



60 - LIÇÕES APRENDIDAS - SOLUÇÃO DOS PROBLEMAS DAS VÁLVULAS DE RETENÇÃO DA EEAB AC SPSL

Celso Gonçalves Arado ⁽¹⁾

Engenheiro Eletricista pela Universidade de Mogi das Cruzes – UMC, Pós Graduação em Gerenciamento Ambiental pela Universidade Brás Cubas – UBC, MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Instituto de Administração – FIA/USP, cursando MBA em Concessões e PPPs pela FESPSP, atualmente é Coordenador do Empreendimento Sistema Produtor São Lourenço.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Francisco Martins nº 159 – Mogi das Cruzes – SP – CEP.: 08780-520 – telefone: 3388-6069
e-mail: celsoarado@sabesp.com.br

RESUMO

Inaugurado 03 em abril de 2018, o Sistema Produtor São Lourenço, com seus 82 Km de linhas de adução, demandou diversas atividades e processos para que seu sistema de veiculação de água fosse devidamente carregado e operacionalizado. Particularmente o Sistema de Adução de Água Bruta composto por duas estações elevatórias, sistema de amortecimento de transientes hidráulicos, adutora com diâmetro de 2.100 mm com 50 Km de extensão, desnível geométrico de 330m, pressão de recalque de 370 mca (Classe de Pressão PN 40) e vazão de até 6,4 m³/s, adicionado ao ineditismo destes níveis de pressão e vazão, se configurou num grande desafio de engenharia para os técnicos do sistema.

Nesse contexto, após 01(um) ano de sua inauguração e plena operacionalidade, alguns novos desafios de operação e manutenção deste inédito sistema de pressurização, bombeamento e armazenamento de água surgiram.

Um dos casos de aprendizado foram os problemas que ocorreram com as válvulas de retenção da EEAB AC. Essas válvulas são responsáveis pelo controle de fluxo nos tramos dos conjuntos motor-bombas e impedem a reversão do fluxo de água no momento do desligamento dos conjuntos motor-bomba, imprescindível para a perfeita funcionalidade destes. A solução dos problemas requereu diversos estudos, ensaios e retrabalhos para o correto dimensionamento e funcionamento das mesmas.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema Produtor São Lourenço, Sistema de Adução, Carregamento de Adutoras

INTRODUÇÃO

As obras do Sistema Produtor São Lourenço representaram um desafio enorme, mesmo para os experimentados profissionais da Sabesp, que se depararam com desafios de engenharia por vezes inéditos, devido a magnitude da obra, pressões nas tubulações (principalmente no trecho de água bruta), diâmetros envolvidos e topografia adversa.

A operacionalização do Sistema de Adução de Água Bruta, que consta de uma Estação Elevatória de Baixa Carga, Uma Estação Elevatória de Alta Carga, Sistema de Amortecimento de Transientes Hidráulicos tipo R.H.O. e uma linha de adutora com diâmetro de 2.100mm assentado em trechos de difícil acesso, elevações acima do convencional - 330 metros geométricos e classe de pressão PN40 fizeram desta empreita um verdadeiro desafio à Engenharia de operação e manutenção. Citamos como exemplo os problemas que ocorreram com as válvulas de retenção da EEAB AC. Essas válvulas são responsáveis pelo controle de fluxo nos tramos dos conjuntos motor-bombas e impedem a reversão do fluxo de água no momento do desligamento dos conjuntos motor-bomba imprescindível para a perfeita funcionalidade destes. A solução dos problemas requereu diversos estudos, ensaios e retrabalhos para o correto dimensionamento e funcionamento das mesmas.

OBJETIVO

O objetivo deste Trabalho Técnico é descrever as lições aprendidas na operação deste inédito sistema, onde citamos como exemplo os problemas que ocorreram com as válvulas de retenção da EEAB AC e neste trabalho iremos abordar os diversos estudos, ensaios e retrabalhos para o correto dimensionamento e funcionamento das referidas válvulas de retenção.

METODOLOGIA

Este Trabalho Técnico foi desenvolvido a partir de registros e observações de todas as atividades executadas durante os diversos estudos, ensaios e retrabalhos para o correto dimensionamento e funcionamento das válvulas de retenção da EEAB AC, sempre considerando as normas técnicas e as boas práticas operacionais do empreendimento Sistema Produtor São Lourenço.

DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA DE ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA



Figura 1 – Esquemático de Adução e Distribuição do SPSL

Sistema de Bombeamento e Recalque



Figura 2 – Identificação das Estruturas de Bombeamento

Estação Elevatória de Água Bruta de Baixa Carga (EEAB-BC)

A Estação Elevatória de Água Bruta de Baixa Carga (EEAB-BC) está localizada próximo à margem do reservatório Cachoeira do França, no final da estrutura de concreto armado da tomada d'água e abrigará oito bombas tipo turbina de eixo vertical instaladas em poço úmido. Tem a função de bombear as águas captadas na represa com eventuais sedimentos até o desarenador localizado numa plataforma aproximadamente 15 m acima, onde é removida a areia e a água isenta de sedimentos e encaminhada para o poço de sucção da EEAB-AC.

A EEAB-BC do Sistema Produtor São Lourenço é equipada com 8 conjuntos motor-bombas de eixo vertical prolongado, sendo 06 em funcionamento (4 com velocidade fixa e 2 com velocidade variável) e 02 de reserva (1 com velocidade fixa e 1 com velocidade variável). Serão instalados 3 inversores de frequência. Por segurança 4 motores foram especificados para terem condições de partida com inversor de frequência, considerando o aproveitamento com troca de cabos do inversor da bomba ou motor que venha a apresentar algum problema.

A bomba instalada apresenta as seguintes características:

- Vazão: 1,05 m³/s
- Altura manométrica total: 30,0 m
- Instalação: Linha de recalque independente s/ válvulas
- Modelo: KSB SEZ 6-50, 60 Hz
- Diâmetro da conexão de descarga: 24"
- Diâmetro da Linha: 40"
- Rotação nominal: 892rpm
- Potência nominal do motor: 600cv

Estação Elevatória de Água Bruta de Alta Carga (EEAB-AC)

A Estação Elevatória de Água Bruta de Alta Carga é composta por 5 (cinco) conjuntos moto-bombas de alta carga BAC (4 em operação e 1 de reserva), com instalação em poço seco, de eixo horizontal com carcaça bipartida, de velocidade fixa, de multi-estágio e com dois bocais de sucção, posicionados em linha, com capacidade nominal individual de 1,50 m³/s e capacidade total de 6,00 m³/s para altura manométrica de 365,00 m. A Casa de Bombas de Alta Carga tem dimensões internas, em planta, de 78,20 m de comprimento, por 18,20 de largura e 3,90m de profundidade (abaixo da soleira de entrada) e abrigará as bombas para enchimento inicial da adutora, bombas para resfriamento dos motores e bombas de incêndio.

Para manutenção neste sistema foram instaladas 05 válvulas de bloqueio DN= 750mm PN 40 de acionamento hidráulico, que permite o fechamento do tramo da bomba bloqueando este tramo do barrilhete principal de adução DN=2.100mm – PN 40 que se conecta com a adutora propriamente dita. Esta válvula quando fechada possibilita a manutenção do tramo da bomba de alta carga e seus equipamentos acessórios (válvula de controle shut-off, válvula de retenção, junta de montagem, etc.). Este arranjo permite a manutenção isolada de cada bomba sem a parada do sistema de adução.



Figura 3 – Foto da Vista Interna da EEAB- AC (Detalhe da válvula de retenção)

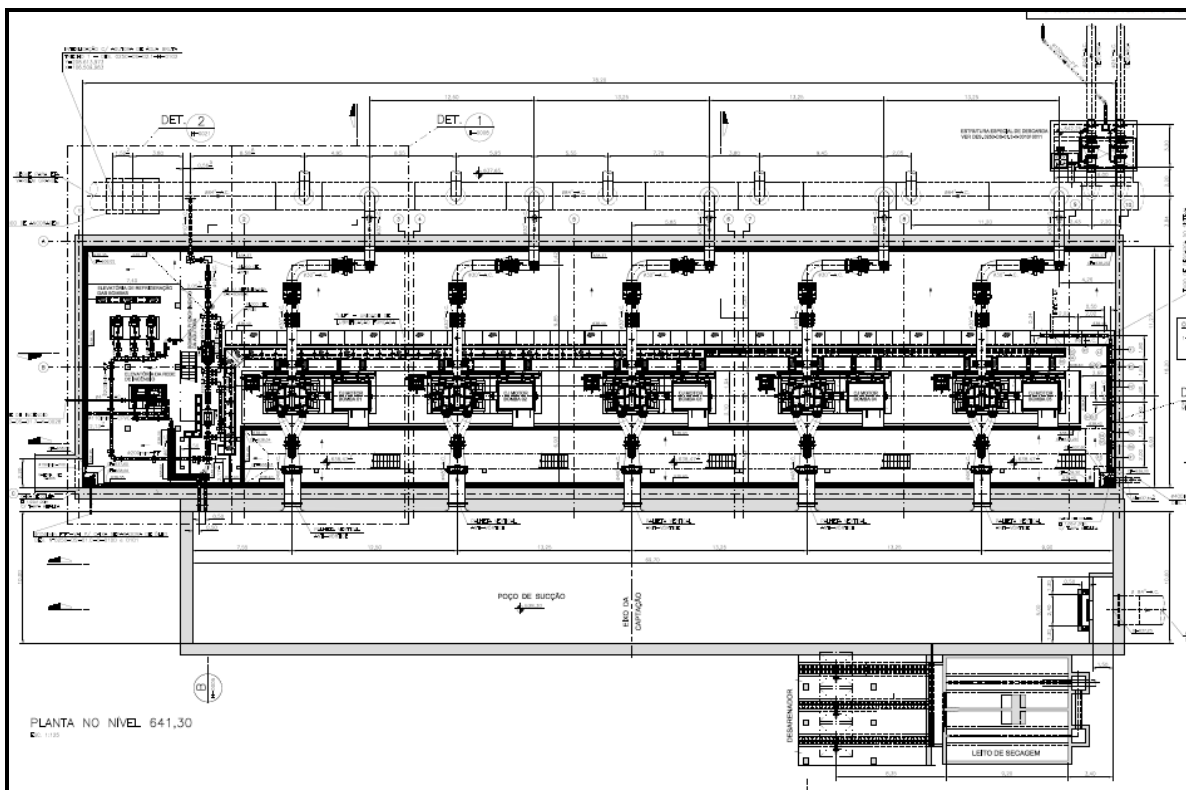


Figura 4 - Vista em Planta da EEAB- AC

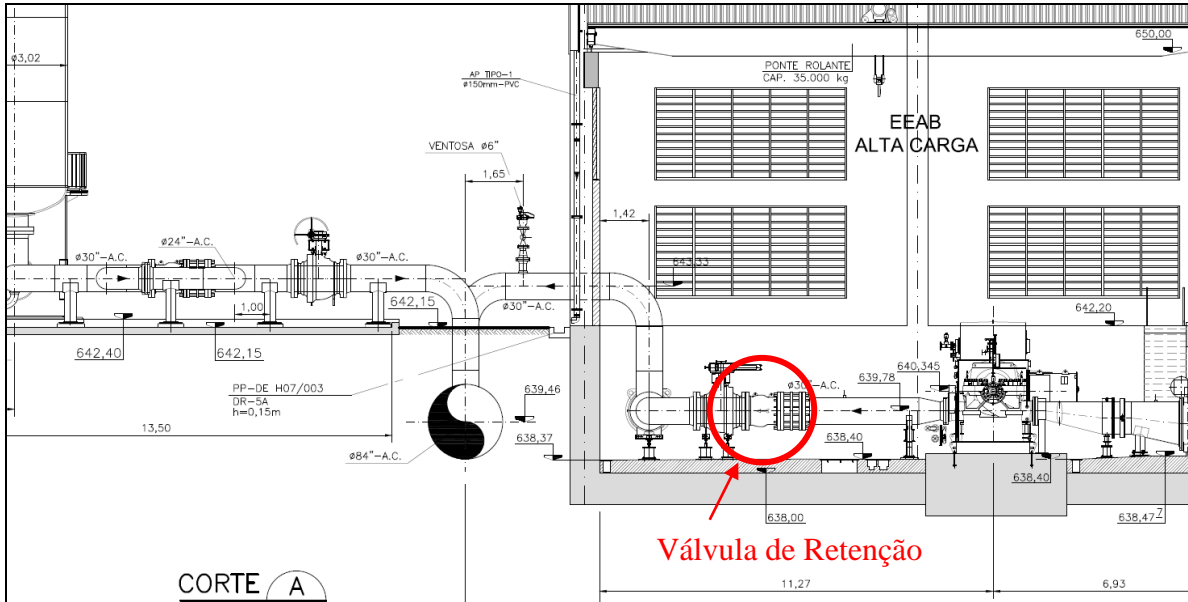


Figura 5 – Vista em corte dos CMBs da EEAB- AC (detalhe da válvula de retenção)

Uma válvula de retenção é basicamente composta de um elemento fixo e um elemento móvel. O elemento móvel se abre com a pressão de funcionamento da bomba permitindo a veiculação do fluxo de água e se fecha automaticamente e instantaneamente por meio da ação de uma mola agregada quando ocorre a interrupção do fluxo. Este tipo de válvula permite a veiculação de fluxo somente em um único sentido.



Figura 6 - Vista em perspectiva e corte da válvula de retenção

Sistema de Proteção contra Transientes Hidráulicos

A proteção do sistema de adução de água bruta contra os efeitos deletérios decorrentes de escoamentos transitórios (Transientes Hidráulicos) é efetuada por meio de 5 vasos de pressão com volume total unitário de 120 m³, dimensionados para pressões nominais de 40 bar e pressão de projeto de 45 bar.

O volume inicial de ar em cada RHO é mantido próximo a 40 m³ e é controlado automaticamente com a ação de medidor indicador / transmissor de nível do tipo pressão diferencial, conforme esquema e descrição abaixo, espaçados a cada 25 cm.

A conexão de cada vaso com o barrilete de recalque foi efetuada por meio de ramal curto de 750 mm de diâmetro, com válvula de retenção de fechamento rápido que possibilita o escoamento de água do vaso para o barrilete e impede o fluxo contrário. O fluxo contrário é efetuado pelo by-pass da válvula de retenção com diâmetro de 600 mm com placa de orifício multifuros, conforme dimensionamento apresentado a seguir. As interligações dos RHOs com o barrilete de recalque serão equipadas com válvulas de esfera com $\Phi 750$ mm de diâmetro, para o isolamento do vaso do sistema, possibilitando operações de manutenção. Na tubulação de interligação foi instalada uma válvula de descarga de $\Phi 200$ mm, para o esvaziamento da tubulação e do RHO.

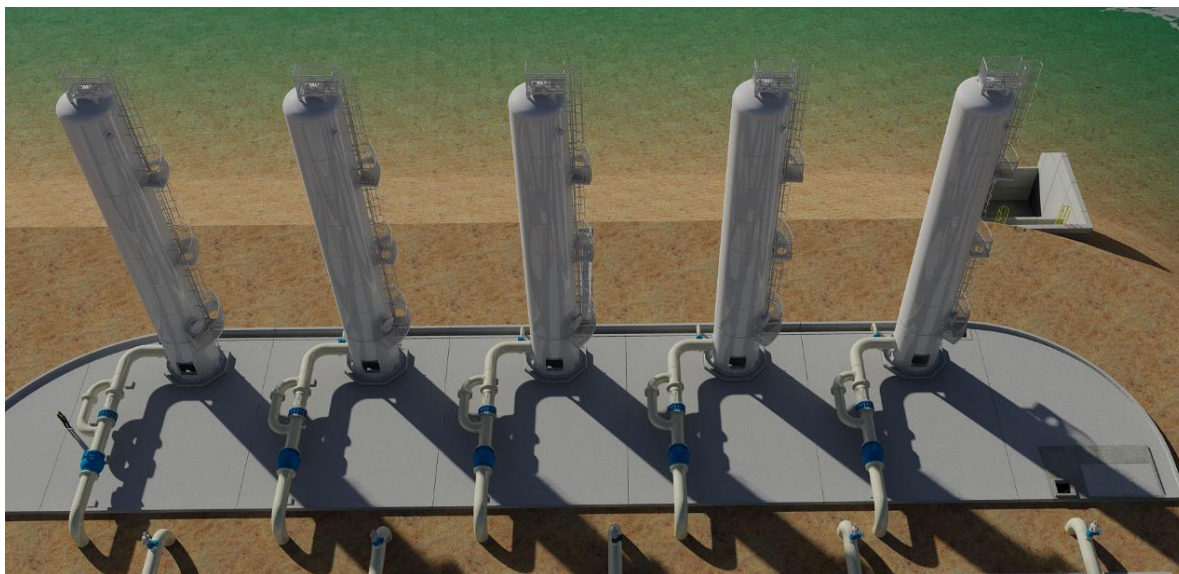


Figura 7 – Sistema de Proteção contra transientes hidráulicos - RHOs

Subestação Elétrica 138/13,8KV/ 35 MVA

O Complexo de Captação de Água Bruta é dotado de uma Subestação Elétrica com linhas de transmissão alimentadoras de 42 Km de extensão. É composta de 2 transformadores rebaixadores de tensão de 34,5 MVA 138 KV para 13,8KV para alimentação dos CMBs de Baixa Carga e Alta Carga. Constitui-se de seccionadores, para raios, disjuntores em sistema duplo de redundância (Linha 1 e Linha 2) podendo intercalar os transformadores ou trabalhar com o barramento dividido (Trafo 1 + Trafo 2). Todo o Sistema é controlado por meio de supervisor de automação – Sistema SCADA. É subdividida na parte de Baixa Tensão (13,8KV) em dois ramais principais de alimentação:

Sala de painéis e Controle de Alta carga: Alimenta o sistema de potência das Bombas de Alta Carga – 4 Cj. com potência de 9.100 CV e Sala painéis e Controle de Baixa Carga: Alimenta o sistema de potência das Bombas de Baixa Carga – 5 Cj. com potência de 600 CV.

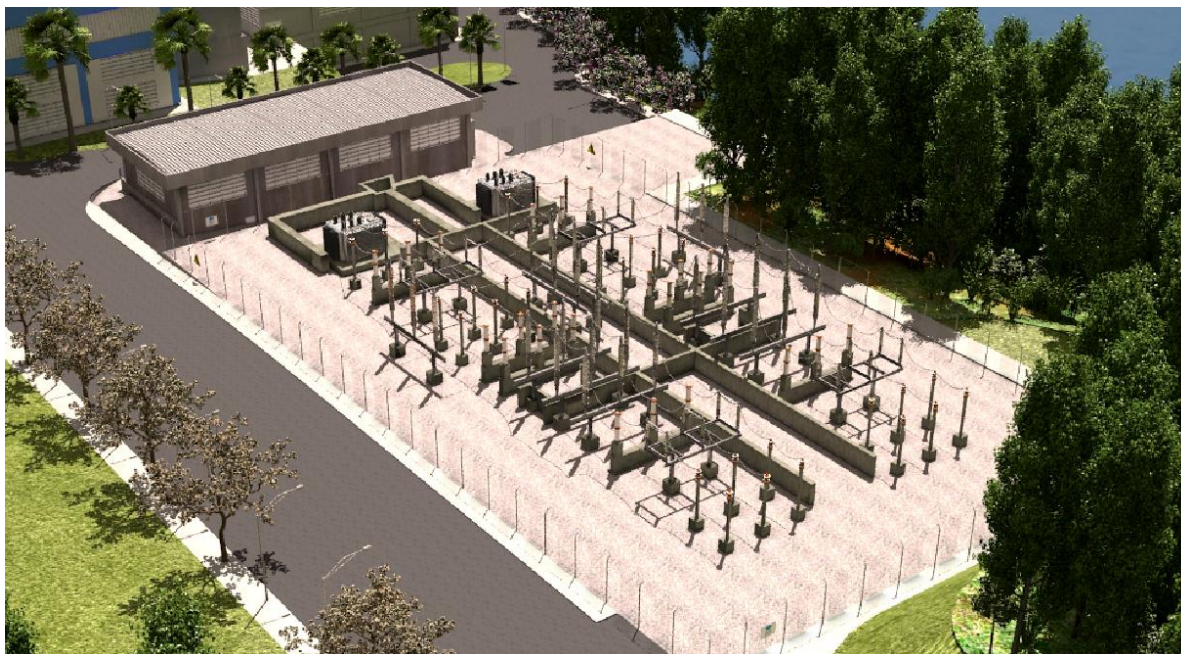


Figura 8 – Vista da Subestação 138/13,8KV – 35MVA



Figura 9 – Vista Geral do Sistema de Captação de Água Bruta e suas sub-unidades

Adutora de Água Bruta por Recalque – Trecho I

A adutora de água bruta no trecho por recalque, situado entre a Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) e a Chaminé de Equilíbrio de Água Bruta nº 1 (CEQ-AB1), tem extensão total de 21,9 km.

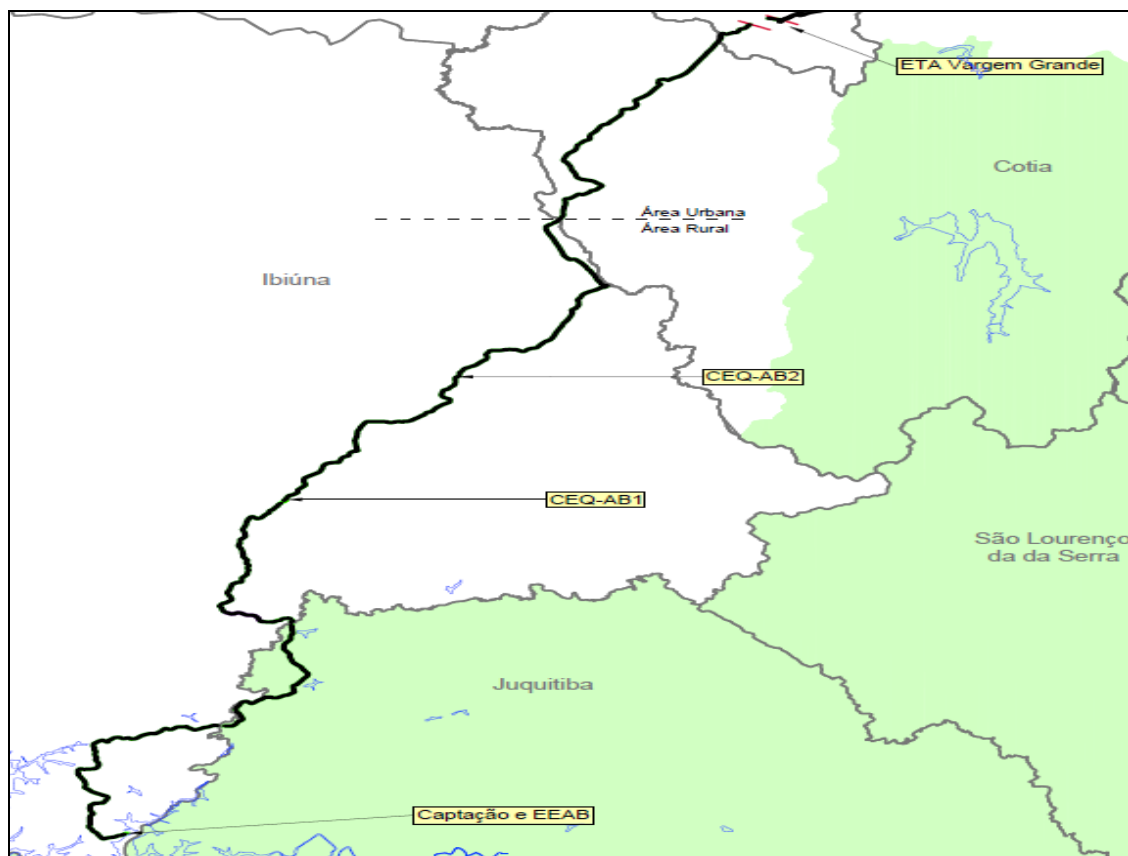


Figura 10 – Trecho percorrido pela Adutora de Água Bruta

A adutora enterrada é assentada com envoltória de areia compactada a 90% Proctor Normal, com recobrimento máximo da ordem de 3,5m sobre a geratriz superior do tubo, para atender às solicitações de cargas, de vácuo interior, e deformação transversal do diâmetro limitada conforme norma NTS. Para isolamento da adutora para fins de manutenção, foi implantada apenas uma estrutura de bloqueio, constituída de válvulas 100% estanques (nas duas direções), no início do trecho ascendente da serra de Paranapiacaba.

Tabela 02 – Características da Tubulação de Adução de Água Bruta

TRECHO	COMPRIMENTO (m)	DIÂMETRO (mm / polegadas)	ESPESSURA (mm/polegadas)	Tipo do Aço Carbono
EEAB até estaca 900 – Trecho III	19.000	2.100 mm 84”	15,87mm 5/8”	API 5L X65
Estaca 900 – Trecho III até Chaminé de Equilíbrio 01	2.920	2.100 mm 84”	12,7mm 1/2”	API 5L X60
Chaminé de Equilíbrio 01 até Chaminé de Equilíbrio 03	27.351	2.100 mm 84”	11,11mm 7/16”	ASTM A-1018 Gr36

As válvulas de admissão e expulsão de ar estão instaladas nos pontos altos da adutora, para admissão de ar durante as operações de descarga, e expulsão do ar do interior da tubulação durante a fase de enchimento inicial, ou do ar acumulado durante a operação normal do sistema de adução.

As válvulas de admissão e expulsão de ar são de diâmetro nominal mínimo de 200 mm (8”), de abertura rápida e fechamento lento.

As descargas ao longo da adutora são realizadas por intermédio de ramais de no máximo 600mm (24”) de diâmetro e válvula para bloqueio do tipo esfera, com “flange de espera”. A válvula de bloqueio é dotada de bypass com válvula de duas vias – uma via para a atmosfera – de 25 mm (1”) de diâmetro.

O controle de vazão das descargas é realizado por intermédio da instalação no “flange de espera” de válvulas de fluxo anular com acionamento manual. As válvulas de bloqueio serão operadas somente após a instalação das válvulas de controle e da retirada do ar pelo “bypass”; para evitar a ocorrência de erosões, as descargas deverão possuir placa de impacto para dissipar a energia do jato d’água oriundo da manobra.

Devido às altas pressões do trecho por recalque, as válvulas de bloqueio e os componentes dos dispositivos de admissão e/ou expulsão de ar e de descarga foram especificados para a Classe de Pressão superior a PN40 (40bar).

O traçado selecionado para implantação da adutora de água bruta a partir da EEAB, segue 7,0 km no sentido norte por estradas internas das fazendas Editora 3 e SAMA, no município de Ibiúna. Na sequência, segue por vias vicinais públicas dos municípios de Ibiúna e de Jquitiba, e atravessa duas vezes o Ribeirão Laranjeiras; após a primeira travessia, entra por 5,8 km no município de Jquitiba e, depois da segunda, o traçado retorna para Ibiúna até a estrada Verava.

O traçado adotado tem cerca de 4,0 km a mais que outro estudado por estradas particulares e faixas de servidão, dentro das fazendas SAMA e Meandros, no município de Ibiúna. Entretanto, mesmo com um custo maior, a Sabesp optou pela implantação da adutora em vias vicinais públicas do município de Jquitiba para evitar desapropriações e interferências com a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) existente na fazenda Meandros. Continuando pela estrada Verava, com perfil íngreme, predominantemente sinuoso e com precário estado de conservação, a adutora alcança o alto da serra de Paranapiacaba, totalizando 21,9 km de extensão e interligando a chaminé CEQ-AB1.

As características principais da adutora de água bruta por recalque são:

- Material do tubo: aço do tipo ASTM A1018 Gr60/65;
- Diâmetro do tubo: 2.100 mm (84”);
- Extensão total da adutora: 49,3 km; e
- Espessuras da chapa:
 - 19.000 m em espessura de 15,8 mm (5/8”),
 - 2.920 m em espessura de 12,7 mm (1/2”),
 - 27.351m em espessura de 11,11 mm (7/16”)

Para transmissão de dados e imagens foram instalados cabos de fibra óptica com linha “Dual” no interior de dutos de 100 mm (4”), diretamente enterrados ao longo do trecho por recalque da adutora de água bruta, com profundidade segura em relação ao nível do solo e com uma fita de advertência instalada a 1,0 m de profundidade para prevenir danos aos cabos em caso de manutenção da adutora e/ou outros serviços.

Adutora de Água Bruta por Gravidade – Trecho II

A adutora de água bruta no trecho por gravidade, entre a Chaminé de Equilíbrio de Água Bruta nº 1 (CEQ-AB1) e os Reservatórios de Compensação de Água Bruta (RCAB) da ETA Vargem Grande, tem extensão total de 28,3 km. Percorre os municípios de Ibiúna, Cotia e adentra em Vargem Grande Paulista até a área da ETA. A tubulação foi constituída por tubos de aço carbono do tipo ASTM A283 GrD, com 2.100 mm (84”) de diâmetro, sendo 8,1 km com espessura de 15,8 mm (5/8”) e 20,2 km com 12,7 mm (1/2”).

O trecho por gravidade percorre o planalto de Ibiúna, em cotas que variam de 870,0 a 945,0 m. Esse perfil topográfico suave do traçado impõe pressões que não superam os 80,0 mca em condições normais de operação, permitindo o uso de tubulação de aço com classes de pressão convencionais. Nesse caminhamento

foram implantadas duas novas chaminés de equilíbrio para melhorar o desempenho hidráulico da adutora de água bruta: a CEQ-AB2, localizada em ponto alto intermediário do trecho, e a CEQ-AB3, localizada imediatamente a montante do RCAB. A adutora enterrada foi assentada com envoltória de areia compactada a 90% Proctor Normal, com recobrimento máximo da ordem de 3,5m sobre a geratriz superior do tubo, para atender as solicitações de cargas, de vácuo interior, e deformação transversal do diâmetro limitada conforme norma NTS.

As válvulas de admissão e expulsão de ar foram instaladas nos pontos altos da adutora, para admissão de ar durante as operações de descarga, e expulsão do ar do interior da tubulação durante a fase de enchimento inicial, ou do ar acumulado durante a operação normal do sistema de adução. As válvulas de admissão e expulsão de ar têm diâmetro nominal mínimo de 200 mm (8”), ser de abertura rápida e fechamento lento.

As descargas foram instaladas nos pontos baixos do perfil da adutora, para descarga de água na limpeza e lavagem da tubulação, durante a fase de pré-operação, ou no esvaziamento de trechos para fins de limpeza e/ou manutenção. Para o trecho por gravidade da adutora de água bruta, as válvulas de bloqueio e os componentes dos dispositivos de admissão e/ou expulsão de ar e de descarga deverão ser especificados para Classe de Pressão superior a PN16 (16 bar).

O controle operacional das vazões aduzidas é realizado apenas pelo sistema liga/desliga dos conjuntos motobomba da Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB), com monitoramento a partir do controle de níveis no poço de sucção das bombas, nas Chaminés de Equilíbrio de Água Bruta (CEQ-AB1 e CEQ-AB2), nos Reservatórios de Compensação de Água Bruta (RCAB) e na vazão afluente à Estação de Tratamento de Água (ETA) Vargem Grande. O traçado selecionado para implantação da adutora de água bruta, a partir da CEQ-AB1, continua rumo norte pela estrada Verava e por estradas secundárias do município de Ibiúna; passa pelo município de Cotia por estradas vicinais; e segue por faixa de servidão no município de Vargem Grande Paulista, até adentrar na gleba da ETA Vargem Grande.

A adutora passa inicialmente por dois pequenos núcleos rurais: bairro dos Paulos e bairro Verava, e, em seguida, atravessa áreas com atividade de reflorestamento. Adiante, passa pelo núcleo rural Carmo Messias e depois pelo bairro da Campininha, ainda em Ibiúna, em região com ocupação predominantemente rural, com chácaras e cultivos de hortaliças. Em Cotia, passa pelo bairro Água Espreada e ocupações peri-urbanas de Caucaia do Alto ao longo da estrada dos Pereiras.

O trecho da adutora por gravidade atravessa os fundos de vale do rio Sorocabuçu, do córrego dos Grilos, do rio Sorocamirim e do Ribeirão dos Pereiras, com traçados suaves e sem grandes desníveis topográficos. Todas as travessias foram realizadas sob os cursos d’água, respeitando as distâncias mínimas estabelecidas pelo DAEE entre a geratriz superior do tubo e o fundo do curso d’água.

A travessia da adutora projetada sobre a via férrea da ALL nas proximidades da ETA Vargem Grande, com 70,0 m de extensão e diâmetro de 2.100 mm (84”), foi realizada com a utilização de tubos de aço ASME AS-516 Gr.70 com espessura de 19,0 mm (3/4”).

As características principais da adutora de água bruta por gravidade são:

- Material do tubo: aço do tipo ASTM A283 GrD;
- Diâmetro do tubo: 2.100 mm (84”);
- Extensão total da adutora: 28,3 km;
- Espessuras da chapa: 8,1 km com 15,8 mm (5/8”), e 20,2 km com 12,7 mm (1/2”).

Cabos de fibra óptica com linha “Dual” para transmissão de dados e imagens serão instalados no interior de dutos de 100 mm (4”), diretamente enterrados ao longo do trecho por gravidade da adutora de água bruta, com profundidade segura em relação ao nível do solo e com uma fita de advertência instalada a 1,0 m de profundidade para prevenir danos aos cabos em caso de manutenção da adutora e/ou outros serviços.

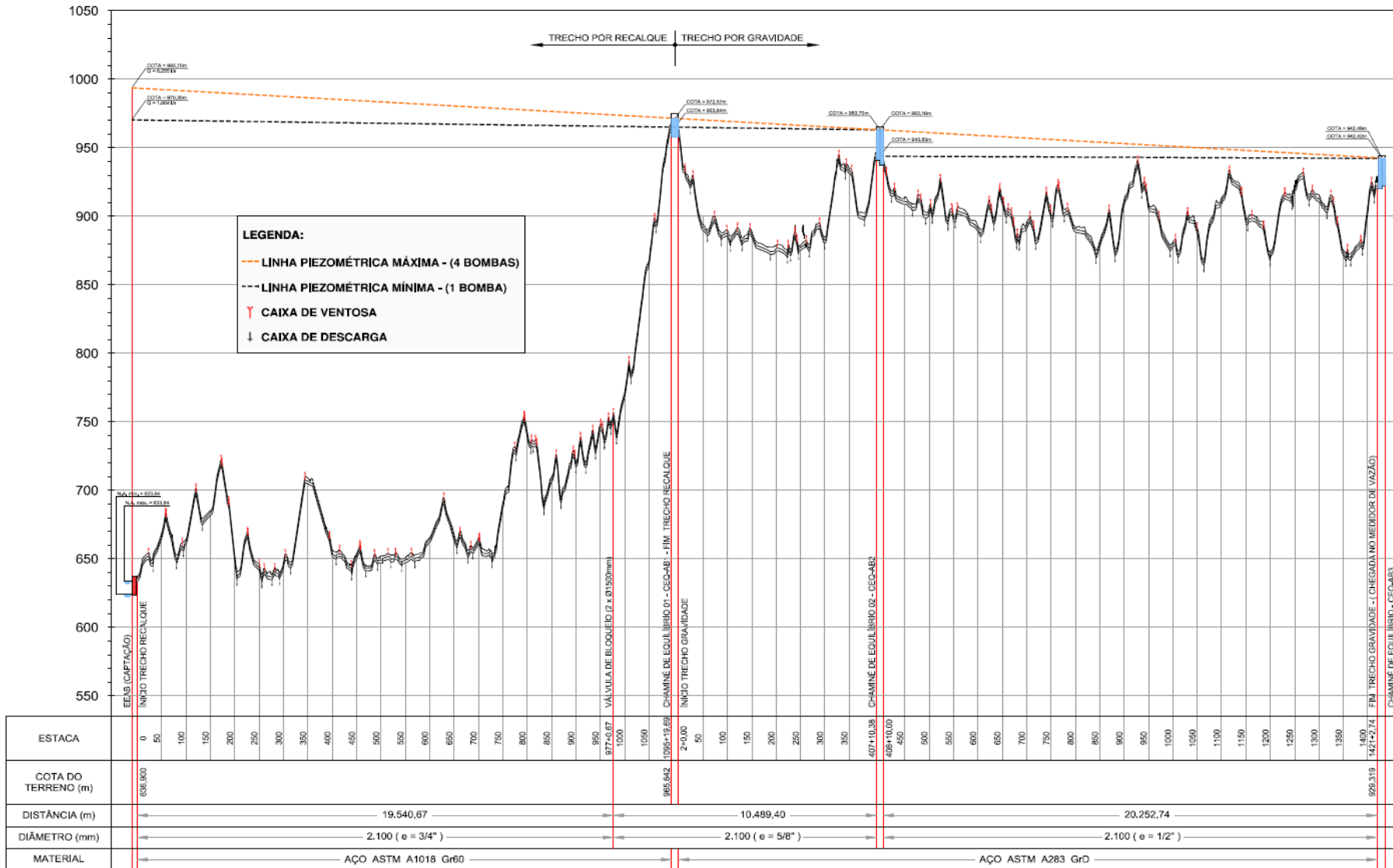


Figura 11 – Perfil Piezométrico da Adutora de Água Bruta - SPSL

DOS PROBLEMAS APRESENTADOS

Nota: Neste trabalho não nos cabe apontar fornecedor/fabricante A ou B, mas cabe-nos destacar o grande profissionalismo e dedicação desses profissionais envolvidos na verificação e análises e a pronta resposta das empresas envolvidas.

Durante a fase de pré-comissionamento e operação assistida da EEAB AC, verificou-se anomalias de funcionamento nas válvulas de retenção da referida elevatória.

Dada a complexidade do sistema e das unidades que compõe todo o funcionamento e automatismo, lançou-se mão de uma detalhada análise utilizando-se da ferramenta FMEA - Failure Mode And Effect Analysis ou Análise de Modo e Efeito de Falha, também foi realizado benchmarking com a contratação de consultoria internacional para se rodar um CFD (Computational Fluid Dynamics) para o correto entendimento e solução do problema ora apresentado.

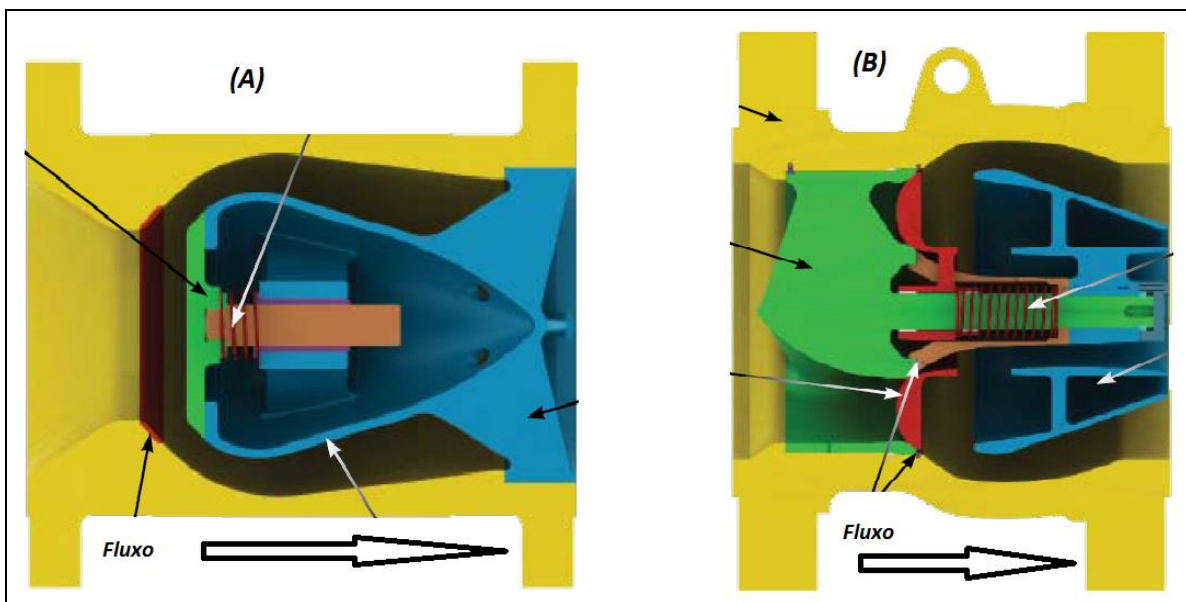


Figura 12 – Detalhe construtivo das válvulas de retenção (A) posição aberta com a mola comprimida permitindo o fluxo e (B) na posição de retenção de fluxo

DA ANÁLISE EM CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS)

Na modelagem do CFD (*COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*) primeiramente se checou os parâmetros de projeto com os requeridos pela especificação da válvula de retenção verificando-se se as dimensões solicitadas em projeto estão de acordo com as normas do fabricante.

As recomendações do fabricante são uma distância mínima do bombeador de 4,5 metros e 1,5 metros da primeira singularidade à jusante da válvula o que foi verificado como atendido (conforme figura abaixo).

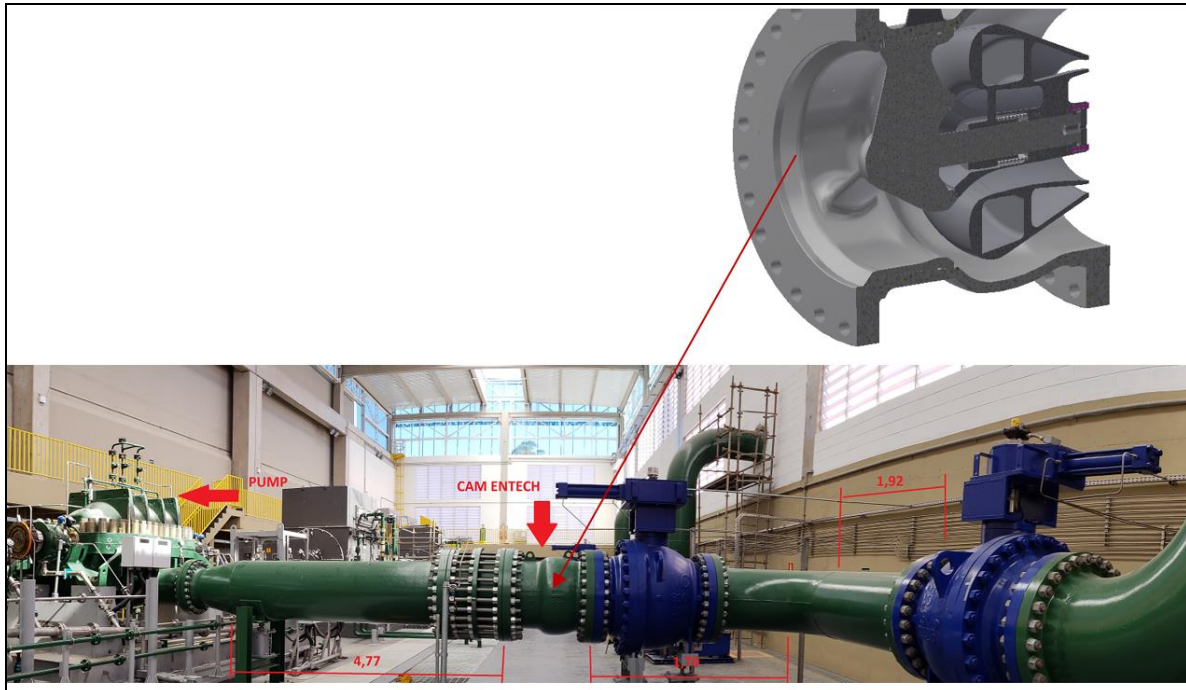


Figura 13 – Verificação das distâncias de fluxo (min. 4,5m montante e 1,5m jusante)

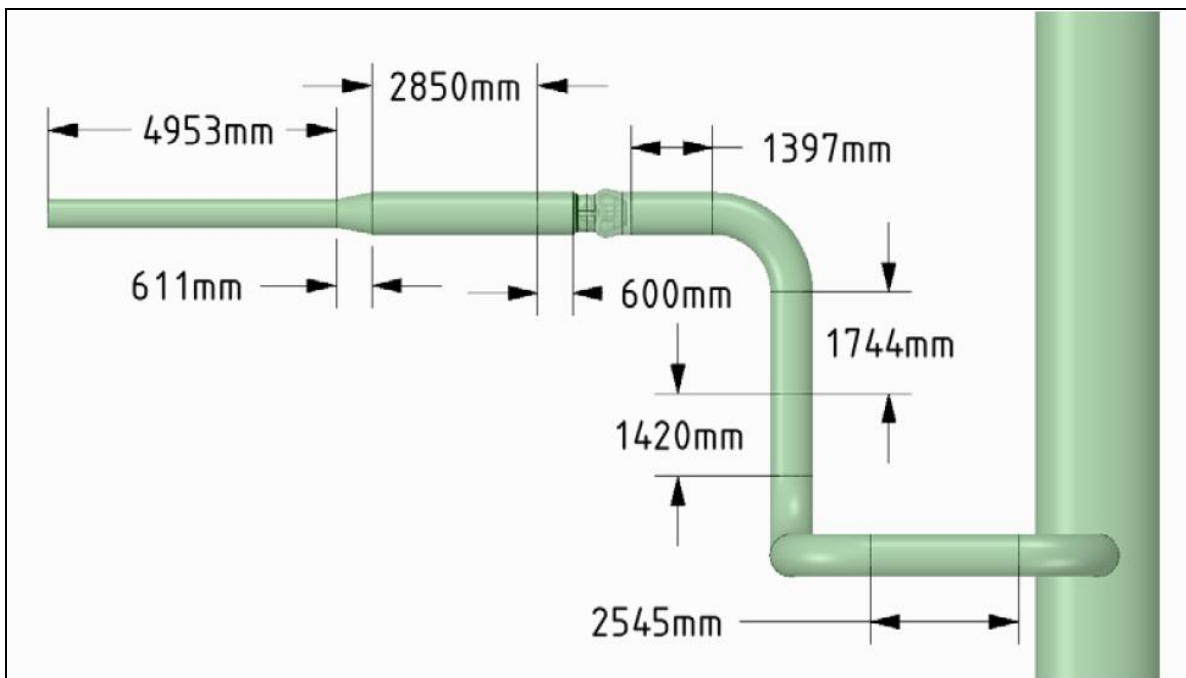


Figura 14 – Dimensões exatas do Barrilhete verificados em campo

CONDIÇÕES DE LIMITE E PARÂMETROS DE MODELAGEM

Os limites aplicados ao modelo incluem um limite de entrada de massa na entrada do coletor, um limite de saída de massa na saída do coletor e um limite de pressão constante na exaustão da bomba. Os valores-limite atribuídos são para uma vazão de 3 m³/s. O software ANSYS CFX, versão 18.1, CFD foi usado para a simulação. A turbulência foi modelada usando o modelo Shear Stress Transport (SST).

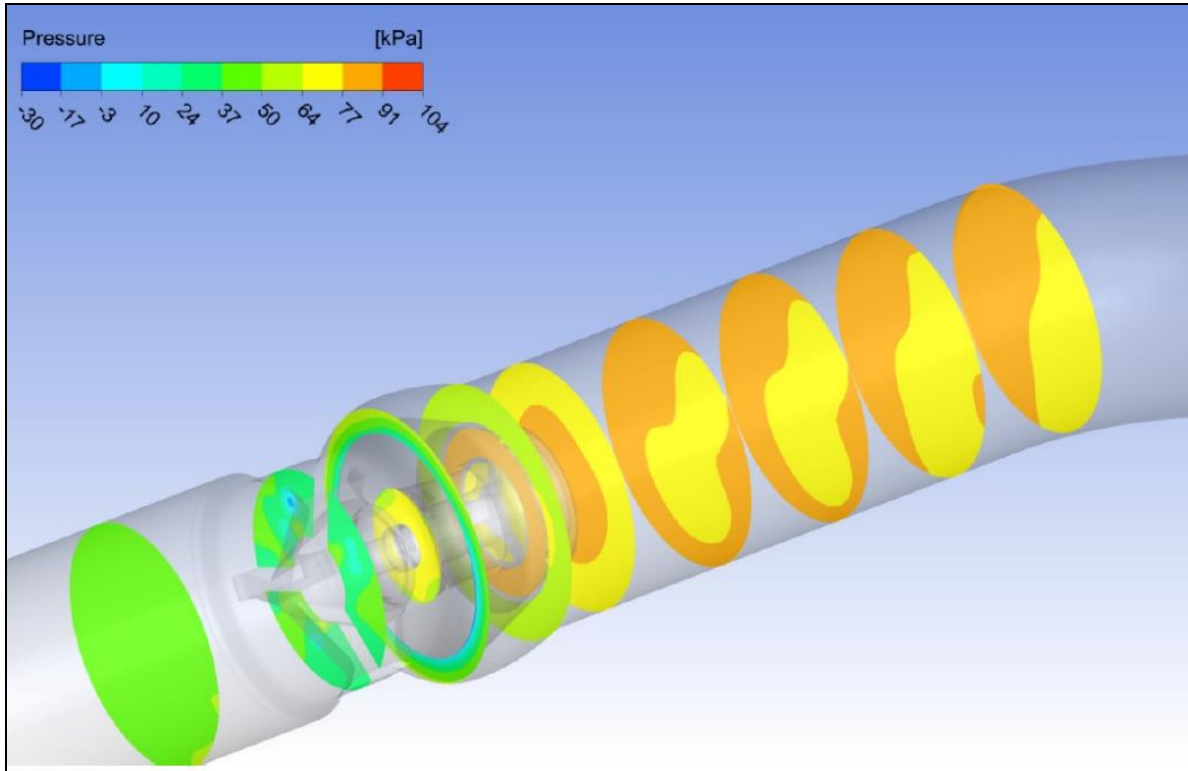


Figura 15 – Simulação das envoltórias de pressão

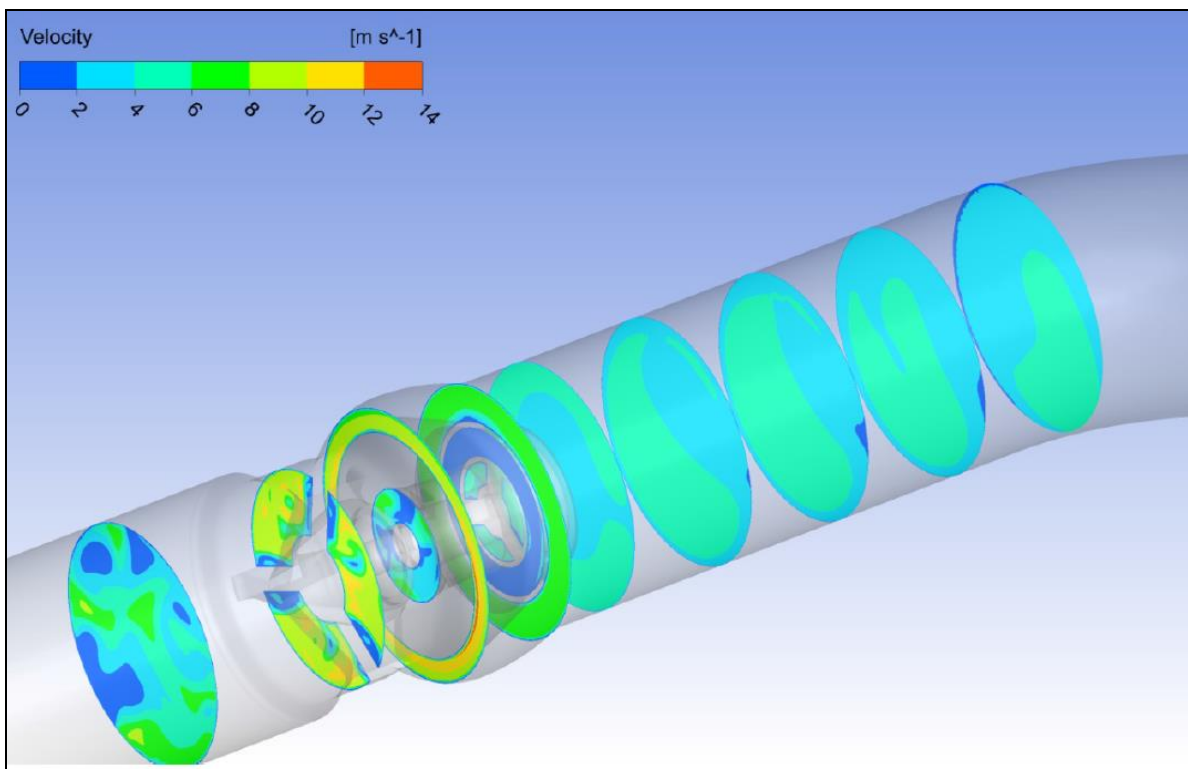


Figura 16 - Simulação das envoltórias de velocidade interna

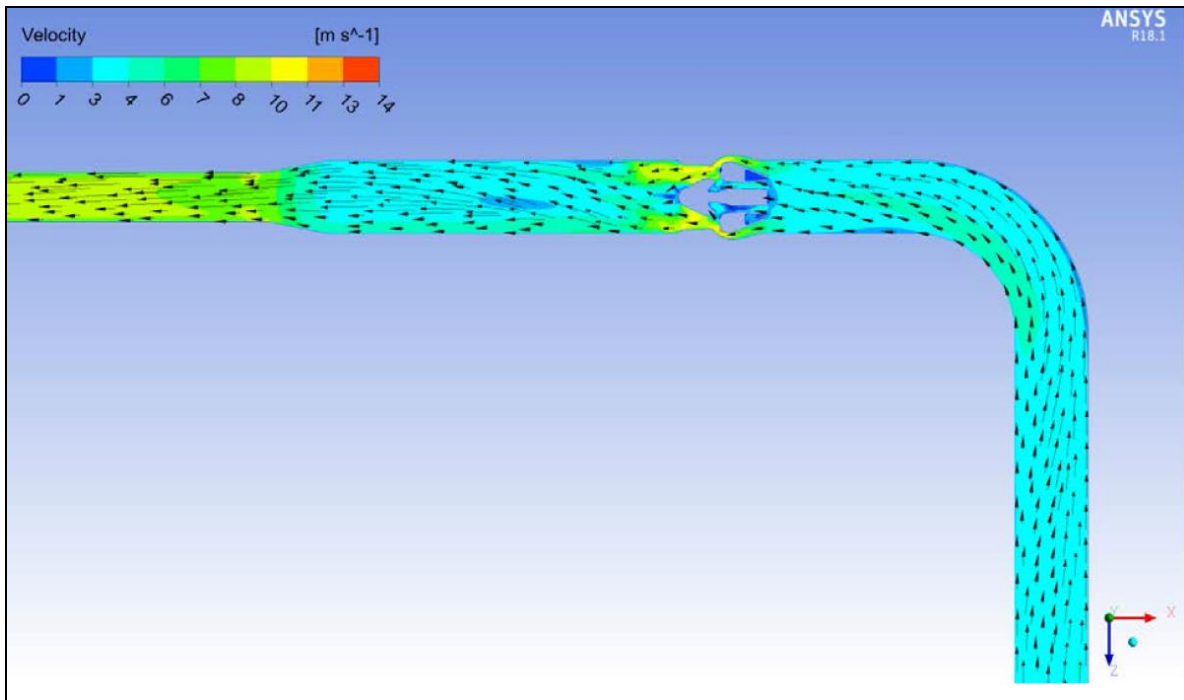


Figura 17 - Vista em planta da simulação da linha de bombeamento colorida por velocidade com os vetores de velocidade

Considerando as condições relatadas, condições de contorno e parâmetros de modelagem apresentados, as condições do fluxo ao se aproximar da válvula de retenção é razoavelmente uniforme. Em todos os cenários simulados não se verificou turbulências ou demais fatores intervenientes significantes, não se configurando, portanto, que as condições de instalação sejam a causa do mal funcionamento da válvula de retenção.

VERIFICAÇÃO DA ESPECIFICAÇÃO PARA O PROJETO

Após uma análise pormenorizada das condições de instalação em campo cotejando-se com os dados requeridos e informados pelo fabricante e as simulações em CFD realizadas, verificou-se que poderia haver um problema de especificação da válvula.

Neste sentido iniciou-se uma segunda verificação que foi a verificação dos dados de funcionamento em campo com a real especificação da válvula. A válvula foi dimensionada para uma velocidade interna de 0,8 m/s. Sob esta condição teríamos uma força atuante sobre o disco de **284.31 N**.

Na condição real temos que o fluxo é de 1,5 m³/s gerando uma velocidade no obturador da válvula de 7,11 m/s e uma força na mola de **5.947,25N**.

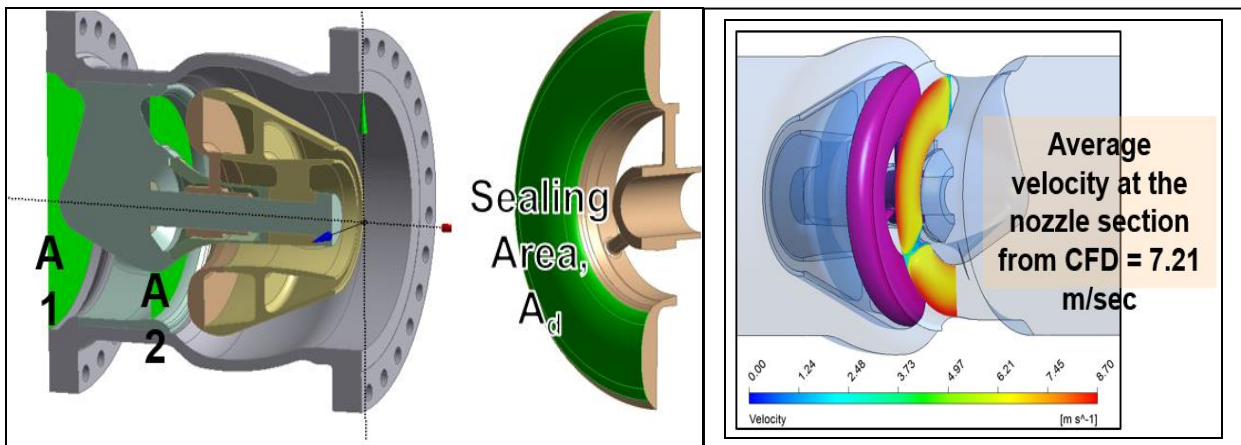


Figura 18 – Área e velocidades reais no bocal interior da válvula de retenção

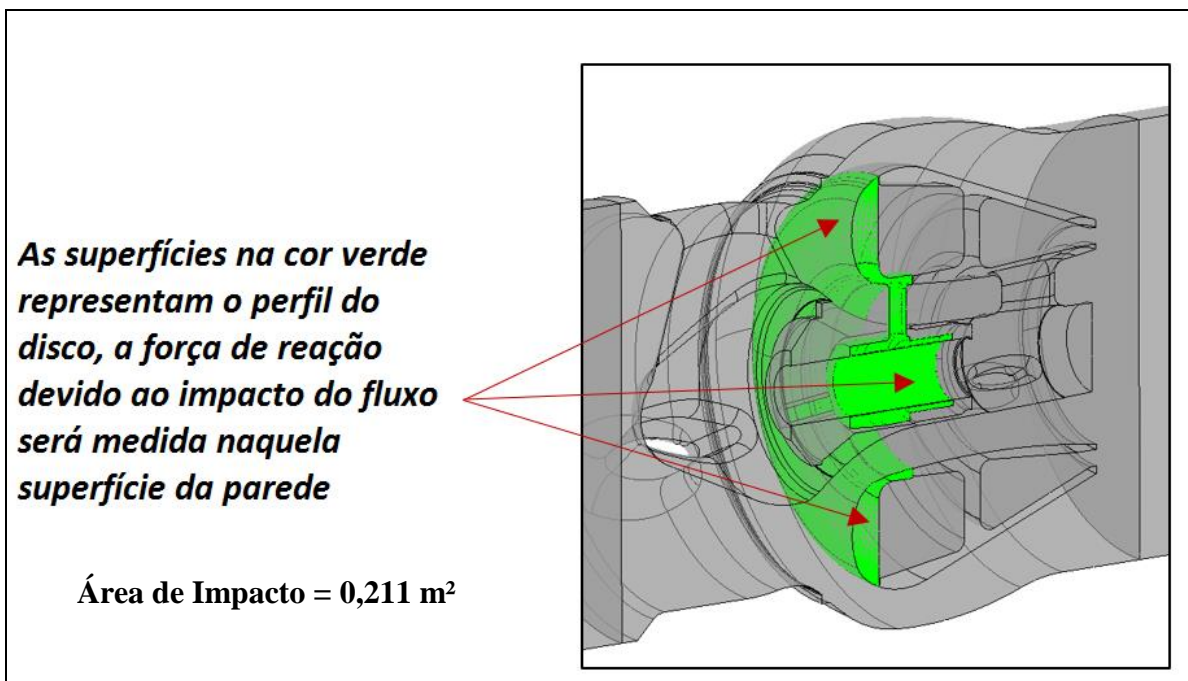


Figura 19- Representação do obturador (parte móvel) onde se dá a força de reação

Condições de Projeto – Dados teóricos

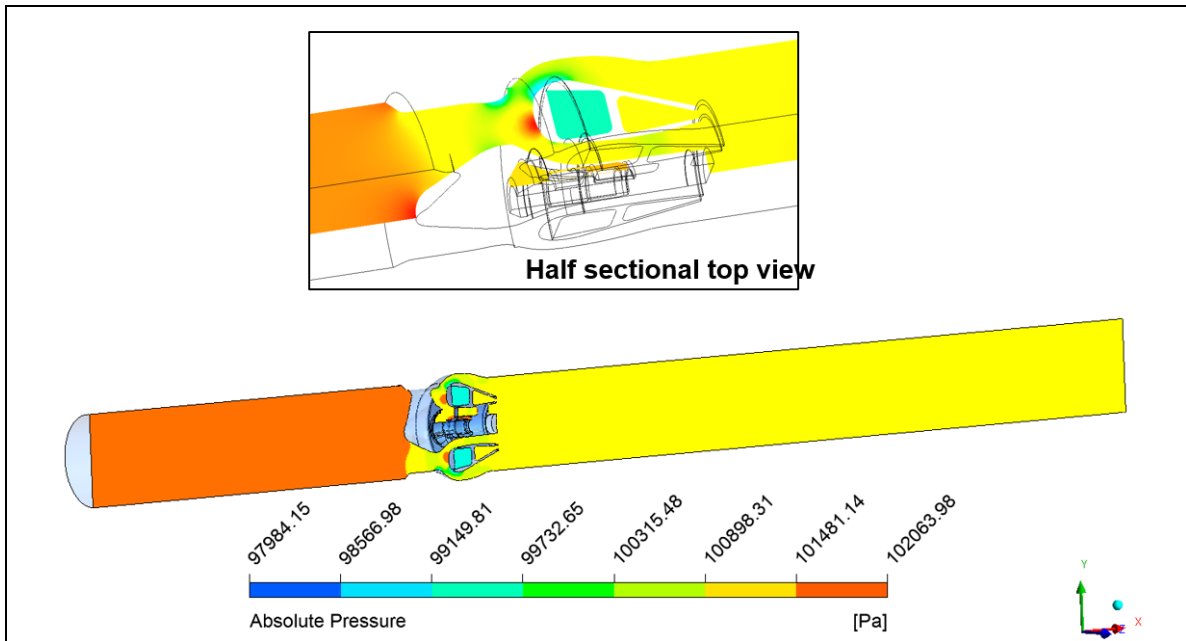


Figura 20 – Verificação das pressões com uma velocidade de 0,8 m/s descarregando para a atmosfera

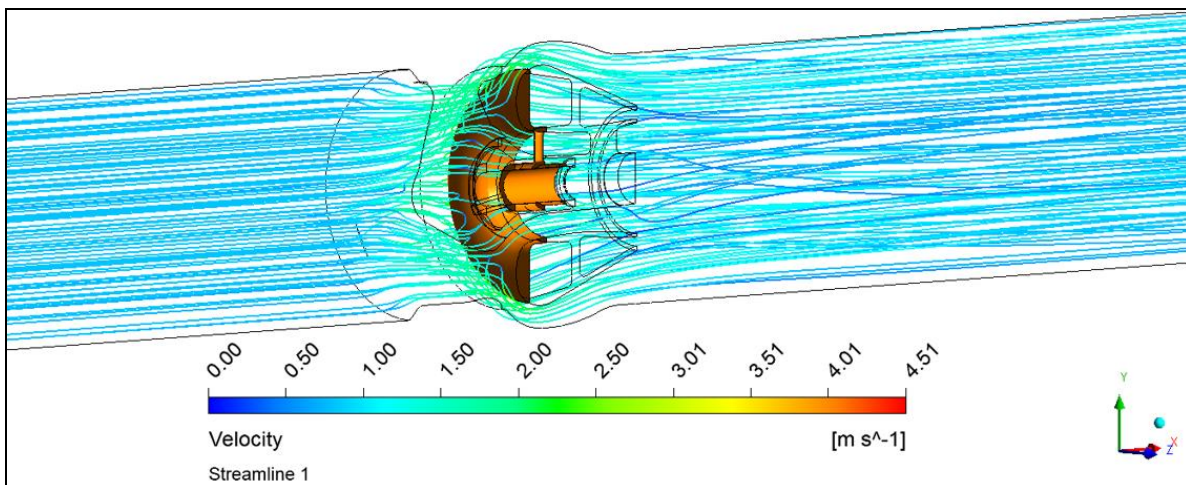


Figura 21 – Linhas de velocidade em torno do disco móvel de atuação. Neste caso temos uma força agindo sobre o disco de 284.31 N

Condições de Campo – Dados reavaliados para $Q=1,5 \text{ m}^3/\text{s}$

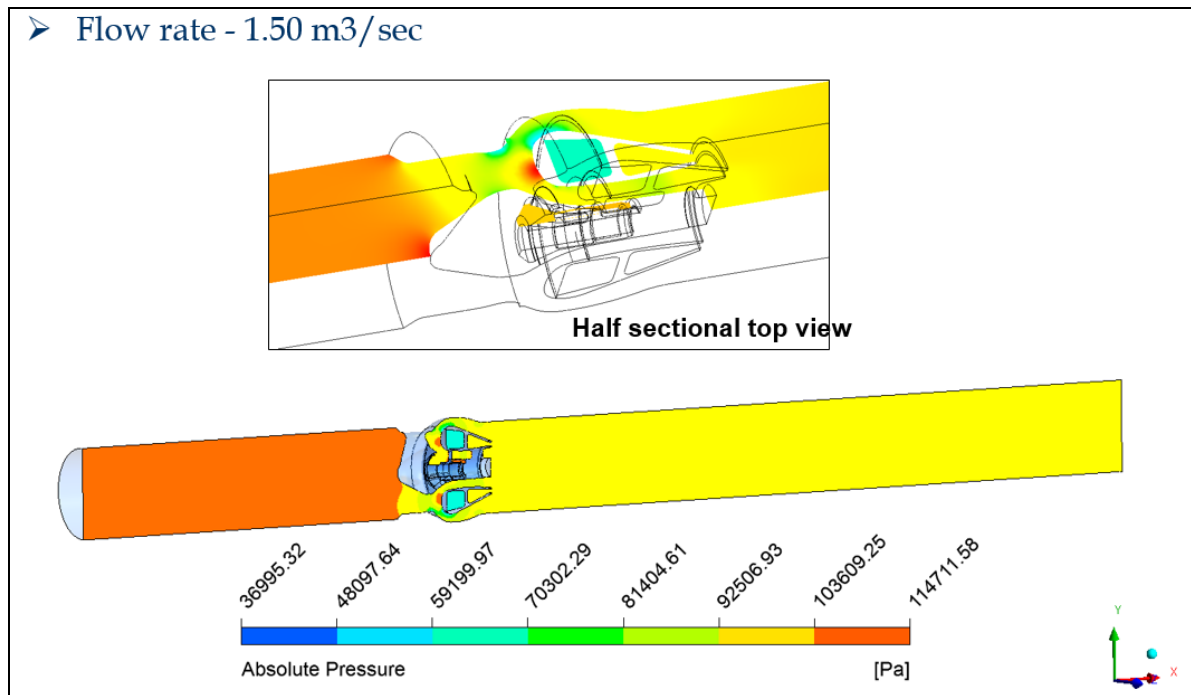


Figura 22 - Verificação das pressões com uma vazão de $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ descarregando para a atmosfera

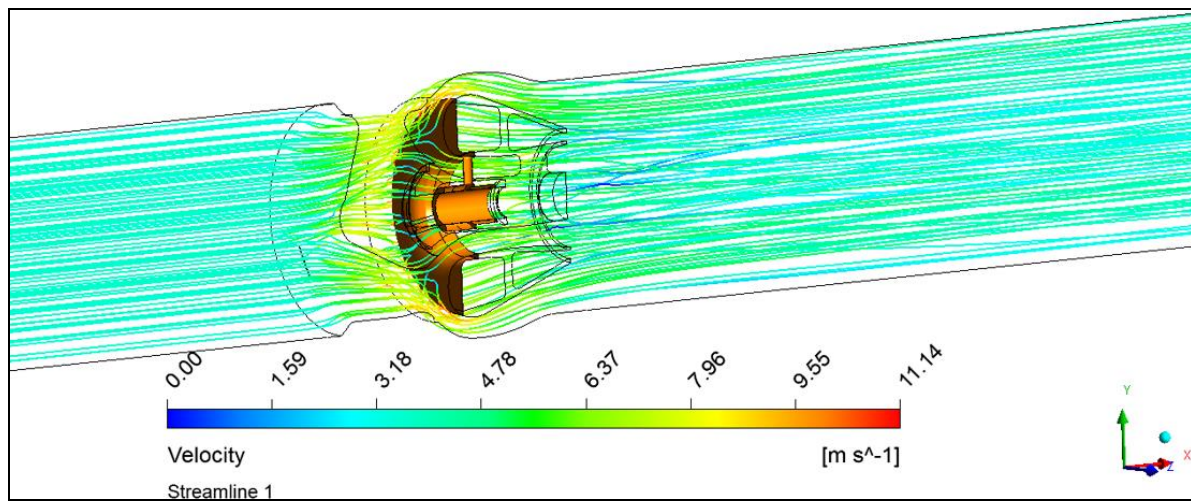


Figura 23 - Linhas de velocidade em torno do disco móvel de atuação com uma vazão de $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Neste caso temos uma força agindo sobre o disco de 5645.02 N



Conclusões:

- A força de reação de disco prevista no cenário de projeto para uma velocidade de 0,8 m/s é de 284 N.
- A força de reação devido ao fluxo verificado em campo nas condições reais é de 5645 N.
- A força máxima da mola necessária para redesenhar a mola é de cerca de 5467 N.
- A força da mola, considerando a força de atrito realista e limitando a força máxima a 75% é de aproximadamente 4100 N.
- A força da mola pode ser aumentada para entre 1100 - 4100 N.
- Esperando uma força de reação de 5645 N atuando no disco, todos os outros componentes que resistem ou suportam a força foram re-verificados e assegurados de sua resistência para a nova condição.
- Conforme dados re-verificados , a nova força da mola deve estar em um intervalo entre 1100 e 4100N.
- A recomendação do fabricante foi de se substituir a mola para um $K=1.400N$ (dentro do intervalo recomendado).

Das ações em campo:

Diante da recomendação do fabricante que orientou em substituir a mola para um $K=1.400N$, iniciou-se os trabalhos de troca das molas.



Figura 24 – Nova mola de 1.400N já trocada (vista interna da válvula) e a diferença visual entre a mola de 250N e a de 1.400N.

Uma observação prática dos profissionais de campo que corroborou com a solução foi a questão da câmara de vácuo que o elemento móvel (obturador) forma quando a válvula está acionada junto ao elemento fixo. Isso estava gerando na prática – e isso só foi factível após extensa verificação dos profissionais em campo – o efeito “copo sobre copo” que também impedia o fechamento da válvula .

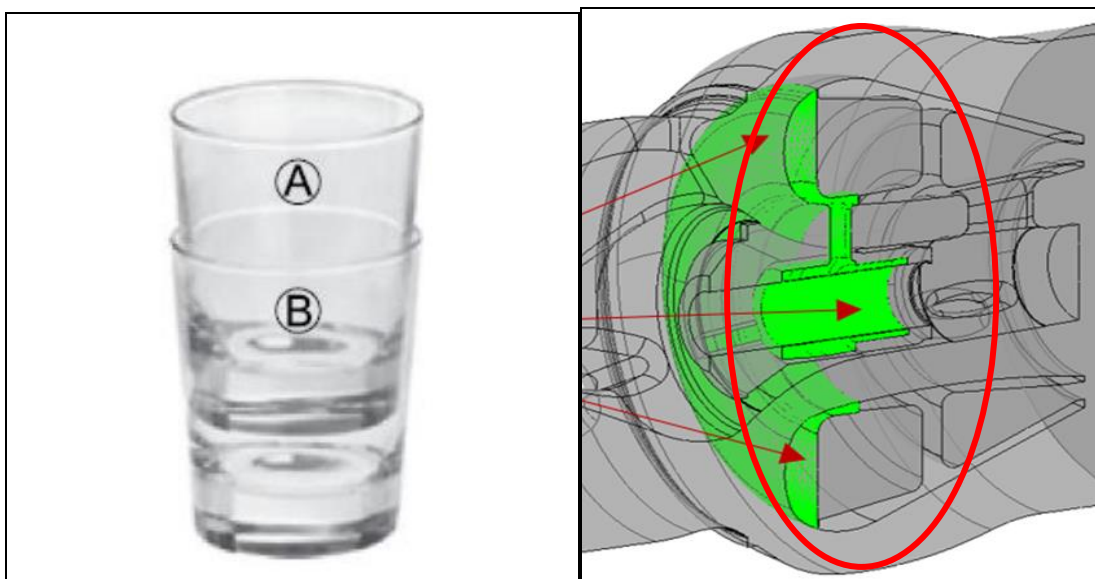


Figura 25 – Efeito do vácuo “copo sobre copo” aplicado à válvula de retenção

Esse efeito também retarda ou impede o retorno do elemento móvel (obturador – destacado em verde). Este efeito foi repassado aos engenheiros projetistas da válvula de retenção e estes recomendaram a perfuração da câmara interna.



Figura 26 – Furação realizada no “Nozzle” da válvula para se evitar o efeito “copo sobre copo” que gera vácuo impeditivo de fechamento da válvula de retenção.

CONCLUSÃO

Trabalhar com pressões da ordem de 40 MCA ou 40 kgf/cm² é um novo limite em sistemas de saneamento e requerem novos aprendizados tanto para os operadores e mantenedores do sistema como também uma nova fronteira para fabricantes e fornecedores.

Neste trabalho procuramos demonstrar, com a ajuda computacional e a vivência dos profissionais de campo, como a sinergia dos esforços ajudou para a resolução de um problema crônico, colaborando para a plena operacionalidade deste importante sistema que abastece perto de 2 (dois) milhões de habitantes da RMSP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arquivo Fotográfico das Obras do SPSL – TE-CCV
2. Arquivo Fotográfico Engº Celso Gonçalves Arado - SABESP