734 - AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO INTEGRADO DE CURITIBA COM OBJETIVO DE EFICIÊNCIA OPERACIONAL E REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA

Fairianny Edissa Ribeiro[(1)]
Engenheira Civil (UP) e especialista em Gestão de Projetos (FAE Business School). Engenheira com mais de doze anos na área de saneamento, atuante em projetos e obras de engenharia para redução de perdas de água no Consórcio CEME.

Luiz Ricardo Mininel[2)]
Engenheiro Civil, Pós-graduado em Gerenciamento de Projetos e Pós-graduado em Engenharia Sanitária. Gestor de projetos de Performance de Redução de Perdas de Água na Enorsul Saneamento.

Indianara Oliveira[(3)]
Engenheira Civil. Atuante em projetos hidráulicos e projetos de estruturas de saneamento no Consórcio CEME.

Jamille Caribé[(4)]
Engenheira Ambiental. Gestora de projetos de Performance de Redução de Perdas de Água na Effico Saneamento.

Rodrigo Leandro Kuzma[(5)]
Engenheiro Civil na Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR.

Endereço[(1)]**:** Rua João Dalegrave – 356 – Bacacheri – Curitiba - PR - 82520-660 - Brasil - Tel: +55 (41) 99900-9066 - e-mail: fairianny@gmail.com

RESUMO

Quando se fala de abastecimento público de água potável, diversos temas podem ser abordados e em diferentes níveis, mas pode-se considerar inevitável a sua relação com o meio ambiente e com a sustentabilidade, afinal, água limpa e própria para o consumo é simplesmente o maior pilar da sobrevivência humana, além de ser fundamental para a conservação do planeta. Portanto, preocupar-se com a disponibilidade dos recursos hídricos, e de sua progressividade, é essencial para preservação da vida.

O desperdício de água se torna cada vez mais alarmante à sociedade e, por consequência disso, o combate às perdas pelas companhias de saneamento ambiental tem se transformado em um dos assuntos mais abordados.

Otimizar os sistemas de maneira organizada e buscar a eficiência da operação, causa um impacto direto no combate a perdas. Por isso, a concessionária de serviços de saneamento tem apostado cada vez mais em contratos de ampliação dos seus sistemas visando a setorização, criando zonas de controle de pressão e vazão, com instalação de dispositivos de monitoramento e controle que auxiliam na diminuição da incidência de vazamentos nas redes existentes de distribuição de água. Além disso, a ampliação pode exigir instalação e readequação de elevatórias, bem como a substituição de tubulações deterioradas pelo seu envelhecimento. Deste modo, por meio da junção dessas e outras ações, combatem-se as Perdas Reais.

Um contrato foi firmado entre um consórcio de três empresas especialistas em projetos e obras de saneamento básico e uma concessionária que fornece água no estado do Paraná, com objetivo de ampliar o sistema de abastecimento integrado de Curitiba, criando novos setores de controle operacional e ampliando os existentes. Foram cinco sistemas englobados neste projeto.

A obra completa é composta por mais de 80 km de execução de rede de distribuição de água, implantação de uma nova estação de bombeamento, readequação de elevatória de água tratada, instalação de um booster, 39 válvulas redutoras de pressão, 47 medidores de vazão e quase 30 travessias.

PALAVRAS-CHAVE: Redução de Perdas de água, Contrato *Turn Key*, Saneamento básico.

INTRODUÇÃO

O projeto citado neste trabalho é objeto de um contrato do tipo *Turn Key*, que basicamente consiste em entregar a obra, desde a fase de elaboração de projetos, até a finalização dos serviços de execução, deixando-a pronta para ser operacionalizada. Sendo assim, não se trata de uma ação remunerada por performance em redução do volume de perdas de água, porém a implantação das novas estruturas tem como finalidade a redução das perdas reais.

Os estudos preliminares, a concepção dos sistemas, os projetos básicos e a definição do escopo do contrato, são informações definidas pela companhia que fornece água potável no Estado do Paraná. Quanto às atividades: elaboração dos projetos executivos; execução da obra; resetorização dos sistemas; e pré-operação das unidades, são desenvolvidas pelo Consórcio CEME, formado pelas empresas: Effico Saneamento, Manancial Construções e Saneamento e Enorsul Saneamento.

São cinco sistemas, integrantes do abastecimento de água de Curitiba, que sofrerão modificações em seus setores, com obras que contemplam a implantação de reforços de rede de distribuição, elevatórias de água tratada e instalações de dispositivos de controle e monitoramente de pressões e vazões.

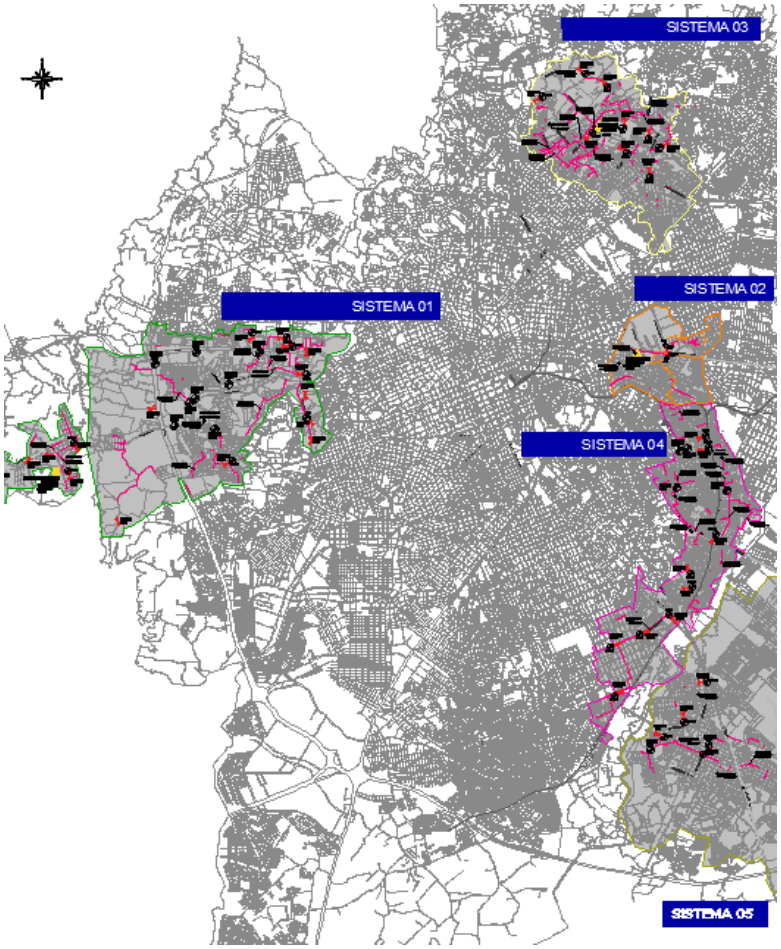

Figura 1: Mapa com localização dos sistemas.

Os sistemas, aqui numerados de um a cinco, são apresentados a seguir, bem como as intervenções a serem executadas em cada um deles.

SISTEMA 01: CCO

Sistema localizado na região oeste de Curitiba, que abastece mais de 30 mil economias, com consumo mensal total de aproximadamente 380.000m³/mês. Atualmente, o Sistema 01 possui um centro de reservação com capacidade de 10.000m³, e tem sua distribuição dividida entre os setores gravidade e recalque. Além disso, existem 3 VRP's (Válvulas Redutoras de Pressão) instaladas e 2 elevatórias de água tratada tipo booster.

Dos 5 sistemas, parte do escopo deste contrato, este é o sistema que mais terá intervenções, sendo:

- 27 km de novas redes de distribuição;
- 16 novas VRP's;
- 17 macromedidores de vazão;
- 11 travessias sobre rios e sob galerias; e
- 1 Booster de 5,5 m³/h e 16 mca.

SISTEMA 02: TAR

Sistema localizado próximo a região central de Curitiba, que abastece mais de 13 mil economias, com consumo mensal total de 254.000 m³/mês. Esse sistema possui um centro de reservação com capacidade de 10.000 m³ e abastece o setor por meio de recalque.

As obras que serão realizadas no Sistema 02 são:

- 3,2 km de novas redes de distribuição;
- 2 novas VRP's;
- 2 novos macromedidores de vazão; e
- 1 readequação de elevatória, a fim de ampliar a capacidade de abastecimento para 88,5 L/s, com pressão de 39 mca.

SISTEMA 03: SCD

Sistema localizado na região norte de Curitiba, que abastece mais de 33 mil economias, com consumo mensal total de 393.000 m³/mês. Esse sistema possui um centro de reservação com capacidade de 7.000 m³ e abastece o setor por saídas de recalque e gravidade.

A seguir, são apresentadas todas as interferências que serão implantadas neste sistema:

- 22,7 km de novas redes de distribuição;
- 9 novas VRP's;
- 9 macromedidores de vazão;
- 6 travessias sobre rios e sob galerias, e;
- 1 estação elevatória com capacidade de 21 L/s e 35 mca.

Além das 9 Válvulas Redutoras de Pressão que serão implantadas no Sistema 03, a estrutura fundamental a ser executada será a nova estação elevatória, que dividirá o recalque alto existente em duas áreas (médio recalque e alto recalque), possibilitando a otimização da elevatória já operante no setor.

SISTEMA 04: RISO-RISF

Sistema localizado na região leste de Curitiba, que abastece mais de 11 mil economias, com consumo mensal total de 124.000 m³/mês. Esse sistema faz parte de um setor maior de abastecimento, que tem capacidade de 15.000 m³.

O Sistema 04 abastece a população por meio de recalque.

A seguir, são apresentadas todas as interferências a serem implantadas neste sistema:

- 21,3 km de novas redes de distribuição;
- 9 novas VRP's;
- 13 macromedidores de vazão; e
- 10 travessias sobre rios e sob galerias e rodovia.

SISTEMA 05: SJP

Sistema localizado na região metropolitana de Curitiba, que abastece quase 7 mil economias, com consumo mensal total de 104.000 m³/mês. Esse sistema faz parte de um setor maior de abastecimento, que tem capacidade de 15.000 m³.

O Sistema 05 abastece a população por meio de recalque.

A seguir, são apresentadas todas as intervenções futuras neste sistema:

- 6,5 km de novas redes de distribuição;
- 3 novas VRP's;
- 6 macromedidores de vazão; e
- 1 travessia sob galeria.

OBJETIVOS

Este artigo apresenta as ações que estão contempladas no contrato, os sistemas de abastecimento englobados pelas obras, os quantitativos previstos, e, principalmente, as estimativas de redução de volume de perdas que deverão acontecer após o início da operação das novas estruturas implantadas.

O principal propósito deste trabalho é apresentar as ações que serão desenvolvidas neste contrato, e como essas atividades impactarão no alvo da companhia de saneamento, ou seja, a modernização dos seus sistemas de abastecimento e o combate às perdas de água tratada.

A redução do volume perdido poderá ampliar a oferta de água potável à população, além de condicionar um aumento do faturamento da empresa, disponibilizando recursos financeiros que permitam investir em outros contratos que visam a melhoria e ampliação das infraestruturas de saneamento básico.

METODOLOGIA UTILIZADA

A partir de projetos básicos disponibilizados pela concessionária de saneamento, projetos executivos foram elaborados pelo Consórcio CEME, com detalhamento nos ramos da hidráulica, mecânica, elétrica, automação, estrutural e geotécnico. A apresentação desses trabalhos possibilitou auxiliar a equipe de execução de obra em suas atividades.

Além das etapas de revisão e detalhamento dos projetos, outros procedimentos foram, estão, e ainda serão realizados durante o período de contrato, que possui um cronograma de quase trinta meses. Esses são citados a seguir:

- Construção do canteiro de obras;
- Levantamento de dados cadastrais;
- Validação de Modelagem hidráulica de implantação da setorização, contemplando a execução dos serviços para viabilizar a efetivação dos limites operacionais;
- Fornecimentos de materiais e de serviços de execução de:
    - Aproximadamente 80 km de rede de água, incluindo 29 travessias sobre e/ou sob galeria, rios e rodovia;
    - 1 booster no Sistema Campo Comprido;
    - Readequação da elevatória do Sistema Tarumã, ampliando a zona de abastecimento;
    - Implantação de elevatória de água tratada no Sistema Santa Cândida, modificando o sistema de recalque;
    - 39 VRP's, criando novas zonas de controle de pressão;
    - 47 medidores de vazão, ampliando o monitoramento dos volumes disponibilizados.
- Teste de comissionamento dos novos equipamentos;
- Operacionalização dos sistemas.

Cabe ressaltar que, para execução dos serviços, preocupou-se em utilizar somente materiais e equipamentos devidamente homologados e inspecionados pela companhia de saneamento, além de seguir as normativas da concessionária, afim de garantir a segurança da obra como um todo.

Para asseverar o cumprimento dos marcos do cronograma e das metas de implantação das atividades, foi desenvolvido uma estrutura funcional, dividida em grupos, conforme apresentado na figura a seguir.

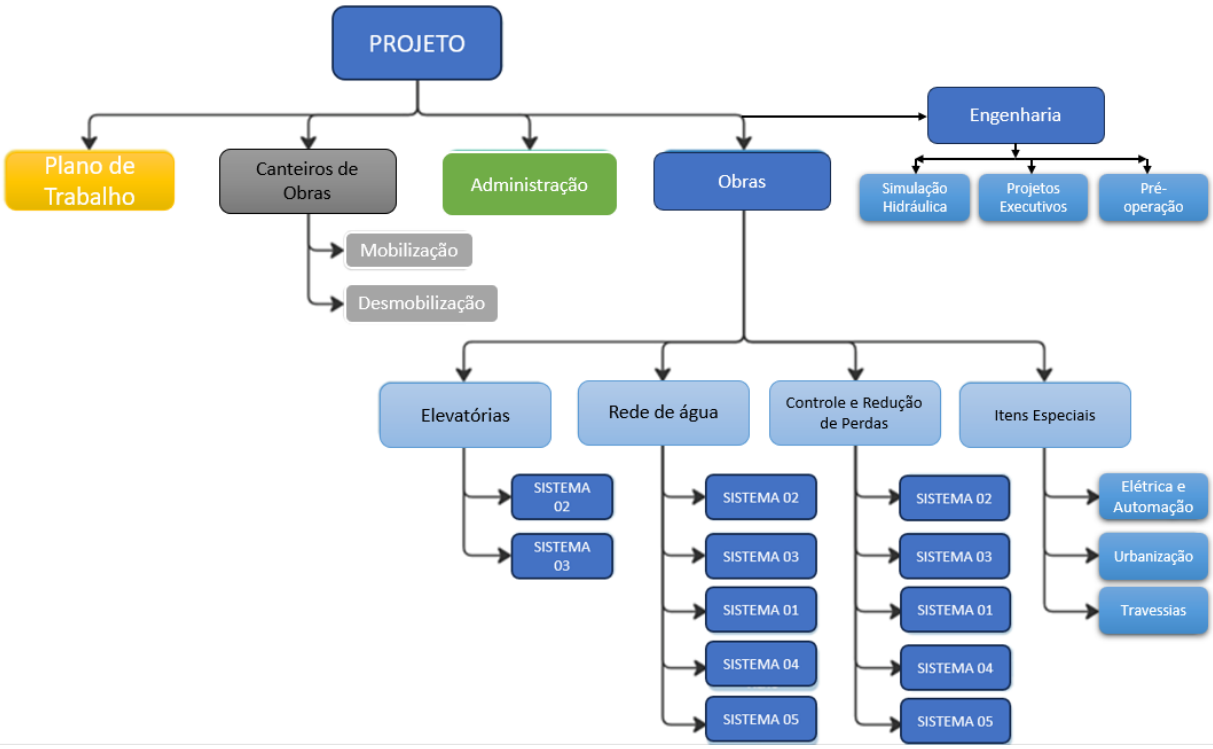

Figura 2: Fluxograma das fases e atividades do contrato.

PLANO DE TRABALHO

O plano de trabalho foi desenvolvido no inicio do contrato com o objetivo de apresentar o organograma das equipes de serviços, o cronograma físico-financeiro da obra, a metodologia de execução, os quantitativos de mão-de-obra e maquinários necessários para implantação das estruturas, e a composição das equipes ao longo do projeto.

Apesar de ser uma atividade elaborada no início da obra, o plano de trabalho deve ser revisitado e modificado conforme as necessidades que venham surgir durante as fases do cronograma, pois não se trata de um documento engessado, e sim de um apoio geral ao contrato.

ADMINISTRAÇÃO DO CONTRATO

A administração do contrato também inclui as atividades de almoxarifado, controle de estoque, recursos humanos, gerenciamento de recursos financeiros e manutenção de escritórios.

No caso do Consórcio CEME, além da administração local, existe uma equipe de apoio, que conta com gerentes, contadores e escritório de advocacia.

CANTEIRO DE OBRAS

Sabe-se que em obras de saneamento, o canteiro de obras é basicamente externo: passeios e ruas, no caso de obras de rede de distribuição de água. Para tanto, várias medidas de saúde e segurança de trabalho são necessárias para manter o bem estar de trabalhadores em campo como, por exemplo, área de convivência cobertas por barracas e assentos para horários de almoço e descanso, banheiro químicos, fornecimento de alimentação e água gelada.

Contudo, o Consórcio CEME também possui um canteiro central de obra, com escritórios, sala de engenharia, administração e reuniões, cozinha, banheiros com chuveiros e estoque de materiais.

O canteiro central é amplo com 2.300m², com capacidade para armazenar mais de 500 barras de tubos, além da possibilidade de estacionar caminhões, maquinários e carros da empresa.

SIMULAÇÃO HIDRÁULICA E PROJETOS EXECUTIVOS

Os modelos hidráulicos são documentos importantes de consulta e também servem para realizar novas simulações, em casos necessários de confirmação ou alteração de projeto.

As simulações hidráulicas dos cinco sistemas foram fornecidas pela companhia de saneamento e validadas pela engenharia do Consórcio CEME.

Quanto aos projetos executivos, além da confirmação da hidromecânica, foram elaborados projetos de elétrica e automação, geotécnico e estrutural, todos executados por profissionais comprovadamente capacitados e com fornecimento das ARTs específicas.

EXECUÇÃO DE OBRA

A obra está sendo executada seguindo as normas técnicas e as boas práticas do manual de obras da companhia de saneamento. As equipes também são diariamente orientadas sobre as necessidades e obrigações quanto ao uso de EPI's e EPC's, atendendo as regras de segurança e saúde no trabalho.

O organograma a seguir apresenta a composição das equipes.

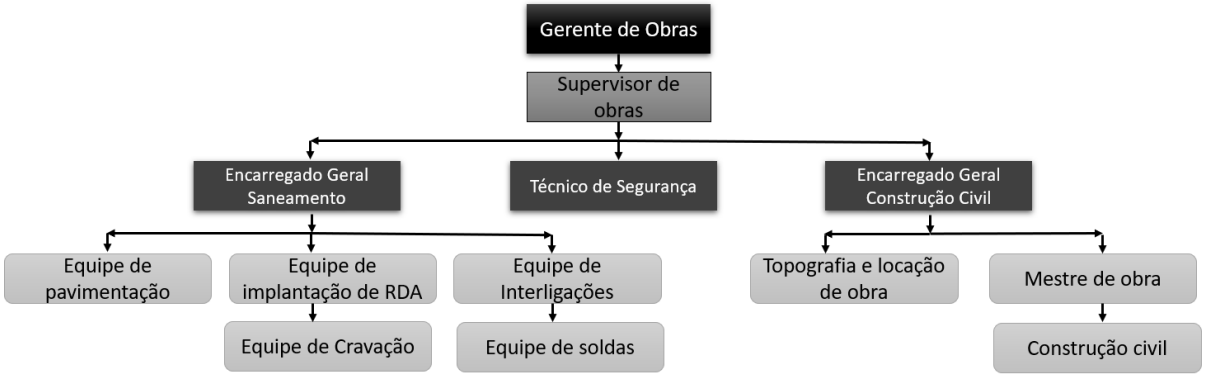

Figura 3: Organograma da obra.

Apesar do contrato já estabelecer a remuneração fixa para os trechos previstos em VCA (vala a céu aberto) e MND (método não destrutivo), a prioridade de execução das redes é pelo MND, pois com esse método diminui-se a quantidade de recomposição de pavimento, além de aumentar a produtividade e causar menos transtornos à população.
A metodologia aplicada para implantação de tubulações segue uma sequência:

- Sondagem em pontos estratégicos para reconhecimento de interferências;
- Plano de furo para cravação;
- Cravação;
- Progamação para interrupção do abastecimento;
- Interligações;
- Recomposição de pavimentos; e
- Entrega projeto *As-Built*.

Nos casos em que não é possível efetuar a interligação logo após a implantação da tubulação, o pavimento é recomposto e, posteriormente, é reaberta a vala para executar a interligação da rede nova com a rede existente.
Quanto às obras de unidades localizadas, como as elevatórias, a locação da obra com apoio da topografia é a primeira etapa a ser executada. Após a locação, são realizadas as escavações, terraplenagem, fundações e estruturas.
Para o caso da elevatória do Sistema 03, antes da terraplanagem, serão executadas as estacas de contenção do terreno, condição determinada no projeto geotécnico.
É importante ressaltar que as equipes de construção civil também são responsáveis pela execução de abrigos de válvulas e macromedidores.

PRÉ-OPERAÇÃO

Como já mencionado neste artigo, o contrato na modalidade *turn key*, inclui a etapa de pré-operação das unidades implantadas.
No caso das elevatórias, é realizado o teste dos conjuntos moto-bombas, verificando a operação no ponto especificado, o shut-off, e os demais parâmetros, como potência e frequência de trabalho. Também são realizados os teste de operação remota, como qualidade do sinal de internet e a comunicação com CCO (Centro de Controle e Operação) da companhia.
Sobre as válvulas redutoras de pressão, primeiramente se realiza a setorização da área atendida, em seguida, o teste

de estanqueidade, e depois, é montado o ciucuito de operação da VRP, estabelecendo a pressão fixa de saída da válvula. Por fim, é aferida a pressão no ponto crítico do setor, de maneira garantir no mínimo 10 mca, conforme norma técnica.

Os macromedidores ultrassônicos à bateria vem da fábrica já calibrados, necessitanto apenas ligá-los para conferência do seu funcionamento. Os certificados de calibração são entregues a companhia de saneamento.

Para os medidores eleromagnéticos energizados, estes também são fornecidos já calibrados. Os testes são realizados para garantir apenas sua operação adequada.

REDUÇÃO DE PRESSÕES

Como comentado anteriormente, apesar deste contrato de implantação de obras não ser remunerado pela performance em redução de perdas de água, as intervenções executadas têm como principal objetivo a diminuição do volume perdido, sobretudo pela alta pressão nas redes existentes, que ocasionam vazamentos em diversos pontos das redes, ramais e cavaletes.

A resetorização dos setores de abastecimento, com a implantação das VRP's nos cinco sistemas, diminuirão significativamente a pressão das redes. As tabelas a seguir apresentam as pressões de entrada e saída, simuladas para cada nova zona de pressão, e seus percentuais de redução.

Tabela 1: Pressões de entrada e saída das novas zonas de pressão do Sistema 01

NOME	DN VRP (mm)	P ENTRADA (mca)	P SAÍDA (mm)	% Redução de Pressão
VRP-01	50	31	10	68%
VRP-02	32	55	10	82%
VRP-03	32	39	10	74%
VRP-04	32	37	10	73%
VRP-05	32	30	10	67%
VRP-06	32	36	10	72%
VRP-07	32	36	15	58%
VRP-08	80	20	11	45%
VRP-09	80	40	10	75%
VRP-10	150	28	11	61%
VRP-11	80	41	10	76%
VRP-12	80	44	10	77%
VRP-13	80	43	13	70%
VRP-14	100	40	15	63%
VRP-15	100	56	34	39%
VRP-16	80	27	10	63%

Tabela 2: Pressões de entrada e saída das novas zonas de pressão do Sistema 02

NOME	DN VRP (mm)	P ENTRADA (mca)	P SAÍDA (mm)	% Redução de Pressão
VRP-01	150	35	13	63%
VRP-02	200	38	10	74%

Tabela 3: Pressões de entrada e saída das novas zonas de pressão do Sistema 03

NOME	DN VRP (mm)	P ENTRADA (mca)	P SAÍDA (mm)	% Redução de Pressão
VRP-01	50	38	12	68%
VRP-02	250	32	12	63%
VRP-03	250	43	11	74%
VRP-04	150	39	11	72%
VRP-05	200	52	18	65%
VRP-06	80	34	10	71%
VRP-07	100	36	11	69%
VRP-08	100	37	10	73%
VRP-09	150	49	30	39%

Tabela 4: Pressões de entrada e saída das novas zonas de pressão do Sistema 04

NOME	DN VRP (mm)	P ENTRADA (mca)	P SAÍDA (mm)	% Redução de pressão
VRP-01	150	38	20	47%
VRP-02	150	38	19	50%
VRP-03	200	46	30	35%
VRP-04	200	45	26	42%
VRP-05	100	33	17	48%
VRP-06	100	43	25	42%
VRP-07	150	38	19	50%
VRP-08	150	44	22	50%
VRP-09	300	39	24	38%

Tabela 5: Pressões de entrada e saída das novas zonas de pressão do Sistema 05

NOME	DN VRP (mm)	P ENTRADA (mca)	P SAÍDA (mm)	% Redução de Pressão
VRP-01	50	35	13	63%
VRP-02	150	38	10	74%
VRP-03	150	48	20	58%

Assim, tem-se a média de redução de pressão para cada sistema:

- Sistema 01: 66%
- Sistema 02: 68%
- Sistema 03: 66%
- Sistema 04: 45%
- Sistema 05: 65%

ESTIMATIVA DE RECUPERAÇÃO DE VOLUME PERDIDO

Para a estimativa de recuperação de volume perdido, utilizou-se a teoria de FAVAD (*Fixes and Variable Area Discharge Paths*) para o cálculo do Volume de Vazamento Final, o qual considera que, em tubulações de material flexível, os furos dos vazamentos aumentam conforme a pressão se eleva, criando uma relação entre a pressão média na rede a vazão do vazamento (Bezerra, 2009).

Esta relação foi teorizada como sendo expressa pela seguinte equação:

$$\frac{Q1}{Q0} = \left(\frac{p1}{p0}\right) * N1 \text{ (Equação 01)}$$

Onde:

- Q1 = Volume do vazamento final;
- Q0 = Volume do vazamento inicial;
- p1 = Pressão final – usar mca, e;
- p0 = Pressão inicial – usar mca.

Estudos realizados por LAMBERT (2001) recomendam os valores do expoente N1:

- 0,5 – Seção do tubo que não se altera com o vazamento (exemplos: tubos de ferro fundido e aço);
- 1,00 – Para uma avaliação simplificada. Pode-se dizer que na redução de 1 % no valor da pressão de um sistema, haverá uma redução de 1 % no vazamento;
- 1,15 – Para as condições gerais da rede de distribuição de água de um setor, onde se misturam os materiais, trechos com ferro fundido, PVC, aço, PEAD ou outro tipo de material;
- 1,5 – Seção do tubo que se altera com o vazamento (exemplos: tubos de PVC e PEAD).

Exemplo de Cálculo de Estimativa de Recuperação de Volume de Perdas, realizado para a VRP-01 do Sistema 01:

Abaixo é apresentado as pressões sem influência da operação da VRP em 04 (quatro) nós no sistema:

Hora	Média Pressão horária P0	P0 - nó1	P0 - nó2	P0 - nó3	P0 - nó4
00:00	**47,7**	51,1	58,5	30,9	50,1
01:00	**47,6**	51,0	58,5	30,9	50,1
02:00	**47,6**	51,0	58,4	30,8	50,0
03:00	**47,5**	50,9	58,3	30,7	49,9
04:00	**47,3**	50,7	58,1	30,5	49,7
05:00	**46,5**	49,9	57,4	29,8	49,0
06:00	**45,6**	49,0	56,5	28,9	48,1
07:00	**45,3**	48,7	56,1	28,5	47,7
08:00	**45,0**	48,4	55,9	28,3	47,5
09:00	**44,9**	48,3	55,7	28,1	47,4
10:00	**44,8**	48,2	55,6	28,1	47,3
11:00	**44,8**	48,2	55,6	28,0	47,2
12:00	**44,8**	48,2	55,6	28,1	47,3
13:00	**44,9**	48,3	55,7	28,1	47,4
14:00	**45,0**	48,4	55,9	28,3	47,5
15:00	**45,3**	48,7	56,1	28,5	47,7
16:00	**45,6**	49,0	56,5	28,9	48,1
17:00	**46,5**	49,9	57,4	29,8	49,0
18:00	**47,3**	50,7	58,1	30,5	49,7
19:00	**47,5**	50,9	58,3	30,7	49,9
20:00	**47,6**	51,0	58,4	30,8	50,0
21:00	**47,6**	51,0	58,5	30,9	50,1
22:00	**47,7**	51,1	58,5	30,9	50,1
23:00	**47,7**	51,1	58,5	30,9	50,2

A seguir são apresentados os mesmos 4 (quatro) nós, porém com a atuação da VRP.

Hora	Média Pressão horária P1	P1 - nó1	P1 - nó2	P1 - nó3	P1 - nó4
00:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
01:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
02:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
03:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
04:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
05:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
06:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
07:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
08:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
09:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
10:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
11:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
12:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
13:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
14:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
15:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
16:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
17:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
18:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
19:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
20:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
21:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
22:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2
23:00	**26,7**	30,1	37,6	10,0	29,2

O Volume de Vazamento Inicial (Q0) é calculado multiplicando-se a vazão do setor pela curva de consumo.

Curva de Consumo	
Hora	**Coeficiente de Consumo**
00:00	0,51
01:00	0,53
02:00	0,57
03:00	0,63
04:00	0,72
05:00	1,00
06:00	1,27
07:00	1,37
08:00	1,43
09:00	1,47
10:00	1,49
11:00	1,50
12:00	1,49
13:00	1,47
14:00	1,43
15:00	1,37
16:00	1,27
17:00	1,00
18:00	0,72
19:00	0,63
20:00	0,57
21:00	0,53
22:00	0,51
23:00	0,50

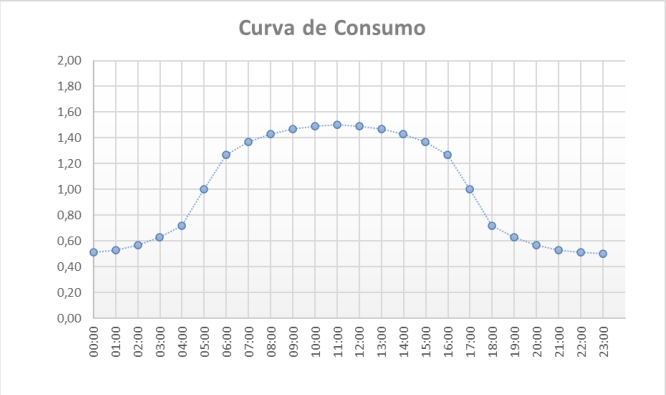

Figura 4: Curva de Consumo.

Hora	P0 médio	P1 médio	Q0
00:00	47,7	26,7	**0,021**
01:00	47,6	26,7	**0,021**
02:00	47,6	26,7	**0,023**
03:00	47,5	26,7	**0,025**
04:00	47,3	26,7	**0,029**
05:00	46,5	26,7	**0,040**
06:00	45,6	26,7	**0,051**
07:00	45,3	26,7	**0,055**
08:00	45,0	26,7	**0,058**
09:00	44,9	26,7	**0,059**
10:00	44,8	26,7	**0,060**
11:00	44,8	26,7	**0,060**
12:00	44,8	26,7	**0,060**
13:00	44,9	26,7	**0,059**
14:00	45,0	26,7	**0,058**
15:00	45,3	26,7	**0,055**
16:00	45,6	26,7	**0,051**
17:00	46,5	26,7	**0,040**
18:00	47,3	26,7	**0,029**
19:00	47,5	26,7	**0,025**
20:00	47,6	26,7	**0,023**
21:00	47,6	26,7	**0,021**
22:00	47,7	26,7	**0,021**
23:00	47,7	26,7	**0,020**
Média	**46,3**	**26,7**	**0,040**

A seguir são apresentados os resultados de Volumes de Vazamentos Final (Q1), utilizando a Teoria de FAVAD (Equação 1). Coeficiente N1 adotado igual a 1,15.

Hora	P0	P1	Q0	Q1
00:00	47,7	26,7	0,021	**0,011**
01:00	47,6	26,7	0,021	**0,011**
02:00	47,6	26,7	0,023	**0,012**
03:00	47,5	26,7	0,025	**0,013**
04:00	47,3	26,7	0,029	**0,015**
05:00	46,5	26,7	0,040	**0,021**
06:00	45,6	26,7	0,051	**0,028**
07:00	45,3	26,7	0,055	**0,030**
08:00	45,0	26,7	0,058	**0,032**
09:00	44,9	26,7	0,059	**0,033**
10:00	44,8	26,7	0,060	**0,033**
11:00	44,8	26,7	0,060	**0,033**
12:00	44,8	26,7	0,060	**0,033**
13:00	44,9	26,7	0,059	**0,033**
14:00	45,0	26,7	0,058	**0,032**
15:00	45,3	26,7	0,055	**0,030**
16:00	45,6	26,7	0,051	**0,028**
17:00	46,5	26,7	0,040	**0,021**
18:00	47,3	26,7	0,029	**0,015**
19:00	47,5	26,7	0,025	**0,013**
20:00	47,6	26,7	0,023	**0,012**
21:00	47,6	26,7	0,021	**0,011**
22:00	47,7	26,7	0,021	**0,011**
23:00	47,7	26,7	0,020	**0,010**
Média	**46,3**	**26,7**	**0,040**	**0,022**

O Volume Recuperado (ΔQ) nada mais é do que a diferença do volume perdido antes da atuação da VRP-01 e o volume perdido após a atuação desta VRP.

Hora	P0	P1	Q0	Q1	ΔQ
00:00	47,7	26,7	0,021	0,011	**0,010**
01:00	47,6	26,7	0,021	0,011	**0,010**
02:00	47,6	26,7	0,023	0,012	**0,011**
03:00	47,5	26,7	0,025	0,013	**0,012**
04:00	47,3	26,7	0,029	0,015	**0,014**
05:00	46,5	26,7	0,040	0,021	**0,019**
06:00	45,6	26,7	0,051	0,028	**0,024**
07:00	45,3	26,7	0,055	0,030	**0,025**
08:00	45,0	26,7	0,058	0,032	**0,026**
09:00	44,9	26,7	0,059	0,033	**0,027**
10:00	44,8	26,7	0,060	0,033	**0,027**
11:00	44,8	26,7	0,060	0,033	**0,027**
12:00	44,8	26,7	0,060	0,033	**0,027**
13:00	44,9	26,7	0,059	0,033	**0,027**
14:00	45,0	26,7	0,058	0,032	**0,026**
15:00	45,3	26,7	0,055	0,030	**0,025**
16:00	45,6	26,7	0,051	0,028	**0,024**
17:00	46,5	26,7	0,040	0,021	**0,019**
18:00	47,3	26,7	0,029	0,015	**0,014**
19:00	47,5	26,7	0,025	0,013	**0,012**
20:00	47,6	26,7	0,023	0,012	**0,011**
21:00	47,6	26,7	0,021	0,011	**0,010**
22:00	47,7	26,7	0,021	0,011	**0,010**
23:00	47,7	26,7	0,020	0,010	**0,010**
Média	**46,3**	**26,7**	**0,040**	**0,022**	**0,019**

Sendo assim, para 24 horas e 30 dias de abastecimento, temos: Q0=104m³/mês – Q1=56m³/mês = **48 m³/mês.**

Estimativa de Recuperação de Volume de Perdas para os Cinco Sistemas:

Assim como para a VRP-01 do Sistema 01, a estimativa de recuperação de volume foi calculada para todas as novas zonas de pressão dos cinco sistemas de abastecimento. As tabelas a seguir apresentam os resultados desses cálculos.

Tabela 6: Estimativa de recuperação de volume de perdas – Sistema 01

NOME	DN VRP (mm)	P ENTRADA (mca)	P SAÍDA (mm)	% Redução de Pressão	Extensão de Rede (m)	Ligações	VOLUME MICROMEDIDO (m³/mês)	PERDAS (%)	VOLUME MACRO (m³/mês)	VOLUME A RECUPERAR (m³/mês)
VRP-01	50	31	10	68%	269	7	105	39,00%	171	48
VRP-02	32	55	10	82%	853	25	357	39,00%	585	289
VRP-03	32	39	10	74%	1474	5	904	39,00%	1481	443
VRP-04	32	37	10	73%	573	5	1564	39,00%	2563	689
VRP-05	32	30	10	67%	388	21	1858	39,00%	3046	930
VRP-06	32	36	10	72%	1385	10	2045	39,00%	3353	1096
VRP-07	32	36	15	58%	1444	30	2848	39,00%	4668	755
VRP-08	80	20	11	45%	3392	138	5679	39,00%	9310	1369
VRP-09	80	40	10	75%	1184	172	6344	39,00%	10400	4062
VRP-10	150	28	11	61%	12863	915	41020	39,00%	67245	14657
VRP-11	80	41	10	76%	2851	162	7599	39,00%	12457	3681
VRP-12	80	44	10	77%	3726	182	7265	39,00%	11910	4969
VRP-13	80	43	13	70%	5686	250	10210	39,00%	16737	5657
VRP-14	100	40	15	63%	952	559	22096	39,00%	36222	8769
VRP-15	100	56	34	39%	12264	633	24949	39,00%	40900	12982

NOME	DN VRP (mm)	P ENTRADA (mca)	P SAÍDA (mm)	% Redução de Pressão	Extensão de Rede (m)	Ligações	VOLUME MICROMEDIDO (m³/mês)	PERDAS (%)	VOLUME MACRO (m³/mês)	VOLUME A RECUPERAR (m³/mês)
VRP-16	80	27	10	63%	8865	675	20590	39,00%	33753	7168

Tabela 7: Estimativa de recuperação de volume de perdas – Sistema 02

NOME	DN VRP (mm)	P ENTRADA (mca)	P SAÍDA (mm)	% Redução de Pressão	Extensão de Rede (m)	Ligações	VOLUME MICROMEDIDO (m³/mês)	PERDAS (%)	VOLUME MACRO (m³/mês)	VOLUME A RECUPERAR (m³/mês)
VRP-01	150	35	13	63%	16652	1266	43480	45,15%	79270	23247
VRP-02	200	38	10	74%	35096	3389	115742	45,15%	211015	65805

Tabela 8: Estimativa de recuperação de volume de perdas – Sistema 03

NOME	DN VRP (mm)	P ENTRADA (mca)	P SAÍDA (mm)	% Redução de Pressão	Extensão de Rede (m)	Ligações	VOLUME MICROMEDIDO (m³/mês)	PERDAS (%)	VOLUME MACRO (m³/mês)	VOLUME A RECUPERAR (m³/mês)
VRP-01	50	38	12	68%	2374	40	3717	33,70%	5607	2098
VRP-02	250	32	12	63%	30849	3725	138033	47,94%	265143	37427
VRP-03	250	43	11	74%	56883	3612	190144	39,00%	311712	86917
VRP-04	150	39	11	72%	13078	1007	46543	39,00%	76300	19955
VRP-05	200	52	18	65%	28702	1770	96698	39,00%	158521	46230
VRP-06	80	34	10	71%	1679	117	7932	33,70%	11963	4045
VRP-07	100	36	11	69%	3854	339	17832	39,00%	29233	9951
VRP-08	100	37	10	73%	3152	199	8857	39,00%	14520	4192
VRP-09	150	49	30	39%	14378	1067	35028	39,00%	57423	16987

Tabela 9: Estimativa de recuperação de volume de perdas – Sistema 04

NOME	DN VRP (mm)	P ENTRADA (mca)	P SAÍDA (mm)	% Redução de pressão	Extensão de Rede (m)	Ligações	VOLUME MICROMEDIDO (m³/mês)	PERDAS (%)	VOLUME MACRO (m³/mês)	VOLUME A RECUPERAR (m³/mês)
VRP-01	150	38	20	47%	19389	1737	47196	49,00%	92542	22228
VRP-02	150	38	19	50%	11119	1292	34881	49,00%	68395	16212
VRP-03	200	46	30	35%	27157	2474	81645	49,00%	160088	25286
VRP-04	200	45	26	42%	32774	3296	111722	49,00%	219064	46162
VRP-05	100	33	17	48%	6717	695	19377	49,00%	37994	7978
VRP-06	100	43	25	42%	9090	791	23577	49,00%	46230	9732
VRP-07	150	38	19	50%	25871	1773	66706	49,00%	130795	26572
VRP-08	150	44	22	50%	18013	1456	56383	49,00%	110554	21993
VRP-09	300	39	24	38%	51722	4072	189643	49,00%	371850	70601

Tabela 10: Estimativa de recuperação de volume de perdas – Sistema 05

NOME	DN VRP (mm)	P ENTRADA (mca)	P SAÍDA (mm)	% Redução de Pressão	Extensão de Rede (m)	Ligações	VOLUME MICROMEDIDO (m³/mês)	PERDAS (%)	VOLUME MACRO (m³/mês)	VOLUME A RECUPERAR (m³/mês)
VRP-01	50	35	13	63%	754	91	4591	40,00%	7652	2822
VRP-02	150	38	10	74%	17124	1512	62752	40,00%	104586	40802
VRP-03	150	48	20	58%	9204	715	29511	40,00%	49186	20486

Em resumo, com a operação das novas VRPs, cada um dos sistemas de abastecimento de água de Curitiba, reduzirá um total de volume de perdas em:

- Sistema 01: 67.565 m³/mês;
- Sistema 02: 89.052 m³/mês;
- Sistema 03: 227.802 m³/mês;
- Sistema 04: 246.763 m³/mês; e
- Sistema 05: 64.109 m³/mês.

No total, a companhia de saneamento poderá economizar até 695.290 m³/mês. Esse volume, considerando uma perda média de 40%, é suficiente para abastecer mensalmente a cidade de Mandaguari, no Paraná, que possui mais de 36.000 habitantes.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O contrato teve início em setembro de 2024, e tem previsão de término no mês de março de 2027. Até o presente momento, os projetos foram finalizados, e os primeiros marcos do cronograma, os quais estipulavam a implantação de mais de 12 km de implantação de rede de distribuição até abril de 2025, foi cumprido.

Tem-se como próximas etapas a progressão da implantação das redes de água com interligações nos ramos existentes, a readequação das novas estruturas, as instalações dos equipamentos, a setorização das novas zonas de pressão, o comissionamento dos equipamentos e início da operação dos novos sistemas.

Mesmo não sendo um projeto orientado à performance da redução de perdas, onde se tem uma meta de percentual bem especificada a ser buscada pelas empresas, sabe-se que o objetivo principal da companhia de água é a redução do volume perdido.

Contudo, é importante salientar que as obras de implantação de rede de distribuição causarão um aumento da qualidade do abastecimento, no sentido de melhorar a disponibilidade de consumo em áreas de baixa pressão, ou seja, em regiões críticas que sofrem pela falta de água em determinados períodos ao longo do dia.

A subdivisão em setores de controle de pressão e de monitoramento de vazão possibilitará a concessionária ampliar ainda mais a inspeção e a avaliação dos sistemas, pois com a aquisição de novos dados, os cálculos já realizados para realizar estimativas de volumes trarão ainda mais segurança na assertividade dos resultados.

Vale ressaltar que, além de todos os resultados já esperados e citados aqui, um benefício, não menos importante, a ser associado a companhia de saneamento, será a valorização da percepção da sociedade frente às atitudes da concessionária, a qual preocupou-se com o meio ambiente e qualidade dos serviços ofertados. Tais feitos, geram respeito e admiração dos clientes, ampliando a imagem positiva da empresa.

Por fim, é importante mencionar que, além da redução dos gastos com a produção de águas tratadas em função da diminuição dos volumes perdidos, tem-se os ganhos indiretos com aplicação deste tipo de projeto, sendo eles: redução da manutenção das infraestruturas que são recorrentes de problemas crônicos em equipamentos com tempo de vida útil superado; redução de gastos em geral, possibilitando o remanejamento de investimentos para outros contratos na mesma modalidade; bem como a redução do índice de insatisfação dos consumidores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SANEPAR. Manual de Obras de Saneamento, 5ª Edição, Versão 01, Junho de 2024.
2. ABES. Manual de Contrato de Performance e Desempenho, 2021.
3. SANEPAR. Manual de Projetos de Saneamento, Módulo 3, 2023.
4. SANEPAR. Termo de Referência para Execução de Obra Civil com Obra Elétrica/Automação, Versão R18, 29 de março de 2023.
5. AZEVEDO NETTO, J.M.; FERNANDEZ Y FERNANDEZ, M.; ARAUJO, R.; ITO, A.E. Manual de hidráulica. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 669 p.
6. BEZERRA, SAULO DE T. M.; CHEUNG, PETER B. Perdas de água – Tecnologias de Controle. Editora da UFPB, 1ª Edição João Pessoa, 2013.
7. LAMBERT, A. What Do We Know About Pressure: Leakage Relationships In Distribution Systems? IWA Specialised Conference on System Approach To Leakage Control and Water Distribution Systems Management. Maio de 2001, Brno, República Checa.