



SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA GRANDE VITÓRIA

MUNICÍPIO DE CARIACICA



SISTEMA VALE ESPERANÇA BOOSTER ALTO LAGE, ADUTORA DE ALIMENTAÇÃO E LINHAS DE RECALQUE

PROJETO HIDRÁULICO RELATÓRIO TÉCNICO E DESENHOS

GANEM
Engenharia Ltda

Nº CESAN: A-045-000-60-5-RT-0007
MAIO DE 2015

APRESENTAÇÃO

A **GANEM Engenharia Ltda EPP** apresenta a seguir o relatório técnico do projeto hidráulico do *booster* Alto Lage e das linhas de alimentação e de recalque. Este relatório inclui a concepção, o dimensionamento, e as especificações técnicas das referidas unidades. O *booster* Alto Lage recebeu este nome por se localizar no Bairro Alto Lage, município de Cariacica. No entanto, o mesmo é composto por dois sistemas elevatórios, sendo um que recalca para o reservatório Valverde, pertencente ao Setor Valverde, e o outro que recalca para o reservatório Alto Lage, pertencente ao Setor Alto Lage propriamente dito. Todas estas unidades fazem parte do Sistema Vale Esperança.

O trabalho foi realizado no âmbito do contrato N° 284/2012, com a **CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento**, e apresenta-se em volume único.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	II
LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABELAS	V
1 OBJETIVO.....	7
2 CONCEPÇÃO DO SISTEMA	8
3 CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES	10
3.1 Introdução.....	10
3.2 Booster Alto Lage	10
3.2.1 Considerações Gerais.....	10
3.2.2 Booster RAT Alto Lage.....	14
3.2.3 Booster RAT Valverde.....	16
3.3 Adutora de Alimentação e Linhas de Recalque	19
3.3.1 Considerações Gerais.....	19
3.3.2 Adutora de Alimentação do Booster Alto Lage.....	22
3.3.3 Linha de Recalque RAT Alto Lage	22
3.3.4 Linha de Recalque RAT Valverde	23
ANEXO 01 – DIMENSIONAMENTO DO BOOSTER ALTO LAGE	26
Booster RAT Alto Lage	26
Booster RAT Valverde	31
ANEXO 02 – ESPECIFICAÇÃO DOS CONJUNTOS MOTOBOMBA	36
Booster RAT Alto Lage	36
Booster RAT Valverde	37
ANEXO 03 – DIMENSIONAMENTO DAS DESCARGAS E VENTOSAS.....	38
Adutora de Alimentação.....	38
Linha de Recalque RAT Valverde	41
ANEXO 04 – DESENHOS.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Caminhamento dos trechos projetados.	9
Figura 2 – Mapa de localização do <i>booster</i> Alto Lage.	10
Figura 3 – Perspectivas do <i>booster</i> Alto Lage.	12
Figura 4 – Pressão na sucção e no recalque do <i>booster</i> RAT Alto Lage.	15
Figura 5 – Curvas de variação de (a) vazão e de (b) perda de carga, nas bombas do <i>booster</i> RAT Alto Lage.	15
Figura 6 – Curvas de variação de (a) nível de água e de (b) carga hidráulica, no reservatório Alto Lage.	16
Figura 7 – Pressão na sucção e no recalque do <i>booster</i> RAT Valverde.	17
Figura 8 – Curvas de variação de (a) vazão e de (b) perda de carga, nas bombas do <i>booster</i> RAT Valverde.	18
Figura 9 – Curvas de variação de (a) nível de água e (b) carga hidráulica do reservatório Valverde.	19
Figura 10 – Caminhamento das adutoras de alimentação e recalque do <i>booster</i> Alto Lage.	21
Figura 11 – Variação diária de perda de carga unitária na adutora de alimentação do <i>booster</i> Alto Lage.	22
Figura 12 – Variação diária de perda de carga unitária na adutora DN600 que abastece o reservatório Alto Lage para o ano 2031.	23
Figura 13 – Variação diária de perda de carga unitária na linha de recalque do RAT Valverde.	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos conjuntos motobomba simulados para o <i>booster</i> RAT Alto Lage.....	14
Tabela 2 – Características dos conjuntos motobomba simulados para o <i>booster</i> RAT Valverde.....	17
Tabela 3 – Posicionamento e diâmetro das descargas e ventosas na adutora de alimentação do <i>booster</i> Alto Lage.....	22
Tabela 4 – Posicionamento e diâmetro das descargas e ventosas na linha de recalque RAT Valverde.	24
Tabela A1 – Características dos conjuntos motobomba do <i>booster</i> RAT Alto Lage.	36
Tabela A2 – Características dos conjuntos motobomba do <i>booster</i> RAT Valverde.	37
Tabela A3 – Lista de Desenhos do Projeto Hidráulico do <i>booster</i> Alto Lage e das linhas de alimentação e de recalque.....	44

RELATÓRIO

1 OBJETIVO

O Sistema Vale Esperança é constituído pelos setores Vale Esperança, Alto Lage e Valverde, definidos a partir do Planejamento Global. Cada um dos três setores apresenta uma unidade de reserva de água tratada, de mesmo nome, as quais são abastecidas a partir da ETA Vale Esperança.

A partir da ETA Vale Esperança, segue uma adutora DN800 que abastece o Reservatório Vale Esperança e uma adutora DN600 que abastece os Setores Alto Lage e Valverde. No entanto, o abastecimento do Setor Valverde não está sendo satisfatório.

O projeto de setorização do Sistema Vale Esperança, resultante do estudo de “Diagnóstico, Análise Operacional e Setorização do Sistema – Setores Vale Esperança, Alto Lage e Valverde”, registrado sob nº C-045-000-80-5-RT-0008, prevê a adequação desse sistema.

O presente documento refere-se ao projeto hidráulico do *booster* Alto Lage, que corresponde a uma das unidades propostas no projeto de setorização do sistema. Este *booster* é composto por dois sistemas independentes de bombeamento que visam abastecer adequadamente os reservatórios dos setores Alto Lage e Valverde.

O presente documento contempla também o projeto hidráulico dos trechos complementares da adutora de alimentação e das duas linhas de recalque, necessárias a implantação do *booster* Alto Lage.

2 CONCEPÇÃO DO SISTEMA

A concepção do cenário foi definida no estudo intitulado “Diagnóstico, Análise Operacional e Setorização do Sistema – Setores Vale Esperança, Alto Lage e Valverde”, conforme citado anteriormente. O cenário deste estudo foi concebido considerando o carregamento do sistema para o ano 2031.

O estudo contempla os setores Vale Esperança, Alto Lage e Valverde, no entanto, considerando o objetivo do presente documento, apenas os dois últimos serão aqui abordados.

No cenário proposto o Setor Alto Lage será completamente abastecido pelo reservatório existente Alto Lage. Para alimentação desse reservatório o cenário propõe a implantação do *booster* RAT Alto Lage.

O Setor Valverde será completamente abastecido pelo reservatório existente Valverde. Para alimentação desse reservatório o cenário propõe a implantação do *booster* RAT Valverde.

Ambos os *boosters* foram propostos na linha DN600 existente, que hoje já abastece esses setores, sem bombeamento. Considerando que os dois *boosters* contam com a mesma linha de alimentação, o cenário propõe que ambos sejam instalados adjacentes. Dessa forma, foi criado o *booster* Alto Lage, assim denominado por se localizar no bairro Alto Lage. No entanto, essa unidade será constituída por dois sistemas de bombeamento independentes, nomeadamente, o sistema RAT Alto Lage e o sistema RAT Valverde. Cada sistema de bombeamento contará com dois conjuntos motobomba, sendo um de reserva.

Na adequação da atual malha de distribuição do sistema para a implantação do *booster* Alto Lage, se faz necessária a construção de um trecho de alimentação do *booster* Alto Lage, e dois trechos de recalque, um para o sistema de bombeamento RAT Alto Lage e um para o sistema de bombeamento RAT Valverde.

Da adutora DN600 que hoje abastece esses dois setores, partirá o trecho projetado da adutora de alimentação do *booster*.

Do *booster* partirão os dois trechos das linhas de recalque. O trecho da linha de recalque RAT Alto Lage se interligará na adutora DN600 que já abastece o reservatório Alto Lage, num ponto a jusante da derivação de alimentação. Vale ressaltar que o trecho da adutora existente DN600 compreendido entre o ponto de derivação para alimentação do *booster* e o ponto de interligação da linha de recalque RAT alto Lage, ficará fechado.

O trecho da linha de recalque RAT Valverde se interligará na adutora DN500 que já abastece o reservatório Valverde, num ponto próximo a sua atual interligação com a

adutora existente DN600. Vale ressaltar que a sua interligação com a adutora DN600 será fechada.

A área em que o *booster* Alto Lage será construído, os caminhamentos dos trechos projetados da adutora de alimentação e das linhas de recalque podem ser vistos na Figura 2 a seguir.

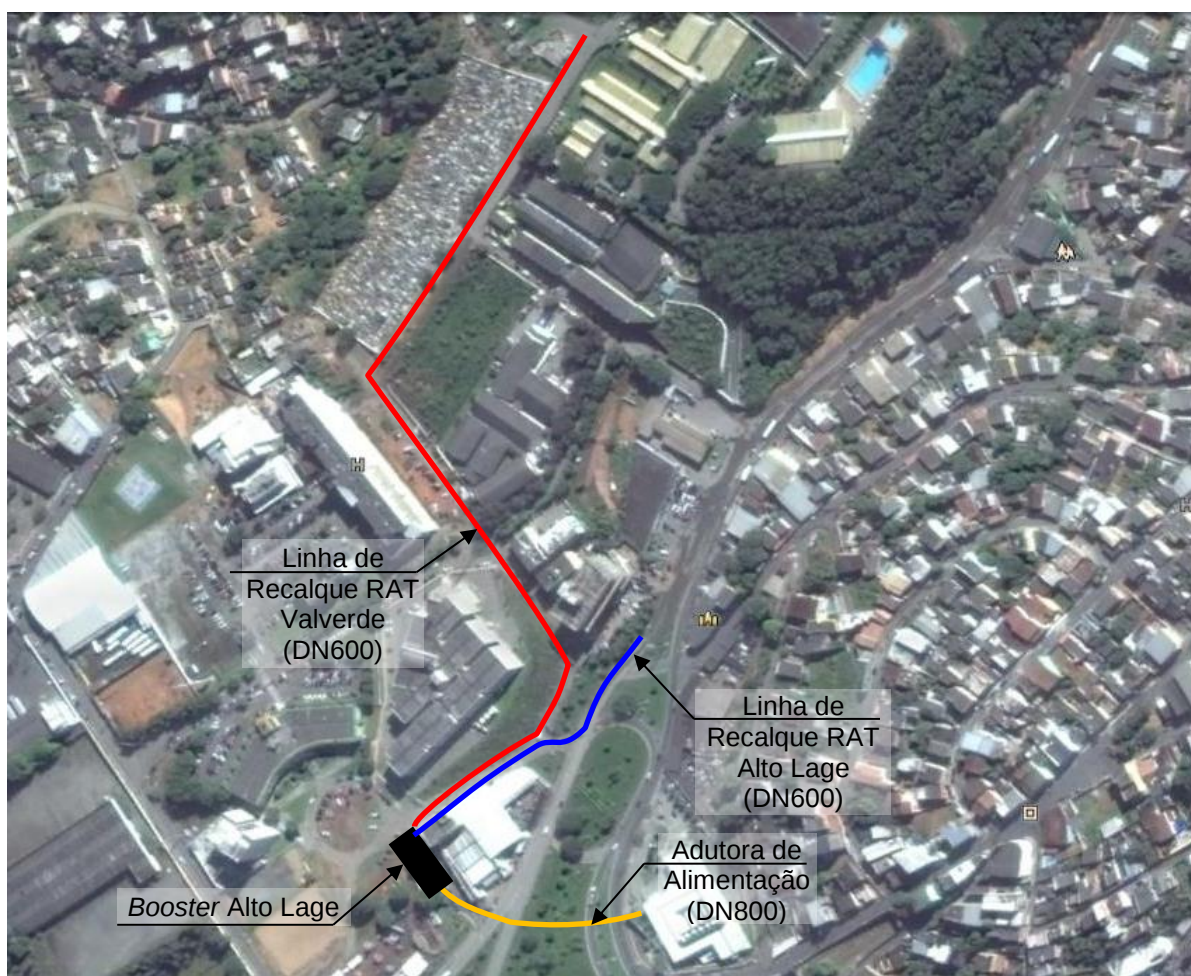


Figura 1 – Caminhamento dos trechos projetados.

3 CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES

3.1 Introdução

As unidades contempladas neste estudo são: (i) o *booster* Alto Lage, que se configura em duas unidades independentes; (ii) um trecho de adutora de alimentação das duas unidades do *booster*; e (iii) um trecho de cada linha de recalque dessas mesmas unidades.

Segue a descrição detalhada das unidades.

3.2 *Booster Alto Lage*

3.2.1 Considerações Gerais

Conforme já citado neste relatório o *booster* Alto Lage foi nomeado em função do bairro onde se encontra instalado, e não dos sistemas aos quais atende. Este *booster* agrupa dois sistemas de bombeamento independentes que serão nomeados consoante o reservatório de água tratada o qual alimentam, sendo: (i) sistema de bombeamento RAT Alto Lage, e (ii) sistema de bombeamento RAT Valverde.

A Figura 2 apresenta o mapa de localização do *booster* Alto Lage.



Figura 2 – Mapa de localização do *booster* Alto Lage.

O sistema formado pelas unidades de bombeamento RAT Alto Lage destina-se ao abastecimento do RAT Alto Lage, enquanto o sistema formado pelas unidades de bombeamento RAT Valverde destina-se ao abastecimento do RAT Valverde. Para facilitar a identificação no presente estudo, a partir deste ponto estes sistemas serão nomeados por *booster* RAT Alto Lage e *booster* RAT Valverde.

Estes *boosters* serão implantados numa área pertencente ao poder municipal que será cedida à CESAN para esta finalidade. Esta área localiza-se à Rua Leandro da Silva, em frente a Prefeitura Municipal de Cariacica (PMC), e está destinada à construção de uma praça para recreação e eventos. A elevatória ficará completamente inserida ao projeto da praça, apresentando-se de forma muito discreta, conforme pode ser verificado nas perspectivas apresentadas na Figura 3.



Figura 3 – Perspectivas do *booster* Alto Lage.

As unidades de bombeamento dos dois sistemas ficarão implantadas na mesma instalação física e compartilharão a mesma tubulação de sucção. Esta tubulação corresponde à adutora de alimentação dos *boosters* e foi projetada em DN800, derivando da adutora existente, DN600, proveniente da ETA Vale Esperança.

Este fato, aliado ao tamanho expressivo dessas unidades, levaram à necessidade de uma análise conjunta do funcionamento dos dois sistemas de bombeamento. Assim sendo, serão abordadas a seguir algumas questões relevantes ao dimensionamento e à operação destas unidades.

O ponto de trabalho desses *boosters* é bem diferenciado. O *booster* RAT Alto Lage recalca uma vazão de aproximadamente 240 l/s com uma altura manométrica de cerca de 11 mca, enquanto para o *booster* RAT Valverde estes valores giram em torno de 455 l/s e 18 mca.

Outra questão a ser levantada é que esses *boosters* recalcam diretamente para reservatórios e, portanto, devem ser ligados e desligados quando os mesmos atingem nível mínimo e nível máximo de operação, respectivamente. Considerando que estas ocorrências não são sincronizadas podem ser verificadas quatro situações distintas de operação, quais sejam: (i) os *boosters* RAT Valverde e RAT Alto Lage ligados; (ii) o *booster* RAT Valverde ligado e o RAT Alto Lage desligado; (iii) o *booster* RAT Valverde desligado e o RAT Alto Lage ligado; e (iv) os *boosters* RAT Valverde e RAT Alto Lage desligados.

Essas quatro situações de operação, aliadas à grande diferença no ponto de trabalho desses *boosters* levam a necessidade de uma automação conjunta para propiciar um funcionamento satisfatório das unidades de bombeamento.

O controle da operação desses dois *boosters* deve ser feito em conjunto obedecendo aos critérios definidos com a ajuda do modelo matemático do setor como descrito a seguir:

- os reservatórios devem ser controlados de forma a bloquearem a entrada de água quando a altura de água atingir o nível máximo de operação e permitirem a entrada de água quando essa altura atingir o nível mínimo de operação. Para o reservatório Valverde, cuja altura útil é de 4.1 m, os níveis operacionais máximo e mínimo sugeridos são de 4.05 m e 2.5 m, respectivamente. Para o reservatório Alto Lage, cuja altura útil é de 5.0 m, os níveis operacionais máximo e mínimo sugeridos são de 4.95 m e 2.5 m, respectivamente.
- o sistema deve ser munido de tubulação de *bypass* que permita a alimentação das respectivas linhas de recalque nos momentos em que os seus *boosters* estejam fora de operação.

- o *booster* RAT Alto Lage não necessita trabalhar isoladamente, uma vez que com a parada do *booster* Valverde a pressão na sucção dos *boosters* passa a ser suficiente para abastecer o reservatório Alto Lage sem bombeamento, sendo então acionado o sistema de *bypass*. Ressalta-se que a parada do *booster* Alto Lage não produz o mesmo efeito, ou seja, esta condição por si só não implica na possibilidade de parada do *booster* Valverde.
- por questões econômicas, está considerada a parada dos *boosters* RAT Valverde e RAT Alto Lage no período de 18 às 21 h, no qual o custo da tarifa de energia elétrica é mais alto. Reitera-se a necessidade de acionamento da tubulação de *bypass* nesse período.

Seguem as características específicas de cada *booster*.

3.2.2 *Booster* RAT Alto Lage

A Tabela 1 apresenta as características principais dos conjuntos motobomba utilizados no dimensionamento do referido *booster* RAT Alto Lage.

Tabela 1 – Características dos conjuntos motobomba simulados para o *booster* RAT Alto Lage.

Vazão bomba (l/s)	238
Altura manométrica (m)	11
Potência do motor (cv)	50
Rotação (rpm)	879
Eficiência mínima do motor (%)	94
Eficiência mínima da bomba (%)	82
Marca	KSB
Modelo	Omega 300-435 B
Diâmetro do rotor (mm)	358
Número de conjuntos	1+1

Conforme apresentado na Tabela 1 foram projetados dois conjuntos motobomba para o *booster* RAT Alto Lage, sendo um conjunto de reserva.

Pondera-se que os dados de marca, modelo e rotor são apenas indicativos da curva utilizada no modelo matemático para simulação do sistema e não corresponde a uma indicação de preferência. A bomba deve atender as especificações de vazão, altura manométrica e eficiência mínima.

A seguir estão apresentados alguns resultados provenientes da simulação em tempo estendido do Setor Alto Lage. A memória de cálculo deste *booster* encontra-se apresentada no Anexo 01 deste relatório.

A Figura 4 apresenta a curva de pressão na sucção e no recalque do *booster* RAT Alto Lage, resultantes do modelo matemático do sistema.

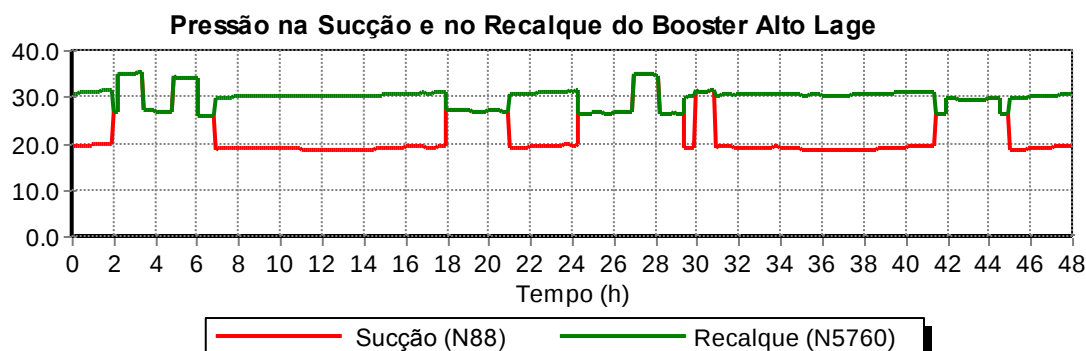


Figura 4 – Pressão na sucção e no recalque do *booster* RAT Alto Lage.

A Figura 5 apresenta através dos gráficos de vazão e perda de carga o comportamento das bombas especificadas para o *booster* RAT Alto Lage. Vale salientar que a perda de carga nas unidades de bombeamento corresponde em módulo à altura manométrica das mesmas.

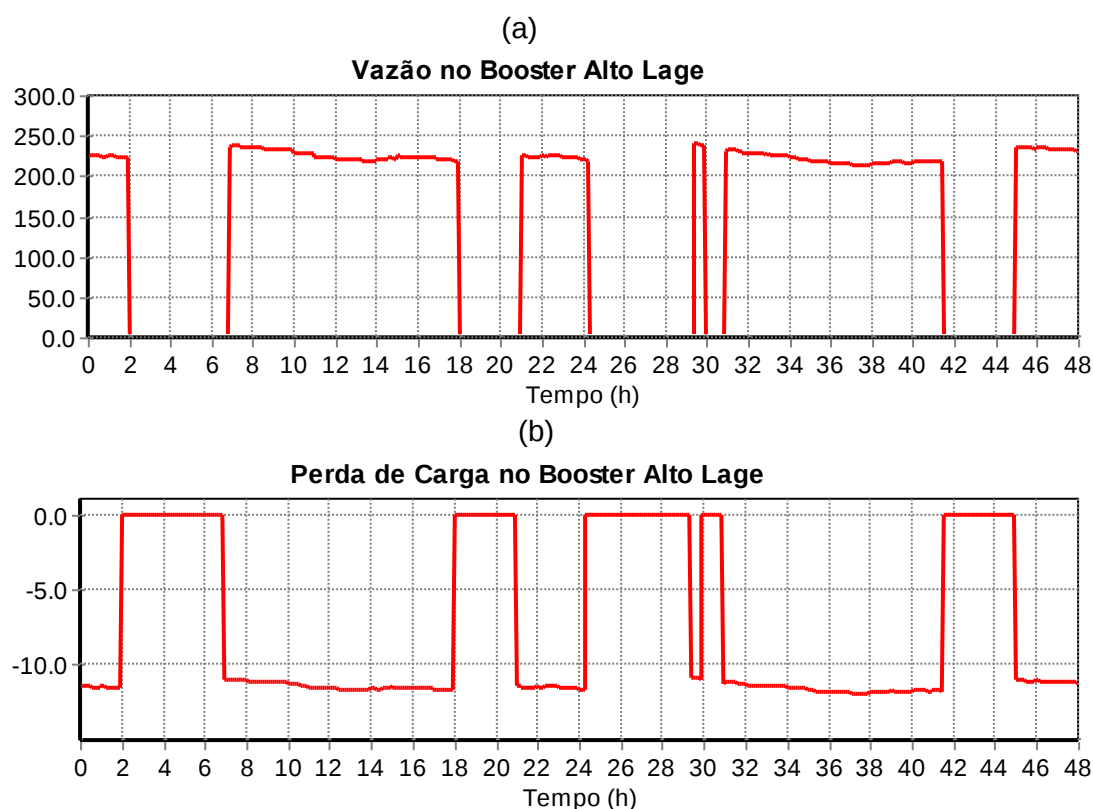


Figura 5 – Curvas de variação de (a) vazão e de (b) perda de carga, nas bombas do *booster* RAT Alto Lage.

Como pode ser observado na Figura 5, as bombas do *booster* RAT Alto Lage são desligadas no horário de ponta do consumo de energia elétrica, ou seja, entre as 18 e as 21 horas.

A Figura 6 apresenta o comportamento do reservatório Alto Lage através da sua variação de pressão e carga hidráulica.

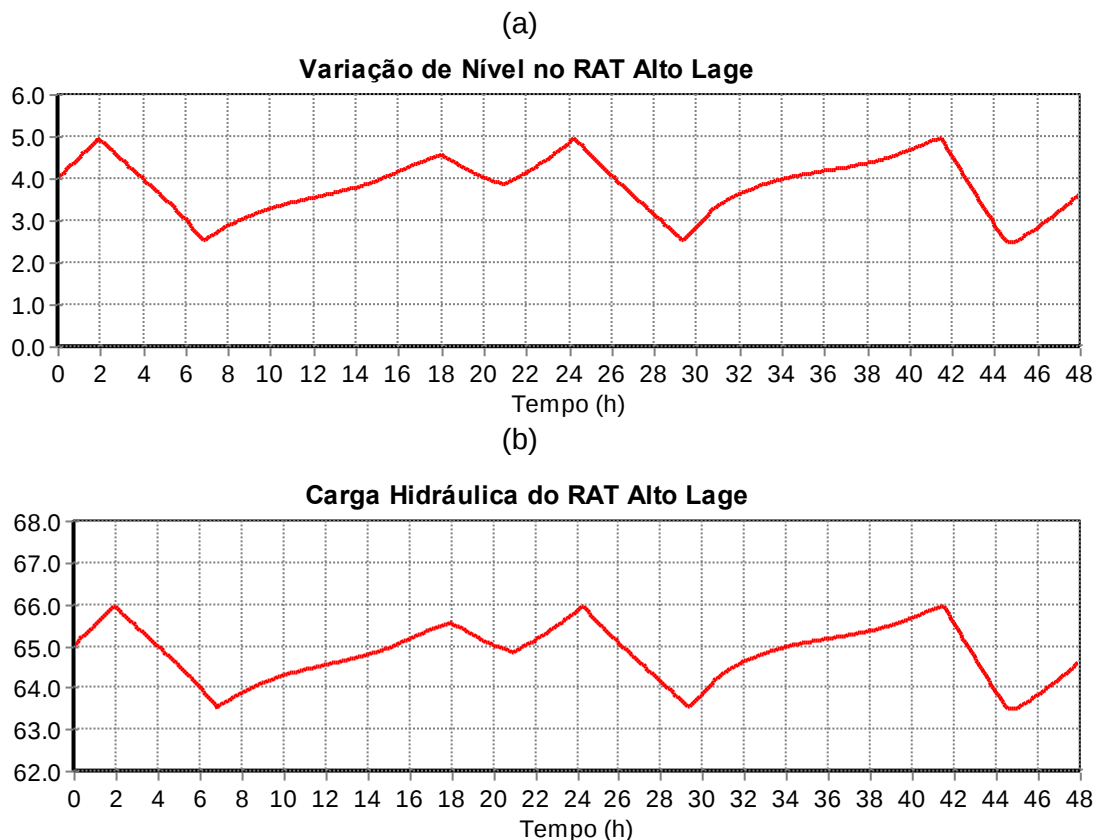


Figura 6 – Curvas de variação de (a) nível de água e de (b) carga hidráulica, no reservatório Alto Lage.

Neste cenário o reservatório trabalha satisfatoriamente, com dois ciclos diários.

O Anexo 01 apresenta a memória de cálculo desse *booster*; o Anexo 02 apresenta as especificações técnicas básicas do conjunto motobomba, enquanto o Anexo 03 apresenta os desenhos do projeto hidráulico.

3.2.3 *Booster RAT Valverde*

A Tabela 2 apresenta as características principais dos conjuntos motobomba utilizados no dimensionamento do *booster* RAT Valverde.

Tabela 2 – Características dos conjuntos motobomba simulados para o *booster* RAT Valverde.

Vazão bomba (l/s)	455.00
Altura manométrica (m)	18.00
Potência do motor (cv)	150
Rotação (rpm)	1191
Eficiência mínima do motor (%)	94
Eficiência mínima da bomba (%)	81
Marca	KSB
Modelo	Omega 350-430B
Diâmetro do rotor (mm)	367
Número de conjuntos	1+1

Conforme apresentado na Tabela 2 foram projetados dois conjuntos motobomba para o *booster* RAT Valverde, sendo um conjunto de reserva.

Pondera-se que os dados de marca, modelo e rotor são apenas indicativos da curva utilizada no modelo matemático para simulação do sistema e não corresponde a uma indicação de preferência. A bomba deve atender as especificações de vazão, altura manométrica e eficiência mínima.

A Figura 7 apresenta a curva de pressão na sucção e no recalque do *booster* RAT Valverde, resultantes do modelo matemático do sistema.

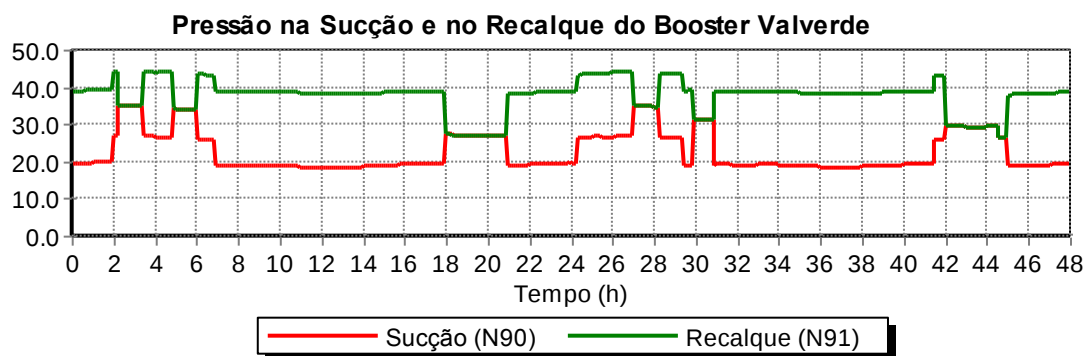


Figura 7 – Pressão na sucção e no recalque do *booster* RAT Valverde.

A Figura 8 apresenta através dos gráficos de vazão e perda de carga o comportamento das bombas especificadas para o *booster* RAT Valverde. Vale salientar que a perda de carga nas unidades de bombeamento corresponde, em módulo, à altura manométrica das mesmas.

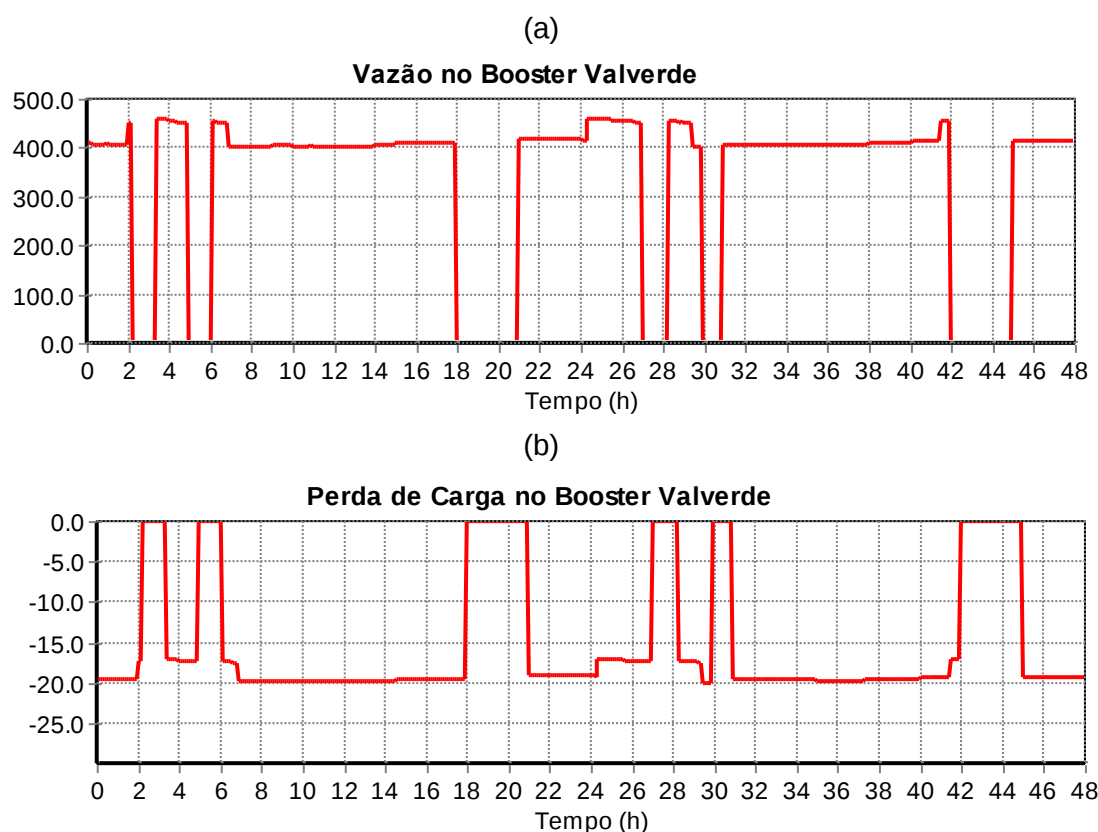


Figura 8 – Curvas de variação de (a) vazão e de (b) perda de carga, nas bombas do *booster* RAT Valverde.

Como pode ser observado na Figura 8, as bombas do *booster* RAT Valverde são desligadas no horário de ponta do consumo de energia elétrica, ou seja entre as 18 e as 21 horas.

A Figura 9 apresenta o comportamento do reservatório Valverde através da sua variação de pressão e carga hidráulica.

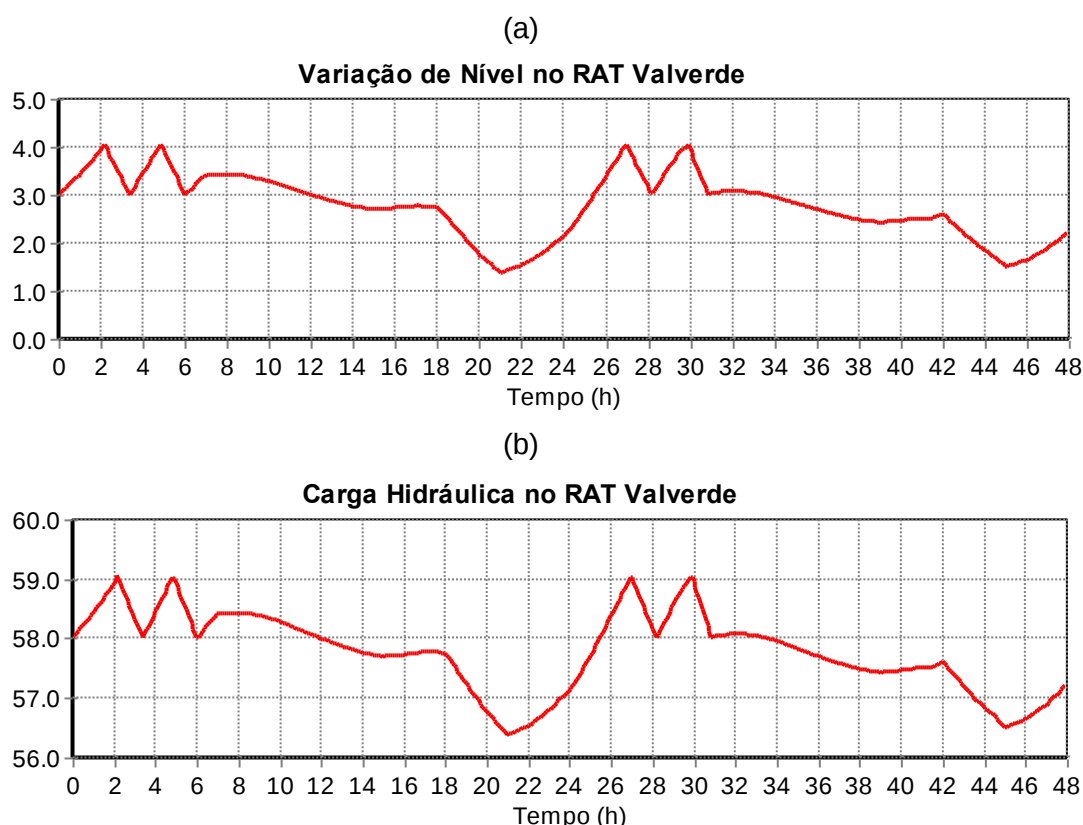


Figura 9 – Curvas de variação de (a) nível de água e (b) carga hidráulica do reservatório Valverde.

Neste cenário o reservatório trabalha satisfatoriamente, com dois ciclos diários.

O Anexo 01 apresenta a memória de cálculo do *booster*; o Anexo 02 apresenta as especificações técnicas básicas dos conjuntos motobomba, enquanto o Anexo 03 apresenta os desenhos do projeto hidráulico.

3.3 Adutora de Alimentação e Linhas de Recalque

3.3.1 Considerações Gerais

Para viabilizar a operação do *booster* Alto Lage (RAT Alto Lage e RAT Valverde), fez-se necessária complementação de trechos de adutora à atual malha da CESAN, visando alimentar o *booster* e permitir o recalque independente de seus dois sistemas de bombeamento, para os reservatórios Alto Lage e Valverde.

A adutora DN600, proveniente da ETA Vale Esperança, que hoje abastece o RAT Alto Lage e interliga-se na adutora DN500, que abastece o RAT Valverde, será interrompida próximo ao *booster*. Deste ponto está sendo projetado um trecho DN800 que chegará à sucção do *booster* Alto Lage. Do *booster*, partirão duas linhas de recalque independentes, ambas em DN600, as quais alimentarão a adutora

DN600 que abastece o RAT Alto Lage, e a adutora DN500 que abastece o RAT Valverde.

Assim sendo foram projetados três trechos de adutoras: (i) um trecho em DN800 que integra a atual adutora DN600 proveniente da ETA Vale Esperança até o *booster*, aqui referenciada como “adutora de alimentação”; (ii) um trecho de adutora em DN600 para integrar o *booster* até a atual adutora DN500 que abastece o RAT Valverde, aqui denominada de “linha de recalque RAT Valverde”; e (iii) um trecho de adutora em DN600 para integrar o *booster* até a atual adutora DN600 que abastece o RAT Alto Lage, aqui denominada de “linha de recalque RAT Alto Lage”.

No sentido de garantir a eficiência operacional e na manutenção das adutoras projetadas, foi prevista a instalação de dispositivos de descarga e de ventosa nas mesmas.

Os dispositivos de descarga consistem em registros, localizados nos pontos mais baixos da rede de distribuição, que operam normalmente fechados. Quando acionados, descarregam a água do sistema de distribuição para o sistema de drenagem de águas pluviais, em condições de total segurança, independentemente do volume a ser descarregado.

Considerando que o tempo de parada para manutenção do sistema deve ser reduzido, a agilidade nas operações de descarga, reduzindo o tempo de esvaziamento da tubulação é um fator importante. Assim sendo, esse parâmetro deve ser bem avaliado.

Os dispositivos de ventosa foram previstos com a finalidade de expulsar mecanicamente o ar nas tubulações. São utilizadas tanto durante o enchimento e esvaziamento das tubulações, quanto durante o funcionamento normal de abastecimento. Estes dispositivos possuem funcionamento automático e são instalados nos pontos altos antes e/ou depois de válvulas de seccionamento.

A Figura 10 apresenta o posicionamento dos trechos existentes, projetados e fechados da adutora de alimentação e das linhas de recalque do *booster* Alto Lage.

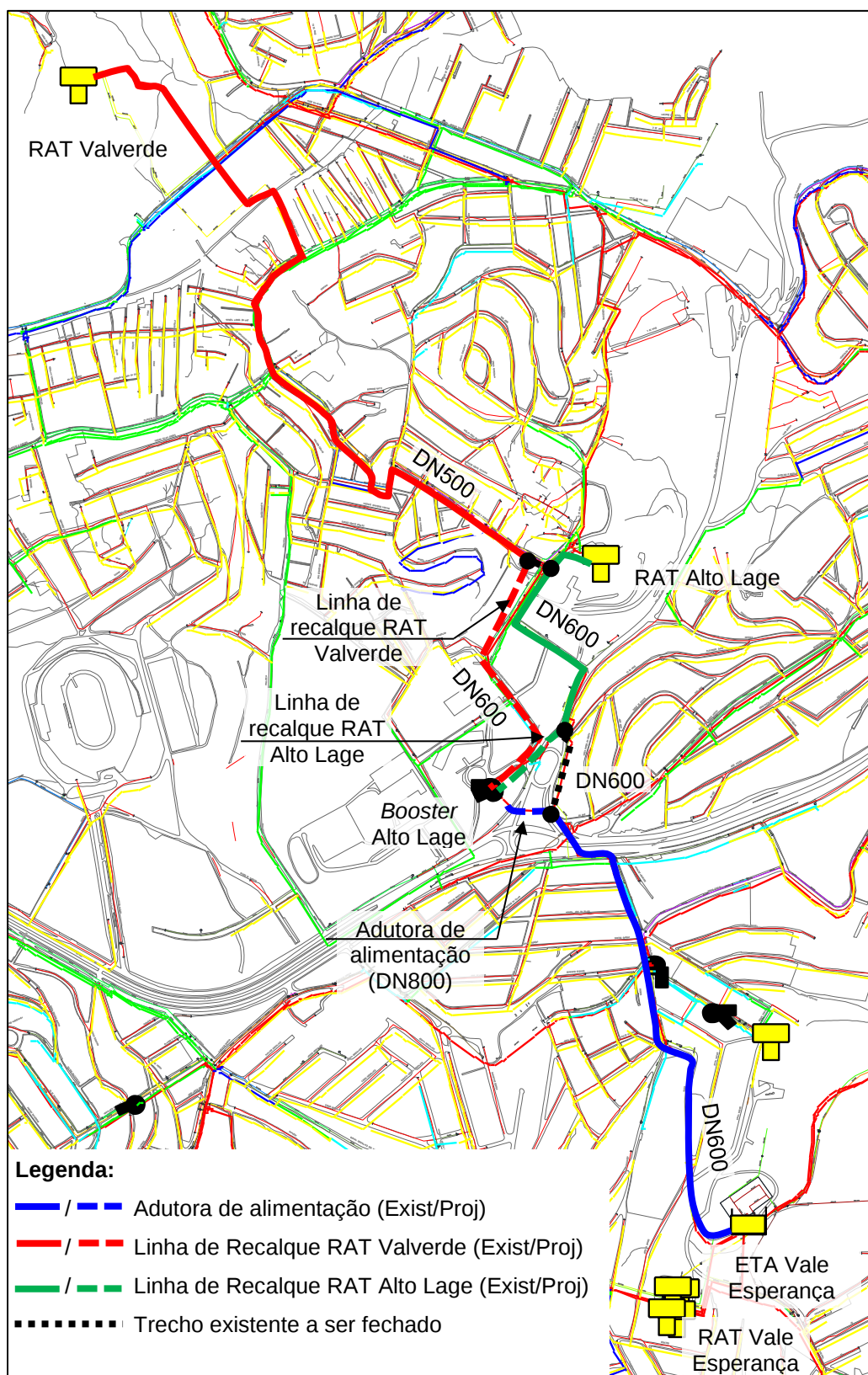


Figura 10 – Caminhamento das adutoras de alimentação e recalque do *booster* Alto Lage.

3.3.2 Adutora de Alimentação do Booster Alto Lage

A adutora de alimentação do *booster* Alto Lage será a linha DN600 existente, proveniente da ETA Vale Esperança. Atualmente esta linha já é utilizada para abastecer os reservatórios Alto Lage e Valverde, mesmo sem bombeamento. A partir dessa adutora projetou-se uma derivação para fazer a interligação com o *booster* Alto Lage. Este trecho, com cerca de 140 m, foi projetado em DN800, dada a perda de carga observada no trecho DN600 existente.

A Figura 11 apresenta a variação de perda de carga unitária nesta adutora, num período de 48 horas, para os trechos existente (DN600) e projetado (DN800), no cenário proposto.

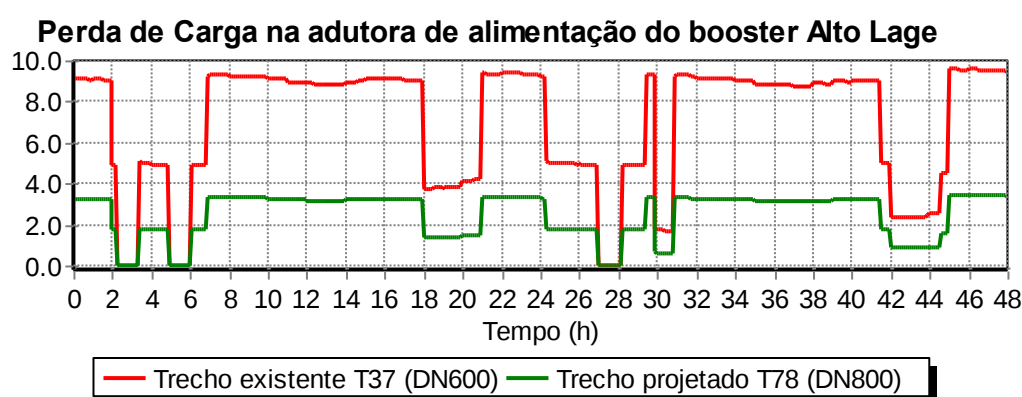


Figura 11 – Variação diária de perda de carga unitária na adutora de alimentação do *booster* Alto Lage.

Neste trecho projetado foi previsto a instalação de uma descarga e uma ventosa, cujo posicionamento e diâmetro encontram-se apresentados na Tabela 3.

As planilhas de dimensionamento desses dispositivos estão apresentadas no Anexo 03 deste relatório.

Tabela 3 – Posicionamento e diâmetro das descargas e ventosas na adutora de alimentação do *booster* Alto Lage.

	Unidades	Estaca	Diâmetro (mm)
Descarga	01	04+17,50	300
Ventosa	01	01+13,00	100

A Figura 10 permite verificar o caminhamento do trecho projetado e o ponto de interligação na adutora existente. O projeto detalhado deste trecho está apresentado no Anexo 04 deste relatório.

3.3.3 Linha de Recalque RAT Alto Lage

A linha de recalque RAT Alto Lage será a linha DN600, existente, que já é utilizada com a finalidade de abastecer o RAT Alto Lage, hoje sem bombeamento. No

entanto, com a instalação do *booster* Alto Lage esta linha será interrompida para fazer a alimentação do mesmo e a interligação ao *booster* se fará por um trecho projetado, com cerca de 230 m, em DN600.

A Figura 12 apresenta a variação de perda de carga unitária dessa linha de recalque, num período de 48 horas, no cenário proposto.

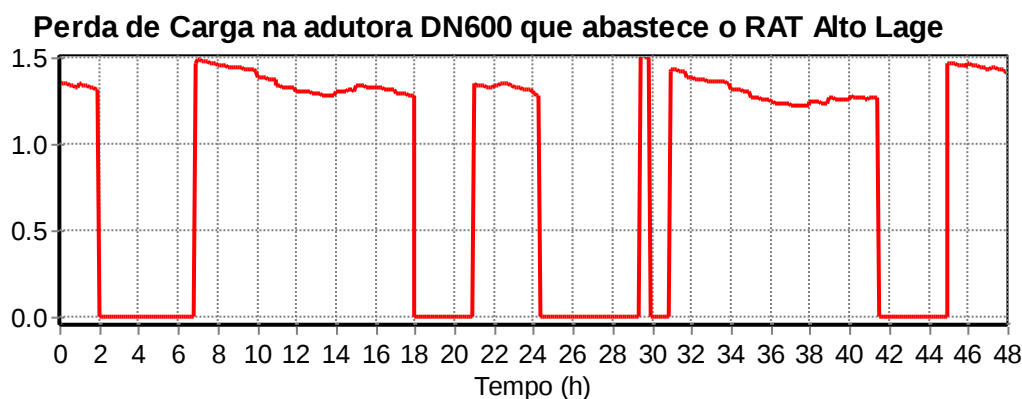


Figura 12 – Variação diária de perda de carga unitária na adutora DN600 que abastece o reservatório Alto Lage para o ano 2031.

Neste trecho projetado não se fez necessária a proposição de dispositivos de ventosa e descarga.

A Figura 10 permite verificar o caminhamento do trecho projetado e o ponto de interligação na adutora existente. O projeto detalhado deste trecho da linha de recalque RAT Alto Lage está apresentado no Anexo 04 deste relatório.

3.3.4 Linha de Recalque RAT Valverde

Hoje, existe uma linha DN500, que parte da adutora de alimentação do RAT Alto Lage, e chega ao RAT Valverde. Com a entrada do *booster*, a interligação desta linha com a adutora DN600 será fechada. A interligação ao sistema se fará então por um trecho projetado, deste ponto até o *booster* Alto Lage.

Verifica-se na adutora DN500 existente uma perda de carga unitária muito elevada, que associada à sua extensão de cerca de 2.2 km provoca uma perda de carga total bastante significativa no trecho, já para o cenário 2021. Assim sendo, o trecho complementar que fará a integração da linha DN500 ao sistema, foi projetado em DN600. Este trecho tem cerca de 600 m, e configura a linha de recalque RAT Valverde detalhada neste trabalho.

A Figura 13 apresenta a variação de perda de carga unitária dessa linha de recalque, num período de 48 horas, para os trechos existente (DN500) e projetado (DN600), no cenário proposto.

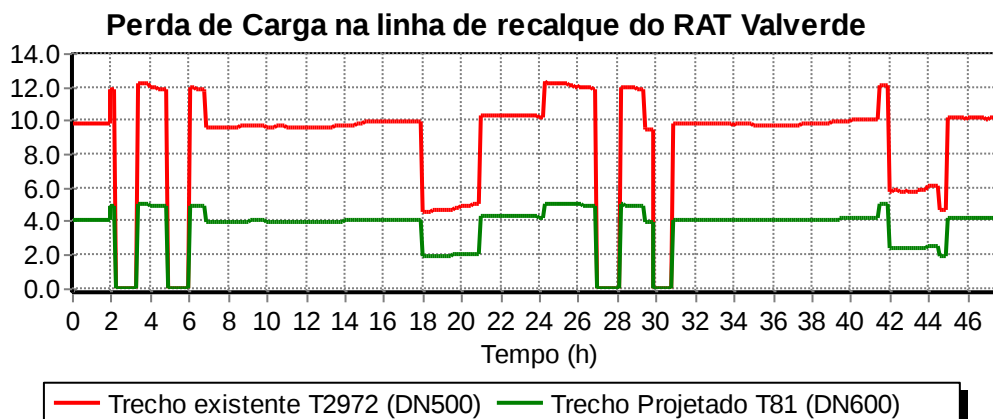


Figura 13 – Variação diária de perda de carga unitária na linha de recalque do RAT Valverde.

O estudo não previu um reforço para esta linha, levando em conta que a mesma se encontrava em fase de construção na altura de execução do mesmo, e foi possível contornar a perda de carga no dimensionamento do *booster* RAT Valverde. No entanto, ressalta-se que esta não é a melhor solução pois impõe ao sistema uma demanda desnecessária de energia, além de impor ao reservatório Valverde um funcionamento apenas satisfatório.

Neste trecho projetado da linha de recalque RAT Valverde foi prevista a instalação de uma descarga e uma ventosa, cujo posicionamento e diâmetro encontram-se apresentados na Tabela 4. As planilhas de dimensionamento desses dispositivos estão apresentadas no Anexo 03 deste relatório

Tabela 4 – Posicionamento e diâmetro das descargas e ventosas na linha de recalque RAT Valverde.

	Unidades	Estaca	Diâmetro (mm)
Descarga	01	04+6,09	250
Ventosa	01	29+9,53	100

A Figura 10 permite verificar o caminhamento do trecho projetado e o ponto de interligação na adutora existente. O projeto detalhado deste trecho está apresentado no Anexo 04 deste relatório.

ANEXOS

ANEXO 01 – DIMENSIONAMENTO DO BOOSTER ALTO LAGE

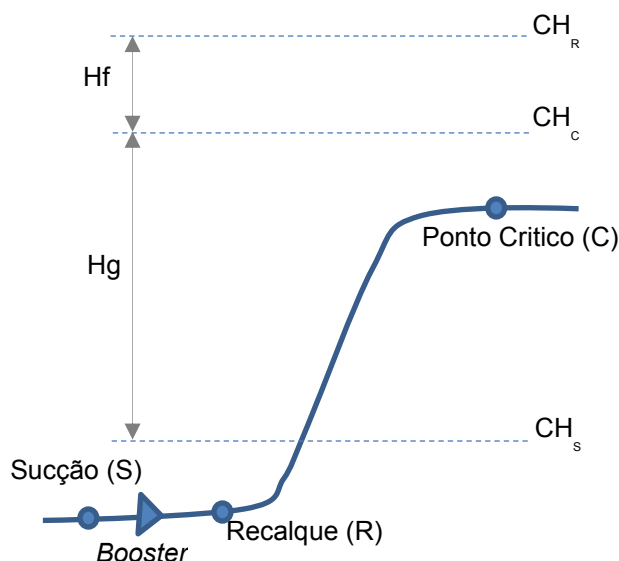
Seguem as planilhas de dimensionamento dos *boosters* RAT Alto Lage e RAT Valverde.

Booster RAT Alto Lage

1. Dados do Sistema (EPANET)

		Referência no EPANET	Cota (m)
Bomba	Nó de Sucção (S)	N88	40.0
	Nó de Recalque (R)	N5760	
Ponto Crítico (C)		RV-AL	61.0

Horas	Carga hidráulica (m)			Vazão (l/s)	
	N88	N5760	RV-AL	1 bomba	recalque
00:00	59.23	70.63	65.00	226.15	226.15
01:00	59.62	71.05	65.47	225.21	225.21
02:00	66.73	66.73	65.92	0.00	0.00
03:00	74.88	74.88	65.45	0.00	0.00
04:00	66.51	66.51	64.99	0.00	0.00
05:00	74.03	74.03	64.53	0.00	0.00
06:00	73.90	73.90	64.03	0.00	0.00
07:00	58.79	69.74	63.53	237.79	237.79
08:00	58.87	69.92	63.83	235.35	235.35
09:00	58.97	70.08	64.07	233.79	233.79
10:00	58.73	70.02	64.25	228.93	228.93
11:00	58.46	69.93	64.39	224.26	224.26
12:00	58.35	69.92	64.51	221.59	221.59
13:00	58.32	69.95	64.63	219.95	219.95
14:00	58.57	70.15	64.75	221.42	221.42
15:00	59.02	70.47	64.91	224.77	224.77
16:00	59.14	70.64	65.13	223.61	223.61
17:00	59.10	70.71	65.35	220.52	220.52
18:00	67.20	67.19	65.53	0.00	0.00
19:00	66.90	66.90	65.25	0.00	0.00
20:00	66.95	66.95	64.99	0.00	0.00
21:00	58.95	70.39	64.82	225.00	225.00
22:00	59.21	70.66	65.10	224.73	224.73
23:00	59.47	70.95	65.44	223.86	223.86
Média	62.50	70.10	64.83	150.71	150.71
Máxima	-	74.88	65.92	-	-
Mínima	58.32	-	-	-	-



H_m = Altura Manométrica (m)

H_g = Altura Geométrica (m)

H_f = Perda de Carga (m)

CH_s = Carga Hidráulica na sucção do booster (m)

CH_r = Carga Hidráulica no recalque do booster (m)

CH_c = Carga Hidráulica no ponto crítico (m)

K_1 = Coeficiente de perda de carga linear

K_2 = Coeficiente de perda de carga localizada

K = Coeficiente de perda de carga médio

Q = Vazão de recalque (m^3/s)

Nota: Caso a elevatória possua variador de velocidade, operando em determinados horários do dia, é conveniente que o sistema apresente uma curva para cada momento de operação.

A altura manométrica é dada por:

$$H_m = H_g + H_f \quad (\text{Eq. 1})$$

A perda de carga corresponde a:

$$H_f = K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2 \quad (\text{Eq. 2})$$

onde, K_1 relaciona-se às perdas lineares e K_2 às perdas localizadas.

Assim sendo a curva do sistema, em função da vazão, pode ser escrita como:

$$H_m = H_g + K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2 \quad (\text{Eq. 3})$$

No entanto, como os dados do sistema provêm do modelo EPANET, e as perdas localizadas foram modeladas juntamente com as perdas lineares, é razoável considerar a seguinte aproximação:

$$K_1 = K_2 = K \quad (\text{Eq. 4})$$

$$H_m = H_g + K \times Q^{1.85} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$K = \frac{H_m - H_g}{Q^{1.85}} \quad (\text{Eq. 6})$$

Em função da carga hidráulica no sistema temos:

$$H_g = CH_C - CH_S \quad (\text{Eq. 7})$$

$$H_f = CH_R - CH_C \quad (\text{Eq. 8})$$

Conforme dados do sistema provenientes do EPANET tem-se:

Carga Hidráulica na sucção do booster, CH_S (m):

58.32

Carga Hidráulica no recalque, CH_R (m):

74.88

Carga Hidráulica no ponto crítico, CH_C (m):

65.92

Altura Geométrica, H_g (m):

4.74

A perda de carga hora a hora calculada conforme (Eq. 8) apresenta-se na tabela abaixo.

Horas	Hf (m)	Q (l/s)	K
00:00	5.63	226.15	88
01:00	5.58	225.21	88
02:00	0.81	0.00	
03:00	9.43	0.00	
04:00	1.52	0.00	
05:00	9.50	0.00	
06:00	9.87	0.00	
07:00	6.21	237.79	89
08:00	6.09	235.35	89
09:00	6.01	233.79	88
10:00	5.77	228.93	88
11:00	5.54	224.26	88
12:00	5.41	221.59	88
13:00	5.32	219.95	88
14:00	5.40	221.42	88
15:00	5.56	224.77	88
16:00	5.51	223.61	88
17:00	5.36	220.52	88
18:00	1.66	0.00	
19:00	1.65	0.00	
20:00	1.96	0.00	
21:00	5.57	225.00	88
22:00	5.56	224.73	88
23:00	5.51	223.86	88
Média			88

Admitindo um K médio e, considerando a altura geométrica calculada, tem-se a curva média do sistema dada pela equação a seguir:

$$H_m = 4.74 + 88.05 \times Q^{1.85} \quad (\text{Eq. 9})$$

Com base na Eq. 9, tem-se:

Vazão (l/s)	Hm (m)
0.00	4.74
50.00	5.09
100.00	5.98
150.00	7.37
200.00	9.22
250.00	11.52
300.00	14.23
320.00	15.44

2. Dados do Conjunto Motobomba

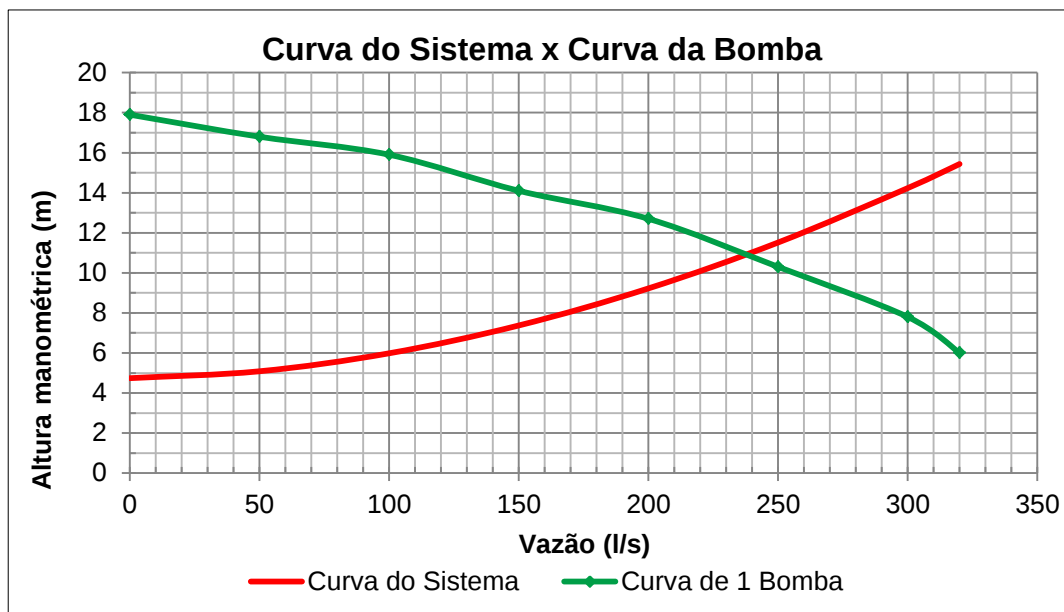
Marca da Bomba	KSB
Modelo da Bomba	OMEGA 300-435 B
Diâmetro do Rotor (mm)	358
Rotação (rpm)	879
Eficiência consid. p/ o Motor (%)	94
Número de Conjuntos	1+1
Variador de velocidade	Não

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

Vazão (l/s)			Hm (m)
1 bomba	2 bombas	3 bombas	
0.00	0.00	0.00	17.90
50.00	100.00	150.00	16.80
100.00	200.00	300.00	15.90
150.00	300.00	450.00	14.10
200.00	400.00	600.00	12.70
250.00	500.00	750.00	10.30
300.00	600.00	900.00	7.80

3. Condição de Trabalho

O Gráfico a seguir apresenta o ponto de trabalho da bomba (interseção entre as curvas da bomba e do sistema).



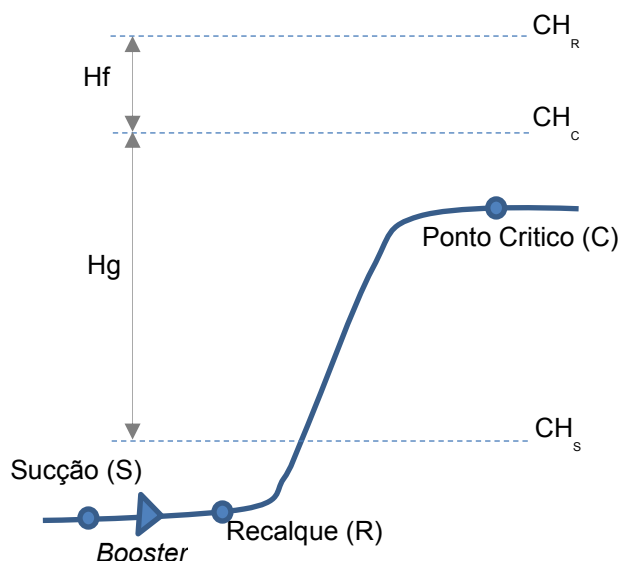
Ponto de Trabalho da Bomba	Vazão de recalque (l/s)	238.0
	Vazão por bomba (l/s)	238.0
	Altura Manométrica (m)	11
	Eficiência da Bomba (%)	82
Potência Requerida (cv)		45.3
Potência Instalada (cv)		50

Booster RAT Valverde

1. Dados do Sistema (EPANET)

		Referência no EPANET	Cota (m)
Bomba	Nó de Sucção (S)	N90	40.0
	Nó de Recalque (R)	N91	
Ponto Crítico (C)		RV-V	55.0

Horas	Carga hidráulica (m)			Vazão (l/s)	
	N90	N91	RV-V	1 bomba	recalque
00:00	59.23	78.80	58.00	408.09	408.09
01:00	59.62	79.21	58.43	407.83	407.83
02:00	66.73	84.09	58.93	452.15	452.15
03:00	74.88	74.88	58.33	0.00	0.00
04:00	66.51	83.78	58.44	453.93	453.93
05:00	74.03	74.03	58.93	0.00	0.00
06:00	73.90	73.90	58.01	0.00	0.00
07:00	58.79	78.64	58.37	402.45	402.45
08:00	58.88	78.71	58.40	402.84	402.84
09:00	58.98	78.76	58.35	403.85	403.85
10:00	58.73	78.56	58.25	402.86	402.86
11:00	58.46	78.34	58.11	402.00	402.00
12:00	58.35	78.22	57.96	402.21	402.21
13:00	58.32	78.15	57.84	402.90	402.90
14:00	58.57	78.28	57.73	405.41	405.41
15:00	59.03	78.55	57.66	408.98	408.98
16:00	59.15	78.64	57.70	409.57	409.57
17:00	59.10	78.63	57.74	408.97	408.97
18:00	67.21	67.18	57.73	0.00	0.00
19:00	66.91	66.88	57.21	0.00	0.00
20:00	66.96	66.93	56.73	0.00	0.00
21:00	58.96	78.05	56.34	417.56	417.56
22:00	59.21	78.27	56.50	418.22	418.22
23:00	59.47	78.53	56.76	418.23	418.23
Média	62.50	77.00	57.85	309.50	309.50
Máxima	-	84.09	58.93	-	-
Mínima	58.32	-	-	-	-



H_m = Altura Manométrica (m)

H_g = Altura Geométrica (m)

H_f = Perda de Carga (m)

CH_s = Carga Hidráulica na sucção do booster (m)

CH_r = Carga Hidráulica no recalque do booster (m)

CH_c = Carga Hidráulica no ponto crítico (m)

K_1 = Coeficiente de perda de carga linear

K_2 = Coeficiente de perda de carga localizada

K = Coeficiente de perda de carga médio

Q = Vazão de recalque (m^3/s)

Nota: Caso a elevatória possua variador de velocidade, operando em determinados horários do dia, é conveniente que o sistema apresente uma curva para cada momento de operação.

A altura manométrica é dada por:

$$H_m = H_g + H_f \quad (\text{Eq. 1})$$

A perda de carga corresponde a:

$$H_f = K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2 \quad (\text{Eq. 2})$$

onde, K_1 relaciona-se às perdas lineares e K_2 às perdas localizadas.

Assim sendo a curva do sistema, em função da vazão, pode ser escrita como:

$$H_m = H_g + K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2 \quad (\text{Eq. 3})$$

No entanto, como os dados do sistema provêm do modelo EPANET, e as perdas localizadas foram modeladas juntamente com as perdas lineares, é razoável considerar a seguinte aproximação:

$$K_1 = K_2 = K \quad (\text{Eq. 4})$$

$$H_m = H_g + K \times Q^{1.85} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$K = \frac{H_m - H_g}{Q^{1.85}} \quad (\text{Eq. 6})$$

Em função da carga hidráulica no sistema temos:

$$H_g = CH_C - CH_S \quad (\text{Eq. 7})$$

$$H_f = CH_R - CH_C \quad (\text{Eq. 8})$$

Conforme dados do sistema provenientes do EPANET tem-se:

Carga Hidráulica na sucção do booster, CH_S (m):

58.32

Carga Hidráulica no recalque, CH_R (m):

84.09

Carga Hidráulica no ponto crítico, CH_C (m):

58.93

Altura Geométrica, H_g (m):

-8.07

A perda de carga hora a hora calculada conforme (Eq. 8) apresenta-se na tabela abaixo.

Horas	Hf (m)	Q (l/s)	K
00:00	20.80	408.09	109
01:00	20.78	407.83	109
02:00	25.16	452.15	109
03:00	16.55	0.00	
04:00	25.34	453.93	109
05:00	15.10	0.00	
06:00	15.89	0.00	
07:00	20.27	402.45	109
08:00	20.31	402.84	109
09:00	20.41	403.85	109
10:00	20.31	402.86	109
11:00	20.23	402.00	109
12:00	20.26	402.21	109
13:00	20.31	402.90	109
14:00	20.55	405.41	109
15:00	20.89	408.98	109
16:00	20.94	409.57	109
17:00	20.89	408.97	109
18:00	9.45	0.00	
19:00	9.67	0.00	
20:00	10.20	0.00	
21:00	21.71	417.56	109
22:00	21.77	418.22	109
23:00	21.77	418.23	109
Média			109

Admitindo um K médio e, considerando a altura geométrica calculada, tem-se a curva média do sistema dada pela equação a seguir:

$$H_m = -8.07 + 109.21 \times Q^{1.85} \quad (\text{Eq. 9})$$

Com base na Eq. 9, tem-se:

Vazão (l/s)	Hm (m)
0.00	-8.07
100.00	-6.53
200.00	-2.51
300.00	3.70
400.00	11.98
500.00	22.22
600.00	34.38
625.00	37.71

2. Dados do Conjunto Motobomba

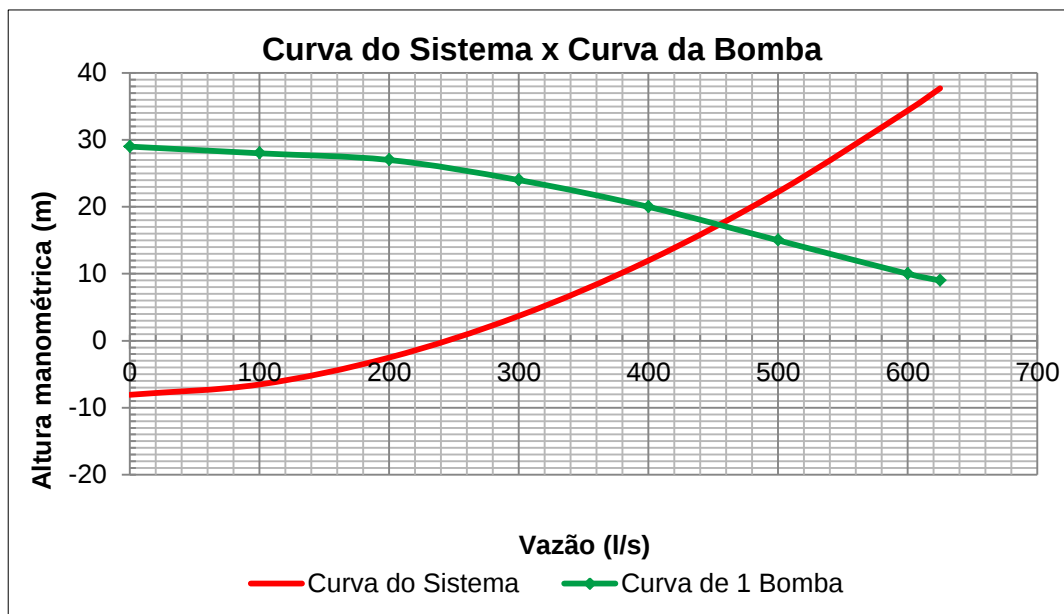
Marca da Bomba	KSB
Modelo da Bomba	OMEGA 350-430 B
Diâmetro do Rotor (mm)	367
Rotação (rpm)	1191
Eficiência consid. p/ o Motor (%)	94
Número de Conjuntos	1+1
Variador de velocidade	Não

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

Vazão (l/s)			Hm (m)
1 bomba	2 bombas	3 bombas	
0.00	0.00	0.00	29.00
100.00	200.00	300.00	28.00
200.00	400.00	600.00	27.00
300.00	600.00	900.00	24.00
400.00	800.00	1200.00	20.00
500.00	1000.00	1500.00	15.00
600.00	1200.00	1800.00	10.00

3. Condição de Trabalho

O Gráfico a seguir apresenta o ponto de trabalho da bomba (interseção entre as curvas da bomba e do sistema).



Ponto de Trabalho da Bomba	Vazão de recalque (l/s)	455.0
	Vazão por bomba (l/s)	455.0
	Altura Manométrica (m)	18
	Eficiência da Bomba (%)	81
Potência Requerida (cv)		143.4
Potência Instalada (cv)		150

ANEXO 02 – ESPECIFICAÇÃO DOS CONJUNTOS MOTOBOMBA

Booster RAT Alto Lage

A Tabela A1 apresentam as principais características do conjunto motobomba sugerido para o referido *booster*.

Tabela A1 – Características dos conjuntos motobomba do *booster* RAT Alto Lage.

Bomba	Fluido a ser bombeado		Água tratada
	Ponto de Trabalho	Vazão (l/s)	238.0
		Altura manométrica (m)	11.0
		Rendimento mínimo (%)	82.0
	Potência do motor (cv)		50
	Rotação (rpm)		879
	Propulsor (mm)		358
	Pintura		Anticorrosiva
	Montagem		Voluta simples, com descarga posicionada na vertical
	Tipo da bomba		Centrífuga
	Posição do eixo		Horizontal
	Intervalo recomendado para operação da bomba	Vazão mínima (l/s)	78
		Vazão máxima (l/s)	320
		Altura manométrica p/ Q _{mín} (m)	16
		Altura manométrica p/ Q _{máx} (m)	6
	Diâmetro da sucção (mm)		400
	Diâmetro do recalque (mm)		300
	NPSH requerido (m)		3.83
Motor	Instalação		Trifásico
	Tensão (DN) de linha (V)		220
	Tipo do rotor		Gaiola
	Potência máxima (cv)		50
	Número de polos		8
	Frequência (Hz)		60
	Rendimento		Alto rendimento
	Grau de proteção		IP55
	Categoria		N
	Forma construtiva da carcaça		Ferro Fundido
	Fator de potência (100% de carga)		0.85
	Fator de serviço		1.00
	Nível de ruído (dB)		60
	Regime de serviço ⁽¹⁾		S1

⁽¹⁾ S1 (contínuo).

Booster RAT Valverde

A Tabela A2 apresentam as principais características do conjunto motobomba sugerido para o referido *booster*.

Tabela A2 – Características dos conjuntos motobomba do *booster* RAT Valverde.

Bomba	Fluido a ser bombeado		Água tratada
	Ponto de Trabalho	Vazão (l/s)	455.0
		Altura manométrica (m)	18.0
		Rendimento mínimo (%)	81.0
	Potência do motor (cv)		150
	Rotação (rpm)		1191
	Propulsor (mm)		367
	Pintura		Anticorrosiva
	Montagem		Voluta simples, com descarga posicionada na vertical
	Tipo da bomba		Centrífuga
	Posição do eixo		Horizontal
	Intervalo recomendado para operação da bomba	Vazão mínima (l/s)	125
		Vazão máxima (l/s)	625
		Altura manométrica p/ Q _{mín} (m)	28
		Altura manométrica p/ Q _{máx} (m)	8
	Diâmetro da sucção (mm)		450
	Diâmetro do recalque (mm)		350
	NPSH requerido (m)		6.87
Motor	Instalação		Trifásico
	Tensão (DN) de linha (V)		220
	Tipo do rotor		Gaiola
	Potência máxima (cv)		150
	Número de polos		6
	Frequência (Hz)		60
	Rendimento		Alto rendimento
	Grau de proteção		IP55
	Categoria		N
	Forma construtiva da carcaça		Ferro Fundido
	Fator de potência (100% de carga)		0.84
	Fator de serviço		1.00
	Nível de ruído (dB)		64
	Regime de serviço ⁽¹⁾		S1

⁽¹⁾ S1 (contínuo).

ANEXO 03 – DIMENSIONAMENTO DAS DESCARGAS E VENTOSAS

Adutora de Alimentação

1. Dados do perfil da adutora

Identificação da descarga:

Diâmetro da adutora a montante da descarga, D_1 (mm):

Diâmetro da adutora a jusante da descarga, D_2 (mm):

Cota máxima à montante, $C_{\max_1}$ (m):

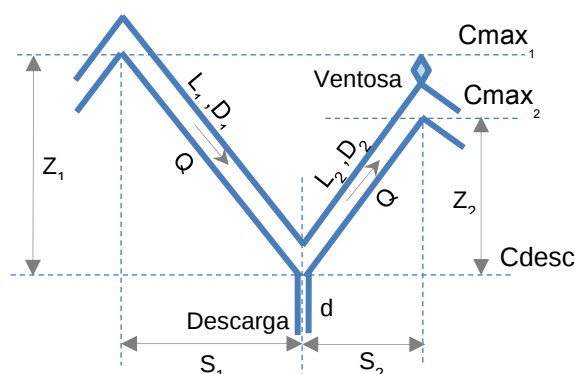
Cota máxima à jusante, $C_{\max_2}$ (m):

Cota do ponto de descarga, C_{desc} (m):

Distância horizontal entre a descarga e o ponto alto à montante, S_1 (m):

Distância horizontal entre a descarga e o ponto alto à jusante, S_2 (m):

D01
800
800
34.52
35.38
32.11
97.50
42.83



2. Geometria dos trechos

As alturas máximas de cada trecho, assim como a altura média de descarga é dada pelas equações 1 a 3 a seguir:

$$Z_1 = C_{\max_1} - C_{\text{desc}} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$Z_2 = C_{\max_2} - C_{\text{desc}} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$Z_m = \frac{Z_1 + Z_2}{2} \quad (\text{Eq. 3})$$

O comprimento dos trechos é calculado pelas equações 4 a 6 a seguir:

$$L_1 = \sqrt{S_1^2 + Z_1^2} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$L_2 = \sqrt{S_2^2 + Z_2^2} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$L = L_1 + L_2 \quad (\text{Eq. 6})$$

Altura máxima à montante, Z_1 (m):

Altura máxima à jusante, Z_2 (m):

Altura média, Z_m (m):

Comprimento do trecho à montante, L_1 (m):

Comprimento do trecho à jusante, L_2 (m):

Comprimento total a ser descarregado, L (m):

2.41
3.27
2.84
97.53
42.95
140.48

3. Cálculo do diâmetro da descarga

O diâmetro da descarga (d) é dado pela equação abaixo:

$$\frac{D}{d} = 65 \sqrt{\frac{T}{60} \frac{\sqrt{Z_m}}{L}} \quad (\text{Eq. 7})$$

onde o tempo de descarregamento (T) deve ser arbitrado com base nas condições de descarga que se pretende.

Tempo máximo de descarregamento adotado, $T_{\text{máx}}$ (min):

Diâmetro da descarga, d (mm):

Diâmetro comercial adotado, DN (mm):

Tempo efetivo de descarregamento, T (min):

10
275.24
300
8.4

4. Verificação das velocidades na descarga

As velocidades máxima, mínima, e média são dadas pelas equações seguintes:

$$V_{\text{máx}} = 2.50 \sqrt{Z_{\text{máx}}} \left(\frac{d}{D} \right)^2 \quad (\text{Eq. 8})$$

$$V_{\text{mín}} = 1.25 \sqrt{Z_{\text{mín}}} \left(\frac{d}{D} \right)^2 \quad (\text{Eq. 9})$$

$$V_{\text{méd}} = \frac{(V_{\text{máx}} + V_{\text{mín}})}{2} \quad (\text{Eq. 10})$$

onde $Z_{\text{máx}}$ corresponde a maior e $Z_{\text{mín}}$ corresponde a menor, das alturas máximas (Z_1 e Z_2) dos ramos adjacentes a descarga.

Valor máximo entre Z_1 e Z_2 , $Z_{\text{máx}}$ (m):	3.27
Valor mínimo entre Z_1 e Z_2 , $Z_{\text{mín}}$ (m):	2.41
Velocidade máxima, $V_{\text{máx}}$ (m/s):	0.64
Velocidade mínima, $V_{\text{mín}}$ (m/s):	0.27
Velocidade média, $V_{\text{méd}}$ (m/s):	0.45

A velocidade média de descarga é superior a 0.35 m/s, atendendo às condições de arraste.

5. Determinação dos diâmetros da ventosa

Identificação da ventosa:	V01
Vazão máxima na adutora, Q (l/s):	692
Diâmetro da adutora, D (mm):	800

Uma regra prática utilizada para o dimensionamento de ventosas considera uma seção de passagem de ar igual ou maior a 1/8 da seção da adutora. Segundo este critério temos:

Diâmetro mínimo da ventosa, $dm_{\text{mín}}$ (mm):	100
---	-----

No entanto, com a evolução construtiva desses dispositivos, que vem aumentando a sua eficiência, é prática comum a utilização de catálogos de fabricantes para a determinação do diâmetro a ser utilizado. Segue uma tabela de seleção comercial de ventosas de triplice função como referência.

dv (mm)	$Q_{\text{máx}}$ (l/s)
50	148
75	278
100	677
150	3320
200	5460

Com base no exposto adotou-se o diâmetro abaixo:

Diâmetro adotado para ventosa, dv (mm):	100
---	-----

Linha de Recalque RAT Valverde

1. Dados do perfil da adutora

Identificação da descarga:

Diâmetro da adutora a montante da descarga, D_1 (mm):

Diâmetro da adutora a jusante da descarga, D_2 (mm):

Cota máxima à montante, $C_{\max_1}$ (m):

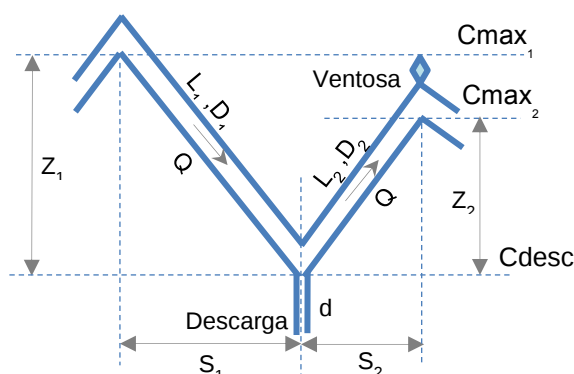
Cota máxima à jusante, $C_{\max_2}$ (m):

Cota do ponto de descarga, C_{desc} (m):

Distância horizontal entre a descarga e o ponto alto à montante, S_1 (m):

Distância horizontal entre a descarga e o ponto alto à jusante, S_2 (m):

D02
600
600
37.79
54.14
30.65
89.82
503.45



2. Geometria dos trechos

As alturas máximas de cada trecho, assim como a altura média de descarga é dada pelas equações 1 a 3 a seguir:

$$Z_1 = C_{\max_1} - C_{\text{desc}} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$Z_2 = C_{\max_2} - C_{\text{desc}} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$Z_m = \frac{Z_1 + Z_2}{2} \quad (\text{Eq. 3})$$

O comprimento dos trechos é calculado pelas equações 4 a 6 a seguir:

$$L_1 = \sqrt{S_1^2 + Z_1^2} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$L_2 = \sqrt{S_2^2 + Z_2^2} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$L = L_1 + L_2 \quad (\text{Eq. 6})$$

Altura máxima à montante, Z_1 (m):

Altura máxima à jusante, Z_2 (m):

Altura média, Z_m (m):

Comprimento do trecho à montante, L_1 (m):

Comprimento do trecho à jusante, L_2 (m):

Comprimento total a ser descarregado, L (m):

7.14
23.49
15.31
90.10
504.00
594.10

3. Cálculo do diâmetro da descarga

O diâmetro da descarga (d) é dado pela equação abaixo:

$$\frac{D}{d} = 65 \sqrt{\frac{T}{60} \frac{\sqrt{Z_m}}{L}} \quad (\text{Eq. 7})$$

onde o tempo de descarregamento (T) deve ser arbitrado com base nas condições de descarga que se pretende.

Tempo máximo de descarregamento adotado, $T_{\text{máx}}$ (min):

Diâmetro da descarga, d (mm):

Diâmetro comercial adotado, DN (mm):

Tempo efetivo de descarregamento, T (min):

15
227.48
250
12.4

4. Verificação das velocidades na descarga

As velocidades máxima, mínima, e média são dadas pelas equações seguintes:

$$V_{\text{máx}} = 2.50 \sqrt{Z_{\text{máx}}} \left(\frac{d}{D} \right)^2 \quad (\text{Eq. 8})$$

$$V_{\text{mín}} = 1.25 \sqrt{Z_{\text{mín}}} \left(\frac{d}{D} \right)^2 \quad (\text{Eq. 9})$$

$$V_{\text{méd}} = \frac{(V_{\text{máx}} + V_{\text{mín}})}{2} \quad (\text{Eq. 10})$$

onde $Z_{\text{máx}}$ corresponde a maior e $Z_{\text{mín}}$ corresponde a menor, das alturas máximas (Z_1 e Z_2) dos ramos adjacentes a descarga.

Valor máximo entre Z_1 e Z_2 , $Z_{\text{máx}}$ (m):	23.49
Valor mínimo entre Z_1 e Z_2 , $Z_{\text{mín}}$ (m):	7.14
Velocidade máxima, $V_{\text{máx}}$ (m/s):	2.10
Velocidade mínima, $V_{\text{mín}}$ (m/s):	0.58
Velocidade média, $V_{\text{méd}}$ (m/s):	1.34

A velocidade média de descarga é superior a 0.35 m/s, atendendo às condições de arraste.

5. Determinação dos diâmetros da ventosa

Identificação da ventosa:	V02
Vazão máxima na adutora, Q (l/s):	454
Diâmetro da adutora, D_2 (mm):	600

Uma regra prática utilizada para o dimensionamento de ventosas considera uma seção de passagem de ar igual ou maior a 1/8 da seção da adutora. Segundo este critério temos:

Diâmetro mínimo da ventosa, $d_{\text{mínv}}$ (mm):	75
---	----

No entanto, com a evolução construtiva desses dispositivos, que vem aumentando a sua eficiência, é prática comum a utilização de catálogos de fabricantes para a determinação do diâmetro a ser utilizado. Segue uma tabela de seleção comercial de ventosas de triplice função como referência.

d_v (mm)	$Q_{\text{máx}}$ (l/s)
50	148
75	278
100	677
150	3320
200	5460

Com base no exposto adotou-se o diâmetro abaixo:

Diâmetro adotado para ventosa, d_v (mm):	100
--	-----

ANEXO 04 – DESENHOS

A Tabela A3 apresenta a lista dos desenhos referentes ao projeto hidráulico do *booster* Alto Lage, da adutora de alimentação e das linhas de recalque.

Tabela A3 – Lista de Desenhos do Projeto Hidráulico do *booster* Alto Lage e das linhas de alimentação e de recalque.

	NÚMERO DA CESAN	REFERÊNCIA DO DESENHO	SITUAÇÃO
1	A-045-000-60-5-XX-0162	Adutora de Alimentação e Linhas de Recalque – Planta de Situação	Emissão
2	A-045-000-60-5-XX-0163	Adutora de Alimentação – Planta, Perfil, Interligação 01, Descarga 01, Ventosa 01 e LM	Emissão
3	A-045-000-60-5-XX-0164	Linha de Recalque RAT Alto Lage – Planta, Perfil, Interligação 02 e LM	Emissão
4	A-045-000-60-5-XX-0165	Linha de Recalque RAT Valverde (01/02) – Planta, Perfil e LM	Emissão
5	A-045-000-60-5-XX-0166	Linha de Recalque RAT Valverde (02/02) – Interligação 03, Descarga 02, Ventosa 02 e LM	Emissão
6	A-045-000-60-5-XX-0167	<i>Booster</i> Alto Lage – Planta de Situação	Emissão
7	A-045-000-60-5-XX-0168	<i>Booster</i> Alto Lage – Urbanização	Emissão
8	A-045-000-60-5-XX-0174	<i>Booster</i> Alto Lage – Perspectivas	Emissão
9	A-045-000-60-5-XX-0169	<i>Booster</i> Alto Lage – Planta Baixa e Corte AA	Emissão
10	A-045-000-60-5-XX-0170	<i>Booster</i> Alto Lage – Corte BB, Corte CB e Perspectivas	Emissão
11	A-045-000-60-5-XX-0171	<i>Booster</i> Alto Lage – Vista A, Corte DD e Perspectiva	Emissão
12	A-045-000-60-5-XX-0172	<i>Booster</i> Alto Lage – Detalhes: Portão P1, Porta P2, Manômetro E Canaleta	Emissão
13	A-045-000-60-5-XX-0173	<i>Booster</i> Alto Lage – Detalhamento da Passarela e das Peças em Aço	Emissão