



*Companhia de Saneamento do Pará*

ELABORAÇÃO DE ESTUDO DE CONCEPÇÃO E PROJETO BÁSICO PARA ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO 3º SETOR, ABRANGENDO OS BAIRROS NAZARÉ, UMARIZAL, REDUTO, DOCA E PARTE DO CENTRO DE BELÉM - REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM.

## PROJETO BÁSICO DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

### TOMO I PROJETOS HIDRÁULICO, ARQUITETÔNICO E CIVIL

#### VOLUME 1 MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO





**HITA**

---

**ELABORAÇÃO DE ESTUDO DE CONCEPÇÃO E PROJETOS BÁSICOS  
PARA ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA  
DO 3º SETOR, ABRANGENDO OS BAIROS NAZARÉ, UMARIZAL,  
REDUTO, DOCA E PARTE DO CENTRO DE BELÉM – REGIÃO  
METROPOLITANA DE BELÉM, ESTADO DO PARÁ**

## **PROJETO BÁSICO**

**TOMO I**

**PROJETOS HIDRÁULICO, ARQUITETÔNICO E CIVIL**

**VOLUME 1**

**MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO**

**DEZEMBRO/2017**



**HITA**

---

**APRESENTAÇÃO**



## APRESENTAÇÃO

A HITA Engenharia e Arquitetura Ltda., no cumprimento do contrato nº 20/2015, apresenta à Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA, os Projetos Hidráulico, Arquitetônico e Civil, parte integrante da Elaboração do Estudo de Concepção e Projetos Básicos para Adequação do Sistema de Abastecimento de Água do 3º Setor, abrangendo os Bairros Nazaré, Umarizal, Reduto, Doca e Parte do Centro de Belém – Região Metropolitana de Belém, Estado do Pará.

<b>TOMO I</b>	- <b>Projetos Hidráulico, Arquitetônico e Civil</b> <b>Volume 1 - Memorial Descritivo e de Cálculo</b> Volume 2 - Peças Gráficas
TOMO II	- Projeto Estrutural
TOMO III	- Projeto Contra Incêndio
TOMO IV	- Projeto Elétrico
TOMO V	- Projetos de Automação, Comunicação e Lógica
TOMO VI	- Especificações Técnicas
TOMO VII	- Manual de Operação e Manutenção
TOMO VIII	- Orçamento
TOMO IX	- Serviços Topográficos
TOMO X	- Serviços Geotécnicos e Geológicos

Este relatório intitula-se **Volume 1 – Memorial Descritivo e de Cálculo**, é parte integrante do **TOMO I – Projetos Hidráulico, Arquitetônico e Civil** e contém o memorial descritivo, as memórias de cálculo e a planta geral do sistema projetado.



## SUMÁRIO

<b>1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....</b>	<b>1</b>
1.1. DEMANDAS DE PROJETO CONSIDERADAS PARA O 3º SETOR .....	2
1.2. CAPACIDADE DAS UNIDADES FUNCIONAIS DO 3º SETOR.....	3
1.3. DEFINIÇÃO DA SOLUÇÃO PARA ADEQUAÇÃO E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DO 3º SETOR.....	4
<b>2. SISTEMA PROPOSTO .....</b>	<b>5</b>
2.1. ADUTORA DE ÁGUA TRATADA DA ETA SÃO BRÁS AO 3º SETOR.....	6
2.2. UNIDADES DO CENTRO DE RESERVAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO .....	8
<b>3. MEMÓRIAS DE CÁLCULO .....</b>	<b>17</b>



**HITA**

---

**EQUIPE DE TRABALHO**



## EQUIPE DE TRABALHO

A Equipe de Trabalho responsável pelo desenvolvimento dos serviços referentes aos Projetos Básicos para Adequação do Sistema de Abastecimento de Água do 3º Setor, abrangendo os Bairros Nazaré, Umarizal, Reduto, Doca e Parte do Centro de Belém - Região Metropolitana de Belém, Estado do Pará está apresentada a seguir.

Pela Empresa Contratada - HITA Engenharia e Arquitetura Ltda.

Engenheiro Coordenador	Carlos Enrique Hita
Engenheiro Civil e Sanitarista	Mário César de Brito Mota
Engenheiro Civil	Alexandre Faustino Plenas
Engenheiro Civil	Vasco Francisco Azevedo Pitangueira
Engenheiro Civil	Mário André Freitas
Engenheira Civil	Suely Lustosa Lima
Engenheiro Civil (Estruturalista)	Nagib Charone
Engenheira Eletricista	Heliane Nóbrega
Engenheira Sanitarista e Ambiental	Bárbara Boaventura
Geógrafa	Maria Lúcia Simões
Engenheiro Civil (Orçamentista)	Elizabeth Gomes de Andrade
Arquiteto e Urbanista	José Ricardo Vinagre Nascimento



## 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS



## 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O 3º Setor de Belém é atualmente abastecido pela adutora que parte da Estação de Tratamento de Água - ETA do bairro de São Brás. A ETA São Brás é do tipo convencional, com capacidade de 1,0m³/s. Recebe e trata água bruta aduzida do Sistema Bolonha. Em seguida encaminha a água tratada atendendo ao 1º, 2º e 3º setores localizados na Zona Central de Belém e parcialmente ao 4º Setor, localizado na Avenida José Bonifácio. O sistema produtor de água não é objeto de estudo do presente trabalho.

No caso específico do 3º Setor, a água tratada chega ao Centro de Reservação e Distribuição (CRD), que conta com um reservatório semienterrado (RAP), uma estação elevatória de água tratada (EEAT), um reservatório elevado de distribuição (RED), e uma Subestação elétrica. Tanto a adutora de água tratada, quanto algumas unidades do CRD do 3º Setor dificilmente poderão ser aproveitadas.

### 1.1. DEMANDAS DE PROJETO CONSIDERADAS PARA O 3º SETOR

Na tabela a seguir são apresentados os dados de populações e de demandas previstas no projeto, com as respectivas previsões para o ano de início de operação, bem como para as duas décadas futuras.

Tabela 1.1 - Populações e Demandas Projetadas para o 3º Setor de Belém

Ano	População Projetada (hab.)	Consumo per capita (l/hab.dia)	Índice de Perdas (%)	Consumo per capita efetivo (l/hab.dia)	Demanda Média (l/s)	Demanda Máxima Diária (l/s)	Demanda Máxima Horária (l/s)
2016	63.263	208,00	46,77	390,77	286,12	343,35	515,02
2026	69.092	208,00	35,89	324,42	259,43	311,32	466,98
2036	75.460	208,00	25,00	277,33	242,22	290,66	435,99

A vazão máxima diária de projeto utilizada para os cálculos de dimensionamento das novas unidades foi de 343,35 l/s, considerada para o ano de 2016, e superior às vazões consideradas para os anos de 2026 e 2036. Isto, considerando um programa de redução de perdas.

Na primeira etapa desse programa de redução do índice de perdas no 3º Setor, a COSANPA está desenvolvendo projeto para substituição de tubulações de cimento amianto e para outras intervenções que permitam uma operação mais eficiente da rede de distribuição. A partir dessas intervenções deverão ser implementadas políticas para universalização do atendimento, de cobrança e de atendimento ao cliente, que garantam uma contínua e gradual redução das perdas físicas e das perdas comerciais.



## 1.2. CAPACIDADE DAS UNIDADES FUNCIONAIS DO 3º SETOR

A área do CRD do 3º Setor, que foi implantado há mais de 30 anos, está localizada na Rua João Balbi, esquina com a Rua Dom Romualdo de Seixas, no bairro Umarizal. A distância da ETA São Brás até o CRD é superior a 2km. As unidades de operação específicas para o 3º Setor são as seguintes:

- Adutora de Interligação da ETA São Brás ao CRD do 3º Setor;
- Reservatório Enterrado de Concreto Armado, localizado no CRD do 3º Setor;
- Estação Elevatória de Água Tratada - EEAT, localizada no CRD do 3º Setor;
- Subestação de Energia Elétrica, localizada no CRD do 3º Setor;
- Reservatório Elevado de Distribuição, localizado no CRD do 3º Setor;
- Rede de Distribuição do 3º Setor.

### 1.2.1. Adutora de Interligação da ETA São Brás ao CRD do 3º Setor

A adutora existente tem diâmetro DN700 e escoar a vazão para o 3º Setor com uma carga inicial de aproximadamente 30,0mca. Além de estar localizada em vias de fluxo intenso de veículos, a adutora existente, implantada há mais de 30 anos com tubulações de concreto e aço, encontra-se em condições precárias de operação, sendo que a realização de reparos, quando ocorrem vazamentos de água, é muito difícil e trabalhosa, principalmente devido ao tipo de material. Assim, para garantir a segurança do abastecimento de água à população, será necessário implantar uma nova unidade de adução, já considerando as novas condições de projeto, descartando o aproveitamento da adutora existente.

### 1.2.2. Reservação no CRD do 3º Setor

A capacidade de reservação necessária no 3º Setor, pelo critério de atendimento às flutuações de demanda ao longo do dia, deveria ser entre 1/5 e 1/3 do volume máximo diário distribuído. Partindo de uma demanda máxima diária de 343,35l/s, portanto, corresponderia a um volume entre 5.933m<sup>3</sup> e 9.888m<sup>3</sup>. Considerando-se a recuperação e o aproveitamento do reservatório enterrado, a capacidade de reservação no CRD será de, pelo menos, 8.600m<sup>3</sup>. Essa capacidade de acumulação representa quase 30% da demanda máxima diária, e será suficiente para atender, com folga, as flutuações de demanda no setor.

A recuperação e reaproveitamento do reservatório elevado existente ou a implantação de um novo reservatório elevado proporcionaria uma capacidade de reservação adicional de 500m<sup>3</sup>, que corresponderia a pouco menos de 1,7% da demanda máxima diária do setor. Considerando-se a pequena capacidade do RED, aliada a seu estado de conservação, recomenda-se o abastecimento do setor a partir de bombeamento direto para a rede de distribuição.



### 1.2.3. Recalque de Água Tratada no CRD do 3º Setor

A pressurização da água tratada no 3º Setor é feita, a partir de um poço de sucção vinculado ao reservatório enterrado, com o auxílio de uma estação elevatória de água tratada equipada com três conjuntos motor-bomba. Estes conjuntos operam em paralelo, sendo um deles reserva dos outros dois. As bombas são do tipo bi-partidas, com vazão nominal de 866m<sup>3</sup>/h, cada uma, para elevar a água a ser distribuída ao RED, que se encontra atualmente interdito. Para atender a vazão de projeto do 3º Setor, para as condições de operação que venham a ser definidas, a capacidade desses conjuntos motor-bomba deverá ser, pelo menos, correspondente à demanda máxima horária, que é de 930m<sup>3</sup>/h.

A estrutura da estação elevatória encontra-se bastante degradada, e a intervenção de melhoria necessária, seja a recuperação da mesma ou a sua reformulação, exigirá a readequação e retrofitagem dos barriletes, tarefa muito árdua para bombas tipo bi-partidas. A subestação elétrica e os quadros de comando dos conjuntos motor-bomba também se encontram muito degradados, e deverão ser substituídos e modernizados.

### 1.3. DEFINIÇÃO DA SOLUÇÃO PARA ADEQUAÇÃO E AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DO 3º SETOR

O Sistema Produtor de água tratada não é objeto de estudo desse trabalho. O 3º Setor continuará sendo abastecido a partir da ETA São Brás, que por sua vez recebe água bruta do Sistema Bolonha.

Para definição do novo Sistema Adutor de Água Tratada, tendo em vista o não aproveitamento da adutora existente, foram estudadas quatro alternativas distintas de traçado, todas partindo da EEAT da ETA São Brás e chegando ao Reservatório Enterrado na área do CRD do 3º Setor. Conforme abordado na Fase de Estudos de Concepção, a alternativa vencedora foi a que propunha traçado passando pela Av. Governador Magalhães Barata.

Com relação às unidades do Centro de Reservação e Distribuição do 3º Setor, conforme abordado na Fase de Estudos de Concepção, foram identificadas as principais intervenções necessárias para a adequação e melhoria das unidades existentes, bem como estudadas duas alternativas para distribuição da água: uma admitindo a construção de um novo Reservatório Elevado para alimentar a rede de distribuição; e a outra considerando alimentação da rede diretamente por bombeamento a partir da EEAT, localizada na área do CRD do 3º Setor. Esta última se mostrou a mais viável técnica, econômica e financeiramente.



## 2. SISTEMA PROPOSTO



## 2. SISTEMA PROPOSTO

O sistema proposto para adequação e ampliação do atendimento ao 3º Setor consiste na manutenção do aproveitamento da água tratada proveniente da ETA São Brás, que é recalçada para o CRD do setor pela EEAT, localizada na área da ETA. Esta estação elevatória também é responsável por abastecer os setores 1 e 2, além de parte do setor 4. Atualmente, a água tratada chega ao CRD do 3º Setor através da adutora existente que não será aproveitada. A nova adutora proposta terá traçado, em sua maioria, distinto do atual e encaminhará a água tratada para o Reservatório Enterrado, na área do CRD do 3º Setor. Este reservatório será aproveitado, enquanto que o Reservatório Elevado não. Do Reservatório Enterrado a água será encaminhada para o poço de sucção da EEAT, de onde será bombeada diretamente para a rede de distribuição, atendendo, desta forma, à população do setor. Esta estação elevatória deverá ser totalmente remodelada, juntamente com a subestação.

### 2.1. ADUTORA DE ÁGUA TRATADA DA ETA SÃO BRÁS AO 3º SETOR

O 3º Setor está sendo abastecido através de uma adutora de água tratada de concreto e aço, a partir de um recalque promovido na estação elevatória localizada na área da ETA São Brás. A partir dessa ETA, o traçado da adutora existente se desenvolve pela Av. José Bonifácio, Av. Gov. José Malcher e Av. Alcindo Cacela, seguindo depois pela Rua João Balbi até chegar ao CRD do 3º Setor. Este caminhamento apresenta consideráveis dificuldades de tráfego nas avenidas percorridas, principalmente na Av. Gov. José Malcher, que é transitada por várias linhas de ônibus, e pela qual a Prefeitura Municipal de Belém (PMB) estará implantando uma linha de BRT (Bus Rapid Transit ou transporte rápido por ônibus).

Além de estar localizada em vias de fluxo intenso de veículos, a adutora existente, implantada há mais de 30 anos com tubulações de concreto e aço encontra-se em condições precárias de operação. Assim, para garantir a segurança do abastecimento de água à população, é necessário implantar uma nova unidade de adução, já considerando as novas condições de projeto.

A adutora proposta se notabiliza como a principal unidade a ser projetada nesta ampliação e adequação do 3º Setor, haja vista toda a complexidade que envolve a implantação de uma adutora com grandes dimensões em área urbana bem consolidada com vias de fluxo intenso de veículos.

Os cálculos do dimensionamento desta unidade estão apresentados de forma mais detalhada no capítulo correspondente às “Memórias de Cálculo” neste mesmo relatório.

A nova adutora de água tratada também terá seu início na EEAT da ETA de São Brás e seguirá com escoamento por recalque até o reservatório enterrado na área do CRD do 3º Setor. O traçado da nova adutora de água tratada começará na Av. Governador Magalhães Barata, entrando na Travessa Nove de Janeiro e seguindo pela Rua João Balbi até alcançar a área do CRD do 3º Setor. Este traçado acompanha terrenos mais



altos e com topografia relativamente regular, com pequenos desníveis geométricos, de maneira que não apresenta interferências com o sistema de macrodrenagem de Belém.

Outra particularidade da maior relevância deste traçado, e também vinculado aos terrenos mais altos, é que o solo é natural, em material de primeira categoria, e suficientemente consolidado para facilitar a escavação das valas e a estabilidade da adutora depois do reaterramento das mesmas. O solo natural e o lençol freático mais rebaixado deverão propiciar maior vida útil às tubulações e maior facilidade de manutenção em caso de vazamentos.

A adutora de água tratada projetada será em ferro fundido dúctil, classe K7, com juntas travadas internamente, e terá diâmetro DN600. De seu início, a partir da EEAT na área da ETA de São Brás, até a chegada na área do Centro de Reserva do 3º Setor, onde haverá uma bifurcação em dois ramais, a extensão será de 2.180,14m. Cada ramal também será em ferro fundido dúctil, classe K7, com juntas travadas internamente e DN600, e abastecerá uma das duas câmaras do reservatório enterrado existente. Suas extensões, da bifurcação até cada uma das câmaras do reservatório, serão de 61,75m e 38,19m, totalizando 2.280,08m de adutora e ramais a serem implantados. A previsão é de que o recalque de água tratada opere ao longo de 21 horas por dia, escoando a vazão máxima diária de 392,40l/s.

Foi prevista a implantação de três ventosas de tríplex função, uma no ponto mais alto do traçado e outras duas em pontos em que ocorrem acentuadas inflexões, logo a montante de trechos mais profundos, que visam evitar interferências com tubulações da rede de distribuição do 3º Setor. A primeira ventosa de tríplex função será instalada na estaca 2+0,00m do traçado da adutora de água tratada, no interior da área da ETA São Brás. A segunda será instalada na estaca 36+9,00m, próxima do cruzamento da Av. Magalhães Barata com a Travessa 09 de Janeiro. A terceira ventosa será instalada na estaca 102+0,00m, no ponto mais alto do traçado da adutora, próxima do cruzamento da Rua João Balby com a Av. Generalíssimo Deodoro. As três ventosas de tríplex função serão em ferro fundido e terão diâmetro de 200mm.

Também foram previstas descargas de fundo na adutora de água tratada em dois pontos baixos do traçado, ambas com DN200, com o intuito de possibilitar o esvaziamento da linha adutora para manutenção da mesma, quando necessário. No ponto mais baixo, no cruzamento da Travessa 09 de Janeiro com a Rua João Balbi, na estaca 63+0,00m, foi prevista uma descarga que poderá desaguar no canal existente na passagem Professora Antônia Nunes. Esta descarga, por estar prevista no ponto de cota mais baixa, sofrerá influência do nível do lençol freático no local. A segunda descarga, prevista a montante da primeira, será instalada na estaca 43+16,00m e não sofrerá influência da variação do nível do lençol freático. Esta descarga encaminhará a água para a rede local de drenagem de águas pluviais. A primeira descarga só será ativada quando for necessário fazer algum reparo na adutora, no trecho que não for atendido pela segunda descarga.



## 2.2. UNIDADES DO CENTRO DE RESERVAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO

O Centro de Reservação e Distribuição (CRD) do 3º Setor encontra-se em área situada na esquina da Rua João Balbi com a Rua Dom Romualdo de Seixas e é responsável por toda a reservação e abastecimento do setor. Este CRD foi construído há mais de 30 anos e é composto atualmente pelas seguintes unidades:

- Reservatório Enterrado de Concreto Armado;
- Reservatório Elevado de Distribuição;
- Estação Elevatória de Água Tratada - EEAT;
- Subestação Elétrica.

A área do CRD está praticamente toda ocupada pelas unidades existentes, dificultando previsões de ampliação das unidades de reservação. Na área do setor, não há grandes áreas que permitam a construção de uma nova unidade de reservação, com o porte necessário. No entanto, foi observada a existência de um lote, também de propriedade da COSANPA, que fica localizado em frente à área do CRD do 3º Setor, com áreas separadas pela Rua João Balbi. Este lote apresenta uma área de 15m x 30m e deverá ser incorporado à área do CRD para implantação de novas unidades.

### 2.2.1. Intervenções Previstas

As intervenções previstas na área do CRD do 3º Setor são as seguintes:

- a) Reabilitação das tubulações e dos registros nas entradas e saídas das câmaras do reservatório enterrado, incluindo as descargas de fundo;
- b) Reabilitação da estação elevatória, considerando o redimensionamento dos conjuntos motor-bomba e a inclusão de ponte rolante robusta;
- c) Remanejamento e modernização da subestação elétrica;
- d) Recuperação dos reservatórios enterrado e elevado;
- e) Implantação de sala do operador;
- f) Recuperação geral da área do CRD do 3º Setor.

Os registros nas entradas das câmaras do reservatório enterrado, muito antigos, se encontram em estado precário e com vazamentos. Recomenda-se que sejam substituídos por registros novos, posicionados em caixas mais amplas para facilitar a sua manutenção.

As tubulações e registros de saída das câmaras do reservatório enterrado para o poço de sucção da estação elevatória, antigos e submersos no próprio poço de sucção, também se encontram em estado precário e com vazamentos. Idealmente deveriam ser substituídos por registros novos com diâmetro DN600 ou maior, construindo-se caixa de concreto para que operem em poço seco. Desta maneira seria reduzida a contaminação da água distribuída por conta dos lubrificantes dos registros, aumentada a sua vida útil e facilitada a manutenção dos mesmos.

A reabilitação da estação elevatória visa a garantia da boa operação dessa unidade, bem como da segurança dos operadores nos processos de operação e manutenção.



Com esses objetivos, recomenda-se a substituição dos atuais conjuntos motor-bomba de eixo horizontal com sucção negativa, já em condições muito precárias de operação, por outros de eixo vertical, com bombas do tipo anfíbia, posicionados abaixo do NA do poço de sucção, ou seja, submersos. Esses conjuntos motor-bomba teriam que ser maiores e mais potentes, para garantir o bom atendimento à população.

As condições para maior durabilidade dos equipamentos e maior segurança aos operadores demandaria o rearranjo e robustecimento da estrutura da estação elevatória. A laje superior deveria ser refeita mais robusta, com as aberturas para as bombas reordenadas para otimizar a ocupação dos espaços e o trânsito dos operadores em segurança. Também deverão ser contempladas colunas mais robustas, capazes de suportar uma ponte rolante para a instalação e manutenção dos conjuntos motor-bomba e outras conexões na estação elevatória.

O posicionamento da subestação elétrica acima da laje de cobertura do reservatório enterrado não é adequado, uma vez que as correntes induzidas potencializam a corrosão galvânica das armaduras dessa laje, num processo de degradação crescente, que pode resultar em falhas estruturais e risco à vida. Por esse motivo propõe-se o seu remanejamento. A recomendação de modernização se refere à inclusão de inversores de frequência, para reduzir o consumo de energia elétrica durante os horários noturnos e de demanda reduzida.

A recuperação do reservatório enterrado deverá considerar, além da substituição de registros de entrada e saída, a recuperação das superfícies degradadas e/ou com armaduras expostas, a impermeabilização completa das duas câmaras de reservação e, se for o caso, também do poço de sucção da estação elevatória.

A capacidade do reservatório elevado é muito pequena, e pouco contribui para a compensação das vazões nos horários de maior consumo, de maneira que os novos conjuntos motor-bomba deverão ser dimensionados para garantir o atendimento à população no horário de pico de consumo (Vazão máxima horária). Mesmo sem prever seu reaproveitamento para atendimento à população, recomenda-se que este reservatório seja recuperado parcialmente. Isto porque a área de sua implantação é muito pequena e sua estrutura muito robusta, o que demandaria uma operação de demolição bastante onerosa.

Por outro lado, a concepção construtiva deste reservatório representa um marco histórico de engenharia estrutural. Por este motivo, recomenda-se sua recuperação na forma de reabilitação das escadas de acesso e pinturas internas e externas. Além de representar um ícone da presença da COSANPA, o reservatório poderia ser aberto para visitação periódica de estudantes de engenharia. A impermeabilização da sua cuba não será necessária, uma vez que não será reaproveitado para distribuir água no setor.

Deverá ser construída uma sala para permanência do operador, ou do vigilante, nos horários noturnos, e em condições de segurança. Esse abrigo deverá ter laje de concreto por cima, porta robusta e grades nas janelas, de maneira a evitar a sua



invasão. Também deverá prever cubículo afastado da janela, para evitar exposição indesejada.

A recuperação geral da área consistirá, basicamente, na recuperação das cercas e acessos no entorno, e sua adequação para os novos critérios de segurança patrimonial da COSANPA.

## **2.2.2. Limitações Significativas para as Intervenções Previstas**

A reabilitação das tubulações e registros nas entradas e saídas das câmaras do reservatório enterrado contemplará a substituição e redimensionamento desses equipamentos, bem como a abertura e vedação de “blockouts” nas paredes do reservatório. A reabilitação do poço de sucção e da estação elevatória demandará intervenções estruturais ainda maiores, principalmente da laje onde serão instalados os novos conjuntos motor-bomba. Para fazer essas intervenções será necessário esvaziar total ou parcialmente o reservatório enterrado e esperar o tempo de cura do concreto novo, de maneira que a operação dessas unidades deverá ser interrompida por um tempo não desprezível, durante o qual será necessário prever a implantação de uma estação elevatória provisória, para manter o abastecimento à população.

O remanejamento da subestação elétrica também apresenta seus inconvenientes. Na área já ocupada do CRD do 3º Setor, a área disponível para uma nova subestação é realmente limitada. Não existe espaço para implantar um cubículo de medição e para transformador abrigado (750 kVA). Nessa área só caberia um cubículo de medição, em espaço apertado entre o reservatório elevado e a estação elevatória, e quatro transformadores de poste (3 x 300 kVA + 1 x 45 ou 75 kVA). A implantação do cubículo de medição exigiria o corte das duas árvores existentes nesse local e a redução significativa da área de circulação entre a entrada principal da área e a estação elevatória. Da mesma maneira, os transformadores não ficariam agrupados e seriam posicionados dois a cada lado da estação elevatória. Adicionalmente, as eventuais manutenções dessa subestação seriam feitas em área muito limitada.

Implantar a subestação elétrica no lote da COSANPA do outro lado da rua, como chegou a ser cogitado, não parece ser viável, uma vez que exigiria uma travessia das linhas de força das bombas sobre, ou sob a rua João Balbi, intervenção que dificilmente seria aprovada pela CELPA, visto que, de uma maneira geral, as concessionárias de energia elétrica não aprovam a passagem de linhas de força privadas por logradouros públicos ou lotes de terceiros, por uma questão de segurança.

As obras terão impacto significativo na operação do recalque de água tratada do São Brás e também no abastecimento aos Setores 1 e 2. A reabilitação da estação elevatória, incluindo o isolamento do reservatório enterrado, privará a COSANPA, pelo tempo que dure essa intervenção, da utilização do maior reservatório pulmão do Centro. Dificilmente a ETA e a estação elevatória do São Brás conseguirão ofertar as vazões máximas horárias do Setor 3, e ao mesmo tempo sustentar o atendimento médio para os Setores 1 e 2. Deste modo, será grande a possibilidade de desabastecimento parcial da população dos Setores 1, 2 e 3 durante a execução dessas obras.

Assim, as principais condicionantes que limitam a abordagem para a implantação das intervenções previstas na área do CRD do 3º Setor são as seguintes:

- a) Pouca disponibilidade de área no lote ocupado pela COSANPA - A área ainda disponível no lote da COSANPA onde estão implantados os reservatórios, enterrado e elevado, é muito reduzida, o que dificultará a realização dos serviços necessários e a implantação da nova subestação elétrica;
- b) Dificuldade para realização de manutenções - Após a reabilitação da estação elevatória e da implantação da nova subestação elétrica, o espaço disponível ficará mais reduzido ainda, dificultando os serviços de manutenção e, até, aumentando o risco de acidentes, principalmente nas eventuais manutenções dos cubículos de medição;
- c) Obrigatoriedade de várias etapas construtivas - A abordagem construtiva para a reabilitação da estação elevatória e a implantação da subestação elétrica no lote dos reservatórios existentes requererá implantação de estação elevatória e subestação elétrica provisórias, requerendo várias etapas construtivas e com custos de transição relativamente altos;
- d) Impactos nos abastecimentos dos Setores 1, 2 e 3 - Os ajustes nos processos de operação durante a execução das obras poderão causar impactos no abastecimento do Setor 3 e, provavelmente, também dos Setores 1 e 2.

Considerando os condicionantes descritos, recomenda-se que sejam construídas a nova subestação elétrica e uma nova estação elevatória no lote da COSANPA situado do outro lado da rua João Balbi. Embora esse lote não seja muito grande, permitirá a operação segura e com bons acessos para manutenção dessas unidades. Qualquer que seja a abordagem a ser adotada, a premissa principal deverá ser minimizar os impactos negativos para o abastecimento da população.

### **2.2.3. Abordagem Construtiva considerando a Construção de Nova Estação Elevatória e Nova Subestação Elétrica (Definitivas) no Lote do Outro Lado da Rua João Balbi**

A recomendação para a construção e implantação de nova estação elevatória, definitiva, no lote do outro lado da Rua João Balbi, se fundamenta em algumas vantagens básicas. Em primeiro lugar, em nenhum momento das fases construtivas ficarão interrompidas as duas câmaras do reservatório enterrado (apenas uma de cada vez), de maneira que a adutora de água tratada não necessitará escoar a demanda máxima horária do Setor 3, reduzindo significativamente o impacto negativo no atendimento à população do Centro (Setores 1, 2 e 3).

Adicionalmente, não haverá necessidade de equipamentos provisórios nem de remanejamentos posteriores, reduzindo os custos de operação provisória, pois as fases construtivas serão mais simples. Pelo mesmo motivo, a obra poderá evoluir em ritmo próprio, com menos interrupções e esperas.



Para este arranjo, a abordagem construtiva será a seguinte:

### 2.2.3.1. Primeira Fase Construtiva

- Aquisição dos novos conjuntos motor-bomba de eixo vertical (com bombas anfíbias) com inversores de frequência, dos equipamentos para a subestação elétrica e de todas as peças e conexões necessárias para a obra definitiva;
- Construção da nova estação elevatória, incluindo novo poço de sucção, e das obras civis para a Subestação Elétrica;
- Implantação de tubulação de travessia sob a Rua João Balbi para interligar as câmaras do reservatório enterrado ao novo poço de sucção. Inicialmente essa tubulação seria interligada definitivamente com o novo poço de sucção (por baixo), e terminaria junto à estação elevatória existente, com um tê de derivação, para facilitar as interligações que serão feitas posteriormente.

### 2.2.3.2. Segunda Fase Construtiva (Início da Operação da Nova Estação Elevatória)

- Quando a nova estação elevatória estiver concluída e pronta para operar será esvaziada a câmara do reservatório enterrado contígua à Rua João Balbi, e será entroncada nessa câmara a tubulação de interligação com o novo poço de sucção, a partir do tê de derivação já posicionado (a estação elevatória existente continuará operando com a outra câmara);
- A nova estação elevatória será então testada e iniciará sua operação normal, recalçando água da câmara do reservatório enterrado contígua à Rua João Balbi para a rede de distribuição, com seus inversores de frequência, já em caráter definitivo;
- Em seguida, serão esvaziados e isolados o poço de sucção da estação elevatória antiga e a segunda câmara do reservatório enterrado, e serão demolidas a superestrutura da estação elevatória, e os blockouts das tubulações de saída dessa segunda câmara, para permitir o assentamento das novas tubulações e registros, com diâmetros maiores, e será feita a recomposição do “blockout” da tubulação de saída;
- Como a extremidade de montante da tubulação de interligação ficará assentada na sua posição definitiva, com os registros de saída posicionados no antigo poço de sucção, já convertido e recuperado como caixa seca de registros, e com o segundo registro na espera para interligar a primeira câmara de reservação, será esvaziada e se procederá a desfazer o “by-pass” inicial na primeira câmara;
- Finalmente, será demolida a abertura do blockout da tubulação de saída da primeira câmara de reservação, para permitir o assentamento da nova tubulação e registro, com diâmetros maiores, e será feita a recomposição do “blockout” dessa tubulação, ficando todas as tubulações e registros com o seu arranjo definitivo.

### 2.2.3.3. Terceira Fase Construtiva (Cronologia Opcional)

- Recuperação estrutural e impermeabilização das câmaras do reservatório enterrado (uma câmara de cada vez), se conveniente, ao tempo da reabilitação das tubulações de entrada e saída;



- Recuperação estrutural e recuperação das escadas de acesso ao reservatório elevado;
- Pintura externa de todas as unidades e recuperação das cercas e portões da área;
- Implantação do sistema de segurança patrimonial;
- Iluminação externa e urbanização da área.

## **2.2.4. Arranjo Definitivo das Unidades Aproveitadas e Projetadas no CRD do 3º Setor**

### **2.2.4.1. Reservatório Enterrado Existente**

O Reservatório Enterrado recebe água proveniente da ETA São Brás, tem capacidade para armazenar 8.600m<sup>3</sup> e está dividido em duas câmaras com entradas de água e extravasores independentes que fazem parte do corpo do reservatório. Este reservatório será recuperado e aproveitado, devendo ser realizados todos os serviços necessários para sua reabilitação e readequação, conforme descrito anteriormente.

Do reservatório enterrado a água tratada será encaminhada para o poço de sucção da nova estação elevatória, através de tubulação de interligação com escoamento por gravidade.

### **2.2.4.2. Tubulação de Interligação do Reservatório Enterrado ao Poço de Sucção da Nova Estação Elevatória de Água Tratada**

Para promover a interligação do reservatório enterrado existente ao novo poço de sucção da estação elevatória, que será implantada em área pertencente a COSANPA, situada em frente à área do CRD do 3º Setor, do outro lado da Rua João Balbi, foi prevista tubulação em ferro fundido dúctil, com DN 600 e extensão de 55 metros.

A interligação foi dimensionada com DN 600 visando facilitar a montagem e desmontagem de peças, conexões, acessórios, dispositivos de controle e tubulações, haja vista também a exiguidade de espaço para a execução das intervenções propostas. Além disso, os custos de implantação da interligação com DN 600 são obviamente mais baixos.

Esta tubulação de interligação ficará bem profunda para evitar interferências com tubulações existentes, e, principalmente, para maximizar o aproveitamento do volume útil de água do reservatório enterrado existente. Durante a fase de sua execução, o tráfego de veículos deverá ser provisoriamente interrompido e desviado, bem como as paredes laterais da vala deverão ser devidamente escoradas.

### **2.2.4.3. Estação Elevatória de Água Tratada Nova**

Em um lote da COSANPA, situado em frente à área do CRD do 3º Setor, será implantada uma nova área de operação, que ocupará 457,60m<sup>2</sup>. Nesta área foram previstas uma estação elevatória de água tratada (EEAT), com o objetivo de recalcar a



água tratada diretamente para alimentação da rede de distribuição do 3º Setor, a respectiva subestação elétrica de alimentação e um pátio para manobras.

A estação elevatória terá 127,00m<sup>2</sup> de área construída em concreto armado, alvenaria de blocos, portas, cobogós, portão metálico de 4,00m x 2,50m, uma ponte rolante para carregamento dos equipamentos com capacidade de até 10 toneladas e cobertura com telhado com telha cerâmica colonial. Abrigará, além dos conjuntos motor-bomba, o poço de sucção, a sala do operador, sala de comando, sanitário, uma ante-câmara e uma área para carga e descarga. A EEAT terá um pé direito de 6,70m. O poço de sucção será construído logo abaixo da laje de piso da EEAT e terá 8,70m de profundidade. As principais características dos conjuntos motor-bomba da EEAT estão apresentadas a seguir.

Tabela 2.1 - EEAT (Recalque para a Rede de Distribuição do 3º Setor)

Características	Etapa Única
Nº de unidades	2+1
Vazão de Projeto de cada bomba (m <sup>3</sup> /h)	927,36
AMT máxima (m.c.a)	29,61
Potência (CV)	250
Tempo de Funcionamento Diário (h)	24

Os conjuntos motor-bomba serão de eixo vertical e ficarão submersos no poço de sucção da EEAT. As bombas serão do tipo anfíbias. Todos os conjuntos motor-bomba da EEAT serão dotados de conversores de frequência para que possam acompanhar as flutuações do consumo de água na rede de distribuição, como, por exemplo, no período noturno em que o consumo cai drasticamente. As tubulações de recalque de cada bomba e do barrilete de recalque serão em ferro fundido, com diâmetros de 400mm e 600mm, respectivamente.

#### 2.2.4.4. Subestação Elétrica

A nova subestação elétrica será implantada em um lote da COSANPA, situado em frente à área do CRD do 3º Setor. Será composta por um cubículo de medição abrigado e mais três transformadores em monoposte de 300 kVA (13.8kV / 380-220V) ativos, além de um transformador de 30kVA (13.8kV / 220-127V) para serviços gerais. O compartimento dos equipamentos de medição deve ser fechado e possuir porta com dispositivo de selo, pois o acesso é permitido apenas ao pessoal da Concessionária ou por ela autorizado. O quadro de medição e proteção geral será de execução ao tempo, confeccionado em alumínio, para acondicionamento dos medidores de propriedade da mesma, localizado na parede externa da subestação.

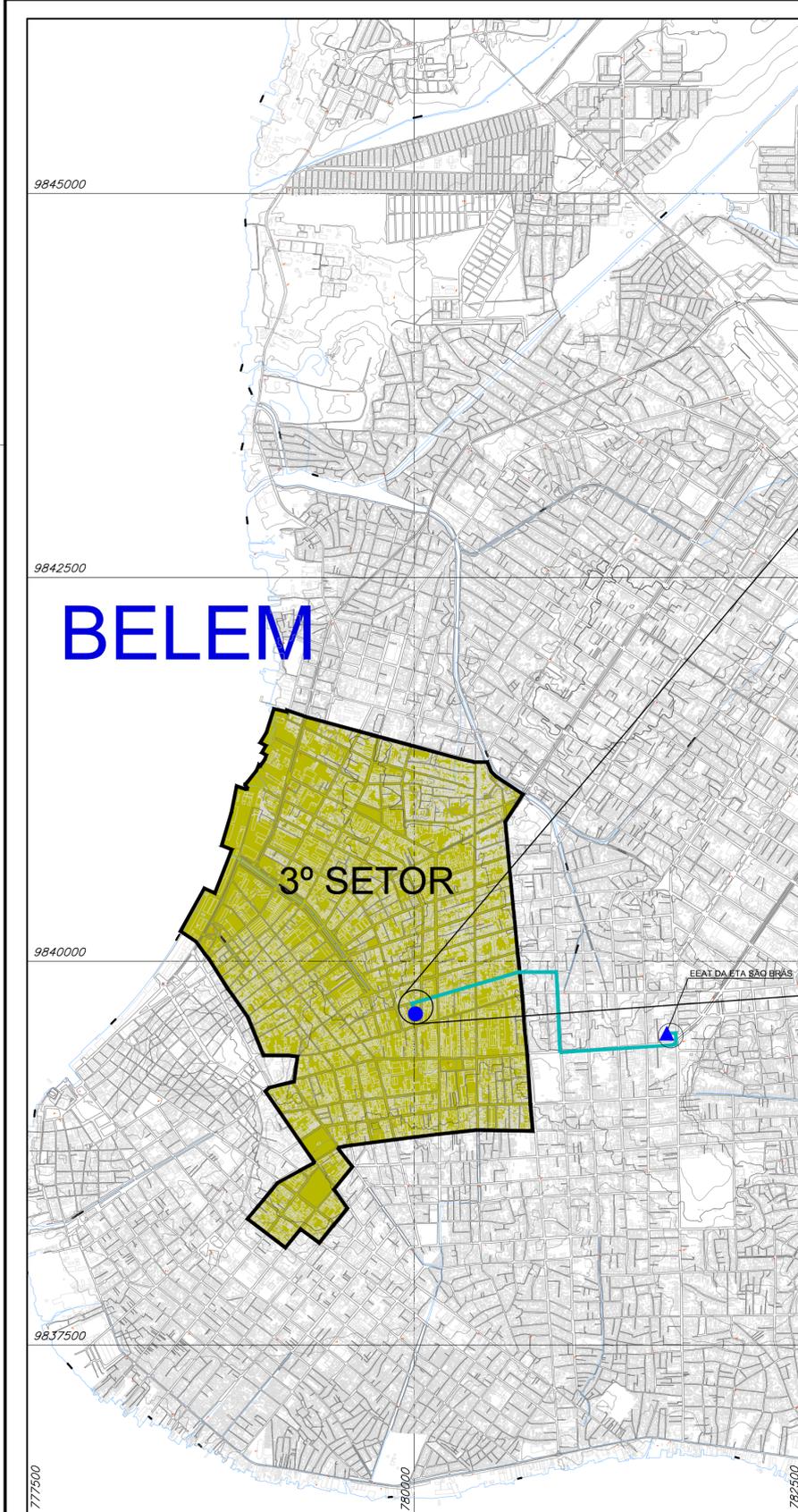
#### 2.2.4.5. Reservatório Elevado de Distribuição (RED) Existente

Conforme comentado anteriormente, o reservatório elevado existente não será aproveitado, sendo que a sua demolição para aproveitamento do espaço se torna perigosa para as residências vizinhas. A sua revitalização é a melhor opção para evitar

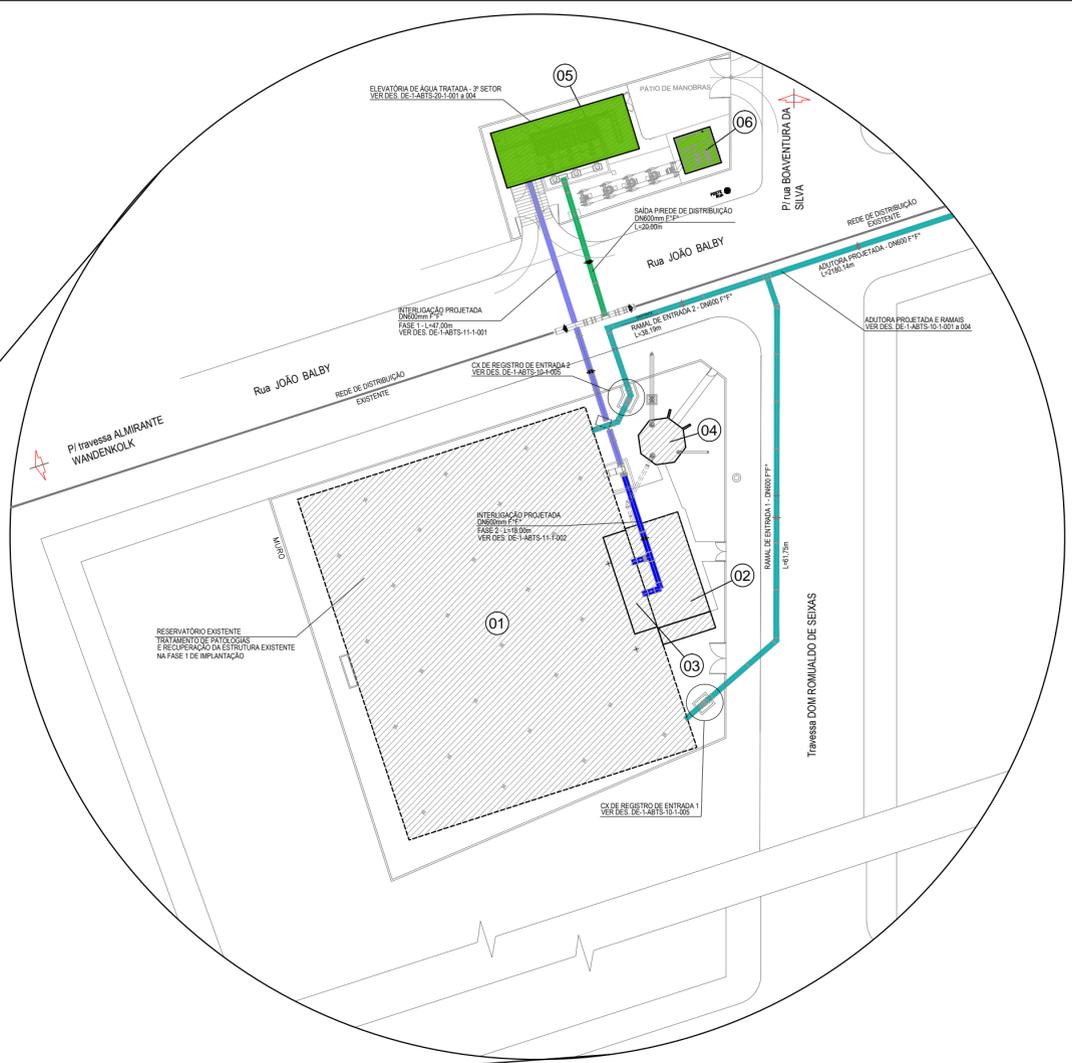


risco de desabamento, com a remoção de tubulações (barriletes) em bom estado e preservação do mesmo como marco referencial.

Apresenta-se a seguir a planta geral do sistema proposto de abastecimento de água do 3º Setor.



**PLANTA GERAL DO 3º SETOR**  
ESCALA: 1/25.000



**ARRANJO DO CR DO 3º SETOR**  
SEM ESCALA

- LEGENDA DA PLANTA GERAL:**
- CENTRO DE RESERVAÇÃO DO 3º SETOR
  - ▲ ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA DA ETA SÃO BRÁS
  - ADUTORA DE ÁGUA TRATADA PROPOSTA E RAMAIS DE ENTRADA - DN600 F"6"
- LEGENDA DO C.R. 3º SETOR:**
- TUBULAÇÃO DE INTERLIGAÇÃO PROVISÓRIA - DN600 FASE 1 DE IMPLANTAÇÃO
  - TUBULAÇÃO DE INTERLIGAÇÃO - DN600 FASE 2 DE IMPLANTAÇÃO
  - TUBULAÇÃO DE RECALQUE - DN600 FASE 1 DE IMPLANTAÇÃO - INTERLIGAÇÃO COM A REDE DE DISTRIBUIÇÃO

- UNIDADES EXISTENTES**
- 01- RESERVATÓRIO SUBTERRÂNEO - CAP.: 8600m³
  - 02- ESTAÇÃO ELEVATÓRIA EXISTENTE A SER DESATIVADA
  - 03- SUBESTAÇÃO EXISTENTE A SER DESATIVADA
  - 04- RESERVATÓRIO ELEVADO - CAP.: 230m³ A SER DESATIVADO
- UNIDADES PROJETADAS**
- 05- ELEVATÓRIA
  - 06- SUBESTAÇÃO

**NOTAS:**  
1- TODAS AS DIMENSÕES SÃO DADAS EM METROS E OS DIÂMETROS EM MILÍMETRO.

**DESENHOS DE REFERÊNCIA:**

REVISADO	T.E.	DESCRIÇÃO	PROJ.	DES.	VER.	APR.	AUT.	DATA
R2	B	COMPATIBILIZAÇÃO DO CENTRO DE RESERVAÇÃO COM O TRAÇADO DOS RAMAIS E INTERLIGAÇÃO	RS	CH				JAN/18
R1	B	REVISÃO GERAL	RS	CH				DEZ/17
R0	B	EMIÇÃO INICIAL	RS	CH				SET/17

T.E. TIPO DE EMISSÃO	(A) PRELIMINAR	(B) PARA APROVAÇÃO	(C) PARA CONHECIMENTO	(D) PARA COTAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(F) CONFORME COMPRADO	(G) CONFORME CONSTRUÍDO	(H) CANCELADO

**COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ**

 Folha :  
01 de 01

Sistema :	<b>ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO 3º SETOR</b>		
Projeto :	<b>PLANTA GERAL E ARRANJO DO CR DO 3º SETOR</b>		
Localidade :	<b>BELÉM-PA</b>		
<b>HITA</b> ENGENHARIA & ARQUITETURA	Resp. Técnico/Crea:	Assinatura: CARLOS HITA 9119/D	

Responsáveis Por :	Assinatura :	Crea/Cau:	Data :	Escala :
Execução :		A23549-0	SET/17	INDICADA
Desenho :	-	-	SET/17	Unidade/Dimensoes :
Verificado :		17.480/D	SET/17	Nº do desenho: DE-2-ABTS-00-0-001-R2
Aprovação :		9.119/D	SET/17	Substituí A : DE-2-ABTS-00-0-001-R1
				Substituído Por:



## 3. MEMÓRIAS DE CÁLCULO



## DESCRIÇÃO DE FONTES DE INSUMOS PARA OS CÁLCULOS DE DIMENSIONAMENTO

### Conjuntos Motor-Bomba e outros Equipamentos

Para os equipamentos de uma maneira geral, e para os conjuntos motor-bomba em particular, são adotados os parâmetros e/ou informações descritos nos catálogos dos fabricantes. Quando a especificidade do equipamento o justifica, a marca do fabricante e o modelo considerado no memorial de cálculo e descritivo são indicados, para permitir à fiscalização indicar a avaliação de equipamentos alternativos. Para equipamentos mais corriqueiros são adotadas referências bibliográficas, a critério do consultor.

No caso mais específico das memórias de cálculo de unidades de recalque, por exemplo, as curvas características dos conjuntos motor-bomba descritas pelo fabricante (altura manométrica, NPSH requerido, rendimento e potência), tipicamente em função da vazão escoada, são repassadas às memórias de cálculo com critérios de precisão. Nas memórias de cálculo, essas curvas são descritas de maneira a configurar a faixa de operação preconizada pelos respectivos fabricantes na sua total extensão. Isto permite avaliar se o ponto de trabalho ficará nessa faixa ou fora dela. Também permite utilizar relações de semelhança dinâmica para avaliar as faixas de operação em caso de adoção de conversores de frequência para redução das velocidades de rotação.

### Perdas de Carga em Tubulações

Os livros de referência mais antigos (sistema MKS, sistema britânico), recomendavam formulações empíricas, sendo a mais comum a Fórmula de Hazem-Williams. Essas formulações definiam um coeficiente C, parâmetro que indicava a facilidade de condutividade para cada tipo de material, e com recomendações para reduzi-lo em função do tempo de uso das tubulações. Essas formulações representam modelagens que, por serem empíricas se aplicam, a rigor, a faixas de operação definidas em termos de **magnitudes dimensionais das tubulações e de vazões escoadas**, sendo muito imprecisas fora dessas faixas. Já o fator de envelhecimento dos materiais ficava muito menos preciso, por depender das particularidades locais da água e dos solos no entorno das tubulações (depósitos calcários nas tubulações, corrosão das tubulações afetada pelo potencial elétrico dos solos locais). Em outras palavras, para essas formulações vale muito mais a experiência local do projetista do que os valores referências na literatura.

Com a universalização do sistema científico (sistema CGS), que favoreceu formulações um pouco menos empíricas, a Formula Universal foi se consolidando como uma abordagem mais precisa, principalmente para tubulações novas e assentadas sem deflexões, desde que devidamente caracterizada a rugosidade equivalente para cada tipo de material da tubulação. Sendo a abordagem mais precisa, a confiabilidade da modelagem depende, então, da qualificação da rugosidade equivalente, e da caracterização do escoamento, caracterizado em termos de **magnitudes dimensionais das tubulações e de velocidade do escoamento**. A definição do



parâmetro de rugosidade equivalente suscitou algumas recomendações descritas na Norma Brasileira.

A primeira delas se refere ao valor da rugosidade a ser considerado na modelagem hidráulica. A Norma recomenda que o valor da rugosidade equivalente das tubulações seja duplicado, para efeito de cálculos de dimensionamento, com o objetivo de levar em conta as perdas de carga provocadas por perturbações vinculadas aos escoamentos secundários na proximidade das juntas das tubulações e/ou de pequenas deflexões, presentes em todos os assentamentos.

Esta recomendação é bastante ambígua, principalmente no que se refere a pequenas deflexões, resultando que muitos projetistas acabam desprezando perdas de carga para curvas menores de 90°, ou outras pequenas interferências para as quais a literatura vigente (e cotidiana) não faça recomendações específicas. Para garantir definições conservativas nos dimensionamentos, este projetista defende que as interferências de qualquer peça diferenciada, seja uma junta de desmontagem, seja uma curva de 22,5°, devem ser consideradas separadamente, não devendo ser incluídas no critério de duplicar a rugosidade equivalente das tubulações.

A Norma Brasileira também adotou os valores de rugosidade equivalente de 0,12mm para tubulações de PVC e de 0,2mm para tubulações de ferro fundido dúctil cimentado, materiais mais utilizados à época dessa recomendação. Alguns fabricantes de tubulações constituídas de novos materiais (principalmente alguns plásticos) defendem que seus tubos possuem rugosidade equivalente inferior aos 0,06mm do PVC, e se valem do critério de duplicação para defender menor rugosidade e maior condutividade para dimensionamento com suas tubulações. Considerando que o critério de duplicidade era levar em conta juntas, pequenas deflexões e pequenas curvaturas nos assentamentos, e mencionando novamente o critério de dimensionamento conservativo, este projetista defende a adoção da referência 0,12mm para todos os materiais plásticos e/ou sintéticos, e da referência 0,2mm para todos os materiais metálicos lisos ou cimentados com centrifugação. Para materiais mais rústicos ou fabricados “in loco”, valores de referências bibliográficas, quando existirem, ou valores estimados.

Em qualquer das hipóteses apresentadas acima, o julgamento do projetista, principalmente quando a literatura vigente deixa lacunas, é fundamental. Quanto ao dimensionamento com critérios conservativos, vale pontuar que a aproximação ou estimativa dos valores dos parâmetros envolvidos devem garantir a vazão de projeto ou pouco mais.

### Perdas de Carga Localizadas em Peças e Conexões

Para a quantificação de perdas de carga localizadas em peças e conexões, os projetistas de processos hidráulicos adotam, de uma maneira geral, os parâmetros indicados no Manual de Hidráulica de Azevedo Netto, tipicamente definidos em termos de **magnitudes dimensionais das peças e conexões e de vazões escoadas**. Essa referência tem se mostrado suficientemente precisa para a maior parte das peças e conexões mais simples, como é o caso de entradas e saídas de tubulações, curvas e



válvulas e registros padronizados. Desafortunadamente muitos dos livros acadêmicos publicados nos últimos anos não tem discutido, aprimorado ou ampliado as listagens de Azevedo Netto, apenas as tem reproduzido.

Dentre os coeficientes de perda de carga publicados por Azevedo Netto, os de peças e conexões mais simples se mantem vigentes e consistentes com os resultados de diversos pesquisadores de perdas de carga. De fato, este projetista adota esses parâmetros como referência principal, e outras listagens de Azevedo Netto, para peças mais complexas, como referência comparativa. Para essas peças e conexões mais complexas, e com geometria cada vez mais hidrodinâmica, as interferências da geometria e das superfícies específicas ficam muito melhor caracterizadas em termos da **variação das velocidades locais** do que apenas das vazões escoadas, sendo desejável pesquisar por coeficientes mais apropriados.

É o caso de reduções e ampliações, abruptas ou graduais, onde os coeficientes não são constantes mas mudam em função da variação das velocidades (ou das áreas), e também da extensão dessa geometria. Também é o caso de peças de divisão ou união de vazões, como os tês e as junções, onde os coeficientes também são melhor descritos em termos da variação das velocidades em cada ramal, incluindo aí diferenças de diâmetro entre ramos. Existem, ainda outras peças e conexões de geometrias mais complexas, sem descrição genérica de coeficientes de perdas de carga nos manuais de hidráulica convencionais.

Vários pesquisadores conduziram estudos e ensaios de laboratório de peças e conexões, grelhas e outros dispositivos, com as mais variadas geometrias e faixas de vazões ou velocidades. Uma publicação com estudos de perda de carga bastante difundida no Brasil até alguns anos atrás foi o manual de I.E. Idel'cik, traduzido ao francês com o título "Memento des Pertes de Charge". Outras publicações, sempre presentes, eram os estudos do U.S.B.R. ("US Bureau of Reclamations"), principalmente para canais e dispositivos de canais. Recentemente, alguns fabricantes de peças e conexões tem conduzido estudos de laboratório específicos para os seus próprios dispositivos, para estimar curvas de desempenho e de perdas de carga. Este projetista prioriza os estudos dos próprios fabricantes, quando apresentados, ou os Manuais de Dinâmica de Fluidos fundamentados em estudos e ensaios de laboratório.

## Listagem dos coeficientes mais utilizados e suas fontes

### *Coeficientes Extraídos do Manual de Hidráulica de Azevedo Netto*

- Entrada Direta Normal;  $K_{EDN} = 0,5$
- Entrada Direta de Borda;  $K_{EDB} = 1,0$
- Saída Direta;  $K_{SDR} = 1,0$
- Crivo;  $K_{CRV} = 0,75$
- Curva 90°;  $K_{C90} = 0,4$
- Válvula Borboleta (não adotada);  $K_{VBL} = 0,4$
- Válvula Gaveta;  $K_{VGV} = 0,2$
- Válvula Globo;  $K_{VGL} = 5,0$
- Válvula de Ângulo (Y);  $K_{VAY} = 2,0$
- Válvula de Pé;  $K_{VPE} = 1,75$



## *Coeficientes Recomendados por Este Projetista – Alguns Livros Acadêmicos)*

- Junta de Desmontagem;  $K_{JDM} = 0,05$
- Passagem por Bocal (Tubo Curto);  $K_{PBC} = 2,75$
- Curva 45°;  $K_{C45} = 0,2$
- Curva 22,5°;  $K_{C22} = 0,1$
- Válvula Borboleta (Recomendada);  $K_{VBL} = 0,5$
- Válvula de Retenção (Base Clasar);  $K_{VGV} = 3,0$
- Tubulações de Barriletes (Curtas);  $K_{VGL} = f \times L / D$ ;  $f \sim 0,02$

## *Coeficientes Extraídos do Manual de Dinâmica de Flúidos Aplicada (Robert D. Blevins) – Adequadas por Este Projetista para as Dimensões de Peças e Conexões Comerciais (Saint-Gobain)*

- Ampliação Abrupta;  $K_{AMA} = 1,0 \times (1-A_1/A_2)^2$ ; Função de  $V_2^2/2g$
- Ampliação Gradual;  $K_{AMG} = 0,5 \times (1-A_1/A_2)^2$ ; Função de  $V_2^2/2g$
- Redução Abrupta;  $K_{RDA} = 0,5 \times (1-A_1/A_2)$ ; Função de  $V_1^2/2g$
- Ampliação Gradual;  $K_{RDG} = 0,15 \times (1-A_1/A_2)$ ; Função de  $V_1^2/2g$
- Tê de Entrada Lateral (na Entrada Lateral);  $K_{TEL/L} =$  Curva espec.; Função de  $V_{P2}^2/2g$
- Tê de Entrada Lateral (na Passag. Direta);  $K_{TEL/D} =$  Curva espec.; Função de  $V_{P2}^2/2g$
- Tê de Saída Lateral (na Saída Lateral);  $K_{TSL/L} =$  Curva espec.; Função de  $V_{P2}^2/2g$
- Tê de Saída Lateral (na Passag. Direta);  $K_{TSL/D} =$  Curva espec.; Função de  $V_{P2}^2/2g$
- Junção Entrada Lateral (Entrada Lateral);  $K_{JEL/L} =$  Curva espec.; Função de  $V_{P2}^2/2g$
- Junção Entrada Lateral (Passag. Direta);  $K_{JEL/D} =$  Curva espec.; Função de  $V_{P2}^2/2g$
- Junção Saída Lateral (Saída Lateral);  $K_{JSL/L} =$  Curva espec.; Função de  $V_{P1}^2/2g$
- Junção Saída Lateral (Passag. Direta);  $K_{JSL/D} =$  Curva espec.; Função de  $V_{P1}^2/2g$

As curvas específicas para cada Ampliação, Redução, Tê ou Junção, foram aproximadas pelo projetista a partir das informações descritas na fonte indicada (Blevins), para as dimensões comerciais das conexões indicadas.

Carlos Hita,  
Ph.D./ CREA 9.119/D

**HITA**

3º Setor do SAA de Belém

Av. Magalhães Barata

Estudo do Diâmetro Econômico

**AAT - EEAT na ETA São Brás p/ CR do 3º Setor**

RESP.: CARLOS HITTA

DATA: OUT/17

MC-4-ABTS-AAT-001

**PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO RECALQUE**

As perdas de carga distribuídas serão calculadas pela Fórmula Universal

$$H_f = f \times L \times V^2 / (2g \times DN)$$

Para o fator de fricção será utilizada aproximação numérica da fórmula de Colebrook desenvolvida por SWAMEE e JAIN:

$$\text{Fator de Fricção, } f = 1,325 / [\ln(k / 3,7 D + 5,74/R^{0,9})]^2$$

Vazão Máxima Diária - 1ª Etapa	Q <sub>máx.dia1</sub> (l/s)	343,35
Vazão Máxima Diária - 2ª Etapa	Q <sub>máx.dia2</sub> (l/s)	311,32
Horas operacionais no final de cada etapa	NH (h)	21
Extensão total da adutora	L (m)	2.241,89
Cota do NA de Saída	H <sub>i</sub> (m)	13,00
Cota do NA de Chegada	H <sub>f</sub> (m)	12,10
Altura geométrica para seleção das bombas	HG (m)	-0,90

**Verificação de Extensões e Cotas para o Ponto Crítico intermediário**

Cota do Ponto Crítico Intermediário	H <sub>PCI</sub> (m)	12,76
Extensão até o Ponto Crítico Intermediário	L <sub>PCI</sub> (m)	2.062,14
Extensão corrigida, 1ª Et.	L <sub>C1</sub> (m)	2.062,14
Alt. Geom HG corrigida, 1ª Et.	HG <sub>C1</sub> (m)	-0,24
Extensão corrigida, 2ª Et.	L <sub>C2</sub> (m)	2.241,89
Alt. Geom HG corrigida, 2ª Et.	HG <sub>C2</sub> (m)	-0,90
Diâmetro Econômico pela Fórmula de Bresse ( $DB = 1,1 * Q^{0,5}$ )	DB (mm)	644,56
Viscosidade Cinemática	Nu (mm <sup>2</sup> /s)	1,00

**1a. ETAPA (2026)**

		DN 500 (novo)	DN 600 (novo)	DN 700 (novo)	DN 800 (novo)
Vazão de projeto, (l/s)	Q <sub>1</sub> (l/s)	392,40	392,40	392,40	392,40
Material da tubulação		FoFo-TK7	FoFo-TK7	FoFo-TK7	FoFo-TK7
Diâmetro interno	DI (mm)	509,00	610,60	710,20	812,80
Rugosidade Absoluta	k (mm)	0,20	0,20	0,20	0,20
Rugosidade Relativa	k / DN	0,000393	0,000328	0,000282	0,000246
Velocidade do escoamento	V <sub>1</sub> (m/s)	1,93	1,34	0,99	0,76
Número de Reynolds	R <sub>1</sub>	981.567	818.241	703.489	614.687
Fator de fricção	f <sub>1</sub>	0,0165	0,0161	0,0159	0,0157
Perda de carga unitária	J <sub>1</sub> (m/km)	6,15645	2,41816	1,11727	0,56249
Perda de carga distribuída	Hf <sub>1</sub> (m)	12,70	4,99	2,30	1,16
Perda Estimada Barrilete	Hl <sub>1</sub> (m)	3,03	1,46	0,80	0,47
Alt. Manométrica Total	Ham <sub>1</sub> (m)	15,49	6,21	2,86	1,39

**HITA**

3º Setor do SAA de Belém

Av. Magalhães Barata

Estudo do Diâmetro Econômico

**AAT - EEAT na ETA São Brás p/ CR do 3º Setor**

RESP.: CARLOS HITTA

DATA: OUT/17

MC-4-ABTS-AAT-001

**2a. ETAPA (2036)**

		DN 500 (novo)	DN 600 (novo)	DN 700 (novo)	DN 800 (novo)
Vazão de projeto, (l/s)	$Q_2$ (l/s)	355,79	355,79	355,79	355,79
Material da tubulação		FoFo-TK7	FoFo-TK7	FoFo-TK7	FoFo-TK7
Diâmetro interno	DI (mm)	509,00	610,60	710,20	812,80
Rugosidade Absoluta	k (mm)	0,20	0,20	0,20	0,20
Rugosidade Relativa	k / DN	0,000393	0,000328	0,000282	0,000246
Velocidade do escoamento	$V_2$ (m/s)	1,75	1,22	0,90	0,69
Número de Reynolds	$R_2$	889.996	741.906	637.860	557.343
Fator de fricção	$f_2$	0,0166	0,0162	0,0160	0,0158
Perda de carga unitária	$J_2$ (m/km)	5,07995	1,99750	0,92389	0,46562
Perda de carga distribuída	$H_{f_2}$ (m)	11,39	4,12	1,91	0,96
Perda Estimada Barrilete	$H_{l_2}$ (m)	2,49	1,20	0,66	0,38
Alt. manométrica total	$H_{amt_2}$ (m)	12,98	5,08	2,32	1,10

Conforme estudo do diâmetro econômico apresentado na fase dos estudos de Concepção do sistema, e ratificado nesta fase final do projeto básico, o diâmetro proposto é o **DN 600, com tubulações em ferro fundido dúctil, classe K7.**

**INTERLIGAÇÃO RESERVATÓRIO ENTERRADO A EEAT NOVA****Descrição**

A interligação entre o reservatório enterrado e a estação elevatória situada do outro lado da Rua João Balbi, será feita através de tubulação de ferro fundido. Essa tubulação será assentada em vala profunda, para garantir o aproveitamento de todo o volume útil do reservatório.

Descrição das Tubulações Consideradas

		<b>Tubulação 1</b>	<b>Tubulação 2</b>	<b>Tubulação 3</b>
Identificação das tubulações		FFK7 DN600	FFK7 DN700	FFK7 DN800
Diâmetro Interno das tubulações	DI (m)	0,6106	0,7102	0,8128
Rugosidade dos tubos	k (mm)	0,20	0,20	0,20
Extensão das tubulações	Lt (m)	55,00	55,00	55,00
Cota do NA máximo no reservatório	C <sub>FCXP</sub> (m)	12,40	12,40	12,40
Cota do NA mínimo no reservatório	C <sub>EXXP</sub> (m)	8,40	8,40	8,40

**Verificação das Perdas de Carga na Tubulação de Interligação**

A perda de carga distribuída será calculada pela Fórmula Universal

$$H_f = f \times L \times V^2 / (2g \times DN)$$

Para o fator de fricção será utilizada aproximação numérica da fórmula de Colebrook desenvolvida por SWAMEE e JAIN

$$\text{Fator de Fricção, } f = 1,325 / [\ln(k / 3,7 D + 5,74/R^{0,9})]^2$$

Viscosidade cinemática da água (25 °C)	v (m <sup>2</sup> /s)	8,930E-07	8,930E-07	8,930E-07
--	-----------------------	-----------	-----------	-----------

Perdas de Carga e Vazões Máximas Disponíveis nas tubulações do Trecho por Gravidade

Vazão máxima considerada	Q (l/s)	515,20	515,20	515,20
Velocidade do escoamento	V (m/s)	1,76	1,30	0,99
Rugosidade relativa	k / DN	0,00033	0,00028	0,00025
Número de Reynolds	R	1.203.033	1.034.317	903.755
Fator de fricção	f	0,0159	0,0156	0,0153
Perda de carga unitária	J (m/km)	4,10	1,89	0,95
Perda de carga distribuída	H <sub>fa</sub> (m)	0,23	0,10	0,05
Entrada Direta	K <sub>SDR</sub> =	0,50	0,50	0,50
Válvula Borboleta	K <sub>C45</sub> =	0,50	0,50	0,50
Curva 90°	K <sub>C90</sub> =	0,40	0,40	0,40
Tê de Entrada Lateral (na passagem direta)	K <sub>TEL/D</sub> =	0,05	0,05	0,05
Saida Direta	K <sub>SDR</sub> =	1,00	1,00	1,00
Coefficiente de perda de carga localizada	K <sub>a</sub>	2,45	2,45	2,45
Perda de carga localizada	H <sub>la</sub> (m)	0,39	0,21	0,12
Perda de carga total para a vazão considerada	H <sub>La</sub> (m)	0,61	0,31	0,18
Cota do NA máximo no poço de sucção	C <sub>FCXP</sub> (m)	11,79	12,09	12,22
Cota do NA mínimo no poço de sucção	C <sub>EXXP</sub> (m)	7,79	8,09	8,22

Será considerada a adoção de **tubulação DN600**.

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - SETOR 3****EEAT Nova na Área do CRD do Setor 3**

RESP.: C.Hita

DATA: OUT/ 2017

MC-EEAT NOVA-BLM-S3-01

**PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS NA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA****Descrição das Perdas de Carga**

Segue a listagem das peças e conexões nos barriletes de sucção e de recalque da Estação Elevatória. Os coeficientes correspondentes a cada conexão estão agrupados por barrilete.

As perdas de carga serão referidas à carga de velocidade do escoamento na adutora. Na compatibilização dos coeficientes de perda de carga, os ajustes foram feitos em função da segunda potência da razão das vazões e da quarta potência da razão dos diâmetros.

Considerando abordagem conservativa, admitiu-se que as bombas consideradas em operação foram as mais afastadas em relação à saída do barrilete de recalque.

**Diâmetros das Tubulações**

Tubulação no recalque das bombas	$Dr_1$ (mm)	403,80
Tubulação do barrilete de interligação das tubulações de recalque	$Dr_2$ (mm)	606,20
Tubulação de interligação - barrilete de recalque ao início da adutora	$Dr_3$ (mm)	606,20
Tubulação da adutora	$Da$ (mm)	606,20

**Coeficientes de Perda de Carga****Peças****Coef. K****Quant.** **$\Sigma K$** Condição para Uma Bomba Operando

Tubulação no Recalque de cada Bomba	$Kr_1$	37,42
Barrilete de Interligação das Tubulações de Recalque de cada Bomba	$Kr_2$	1,52
Interligação da Saída do Barrilete de Recalque até o Início da Adutora	$Kr_3$	6,05
Coeficiente Global para Uma Bomba Operando	$Kr_{1BB}$	<b>44,99</b>

Condição para Duas Bombas Operando

Tubulação no Recalque de cada Bomba	$Kr_1$	9,35
Barrilete de Interligação das Tubulações de Recalque de cada Bomba	$Kr_2$	0,70
Interligação da Saída do Barrilete de Recalque até o Início da Adutora	$Kr_3$	6,05
Coeficiente Global para Duas Bombas Operando	$Kr_{2BB}$	<b>16,10</b>

Tubulação no Recalque de cada Bomba

Ampliação Gradual ( $D1/D2=250/400=0,63$ )	$K_{AMG} =$	1,22	1	1,22
Junta de Desmontagem	$K_{JDM} =$	0,05	1	0,05
Válvula de Retenção - Fechamento Rápido	$K_{VRR} =$	5,00	1	5,00
Válvula Borboleta	$K_{VBL} =$	0,50	1	0,50
Curva 90°	$K_{C90} =$	0,40	1	0,40
Tubulação de Recalque ( $L = 4,0$ m)	$K_{TUB} =$	0,20	1	0,20
	$Kr_1$ (soma)			7,37

Barrilete de Interligação das Tubulações de Recalque de cada Bomba

Barrilete de interligação, 1 bomba operando	$Kr_{2/1} =$	1,52	1	1,52
Barrilete de interligação, 2 bomba operando	$Kr_{2/2} =$	0,70	1	0,70

Interligação da Saída do Barrilete de Recalque até o Início da Adutora

Junta de Desmontagem	$K_{JDM} =$	0,05	1	0,05
Estrutura de Medição e Controle de Vazão	$K_{EMC} =$	6,00	1	6,00
	$Kr_3$ (soma)			6,05

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - SETOR 3****EEAT Nova na Área do CRD do Setor 3**

RESP.: C.Hita

DATA: OUT/ 2017

MC-EEAT NOVA-BLM-S3-01

**Estudo das Interligações das Tubulações de Recalque com o Barrilete de Recalque (Blevins)**

Neste estudo, todos os coeficientes de perda de carga são relativos à carga de velocidade na saída do barrilete de interligação das tubulações de recalque das bombas.

As variações de perda de carga em cada interligação serão compensadas por pequenas variações de vazão nas bombas e, conseqüentemente, por pequenas variações de perda de carga nas tubulações de recalque das bombas. Desta maneira, e para efeito de cálculo das perdas de carga totais no barrilete, poderá ser adotado o valor médio do coeficiente relativo a cada bomba, para cada condição de operação.

Perda de carga no barrilete, para a BB1, durante operação com 1 bomba	1,52
Perda de carga média no barrilete de interligação durante operação com 1 bomba	<b>1,52</b>
Perda de carga no barrilete, para a BB1, durante operação com 1 bomba em cada ramal	0,50
Perda de carga no barrilete, para a BB2, durante operação com 1 bomba em cada ramal	0,50
Perda de carga no barrilete, para a BB1, durante operação com 2 bombas no ramal	0,89
Perda de carga no barrilete, para a BB2, durante operação com 2 bombas no ramal	0,90
Perda de carga média no barrilete de interligação durante operação com 1 bombas	<b>0,70</b>

Ramal Operando com Uma Bomba*Ligação Tubulação da Bomba 1 ao Barrilete de Recalque*

Tê de Entrada Lateral (na entrada lateral)	$K_{TEL/L=}$	0,69	1	0,69
Tê de Entrada Lateral (na passagem direta)	$K_{TEL/D=}$	-1,99	1	-1,99
Tubulação do Barrilete (L = 2,5 m)	$K_{TUB=}$	0,03	1	0,03

*Ligação Tubulação da Bomba 2 ao Barrilete de Recalque*

Tê de Entrada Lateral (na passagem direta)	$K_{TEL/D=}$	0,05	1	0,05
Tubulação do Barrilete (L = 2,5 m)	$K_{TUB=}$	0,03	1	0,03

*Interligação dos Ramais*

Tê de Entrada Bilateral	$K_{TEB/P=}$	0,73	1	0,73
Tê de Entrada Bilateral	$K_{TEB/P=}$	0,31	1	0,31

Ramal Operando com Duas Bombas*Ligação Tubulação da Bomba 1 ao Barrilete de Recalque*

Tê de Entrada Lateral (na entrada lateral)	$K_{TEL/L=}$	0,69	1	0,69
Tê de Entrada Lateral (na passagem direta)	$K_{TEL/D=}$	-1,99	1	-1,99
Tubulação do Barrilete (L = 2,5 m)	$K_{TUB=}$	0,03	1	0,03

*Ligação Tubulação da Bomba 2 ao Barrilete de Recalque*

Tê de Entrada Lateral (na entrada lateral)	$K_{TEL/L=}$	0,14	1	0,14
Tê de Entrada Lateral (na passagem direta)	$K_{TEL/D=}$	-0,04	1	-0,04
Tubulação do Barrilete (L = 2,5 m)	$K_{TUB=}$	0,03	1	0,03

*Interligação dos Ramais*

Tê de Entrada Bilateral	$K_{TEB/P=}$	0,73	1	0,73
-------------------------	--------------	------	---	------

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - SETOR 3****EEAT Nova na Área do CRD do Setor 3**

RESP.: C.Hita

DATA: OUT/ 2017

MC-EEAT NOVA-BLM-S3-01

**Estudo das Interligações das Tubulações de Recalque com o Barrilete de Recalque (A. Netto)**

Neste estudo, todos os coeficientes de perda de carga são relativos à carga de velocidade na saída do barrilete de interligação das tubulações de recalque das bombas.

As variações de perda de carga em cada interligação serão compensadas por pequenas variações de vazão nas bombas e, conseqüentemente, por pequenas variações de perda de carga nas tubulações de recalque das bombas. Desta maneira, e para efeito de cálculo das perdas de carga totais no barrilete, poderá ser adotado o valor médio do coeficiente relativo a cada bomba, para cada condição de operação.

Perda de carga no barrilete, para a BB1, durante operação com 1 bomba	2,40
Perda de carga média no barrilete de interligação durante operação com 1 bomba	<b>2,40</b>
Perda de carga no barrilete, para a BB1, durante operação com 1 bomba em cada ramal	1,65
Perda de carga no barrilete, para a BB2, durante operação com 1 bomba em cada ramal	1,65
Perda de carga no barrilete, para a BB1, durante operação com 2 bombas no ramal	2,11
Perda de carga no barrilete, para a BB2, durante operação com 2 bombas no ramal	1,85
Perda de carga média no barrilete de interligação durante operação com 1 bombas	<b>1,81</b>

Ramal Operando com Uma Bomba*Ligação Tubulação da Bomba 1 ao Barrilete de Recalque*

Tê de Entrada Lateral (na entrada lateral)	$K_{TEL/L=}$	0,90	1	0,90
Tê de Entrada Lateral (na passagem direta)	$K_{TEL/D=}$	1,00	1	1,00
Tubulação do Barrilete (L = 2,7 m)	$K_{TUB=}$	0,03	1	0,03

*Ligação Tubulação da Bomba 2 ao Barrilete de Recalque*

Tê de Entrada Lateral (na passagem direta)	$K_{TEL/D=}$	0,02	1	0,02
Tubulação do Barrilete (L = 3,6 m)	$K_{TUB=}$	0,05	1	0,05

*Interligação dos Ramais*

Tê de Entrada Bilateral	$K_{TEB/P=}$	1,40	1	1,40
Tê de Entrada Bilateral	$K_{TEB/P=}$	1,40	1	1,40

Ramal Operando com Duas Bombas*Ligação Tubulação da Bomba 1 ao Barrilete de Recalque*

Tê de Entrada Lateral (na passagem direta)	$K_{TEL/D=}$	1,00	1	1,00
Tê de Entrada Lateral (na passagem direta)	$K_{TEL/D=}$	1,00	1	1,00
Tubulação do Barrilete (L = 2,7 m)	$K_{TUB=}$	0,03	1	0,03

*Ligação Tubulação da Bomba 2 ao Barrilete de Recalque*

Tê de Entrada Lateral (na passagem direta)	$K_{TEL/D=}$	0,40	1	0,40
Tê de Entrada Lateral (na passagem direta)	$K_{TEL/D=}$	0,40	1	0,40
Tubulação do Barrilete (L = 3,6 m)	$K_{TUB=}$	0,05	1	0,05

*Interligação dos Ramais*

Tê de Entrada Bilateral	$K_{TEB/P=}$	1,40	1	1,40
-------------------------	--------------	------	---	------

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - SETOR 3****EEAT Nova na Área do CRD do Setor 3**

RESP.: C.Hita

DATA: OUT/ 2017

MC-EEAT NOVA-BLM-S3-02

**PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS NOS TRECHOS DE ADUTORA****Definição das Perdas de Carga**

Segue a listagem das peças e conexões nos trechos de adutora.

As perdas de carga serão referidas à carga de velocidade no trecho de adutora que se segue ao recalque, modificando-se os coeficientes em função da quarta potência da razão dos diâmetros.

**Coeficientes de Perda de Carga**Primeiro Trecho de Adutora

Junta de Desmontagem

Peças	Coef. K	Quant.	$\Sigma K$
$K_{JDM} =$	0,05	1	0,05
<b><math>Ka_1</math> (soma)</b>			<b>0,05</b>

Segundo Trecho de Adutora

Junta de Desmontagem

Curva 90°

Tê de Saída Bilateral

$K_{JDM} =$	0,05	1	0,05
$K_{C90} =$	0,40	1	0,40
$K_{TSB/P} =$	0,75	1	0,75
<b><math>Ka_2</math> (soma)</b>			<b>1,20</b>

**CARACTERÍSTICAS DAS BOMBAS****Parâmetros Descritivos dos Conjuntos Motor-Bomba**

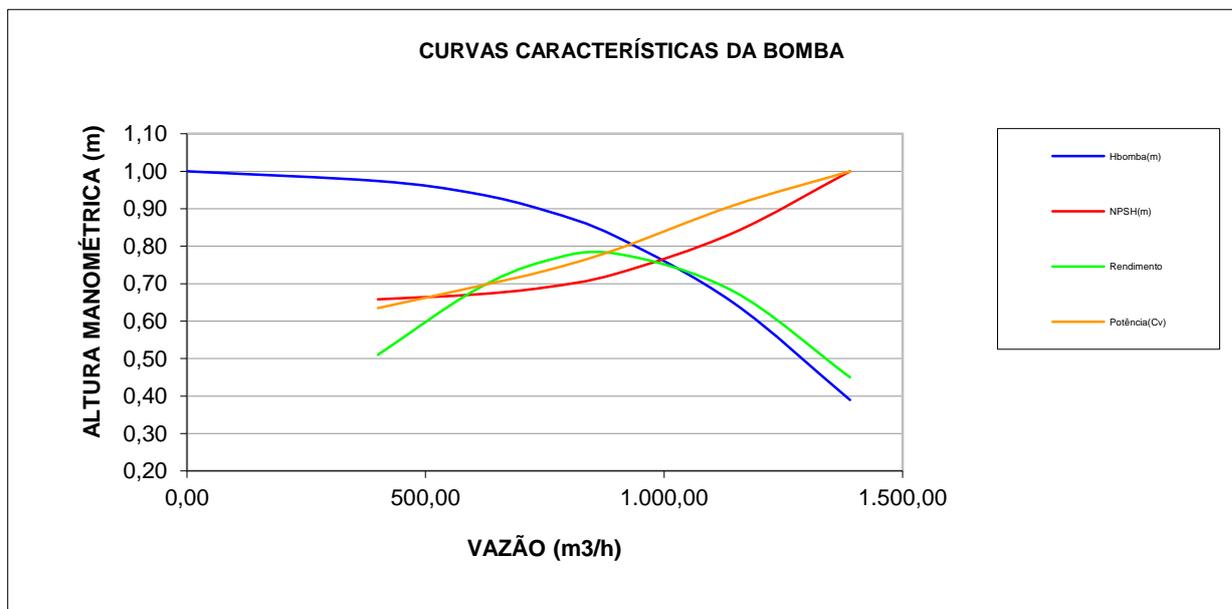
Segue a descrição dos conjuntos motor-bomba considerados na memória de cálculo. Bomba tipo Anfíbia, marca Hgra, modelo R1-390, com rotor de 15,55" (395,0mm), e com rotação nominal de 1.750rpm.

Flange de Descarga da Bomba (ANSI RF - 150 LBS)	DN 250
Potência Nominal do Motor (Cv)	250
Rotação Nominal (rpm)	1.750
Rendimento no ponto de trabalho	78%
Inercia do conjunto girante ( $GD^2/4$ )(Aproximação - $165 \times (P/N)^{1,435}$ )	10,11
Diâmetro do rotor (mm)	395,00
Velocidade periférica para a rotação nominal (m/s)	36,19
Rotação máxima considerada (rpm)	1.750
Velocidade periférica para a rotação máxima considerada (m/s)	36,19

**Curvas Características**

Ponto	Q (m <sup>3</sup> /h)	Hbomba(m)	NPSH(m)	Rendimento	Potência(Cv)
Shut-Off	0,00	<b>77,00</b>			
Qmin	400,00	75,00	5,20	51,0%	214,87
Q2	600,00	72,50	5,30	68,0%	233,67
Q3	750,00	68,96	5,45	76,0%	248,51
Qótm	900,00	63,55	5,74	78,0%	267,85
Q5	1.145,00	50,00	6,60	68,0%	307,53
Qmax	1.390,00	30,00	7,90	45,0%	338,49

Qmin = 40% de Qotm; Qotm=vazão no ponto de maior rendimento; Qmax=fim da curva do fornecedor



**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM -SETOR 3****EEAT Nova na Área do CRD do Setor 3**

RESP.: C.Hita

DATA: OUT/ 2017

MC-EEAT NOVA-BLM-S3-04

**PERDAS DE CARGA NO RECALQUE E NA ADUTORA****Descrição**

As perdas de carga na estação elevatória, e em cada trecho de adutora, serão calculados considerando-se vazões crescentes. Esses valores serão somados para obter a curva do sistema (carga necessária). O ajuste da vazão em cada trecho será feito de maneira proporcional à vazão do trecho base.

**Parâmetros do Sistema**Vazão de Projeto em Cada Trecho da Adutora

Vazão de projeto no primeiro trecho da adutora	$Qa_1$ (l/s)	515,20
Vazão de projeto no segundo trecho da adutora	$Qa_2$ (l/s)	515,20

Cota Topográfica no Final de cada Trecho da Adutora

Cota do terreno no início do primeiro trecho de adutora	$CT_{1i}$ (m)	12,80
Cota piezométrica mínima no final do segundo trecho de adutora	$CP_{2f}$ (m)	20,80

Tubulações em Cada Trecho da Adutora

Primeiro trecho - tubulação nova de ferro fundido	$k_{T1}$ (mm)	0,20
Segundo trecho - tubulação nova de ferro fundido	$k_{T2}$ (mm)	0,20

Diâmetro da Tubulação em Cada Trecho da Adutora

Diâmetro do primeiro trecho da adutora	$DI_{T1}$ (mm)	606,20
Diâmetro do segundo trecho da adutora	$DI_{T2}$ (mm)	606,20

Extensão de Cada Trecho da Adutora

Extensão do primeiro trecho de adutora	$La_1$ (m)	16,00
Extensão do segundo trecho de adutora	$La_2$ (m)	16,00

Cotas e Extensões Relevantes da Adutora

Cota do NA mínimo no poço de sucção	$H_1$ min (m)	6,99
Cota do NA médio no poço de sucção	$H_1$ med (m)	9,49
Cota do NA máximo no poço de sucção	$H_1$ max (m)	11,99
Cota do eixo das bombas da EE	$NEb_{EE}$ (m)	6,40
Extensão até a EE	$L_{EE}$ (m)	0,00
Carga máxima na estaca final da tubulação	$H_2$ max (m)	20,80
Extensão total da adutora	$La$ (m)	32,00
Cota do terreno no Ponto Crítico Intermediário	$H_{CI}$ max (m)	20,80
Extensão até o Ponto Crítico Intermediário	$La_{CI}$ (m)	32,00

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM -SETOR 3****EEAT Nova na Área do CRD do Setor 3**

RESP.: C.Hita

DATA: OUT/ 2017

MC-EEAT NOVA-BLM-S3-04

Perdas de Carga Relevantes para as Vazões de Projeto

Perdas de carga distribuídas na adutora - totais	$H_{f_{FI}}$ (m)	0,14
Perdas de carga localizadas na adutora - totais	$H_{l_{FI}}$ (m)	0,20
Perdas de carga distribuídas na adutora a montante da EE	$H_{fa_S}$ (m)	0,00
Perdas de carga localizadas na adutora a montante da EE	$H_{la_S}$ (m)	0,00
Perda de carga no barrilete de recalque da EE para a vazão de projeto	$H_{l_{EEr}}$ (m)	2,62
Perdas de carga distribuídas na adutora a jusante da EE	$H_{fa_R}$ (m)	0,14
Perdas de carga localizadas na adutora a jusante da EE	$H_{la_R}$ (m)	0,20
Perdas de carga distribuídas na adutora até o ponto alto intermediário	$H_{f_{PC}}$ (m)	0,14
Perdas de carga localizadas na adutora até o ponto alto intermediário	$H_{l_{PC}}$ (m)	0,20

**Determinação das Curvas do Sistema**Altura Geométrica para Seleção das Bombas

Altura geométrica máxima até o final da adutora	HGmax (m)	13,81
Altura geométrica média até o final da adutora	HGmed (m)	11,31
Altura geométrica mínima até o final da adutora	HGmin (m)	8,81
Altura geométrica de projeto no final da adutora	HGprfa (m)	13,81
Altura geométrica diferencial do ponto crítico ao final da adutora ( $H_{C1} - H_2$ )	HGdif (m)	0,00
Altura geométrica de projeto no ponto crítico intermediário	HGprpc (m)	13,81

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM -SETOR 3****EEAT Nova na Área do CRD do Setor 3**

RESP.: C.Hita

DATA: OUT/ 2017

MC-EEAT NOVA-BLM-S3-04

Vazões de Referência para as Curvas do Sistema

Vazão de projeto - trecho base, estação elevatória	$Q_{TB}$ (l/s)	515,20
Vazão mínima recomendada para um conjunto motor-bomba	$Q_{min}$ (m <sup>3</sup> /h)	400,00
Faixa máxima considerada para a vazão total	$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /h)	2.780,00

Curvas do Sistema para Uma Bomba Operando

$Q$ (m <sup>3</sup> /h)	HGpro (m)	HL (m)	Hf (m)	HS <sub>máx1B</sub> (m)	HS <sub>pro1B</sub> (m)	HS <sub>min1B</sub> (m)
0,00	13,81	0,00	0,00	13,81	11,31	8,81
400,00	13,81	0,35	0,73	14,89	12,39	9,89
583,08	13,81	0,74	1,54	16,09	13,59	11,09
766,15	13,81	1,28	2,66	17,75	15,25	12,75
949,23	13,81	1,97	4,09	19,86	17,36	14,86
1.132,31	13,81	2,80	5,81	22,42	19,92	17,42
1.315,38	13,81	3,78	7,85	25,43	22,93	20,43
1.498,46	13,81	4,90	10,18	28,89	26,39	23,89
1.681,54	13,81	6,17	12,82	32,80	30,30	27,80
1.864,62	13,81	7,59	15,77	37,17	34,67	32,17
2.047,69	13,81	9,15	19,01	41,98	39,48	36,98
2.230,77	13,81	10,86	22,56	47,24	44,74	42,24
2.413,85	13,81	12,72	26,42	52,95	50,45	47,95
2.596,92	13,81	14,72	30,58	59,11	56,61	54,11
2.780,00	13,81	16,87	35,04	65,72	63,22	60,72

Curvas do Sistema para Duas Bombas Operando

$Q$ (m <sup>3</sup> /h)	HGpro (m)	HL (m)	Hf (m)	HS <sub>máx2B</sub> (m)	HS <sub>pro2B</sub> (m)	HS <sub>min2B</sub> (m)
0,00	13,81	0,00	0,00	13,81	11,31	8,81
400,00	13,81	0,13	0,73	14,67	12,17	9,67
583,08	13,81	0,28	1,54	15,63	13,13	10,63
766,15	13,81	0,48	2,66	16,95	14,45	11,95
949,23	13,81	0,74	4,09	18,64	16,14	13,64
1.132,31	13,81	1,05	5,81	20,68	18,18	15,68
1.315,38	13,81	1,42	7,85	23,07	20,57	18,07
1.498,46	13,81	1,84	10,18	25,83	23,33	20,83
1.681,54	13,81	2,32	12,82	28,95	26,45	23,95
1.864,62	13,81	2,85	15,77	32,42	29,92	27,42
2.047,69	13,81	3,44	19,01	36,26	33,76	31,26
2.230,77	13,81	4,08	22,56	40,45	37,95	35,45
2.413,85	13,81	4,77	26,42	45,00	42,50	40,00
2.596,92	13,81	5,53	30,58	49,91	47,41	44,91
2.780,00	13,81	6,33	35,04	55,18	52,68	50,18

Valores para a vazão de Projeto

$Q$ (m <sup>3</sup> /h)	HGpro (m)	HL (m)	Hf (m)	HS <sub>máx4B</sub> (m)	HS <sub>pro4B</sub> (m)	HS <sub>min4B</sub> (m)
1.854,72	13,81	0,20	15,60	29,61	544,81	429,61

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM -SETOR 3****EEAT Nova na Área do CRD do Setor 3**

RESP.: C.Hita

DATA: OUT/ 2017

MC-EEAT NOVA-BLM-S3-04

**Verificação das Perdas de Carga Localizadas nas Estações Elevatórias**Parâmetros da Estação Elevatória

A estação elevatória está localizada no início do primeiro trecho da adutora.

Vazão de projeto da estação elevatória convencional	$Q_{EE}$ (l/s)	515,20
Diâmetro interno da tubulação da adutora na saída da EE	DI (mm)	606,20
Rugosidade da Tubulação nova de aço carbono	k (mm)	0,20
Velocidade do escoamento na adutora	Va (m/s)	1,79
Coef. de perda de carga no recalque da EE - uma bomba operando	$K_{RE1BB}$	44,99
Coef. de perda de carga no recalque da EE - duas bombas operando	$K_{RE2BB}$	16,10
Perda de carga no recalque da EE - duas bombas operando	$HL_{SE}$ (m)	2,62

Perdas de Carga Localizadas na Estação Elevatória

Qa (m <sup>3</sup> /h)	Va (m/s)	HL <sub>1BB</sub> (m)	HL <sub>2BB</sub> (m)
0,00	0,00	0,00	0,00
400,00	0,38	0,34	0,12
583,08	0,56	0,72	0,26
766,15	0,74	1,25	0,45
949,23	0,91	1,91	0,69
1.132,31	1,09	2,72	0,97
1.315,38	1,27	3,68	1,32
1.498,46	1,44	4,77	1,71
1.681,54	1,62	6,01	2,15
1.864,62	1,79	7,38	2,64
2.047,69	1,97	8,91	3,19
2.230,77	2,15	10,57	3,78
2.413,85	2,32	12,38	4,43
2.596,92	2,50	14,32	5,13
2.780,00	2,68	16,42	5,88

Valores para a vazão de Projeto

Q (m <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	HL <sub>1BB</sub> (m)	HL <sub>2BB</sub> (m)
1.854,72	1,79	7,31	2,62

**Verificação das Perdas de Carga nos Trechos da Adutora**

A perda de carga distribuída será calculada pela Fórmula Universal

$$H_f = f \times L \times V^2 / (2g \times DN)$$

Para o fator de fricção será utilizada aproximação numérica da fórmula de Colebrook desenvolvida por SWAMEE e JAIN

$$\text{Fator de Fricção, } f = 1,325 / [\ln(k / 3,7 D + 5,74/R^{0,9})]^2$$

Viscosidade cinemática da água (25 °C)

 $\nu$  (mm<sup>2</sup>/s) | 8,930E-01

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM -SETOR 3****EEAT Nova na Área do CRD do Setor 3**

RESP.: C.Hita

DATA: OUT/ 2017

MC-EEAT NOVA-BLM-S3-04

**Primeiro Trecho**Tubulação nova de ferro fundido

Diâmetro interno da tubulação	DI (mm)	606,20
Rugosidade do tubo	k (mm)	0,20
Rugosidade relativa	k / DN	0,00033

Vazão e Perdas de Carga Distribuídas no Trecho

Vazão de projeto	Q (l/s)	515,20
Velocidade do escoamento	V (m/s)	1,79
Número de Reynolds	R	1.211.765,50
Fator de fricção	f	0,0159
Perda de carga unitária	J (m/km)	4,26
Extensão da adutora para dimensionamento do escoamento	La (m)	16,00
Perda de carga distribuída para dimensionamento do escoamento	Hfa (m)	0,07
Coefficiente de perda de carga localizada neste trecho de adutora	Ka <sub>1</sub>	0,05
Perda de carga localizada para a vazão de projeto	Hla <sub>1</sub> (m)	0,01
Perda de carga total para a vazão de projeto	HLa <sub>1</sub> (m)	0,08

Perdas de Carga Distribuídas no Primeiro Trecho da Adutora

Q (m <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	R	f	J (m/km)	Hla <sub>1</sub> (m)	Hf (m)
0,00	0,00	0,00	0,0000	0,000	0,00	0,000
400,00	0,38	261.336,59	0,0175	0,218	0,00	0,003
583,08	0,56	380.948,34	0,0169	0,448	0,00	0,007
766,15	0,74	500.560,08	0,0166	0,759	0,00	0,012
949,23	0,91	620.171,83	0,0164	1,150	0,00	0,018
1.132,31	1,09	739.783,57	0,0162	1,621	0,00	0,026
1.315,38	1,27	859.395,32	0,0161	2,172	0,00	0,035
1.498,46	1,44	979.007,07	0,0160	2,802	0,01	0,045
1.681,54	1,62	1.098.618,81	0,0160	3,513	0,01	0,056
1.864,62	1,79	1.218.230,56	0,0159	4,304	0,01	0,069
2.047,69	1,97	1.337.842,31	0,0158	5,174	0,01	0,083
2.230,77	2,15	1.457.454,05	0,0158	6,124	0,01	0,098
2.413,85	2,32	1.577.065,80	0,0158	7,154	0,01	0,114
2.596,92	2,50	1.696.677,55	0,0157	8,263	0,02	0,132
2.780,00	2,68	1.816.289,29	0,0157	9,452	0,02	0,151

Valores para a vazão de Projeto

Q (m <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	R	f	J (m/km)	Hla <sub>1</sub> (m)	Hf (m)
1.854,72	1,79	1.211.765,50	0,0159	4,259	0,01	0,068

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM -SETOR 3****EEAT Nova na Área do CRD do Setor 3**

RESP.: C.Hita

DATA: OUT/ 2017

MC-EEAT NOVA-BLM-S3-04

**Segundo Trecho**Tubulação nova de ferro fundido

Diâmetro interno da tubulação	DI (mm)	606,20
Rugosidade do tubo	k (mm)	0,20
Rugosidade relativa	k / DN	0,00033

Vazão e Perdas de Carga Distribuídas no Trecho

Vazão de projeto	Q (l/s)	515,20
Velocidade do escoamento	V (m/s)	1,79
Número de Reynolds	R	1.211.765,50
Fator de fricção	f	0,0159
Perda de carga unitária	J (m/km)	4,26
Extensão da adutora para dimensionamento do escoamento	La (m)	16,00
Perda de carga distribuída para dimensionamento do escoamento	Hfa (m)	0,07
Coefficiente de perda de carga localizada neste trecho de adutora	Ka <sub>2</sub>	1,20
Perda de carga localizada para a vazão de projeto	Hla <sub>2</sub> (m)	0,20
Perda de carga total para a vazão de projeto	HLa <sub>2</sub> (m)	0,26

Perdas de Carga Distribuídas no Segundo Trecho da Adutora

Q (m <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	R	f	J (m/km)	Hla <sub>2</sub> (m)	Hf (m)
0,00	0,00	0,00	0,0000	0,000	0,00	0,000
400,00	0,38	261.336,59	0,0175	0,218	0,01	0,003
583,08	0,56	380.948,34	0,0169	0,448	0,02	0,007
766,15	0,74	500.560,08	0,0166	0,759	0,03	0,012
949,23	0,91	620.171,83	0,0164	1,150	0,05	0,018
1.132,31	1,09	739.783,57	0,0162	1,621	0,07	0,026
1.315,38	1,27	859.395,32	0,0161	2,172	0,10	0,035
1.498,46	1,44	979.007,07	0,0160	2,802	0,13	0,045
1.681,54	1,62	1.098.618,81	0,0160	3,513	0,16	0,056
1.864,62	1,79	1.218.230,56	0,0159	4,304	0,20	0,069
2.047,69	1,97	1.337.842,31	0,0158	5,174	0,24	0,083
2.230,77	2,15	1.457.454,05	0,0158	6,124	0,28	0,098
2.413,85	2,32	1.577.065,80	0,0158	7,154	0,33	0,114
2.596,92	2,50	1.696.677,55	0,0157	8,263	0,38	0,132
2.780,00	2,68	1.816.289,29	0,0157	9,452	0,44	0,151

Valores para a vazão de Projeto

Q (m <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	R	f	J (m/km)	Hla <sub>1</sub> (m)	Hf (m)
1.854,72	1,79	1.211.765,50	0,0159	4,259	0,20	0,068

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM -SETOR 3****EEAT Nova na Área do CRD do Setor 3**

RESP.: C.Hita

DATA: OUT/ 2017

MC-EEAT NOVA-BLM-S3-04

**Estimativa da Carga Piezométrica Demandada pela Rede de Distribuição**

A carga piezométrica demandada pela rede de distribuição foi estimada em função dos parâmetros de vazão máxima horária e da carga considerada no estudo da B&B, admitindo-se pressão mínima de 10,00m.

Foi admitido como ponto crítico a esquina com maior cota topográfica no entorno da Praça da República. A cota topográfica nesse local é aproximadamente 2,0m abaixo da cota topográfica nas áreas dos reservatórios do Setor 3.

Vazão máxima horária referenciada	Q (m <sup>3</sup> /h)	1.764,85
	Q (l/s)	490,24
Carga considerada na saída da estação elevatória	H <sub>Pi</sub> (m)	22,00
Diferença de cota até o ponto crítico	H <sub>Gpc</sub> (m)	2,00
Pressão mínima considerada no ponto crítico	H <sub>Pmin</sub> (m)	10,00
Perda de carga considerada até o ponto crítico	H <sub>Ppc</sub> (m)	14,00

Cotas do NA na Caixa de Passagem (Trecho Final)

<b>Q (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Hd (m)</b>
0,00	0,000
400,00	0,719
583,08	1,528
766,15	2,638
949,23	4,050
1.132,31	5,763
1.315,38	7,777
1.498,46	10,093
1.681,54	12,709
1.864,62	15,628
2.047,69	18,847
2.230,77	22,368
2.413,85	26,190
2.596,92	30,313
2.780,00	34,738

Valores para a vazão de Projeto

<b>Q (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Hd (m)</b>
1.854,72	15,462

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - SETOR 3****EEAT Nova na Área do CRD do Setor 3**

RESP.: C.Hita

DATA: OUT/ 2017

MC-EEAT NOVA-BLM-S3-05

**RECALQUE COM UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA - BOMBAS VERTICAIS (2 + 1)****Descrição**

Segue o dimensionamento de recalque de água, admitindo-se uma estação elevatória operando com até dois conjuntos motor-bomba em paralelo.

**Parâmetros do Recalque**Na Adutora

Diâmetro interno da adutora	$DI_{ADUT}$ (mm)	606,20
Cota do NA mínimo no Poço de Sucção	$H_1$ min (m)	6,99
Carga máxima na estaca final da tubulação	$H_2$ max (m)	20,80
Altura geométrica de projeto considerada	HGpr (m)	13,81
Perdas distribuídas na adutora consideradas para a vazão de projeto	$H_{f_{AQP}}$ (m)	-2,41
Perdas localizadas na adutora consideradas para a vazão de projeto	$H_{l_{AQP}}$ (m)	15,60
Perdas de carga distribuídas na adutora a montante da EE	$H_{fa_S}$ (m)	0,00
Perdas de carga localizadas na adutora a montante da EE	$H_{la_S}$ (m)	0,00

Na Estação Elevatória

Cota do eixo das bombas	$NEb_{EE}$ (m)	6,40
Vazão de projeto	$Q_{EE}$ (l/s)	515,20
Perdas de carga localizadas no barrilete de recalque da EE	$H_{l_{EEr}}$ (m)	2,62

**Parâmetros para Seleção das Bombas (Duas Bombas Operando)**Estação Elevatória com Bombas de Eixo Vertical Anfíbias

Número de bombas em paralelo	n	2
Vazão de projeto	$Q$ (m <sup>3</sup> /h)	927,36
Perdas de carga a montante das bombas	$H_{ls_{MBB}}$ (m)	0,00
Pressão de vapor (admite-se temperatura até 60 °C)	$P_v$ (m.c.a.)	2,03
NPSH disponível ( $10,33 - P_v - NEb_{EE} + H_1 \text{ min} - H_{ls_{MBB}}$ )	NPSHd (m)	8,89
Altura manométrica para as Bombas da EE	$H_{amt_{EE}}$ (m)	29,61
Limite de vazão para a bomba indicada	$Q_{LIM}$ (m <sup>3</sup> /h)	1.390,00
Rotação nominal do conjunto motor-bomba indicado	$N_N$ (rpm)	1.750

Valor do NPSH Disponível x Requerido para as Condições Estudadas (Hgmín, rpm Nominal)

Descrição	1BB Oper.	2BB Oper.
RPM Nominal	1.750	1.750
Q 1BB (m <sup>3</sup> /h)	1.459,51	1.249,78
Q Total (l/s)	405,42	694,32
V Adut. (m/s)	1,40	2,41
$H_{ls_{MBB}}$ (m)	0,00	0,00
NPSHd (m)	8,89	8,89
NPSHr (m)	8,32	7,11

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - SETOR 3****EEAT Nova na Área do CRD do Setor 3**

RESP.: C.Hita

DATA: OUT/ 2017

MC-EEAT NOVA-BLM-S3-05

Valor do NPSH Disponível x Requerido para as Condições Estudadas (Hgmín, rpm Reduzidas)

<b>Descrição</b>	<b>1BB Oper.</b>	<b>2BB Oper.</b>
RPM Reduzido	1.130	1.425
Q 1BB (m <sup>3</sup> /h)	873,74	989,74
Q Total (l/s)	242,71	549,86
V Adut. (m/s)	0,84	1,91
Hls <sub>MBB</sub> (m)	0,00	0,00
NPSHd (m)	8,89	8,89
NPSHr (m)	3,20	4,60

Curvas do Sistema - Segmentos para Uma Bomba Operando

<b>Q (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>HS<sub>máx1B</sub> (m)</b>	<b>HS<sub>pro1B</sub> (m)</b>	<b>HS<sub>mín1B</sub> (m)</b>
0,00	13,81	11,31	8,81
400,00	14,89	12,39	9,89
583,08	16,09	13,59	11,09
766,15	17,75	15,25	12,75
949,23	19,86	17,36	14,86
1.132,31	22,42	19,92	17,42
1.315,38	25,43	22,93	20,43
1.498,46	28,89	26,39	23,89
1.681,54	32,80	30,30	27,80
1.864,62	37,17	34,67	32,17
2.047,69			
2.230,77			
2.413,85			
2.596,92			
2.780,00			

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - SETOR 3****EEAT Nova na Área do CRD do Setor 3**

RESP.: C.Hita

DATA: OUT/ 2017

MC-EEAT NOVA-BLM-S3-05

Curvas do Sistema - Segmentos para Duas Bombas Operando

<b>Q (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>HS<sub>máx2B</sub> (m)</b>	<b>HS<sub>pro2B</sub> (m)</b>	<b>HS<sub>mín2B</sub> (m)</b>
0,00			
400,00			
583,08			
766,15			
949,23			
1.132,31			
1.315,38			
1.498,46	25,83	23,33	20,83
1.681,54	28,95	26,45	23,95
1.864,62	32,42	29,92	27,42
2.047,69	36,26	33,76	31,26
2.230,77	40,45	37,95	35,45
2.413,85	45,00	42,50	40,00
2.596,92	49,91	47,41	44,91
2.780,00			

Curvas das Bombas com Rotação Nominal

<b>Q (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>HB<sub>1BB</sub> (m)</b>	<b>HB<sub>2BB</sub> (m)</b>
0,00	77,00	
400,00	75,00	
583,08	72,80	
766,15	68,47	
949,23	61,32	74,31
1.132,31	50,86	73,08
1.315,38	36,79	71,33
1.390,00	30,00	70,45
1.498,46		68,98
1.681,54		65,93
1.864,62		62,11
2.047,69		57,47
2.230,77		51,97
2.413,85		45,57
2.596,92		38,25
2.780,00		30,00

**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - SETOR 3****EEAT Nova na Área do CRD do Setor 3**

RESP.: C.Hita

DATA: OUT/ 2017

MC-EEAT NOVA-BLM-S3-05

Curvas das Bombas com Rotação Reduzida

## Uma Bomba - 1750 rpm

Q (m <sup>3</sup> /h)	HB (m)
0,00	77,00
400,00	75,00
600,00	72,50
750,00	68,96
900,00	63,55
1.145,00	50,00
1.390,00	30,00

## Uma Bomba - 1130 rpm

Q rpm	HB (m)	Q máx - 1BB	HB (m)
0,00	32,10	1.390,00	30,00
258,29	31,27	1.307,92	26,56
387,43	30,23	1.225,85	23,33
484,29	28,75	1.143,77	20,31
581,14	26,50	1.061,70	17,50
739,34	20,85	979,62	14,90
897,54	12,51	897,54	12,51

## Duas Bombas - 1750 rpm

Q (m <sup>3</sup> /h)	HB (m)
0,00	77,00
800,00	75,00
1.200,00	72,50
1.500,00	68,96
1.800,00	63,55
2.290,00	50,00
2.780,00	30,00

## Duas Bombas - 1425 rpm

Q rpm	HB (m)	Q máx - 2BB	HB (m)
0,00	51,06	2.780,00	30,00
651,43	49,73	2.693,95	28,17
977,14	48,07	2.607,90	26,40
1.221,43	45,72	2.521,86	24,69
1.465,71	42,14	2.435,81	23,03
1.864,71	33,15	2.349,76	21,43
2.263,71	19,89	2.263,71	19,89



HITA

AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - SETOR 3

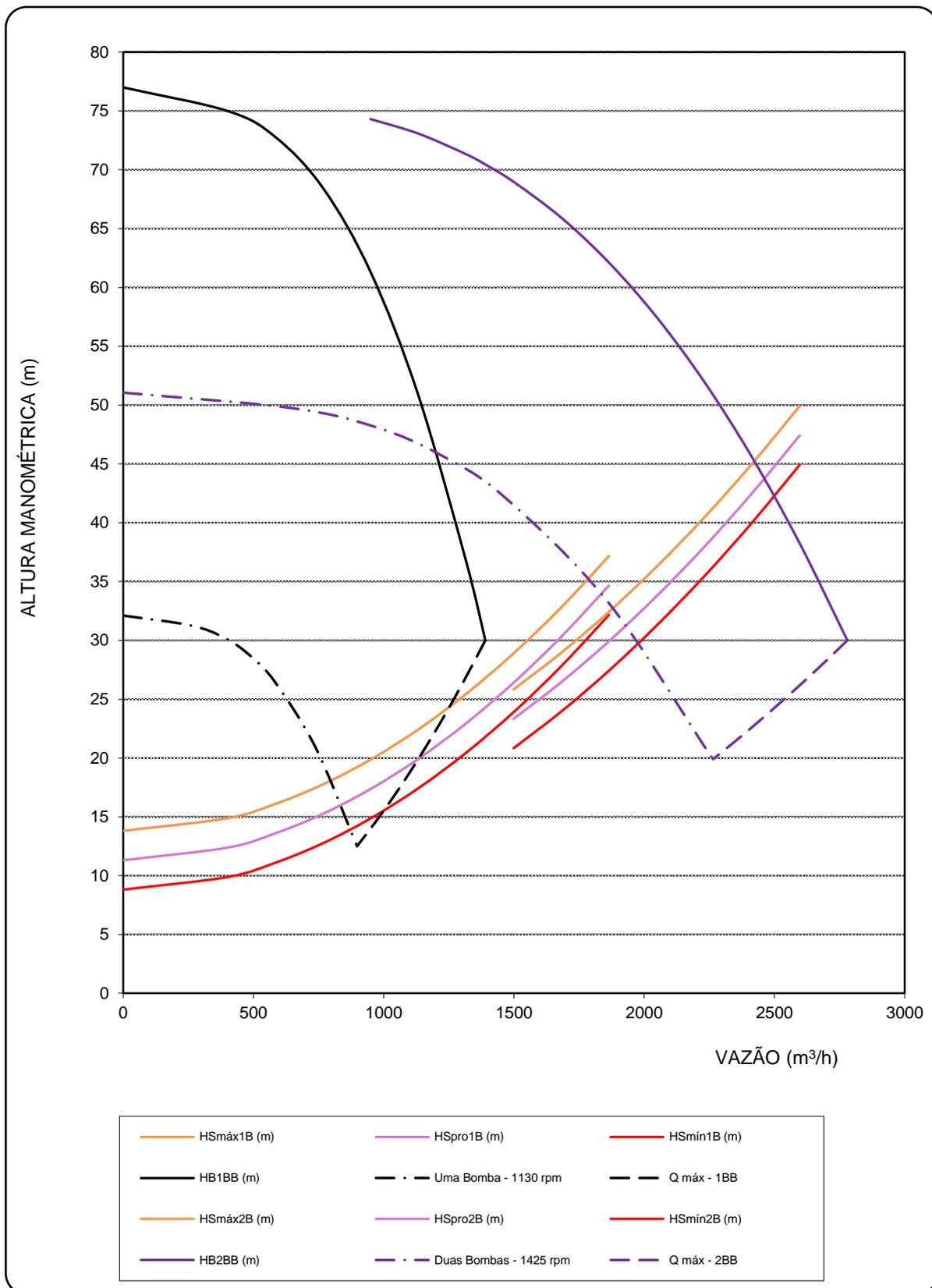
EEAT Nova na Área do CRD do Setor 3

RESP.: C.Hita

DATA: OUT/ 2017

MC-EEAT NOVA-BLM-S3-05

Curvas do Sistema e das Bombas - BOMBAS ANFÍBIAS



**HITA****AMPLIAÇÃO DO SIAA DE BELÉM - SETOR 3****EEAT Nova na Área do CRD do Setor 3**

RESP.: C.Hita

DATA: OUT/ 2017

MC-EEAT NOVA-BLM-S3-05

Parâmetros da EE Operando com Uma Bomba em Rotação Nominal

Operação	Q <sub>Tot</sub> (l/s)	Q <sub>1BB</sub> (m <sup>3</sup> /h)	(%) Q <sub>1BB</sub> / Q <sub>ót.</sub>	Hamt (m.c.a.)	Pot <sub>1BB</sub> (CV)	Pot <sub>Tot</sub> (CV)
1BB-HGmáx	393,83	1.417,78	157,53%	27,31	339,78	339,78
1BB-HGpro	399,69	1.438,87	159,87%	25,22	340,29	340,29
1BB-HGmín	405,42	1.459,51	162,17%	23,12	340,34	340,34

Parâmetros da EE Operando com Uma Bomba a 1130 rpm

Operação	Q <sub>Tot</sub> (l/s)	Q <sub>1BB</sub> (m <sup>3</sup> /h)	(%) Q <sub>1BB</sub> / Q <sub>ót.</sub>	Hamt (m.c.a.)	Pot <sub>1BB</sub> (CV)	Pot <sub>Tot</sub> (CV)
1BB-HGmáx	221,61	797,81	137,28%	18,09	86,63	86,63
1BB-HGpro	232,54	837,14	144,05%	16,02	88,82	88,82
1BB-HGmín	242,71	873,74	150,35%	13,94	90,41	90,41

Parâmetros da EE Operando com Duas Bombas em Rotação Nominal

Operação	Q <sub>Tot</sub> (l/s)	Q <sub>1BB</sub> (m <sup>3</sup> /h)	(%) Q <sub>1BB</sub> / Q <sub>ót.</sub>	Hamt (m.c.a.)	Pot <sub>1BB</sub> (CV)	Pot <sub>Tot</sub> (CV)
2BB-HGmáx	672,99	1.211,38	134,60%	45,23	318,15	636,30
2BB-HGpro	683,78	1.230,80	136,76%	43,75	321,06	642,13
2BB-HGmín	694,32	1.249,78	138,86%	42,26	323,80	647,59

Parâmetros da EE Operando com Duas Bombas a 1425 rpm

Operação	Q <sub>Tot</sub> (l/s)	Q <sub>1BB</sub> (m <sup>3</sup> /h)	(%) Q <sub>1BB</sub> / Q <sub>ót.</sub>	Hamt (m.c.a.)	Pot <sub>1BB</sub> (CV)	Pot <sub>Tot</sub> (CV)
2BB-HGmáx	522,18	939,93	128,26%	32,73	166,87	333,74
2BB-HGpro	536,28	965,30	131,72%	31,26	169,59	339,19
2BB-HGmín	549,86	989,74	135,05%	29,79	172,11	344,22