casan.com.br

RESUMO

As diferentes demandas do dia-a-dia da operação de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) levam muitas vezes a tomadas de decisão e resolução de problemas de maneira pontual, devido à necessidade do atendimento imediato a população. Em decorrência disto, algumas ampliações de rede, implantação de estações de recalque de água tratada (ERAT) ou mesmo reservatórios, são feitas sem um estudo mais aprofundado do sistema se tornando por vezes pouco eficientes, sendo que o mais adequado seria a realização prévia de estudos mais amplos do sistema, analisando-o como um todo, de maneira que permitam avaliar melhor quais melhorias o Sistema de Abastecimento de Água realmente necessita. Nos últimos anos, o município de Videira/SC tem apresentado uma elevada taxa de crescimento populacional, sobretudo, em virtude do desenvolvimento dos agronegócios na região. Somado a isto, as novas ocupações vem se estabelecendo em cotas cada vez mais elevadas, aumentando ainda mais a dificuldade para a manutenção de um abastecimento de água com regularidade. Neste sentido, a fim de realizar um diagnóstico da situação atual do SAA de Videira/SC, foi realizado um estudo de todo o sistema, através de levantamentos de campo, estudos teóricos e simulações hidráulicas com o software *WaterCad®*. Os estudos apontaram que algumas estações de recalque estão mal dimensionadas, que melhorias na rede de distribuição são necessárias e que reservatórios necessitam ter sua capacidade ampliada. As simulações mostraram que o principal gargalo do sistema é a rede de distribuição, onde longos trechos com rede de diâmetro insuficiente resultam em grande perda de carga no sistema, sendo necessária a substituição de 18.545 metros de rede em diversos setores. Com relação ao uso de simulações hidráulicas com softwares como *WaterCad®* e *EPANET*, apresentou-se como ferramenta extremamente útil para não somente o dimensionamento, mas a operação dos sistemas de água e proposições de melhorias operacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de Abastecimento de Água, Simulação Hidráulica, Operação, Rede de Distribuição.

INTRODUÇÃO

O município de Videira possui uma população de 48.062 habitantes, sendo 43.987 estabelecidos na zona urbana. O município é abastecido pela água captada do Rio do Peixe e tratada em Estação de Tratamento de Água do tipo convencional que possui capacidade para tratamento de 135 L/s. Devido à topografia do município, cujo relevo distribui-se em classes de altitudes que variam de 400 a 1.600 metros, o sistema de distribuição de água conta com 25 recalques distribuídos em 22 zonas de abastecimento. Em períodos de alto consumo, como nos meses de verão, algumas regiões da cidade vêm apresentado dificuldade para manutenção

da regularidade do abastecimento. Assim, tornou-se necessário realizar um diagnóstico do sistema atual para posterior proposição de ações que possam amenizar essa situação.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo de capacidade do atual sistema, e promover simulações hidráulicas através do software *WaterCad®* para verificar quais os problemas do sistema de distribuição de água, identificando soluções para melhoria do sistema. Foram analisadas desde a capacidade do sistema de captação e adução de água bruta através de medições de campo e cálculos teóricos, e toda a rede de distribuição de água através das simulações hidráulicas, verificando as condições operacionais da rede, estações de bombeamento e capacidade de reservação.

MATERIAIS E MÉTODOS

A partir do número de ligações de água cadastradas do sistema, foi realizada a estimativa de consumo em cada uma das zonas de abastecimento, considerando os seguintes parâmetros:

- Número de habitantes por economia: 3 hab/eco;
- Consumo percapita: 200 litros/hab*dia;
- Coeficiente de consumo máximo diário – k_1 : 1,2;
- Coeficiente de consumo máximo horário – k_2 : 1,5;
- Consumo de água na ETA: 5%;
- Tempo de funcionamento da ETA: 24 horas/dia.

SISTEMA DE CAPTAÇÃO E ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA

O sistema de captação de água bruta existente possui três bombas instaladas, sendo que uma deveria ser reserva, mas que atualmente se encontra também em operação. Para determinação da capacidade de cada bomba e da operação conjunta das mesmas, foi realizado estudo local de Pitometria.

Da mesma forma, foi realizado um estudo da capacidade das adutoras e avaliação da possibilidade de aumento da vazão atualmente aduzida através do cálculo das velocidades econômicas pela fórmula de *Bresse*.

SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

Para verificação do comportamento hidráulico da rede de distribuição, a partir do cadastro da rede em *AutoCad®*, foram realizadas três simulações com o programa *WaterCad®*:

- Simulação 1 – ERAT's desligadas para vazão média diária: com todas as bombas de recalque de água tratada desligadas, com o objetivo de avaliar comportamento do sistema operando somente por gravidade com a Vazão média diária;
- Simulação 2 – ERAT's desligadas para vazão máxima horária: Com todas as bombas de recalque de água tratada desligadas, com o objetivo de avaliar o comportamento do sistema operando por gravidade com a Vazão máxima horária;
- Simulação 3 – ERAT's ligadas simultaneamente para vazão máxima horária: Com todas as bombas de recalque de água tratada ligadas, com o objetivo de avaliar comportamento do sistema existente com a Vazão máxima horária.

VERIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE RECALQUE

Para verificação das estações de recalque (ERAT's), foi realizado o levantamento das informações das bombas com auxílio da equipe de manutenção da Agência de Videira e estudo de Pitometria em algumas estações de recalque. De posse dos dados das bombas e do cadastro da rede, foi realizada uma simulação no programa *WaterCad®* para verificar as pressões na entrada das estações de recalque e na saída das bombas na situação mais crítica, ou seja, considerando vazão máxima horária.

MELHORIAS PROPOSTAS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

A partir das simulações do sistema atualmente instalado com a vazão máxima horária, foram identificadas e propostas melhorias em trechos da rede de distribuição, a fim de minimizar ou equacionar as deficiências do sistema, considerando todas as estações de bombeamento em operação.

VERIFICAÇÃO DO VOLUME DE RESERVAÇÃO POR SETOR

A partir dos dados do número de ligações por setor e da estimativa de consumo por setor, foi realizada uma estimativa preliminar do volume necessário para reservação necessária de água tratada para cada setor.

RESULTADOS

O sistema de abastecimento de água de Videira/SC está dividido em 22 Setores ou zonas de abastecimento, conforme a Figura 1 a seguir.

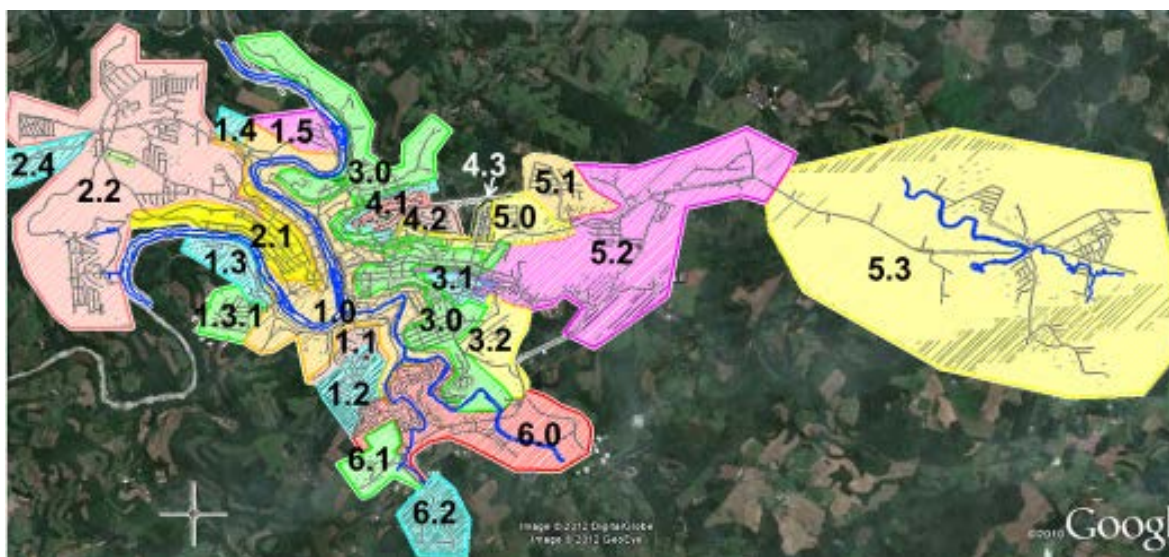


Figura 1 – Mapa do Município de Videira e a divisão em Setores de Abastecimento.

A Tabela 1 a seguir apresenta o número de ligações cadastradas no sistema comercial e a estimativa de consumo em cada uma das zonas de abastecimento, incluindo o Distrito Operacional de Anta Gorda e o Distrito Operacional Rio das Pedras, o que resultou numa vazão teórica para produção pela ETA de 157 L/s.

Tabela 1. População atendida e estimativa da vazões necessárias para o sistema atual.

ZONA DE ABASTECIMENTO	NÚMERO DE LIGAÇÕES	NÚMERO DE ECONOMIAS	POPULAÇÃO ATENDIDA CALCULADA	DEMANDA (Litros/dia)	VAZÃO MÉDIA DIÁRIA (L/s)	VAZÃO MÁXIMA DIÁRIA (L/s)	VAZÃO MÁXIMA HORÁRIA (L/s)	VAZÃO DA ETA (L/s)
1	1.610	2.699	8.160	1.631.960	18,89	22,67	34,00	23,80
3	2.029	2.934	8.870	1.774.053	20,53	24,64	36,96	25,87
4	488	811	2.452	490.374	5,68	6,81	10,22	7,15
6	1.538	1.724	5.212	1.042.423	12,07	14,48	21,72	15,20
1.1	146	164	496	99.163	1,15	1,38	2,07	1,45
1.2	230	236	713	142.698	1,65	1,98	2,97	2,08
1.3	483	566	1.711	342.234	3,96	4,75	7,13	4,99
1.4	38	42	127	25.395	0,29	0,35	0,53	0,37
1.5	182	195	590	117.907	1,36	1,64	2,46	1,72
2.1	961	1.812	5.478	1.095.632	12,68	15,22	22,83	15,98
2.2	2.906	3.551	10.736	2.147.125	24,85	29,82	44,73	31,31
2.3	8	8	24	4.837	0,06	0,07	0,10	0,07
3.1	243	287	868	173.536	2,01	2,41	3,62	2,53
3.2	140	145	438	87.675	1,01	1,22	1,83	1,28
4.1	247	288	871	174.140	2,02	2,42	3,63	2,54
4.2	224	255	771	154.187	1,78	2,14	3,21	2,25
4.3	81	94	284	56.837	0,66	0,79	1,18	0,83
5.1	78	78	236	47.163	0,55	0,66	0,98	0,69
5.2	876	1.137	3.437	687.491	7,96	9,55	14,32	10,03
6.1	11	12	36	7.256	0,08	0,10	0,15	0,11
DO Anta Gorda	59	60	181	36.279	0,42	0,50	0,76	0,53
DO Rio das Pedras	599	679	2.053	410.560	4,75	5,70	8,55	5,99
Total	13.177	17.777	53.745	10.748.925	124,41	149,29	223,94	156,76

SISTEMA DE CAPTAÇÃO E ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA

O estudo de Pitometria realizado no sistema de captação apresentou os seguintes resultados:

Tabela 2. Medição de Vazão no Sistema de Captação de Água Bruta.

ADUTORA	VAZÃO POR BOMBA (L/s)						
	1	2	3	1+2	1+3	2+3	1+2+3
200 mm	19,75	20,16	21,33	32,26	33,24	32,76	39,50
250 mm	50,60	50,09	54,93	79,73	81,93	81,30	96,76
Total	70,35	70,25	76,26	111,99	115,17	114,06	136,26

Desta forma, verificamos que o sistema de bombeamento se encontra insuficiente para atender a vazão máxima diária se considerando a necessidade de produção da ETA que é de 157 L/s, além de estar operando atualmente sem bomba reserva.

O diâmetro econômico de adutoras pode ser determinado utilizando-se a fórmula de *Bresse*, sendo que as velocidades econômicas recomendadas são entre 1,0 e 1,5 m/s (Tsutiya, 2006). No caso de adutoras de 200 mm e de 250 mm, recomenda-se que a vazão não ultrapasse as velocidades de 2,55 m/s e 2,04 m/s respectivamente.

Para verificar a possibilidade de adução de 157 L/s de água bruta nas adutoras existentes, verificamos a velocidade resultante nas adutoras através da fórmula de *Bresse*, considerando que a adutora de 200 mm transportará 40% da vazão. Os resultados estão na Tabela 3 a seguir.

Através da fórmula de *Hazen Williams*, verificamos a perda de carga nas adutoras, apresentada na Tabela 4, considerando os seguintes dados:

- Cota da captação: 757,1 metros;
- Cota na ETA: 693,1 metros;
- Desnível Geométrico: 64 metros;
- Comprimento das Adutoras: 1.253 metros

Tabela 3. Verificação da Velocidade nas Adutoras de Água Bruta.

PARÂMETRO	ADUTORA 200 mm	ADUTORA 250 mm
Parcela da vazão total	40%	60%
Vazão total (L/s)	157	157
Vazão na adutora - Q (m ³ /s)	0,0628	0,0942
Velocidade - V (m/s)	1,5	1,5
Coefficiente K	0,92	0,92
Diâmetro calculado - D (m)	0,23	0,28
Diâmetro calculado - D (mm)	231	283
Diâmetro adotado (mm)	200	250
Velocidade resultante - V (m/s)	2,00	1,92

Tabela 4. Verificação da Perda de Carga nas Adutoras de Água Bruta.

PARÂMETRO	ADUTORA 200 mm	ADUTORA 250 mm
Parcela da vazão total	40%	60%
Vazão total (L/s)	157	157
Vazão na adutora - Q (m ³ /s)	0,0628	0,0942
Vazão (L/s)	62,8	94,2
C	110	110
L (m)	1253	1253
D adotado (m)	0,2	0,25
J para D adotado (m/m)	0,0270	0,0193
Perda de pressão para D adotado (m)	33,77	24,12

Desta forma, o sistema de bombeamento deverá vencer 64 metros de desnível geométrico e 34 metros de perda de carga. Caso a vazão seja dividida em 50% para cada adutora, a perda de carga na adutora de 200 mm passa para 51 metros. Para ambas considerações temos que a perda de carga atual nas adutoras é elevada e que as bombas vem operando numa condição indesejável, evidenciando a necessidade de adequação do sistema de captação.

SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

A partir das simulações realizadas na rede de distribuição através do software *WaterCad®*, obtemos os seguintes resultados:

- Simulação 1 – ERAT's desligadas para vazão média diária: nestas condições verificamos que o sistema operando por gravidade é capaz de abastecer praticamente todo o setor 1, o setor 3 e praticamente todo o setor 6 e setor 6.2;
- Simulação 2 – ERAT's desligadas para vazão máxima horária: nestas condições, o sistema operando por gravidade é capaz de abastecer somente o setor 1 e o setor 3, sendo que os pontos mais altos desses setores ficam desabastecidos;
- Simulação 3 – ERAT's ligadas simultaneamente para vazão máxima horária: neste caso foram verificados que o sistema atual possui alguns gargalos, que são atualmente contornados na operação do sistema através do rodízio dos setores abastecidos nos períodos de alta demanda. Os setores que apresentaram problemas de abastecimento, segundo a simulação, são: setor 2.2, grande parte do setor 2.1, setor 1.5, partes altas do setor 3, setor 1.3, setor 1.3.1, setor 1.1, setor 1.2 e partes mais altas do setor 6.

Os resultados podem ser observados na Figura 2, Figura 3 e Figura 4 a seguir. As regiões que apresentaram problema no abastecimento em cada uma das simulações podem ser observadas através dos pontos vermelhos e amarelos. Os pontos azuis e magenta são as regiões que apresentaram vazão e pressão suficientes.

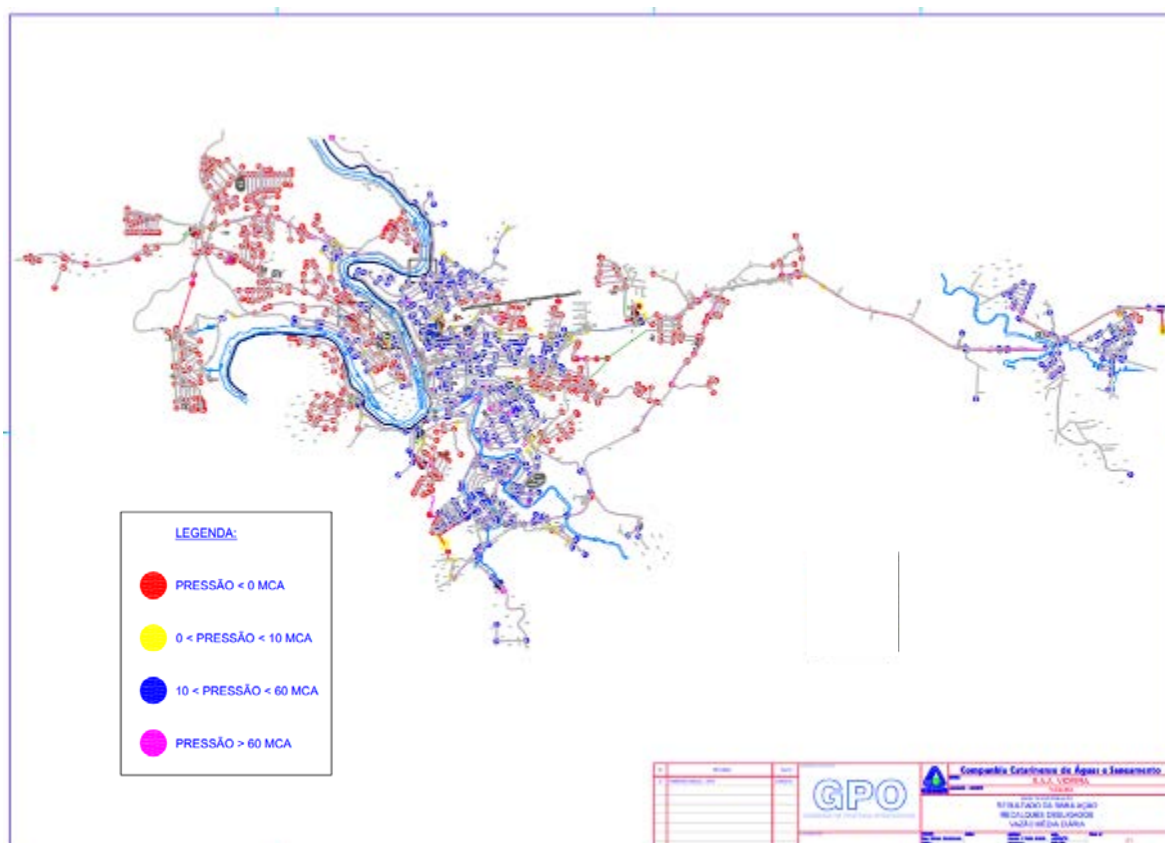


Figura 2 – Resultado da Simulação 1 – ERAT's desligadas para vazão média diária

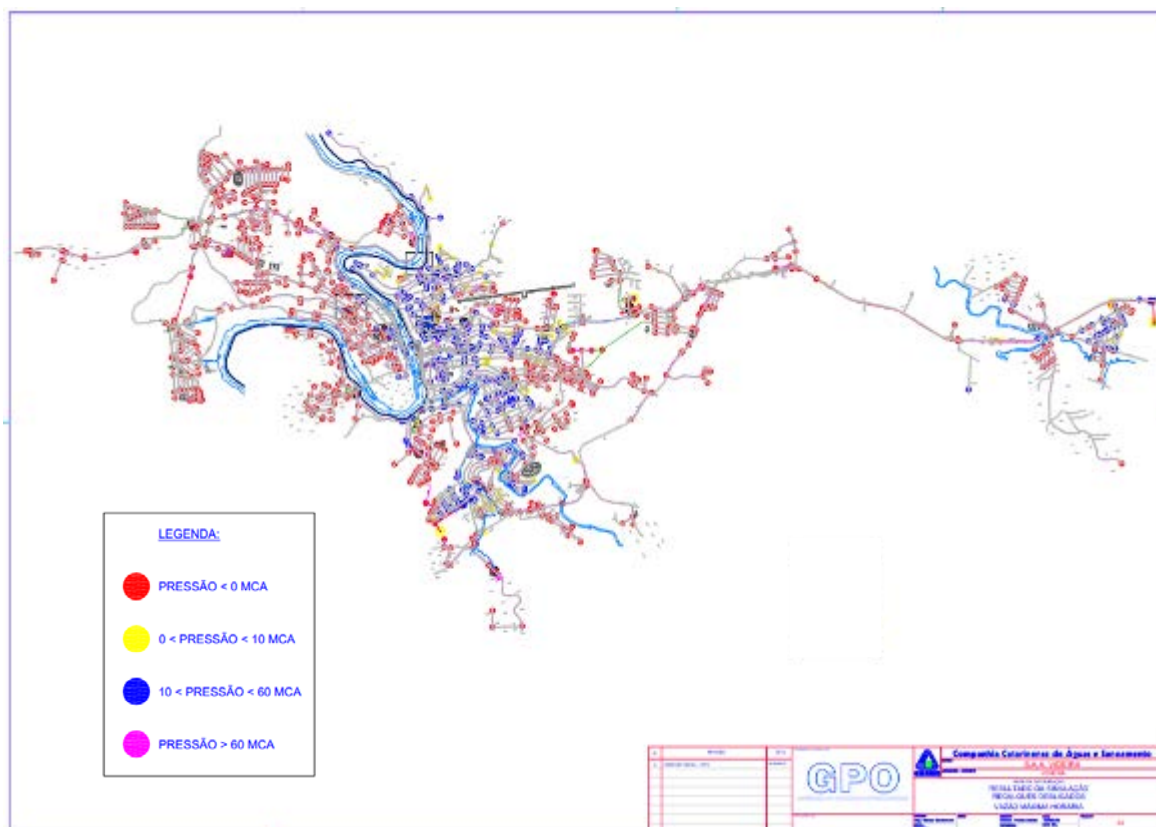


Figura 3 – Resultado da Simulação 2 – ERAT's desligadas para vazão máxima horária

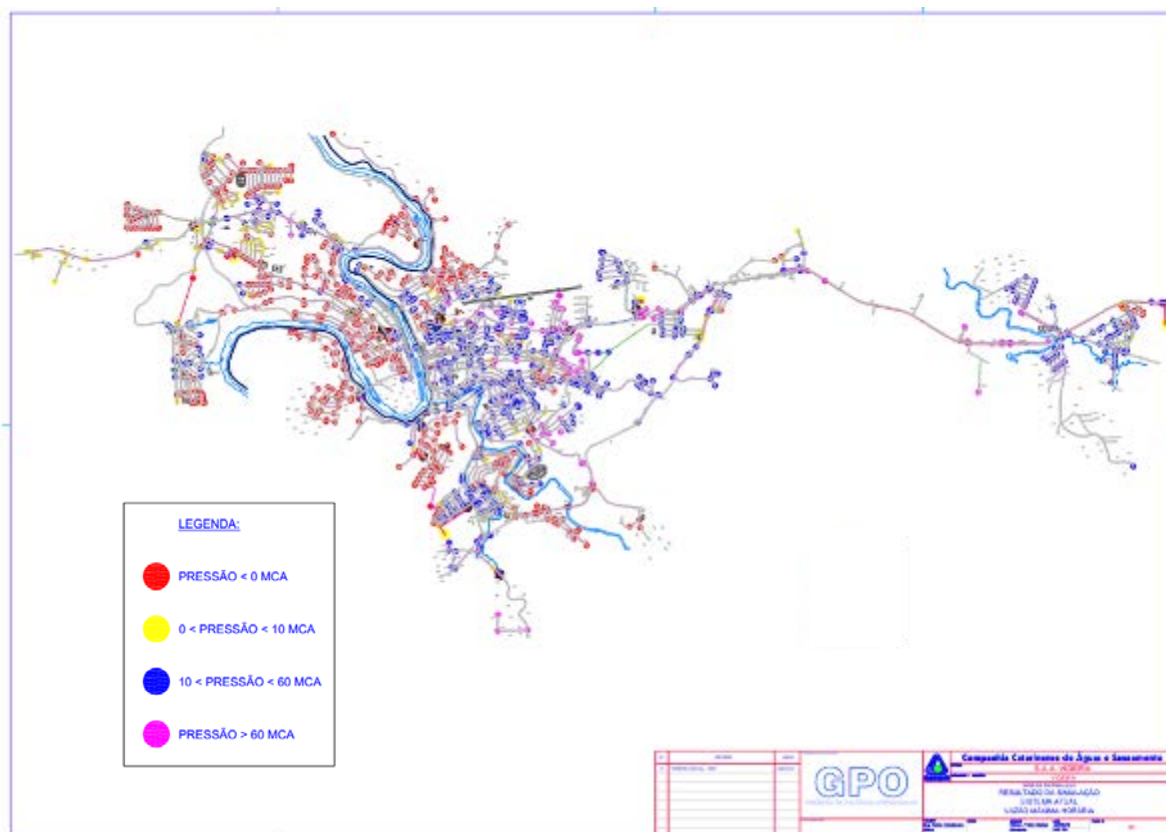


Figura 4 – Resultado da Simulação 3 – ERAT's ligadas para vazão máxima horária

VERIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE RECALQUE

A Tabela 5 a seguir apresenta cada estação de recalque, os dados levantados e os dados resultantes da simulação com o programa *WaterCad®*.

A pressão negativa verificada na entrada das bombas significa que não havia água na rede na entrada das bombas. Na simulação, o programa acrescenta o valor de pressão que a bomba incrementa e, portanto, na saída das bombas algumas pressões que entraram negativas, saem positivas.

Tabela 5. Dados das estações de recalque e resultados da simulação.

Unidade	Dados das Bombas	Cota do terreno (m)	Vazão de Recalque (l/s)	Pressão na saída da bomba (mca)	Perda de carga (m)	Pressão na entrada da bomba (mca)
ERAT 2.1	WORTHINSTON TIPO 2 DBE-103 D9,9 50CV (está com sobrecarga) 100 A, são 2 bombas, porém só uma operando pois foi trocado o rotor) H = 80 m Q = 28 L/s. Resultado da pitometria: bomba 1: pressão 60 mca Q=16,44 l/s e bomba 2: pressão 61 mca e Q=19,51 l/s	741	21,82	45,37	-44,76	0,71
ERAT 2.1 B2		741	21,97	56,16	-55,56	0,71
BOOSTER 3.1	ABS 40/3 7,5CV de 60 a 100 mca de 17 a 6 m³/h D130 mm	739	3,93	96,05	-70,59	25,61
BOOSTER 3.2	ABS 40/3 7,5CV de 60 a 100 mca de 17 a 6 m³/h D130 mm	758	1,57	95,90	-101,58	-5,48
ERAT 4.1	KSB 32/160 5CV D 165 mm (2 conjuntos, usa 1)	801	3,89	51,39	-50,97	0,52
BOOSTER 4.2	1) WORTHINSTON TIPO D820 7,5CV 820 2/1 2X1X6 (NÃO UTILIZADA) H = 85 m e Q = 6,5 L/s. 2) KSB MAHABLOC tamanho 20-200R D 209 mm - tomo D 202 mm	777	3,47	95,82	-86,37	9,63
ERAT 1.5	KSB 32/160.1 5CV D 165 mm	700	2,46	-8,76	-49,35	-58,01
ERAT 1.4	ABS 25/3 3CV de 35 a 70 mca, de 8,3 a 2,4 m³/h	711	0,53	74,63	-71,49	3,28
BOOSTER 2.4	ABS 40/2 de 40 a 65 mca, de 16 a 4,5 m³/h 7,5 CV	811	0,91	60,36	-67,05	-6,56
ERAT 1.3 b1	1) ABS 25/3 3CV de 35 a 70 mca, de 8,3 a 2,4 m³/h 2) ABS 40/4 12,5 CV de 70 a 130 mca, de 17 a 7,5 m³/h	703	5,63	-60,51	-31,69	-92,14
ERAT 1.3 b2		703	7,48	-471,41	380,04	-92,14
ERAT 1.2	KSB 32/160.1 5CV D 165 mm	754	2,96	0,79	-48,99	-48,11
BOOSTER 1.1	1) (operando) ABS 40/2 de 40 a 65 mca, de 16 a 4,5 m³/h 7,5 CV D130 mm 2) (reserva) KSB 32/160.1 5CV D 165 mm	729	5,23	18,39	-31,33	-12,87
ERAT 6	1) (problema de cavitação) MULTIBOMBAS MKX 15 Q72m³/h H 72 mca 20CV, 2) (operando) MULTIBOMBAS MH 14 Q 36 m³/h H 75 mca 25 CV	728	10,93	37,08	-44,14	-6,97
BOOSTER 6.1	SCHNEIDER ME1 D56 11 95 2CV MULTISTÁGIO	743	0,44	58,63	-70,51	-11,74
BOOSTER 6.2	SCHNEIDER ME- BR 2450 de 95 a 128 mca 7,8 m³/h	743	1,29	103,85	-115,86	-11,78
ERAT 5.1	ABS 25/3 3CV de 35 a 70 mca, de 8,3 a 2,4 m³/h	794	0,89	97,23	-67,98	29,39
ERAT 5.2	ABS 40/4 12,5 CV de 70 a 130 mca, de 17 a 7,5 m³/h	794	4,37	110,57	-81,35	29,38
ERAT 5.3	KSB mod 50-26 Q 47,73 H 106,91 mca 40CV e MARK THV 3B 14 série 92092712 30 CV. Resultado da pitometria: P=169 mca Q=3,78 L/s	794	5,88	118,35	-89,15	29,38
ERAT 5	WORTHINSTON D820 2 1/2x1 1/2x 8 SCH 940 22 20CV H = 46 m Q = 20 L/s e MULTIBOMBAS NKX 15 Q 48,6 m³/h H 72 mca 25 CV. Resultado da pitometria (saída da ERAT): Q=13,96 L/s e P=66 mca	765	16,32	62,80	-60,94	1,99
ERAT 4.3	ABS 25/3 3CV de 35 a 70 mca, de 8,3 a 2,4 m³/h	770	0,93	103,91	-67,43	36,62
ERAT 3 b1	KSB MAHANORM 100-250 K 147.6 30 mca Motor WEG 25 CV 1.750 rpm (2cjtos) H = 28 m Q = 41 L/s	757	51,86	26,49	-22,40	4,14
ERAT 3 b2		757	52,05	26,47	-22,29	4,22
ERAT 4	MULTIBOMBAS tipo MKX 15 Q 48 m³/h 72 mca 25CV H = 46 m Q = 20 L/s	757	19,34	52,14	-46,76	5,47
BOOSTER 3.3	ABS 25/3 4 CV D118	708	2,26	-61,26	-36,23	-97,42
ERAT 2.2	Resultado da pitometria: bomba 1: P=84,5 mca e Q=16,65 L/s e bomba 2: P=85 mca e Q=6,91 L/s,	778	0,00	40,49	-112,67	-71,95
ERAT 2.2 B2	observou vazamento na gaxeta e registro de descarga quebrado	778	0,00	40,49	-113,33	-72,62

A Tabela 6 a seguir apresenta um comparativo das vazões calculadas, das capacidades teóricas das bombas e com os valores obtidos após a simulação com o *Watercad*®.

Tabela 6. Verificação das estações de recalque quanto aos dados teóricos, de campo e simulados.

ETA	BOOSTER 1.1: Alimenta setor 1.1 (Q=2,07 L/s) e setor 1.2 (Q=2,97 L/s). Demanda calculada: Q = 5,04 L/s, Q simulada: 5,23 (H = 31 mca), Q bombas: 1,3 a 4,4 L/s, H = 40 a 65 mca	ERAT 1.2 Alimenta setor 1.2 (Q=2,97 L/s). Demanda calculada: Q = 2,97 L/s, Q simulada: 2,96, H = 49 mca		
	ERAT 1.3: Alimenta setor 1.3 (Q=7,13 L/s). Demanda calculada: Q = 7,13 L/s, Q simulada: Q b1=7,48 L/s e Qb2=5,63 L/s, Q bombas: 0,7 a 2,3 L/s (H = 35 a 70 mca) e 2,1 a 4,7 L/s (H = 70 a 130 mca)			
	ERAT 1.4: Alimenta setor 1.4 (Q=0,53 L/s). Demanda calculada: Q = 0,53 L/s, Q simulada: 0,53 L/s (H = 71,5 mca), Q bombas: 0,7 a 2,3 L/s (H = 35 a 70 mca)			
	ERAT 1.5: Alimenta setor 1.5 (Q= 2,46 L/s). Demanda calculada: Q = 2,46 L/s, Q simulada: 2,46 L/s (H = 49,5 mca)			
	ERAT 2.1: Alimenta setor 2.1 (Q=22,83 L/s) e setor 2.2 (Q=44,73 L/s). Demanda calculada: Q = 67,56 L/s, Q simulada bomba 1: Q = 21,82 L/s H = 44,76 mca, bomba 2: Q = 21,97 L/s, H 55,56 mca, Dados do sistema: 2 bombas porém só uma operando pois foi trocado o rotor H = 80 m Q = 28 L/s. Resultado da pitometria: bomba 1: pressão 60 mca Q=16,44 l/s e bomba 2: pressão 61 mca e Q=19,51 l/s	ERAT 2.2: Alimenta setor 2.2 (Q=44,73 L/s). Demanda calculada: Q = 44,73 L/s, Q simulada: 0,0 L/s, Resultado da pitometria: bomba 1: H =84,5 mca e Q=16,65 L/s e bomba 2: H =85 mca e Q=6,91 L/s, observou vazamento na gaxeta e registro de descarga quebrado		
	ERAT 3: Alimenta setor 3 (Q=36,96 L/s), setor 3.1 (Q=3,62 L/s), setor 3.2 (Q=1,83 L/s), setor 3.3, setor 3.4 e setor 5 (Q=23,85 L/s). Demanda calculada: Q = 66,26 L/s, Q simulada: Q1=51,86 L/s (H = 81,4 mca), Q2=52,05 L/s (H = 22,29 mca), Dados do sistema: 2 bombas: H = 28 mca Q = 41 L/s	BOOSTER 3.1: Alimenta setor 3.1 (Q=3,62 L/s). Demanda calculada: Q = 3,62 L/s, Q simulada: 3,93 L/s (H = 70,6 mca), Q bombas: 1,7 a 4,7 L/s, H = 60 a 100 mca		
		BOOSTER 3.2: Alimenta setor 3.2 (Q=1,83 L/s). Demanda calculada: Q = 1,83 L/s, Q simulada: 1,57 L/s (H = 101,6 mca), Q bombas: 1,7 a 4,7 L/s, H = 60 a 100 mca		
		BOOSTER 3.3 - desconsiderada		
		ERAT 3.4 - desconsiderada		
		ERAT 5: Alimenta setor 5: setor 5.1 (Q=0,98 L/s), setor 5.2 (Q=14,32 L/s), setor 5.3 (Q = 8,55 L/s). Demanda calculada: Q = 23,85 L/s, Q simulada: Q = 16,32 L/s (H = 61 mca), Dados do sistema: 2 bombas: Q1 = 20 L/s (H=46 mca) e Q2 = 13,5 L/s (H=72 mca). Resultado da pitometria (saída da ERAT): Q = 13,96 L/s e P=66 mca	ERAT 5.1: Alimenta setor 5.1 (Q=0,98 L/s). Demanda calculada: Q = 0,98 L/s, Q simulada: 0,89 L/s (H = 68 mca), Q bombas: 0,7 a 2,3 L/s (H = 35 a 70 mca)	
			ERAT 5.2: Alimenta setor 5.2 (Q=14,32 L/s). Demanda calculada: Q = 14,32 L/s, Q simulada: 4,37 L/s (H = 81,35 mca), Q bombas: 2,1 a 4,7 L/s (H = 80 a 130 mca)	
			ERAT 5.3: Alimenta setor 5.3 (Q=8,55 L/s). Demanda calculada: Q = 8,55 L/s, Q simulada: 5,88 L/s (H = 89 mca), Q bombas: 0,7 a 2,3 L/s (H = 35 a 70 mca) Q 13,3 L/s (H=106,91 mca). Resultado da pitometria: P=169 mca Q=3,78 L/s	
ERAT 4: Alimenta setor 4 (Q=10,22 L/s), setor 4.1 (Q=3,63 L/s), setor 4.2 (Q=3,21 L/s), setor 4.3 (Q = 1,18 L/s). Demanda calculada: Q = 18,24 L/s, Q simulada: Q = 19,34 L/s (H = 46,8 mca), Dados do sistema: Q = 20 L/s (H=46 mca) e Q2 = 13,5 L/s (H=72 mca).	ERAT 4.1: Alimenta setor 4.1 (Q=3,63 L/s). Demanda calculada: Q = 3,63L/s, Q simulada: 3,89 L/s (H = 51 mca)			
	BOOSTER 4.2: Alimenta setor 4.2 (Q=3,21 L/s). Demanda calculada: Q = 3,21L/s, Q simulada: 3,47 L/s (H = 86,4 mca), Q bombas: Q1=6,5 L/s (H = 85 mca) - não utilizada e KSB modificada no torno			
	ERAT 4.3: Alimenta setor 4.3 (Q=1,18 L/s). Demanda calculada: Q = 1,18L/s, Q simulada: 0,93 L/s (H = 67,43 mca), Q bombas: 0,7 a 2,3 L/s (H = 35 a 70 mca)			
ERAT 6: Alimenta setor 6 (Q=21,72 L/s), setor 6.1 (Q=0,15 L/s), setor 6.2. Demanda calculada: Q = 21,87 L/s, Q simulada: Q = 10,93 L/s (H = 44,1 mca), Dados do sistema: Bomba 1: (problema de cavitação) Q = 20 L/s (H=72 mca), Bomba 2: (operando) Q = 10 L/s (H=75 mca)	BOOSTER 6.1: Alimenta setor 6.1			
	BOOSTER 6.2: : Alimenta setor 6.2 (Q=0,15 L/s). Demanda calculada: Q = 0,15L/s, Q simulada: 0,44 L/s (H = 70,5 mca)			

Através deste comparativo, podemos perceber que:

- As seguintes bombas se encontram com dados insuficientes para avaliação das mesmas: ERAT 1.2, ERAT 1.5, BOOSTER 3.3, ERAT 3.4, ERAT 4.1, BOOSTER 6.1, BOOSTER 6.2. Estes dados referem-se à alteração de rotor da bomba, ausência de placa na bomba, curva da bomba não encontrada, impossibilidade de realização de Pitometria;
- As seguintes bombas se apresentaram subdimensionadas (vazões das bombas insuficientes para a demanda): BOOSTER 1.1, ERAT 1.3, ERAT 3;
- As seguintes estações de recalque apresentaram vazão insuficiente por incapacidade da rede de distribuição: ERAT 2.1, ERAT 2.2, ERAT 5, ERAT 5.3, ERAT 4.3.

Desta forma, é necessário a readequação do bombeamento do BOOSTER 1.1 (vazão e altura manométrica insuficientes), ERAT 1.3 (vazão insuficiente) e ERAT 3 (vazão e altura manométrica insuficientes). Já para readequação das ERAT's 2.1, 2.2, 5, 5.3 e 4.3, segundo a simulação, são necessários ajustes na rede para adequação da pressão à montante das ERAT's.

A Tabela 7 a seguir apresenta de forma resumida as alterações propostas nas estações de recalque:

Tabela 7. Dados verificados nas estações de recalque.

Unidade	Vazão Simulada	Altura Manométrica Simulada	Bomba existente atende?	Altura manométrica e Vazão necessários
BOOSTER 1.1	5,23	31,3	Vazão não, Altura sim	5,23 L/s; 32 mca
ERAT 1.2	2,96	49	Dados insuficientes	3,0 L/s; 49 mca
ERAT 1.3	8,76	32	Vazão não, Altura sim	7,13 L/s; 32 mca
ERAT 1.4	0,53	71	Bomba acima do necessário	0,53 L/s; 20 mca
ERAT 1.5	2,46	49,35	Dados insuficientes	-
ERAT 2.1	69,75	65,27	Dados insuficientes	-
ERAT 2.2	27,23	81,45	Vazão não, Altura sim	44 L/s; 85 mca
ERAT 3 b1	3,74	37,26	Sim	-
ERAT 3 b2	59,76	17,5	Sim	-
BOOSTER 3.1	3,93	70,59	Sim	-
BOOSTER 3.2	1,57	101,58	Sim, porém trabalhando acima da altura manométrica máxima da bomba	-
BOOSTER 3.3	2,26	36,23	Sem dados da bomba atual	-
ERAT 5 bb2	16,15	61,64	Não	24,0 L/s; 62 mca
ERAT 5.1	0,91	67,78	Sim	-
ERAT 5.2	4,36	81,69	Não	15 L/s; 82 mca
ERAT 5.3	11,39	116,39	Sim	-
ERAT 4	19,34	46,76	Sim	-
BOOSTER 4.2	3,47	86,37	Sim	-
ERAT 4.3	0,94	67,43	Sim	-
ERAT 6	16,96	28,11	Sim	-
BOOSTER 6.2	1,29	115,86	Dados insuficientes	-
BOOSTER 6.1	0,44	70,51	Dados insuficientes	-

MELHORIAS PROPOSTAS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

A Tabela 8 a seguir apresenta as melhorias propostas para a rede de distribuição, obtidas através das simulações do sistema atualmente instalado com a vazão máxima horária, a fim de minimizar ou equacionar as deficiências do sistema, considerando todas as estações de bombeamento em operação. O custo foi estimado a partir de um valor médio por metro de rede que considera o material e diâmetro da rede e o tipo de pavimentação.

Tabela 8. Resumo das Propostas e Orçamento Estimado para as Alterações na Rede.

Quantidade (m)	Diâmetro a Instalar (mm)	Diâmetro Existente (mm)	Material	Setor	Rua	Pavimentação	Custo Estimado (R\$/m)	Custo Total Estimado (R\$)
300	150	75	PVC	1.1 e 1.2	montante do booster 1.1 - Rua Ernesto Fantini e Rua Ricardo Brandalise	asfáltica	145	R\$ 43.500,00
150	150	100	PVC	1.1 e 1.2	Rua Ricardo Brandalise e Av. Dom Pedro	asfáltica	145	R\$ 21.750,00
460	250	100	PVC	1.1 e 1.2	Rua Ricardo Brandalise e Av. Dom Pedro	asfáltica	219	R\$ 100.740,00
700	250	150	PVC	1.1 e 1.2	Rua Ricardo Brandalise e Av. Dom Pedro, Av. Pd Anchieta, Rua Coronel Schmidt	asfáltica	219	R\$ 153.300,00
150	250	200	PVC	1.1 e 1.2	Rua Antonio Marafon	asfáltica	219	R\$ 32.850,00
350	150	50	PVC	1.1 e 1.2	Jusante do booster 1.1, entre booster 1.1 e ERAT 1.2, Rua Ernesto Fantini	paralelepípedo	105	R\$ 36.750,00
740	150	75	PVC	1.3 e 1.3.1	Ruas Castelo Branco e Ricardo Brandalise	asfáltica	145	R\$ 107.300,00
340	200	75	PVC	1.3.1	Após ERAT 1.3.1, Rua Ibicaré	paralelepípedo	142	R\$ 48.280,00
120	150	75	PVC	1.3.1	Após ERAT 1.3.1, Rua Urbano Zimmermann	paralelepípedo	105	R\$ 12.600,00
480	150	40	PVC	1.3	Após a ERAT 1.3, Rua Castelo Branco	asfáltica	145	R\$ 69.600,00
340	100	50	PVC	1.3	Após a ERAT 1.3, Rua Eugenio Fantin	paralelepípedo	83	R\$ 28.220,00
350	125	75	PVC	1.4 e 1.5	Rua XV de novembro	asfáltica	134	R\$ 46.900,00
430	125	65	PVC	1.4 e 1.5	Rua XV de novembro	asfáltica	134	R\$ 57.620,00
630	125	50	PVC	1.4 e 1.5	Rua XV de novembro	asfáltica	134	R\$ 84.420,00
1300	125	50	PVC	1.5	Rua Anita Garibaldi	paralelepípedo	94	R\$ 122.200,00
1150	150	150	PVC	6	Final da rede de 200 mm em direção à ERAT 6, Rua João Zardo	asfáltica	145	R\$ 166.750,00
400	150	65	PVC	6	Rua José Formigheri	paralelepípedo	105	R\$ 42.000,00
400	200	100	PVC	6	Rua Mário Porto Lopes	paralelepípedo	142	R\$ 56.800,00
1300	100	50	PVC	6	Rua Luiz Strapazzon e Rodovia SC 303	asfáltica	123	R\$ 159.900,00
1500	150	50	PVC	6	Rua João Zardo, Rua Fernando Eggers	asfáltica	145	R\$ 217.500,00
350	100	32	PVC	6	Rua Ernesto Zortea	paralelepípedo	83	R\$ 29.050,00
Interligação	75	-	PVC	6	Rua Albino Formigheri	paralelepípedo	55	R\$ 5.500,00
600	75	50	PVC	6.1 e 6.2	Rua Antonio Piccoli	asfáltica	95	R\$ 57.000,00
160	150	50	PVC	1.2	Rua Ernesto Fantin	paralelepípedo	105	R\$ 16.800,00
900	150	75	PVC	3.2	Entre o Booster 3.1 e o Booster 3.2, Rua Padre Anchieta, Rua Alberto Grandó, Rua Assunção, Rua Adolfo	paralelepípedo/ asfalto	125	R\$ 112.500,00
320	100	50	PVC	3	Rua Arlindo de Matos	paralelepípedo	83	R\$ 26.560,00
250	75	75	PVC	3	Acima do aeroporto, Rua Gomercindo Scopel	paralelepípedo	55	R\$ 13.750,00
150	100	50	PVC	3	Acima do aeroporto, Rua Ettore Bonaldo	paralelepípedo	83	R\$ 12.450,00
120	100	40	PVC	3	Acima do aeroporto, Rua Ettore Bonaldo	paralelepípedo	83	R\$ 9.960,00
500	150	100	PVC	3	Rua Antonio Marafon, Rua Jaques Vachi, Rua Raimundo Grazziotin	asfáltica	145	R\$ 72.500,00
450	100	50	PVC	3.1	Jusante ao booster, Rua Geovani Crestani, Rua G. Menegoto, Rua Waldomiro Scussiato	asfáltica	123	R\$ 55.350,00
Interligação	100	50	PVC	5.2	Rua Humberto Bom	paralelepípedo	83	R\$ 8.300,00
880	150	100	PVC	2	Rua Domingos Locateli, Av. Constantino Crestani	asfáltica	145	R\$ 127.600,00
100	100	50	PVC	2	Av Constantino Crestani	asfáltica	123	R\$ 12.300,00
550	75	25	PVC	2	Rua Santa Demartini	asfáltica	95	R\$ 52.250,00
200	100	50	PVC	2	Rua da Igreja	asfáltica	123	R\$ 24.600,00
825	100	25	PVC	2	Rua Fioravanti Tosati e Rua Álvaro B. de Oliveira	asfáltica	123	R\$ 101.475,00
Interligação	50 e 75	50	PVC	2	Rua Alagoas e na Rua Pernambuco com a Rua Ceará	paralelepípedo	55	R\$ 5.500,00
200	75	50	PVC	2	Rua Amazonas	paralelepípedo	55	R\$ 11.000,00
100	75	50	PVC	2	Rua Pará	paralelepípedo	55	R\$ 5.500,00
CUSTO TOTAL GERAL ESTIMADO:								R\$ 2.368.925,00

A Figura 5 a seguir apresenta a simulação do sistema após a implementação das melhorias propostas na rede de distribuição. Os pontos azuis e rosa significam que a água chega com vazão e pressão suficientes.

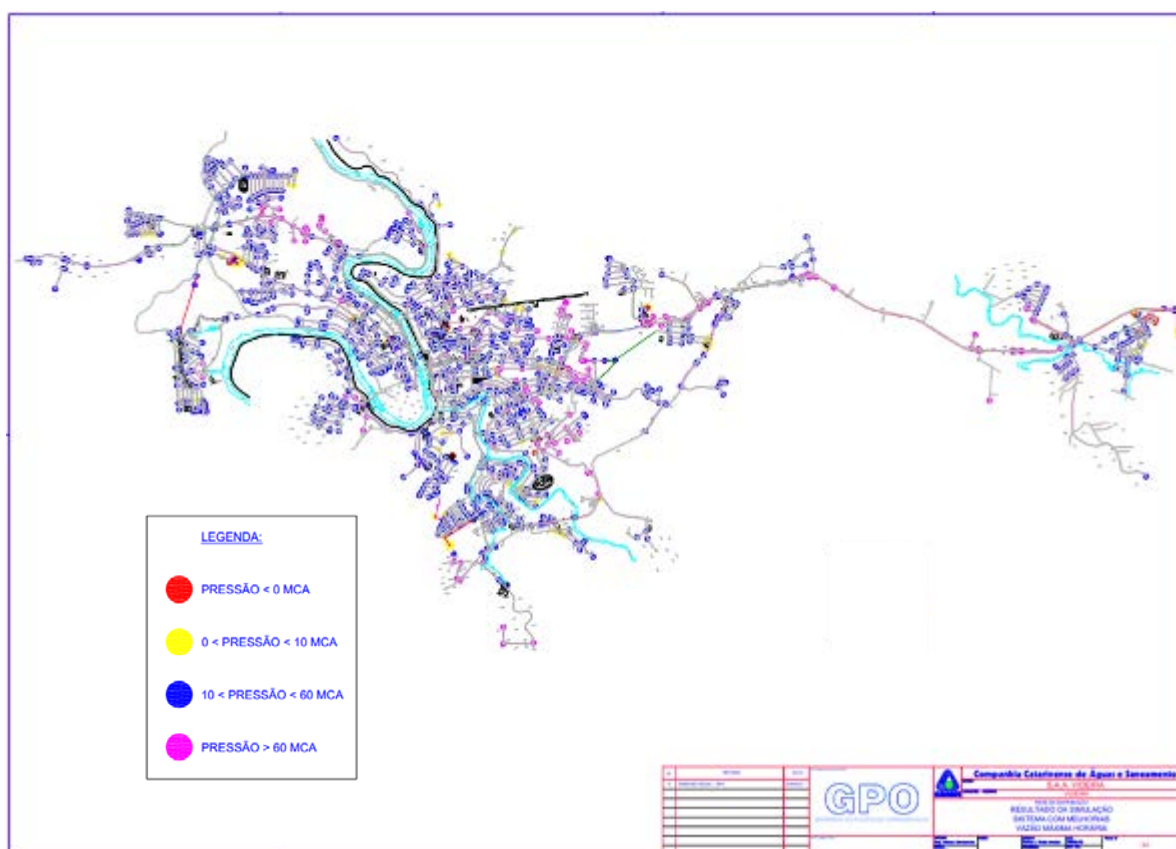


Figura 5 – Resultado da Simulação com as melhorias propostas para a rede de distribuição – ERAT's ligadas simultaneamente para vazão máxima horária

VERIFICAÇÃO DO VOLUME DE RESERVAÇÃO POR SETOR

A Tabela 9 a seguir apresenta os volumes existentes, conforme levantamento de campo, os volumes calculados a partir dos dados teóricos e a defasagem entre eles. Os valores negativos significam que o volume existente está superior ao necessário, enquanto que os valores positivos apresentam a defasagem de volume existente em relação ao calculado.

Vale ressaltar que a maioria dos reservatórios do SAA de Videira trabalha como reservatórios de jusante, sendo que somente os reservatórios R1, R3, R4A e R4B trabalham como reservatórios de montante.

Pelo levantamento podemos observar que os setores 2.1, 3, 1.5, 1.3.1, 6, 5.2, 5, 5.3 (Rio das Pedras), 4.1 e 4.3 apresentam reservatórios de volumes inferiores aos calculados. Dentre eles, os casos mais importantes é o caso do R3, que apresenta o déficit de 510 m³ e o R6, que apresenta um déficit de 220 m³.

Outro ponto importante é que o reservatório R1 alimenta outros setores, e não somente o setor R1, que foi considerado para o cálculo do volume necessário.

Tabela 9. Verificação dos Volumes dos Reservatórios.

UNIDADE	VOLUME EXISTENTE (m³)	VOLUME NECESSÁRIO ESTIMADO PARA O SETOR (m³)	DEFASAGEM
R1	1000	655	-745
	400		
R 2.2	150	860	-490
	200		
	1000		
ERAT 2.1 / R2	200	440	90
ERAT 2.2 / R2.1	150		
R3	200	710	510
R3.2	20	35	15
R4A	150	200	-50
R4B	100		
R1.5	20	50	30
R1.4	20	10	-10
R 1.3.1	40	140	100
R1.2	20	60	-10
R1.2.1	50		
R6	200	420	220
ERAT 6.1	20	3	-37
R6.1	20		
R5.2 A	100	300	125
R5.2 B	75		
R5	200	275	75
R 5.1	50	20	-30
R 5.3A	100	170	40
R5A	30		
R 4.1	50	70	20
R 4.3	20	23	3

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O sistema de bombeamento de água bruta se encontra insuficiente para atender a vazão máxima diária de 157 L/s, além de estar operando sem bomba reserva. Há necessidade de adequação do sistema de captação de modo a atender não somente esta demanda de vazão atual, mas também a futura.

O volume tratado atualmente na ETA se encontra abaixo da demanda teórica necessária de 157 L/s. Para atendimento a esta vazão, poderão ser realizados testes com diferentes produtos químicos nas ETA's para verificar a possibilidade de produzir a vazão necessária. Não se mostrando possível esta alternativa, recomenda-se intensificar os trabalhos no controle, prevenção e redução de perdas no sistema, de modo que se tenha o tempo necessário para promover a ampliação física da capacidade da ETA.

Cinco estações de recalque de água tratada (ERAT's) necessitam de troca das bombas devido ao subdimensionamento verificado, duas estações possuem equipamentos com capacidade acima do necessário e seis estações não possuem os dados das bombas.

As simulações mostraram que o principal gargalo do sistema é a rede de distribuição, onde longos trechos com rede de diâmetro insuficiente resultam em grande perda de carga no sistema, sendo necessária a substituição de 18.545 metros de rede em diversos setores.

Com relação ao uso de simulações hidráulicas com softwares como *Watercad*® e EPANET, apresentou-se como ferramenta extremamente útil para não somente o dimensionamento, mas o gerenciamento da operação dos sistemas de água e proposições de melhorias operacionais.

Como recomendações complementares, podemos citar:

- Instalação de distritos de medição e controle nas zonas de pressão, a fim de possibilitar a obtenção de informações precisas e reais dos setores, contribuindo para um melhor gerenciamento da operação do sistema de distribuição;
- Instalação de válvulas de controle de pressão nos pontos onde ocorre pressão elevada em determinados horários devido à atuação das ERAT's;
- Controle automático do ponto de operação das bombas com base em medições de pressão realizadas nos pontos críticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BADOP – Banco de Dados Operacionais – Cia. Catarinense de Águas e Saneamento. Documento disponível internamente. 2012.
2. SCI – Sistema Comercial Integrado – Cia. Catarinense de Águas e Saneamento. Documento disponível internamente. 2012.
3. TSUTIYA, M. T. – Abastecimento de água – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.
4. *WaterCAD* User's Guide – Haestad Methods, Inc. All Rights Reserved. 1986-2000.