



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

MARIA GIOVANNA MOTA

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO
DE ÁGUA PARA A COMUNIDADE RURAL SÃO JOÃO DO TRICI EM TAUÁ-CE**

CRATEÚS-CE

2023

MARIA GIOVANNA MOTA

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA PARA A COMUNIDADE RURAL SÃO JOÃO DO TRICI EM TAUÁ-CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária

Área de Concentração: Saneamento Ambiental

Orientador: Prof. Dra. Raimunda Moreira da Franca.

CRATEÚS - CE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M871d Mota, Maria Giovanna.
Dimensionamento de um sistema simplificado de abastecimento de água para a comunidade rural São João do Trici em Tauá-CE / Maria Giovanna Mota. – 2023.
106 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Crateús, 2023.
Orientação: Profa. Dra. Raimunda Moreira da Franca.

1. Sistema Simplificado. 2. Abastecimento de Água. 3. Saneamento Rural. I. Título.

CDD 628

MARIA GIOVANNA MOTA

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA PARA A COMUNIDADE RURAL SÃO JOÃO DO TRICI, TAUÁ-CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de bacharel em
Engenharia Ambiental e Sanitária.

Aprovada em: ___ / ___ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Raimunda Moreira da Franca (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Janine Brandão de Farias Mesquita (Membro)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alan Michell Barros Alexandre (Membro)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pela vida e por todas as bênçãos que me deste. A minha mãe, Gleicyana Cavalcante Mota, por nunca ter medido esforços para que eu tivesse o melhor, sempre com muito amor e zelo. Ao meu Padrasto, Edivagno Loiola Mota, por ter escolhido ser um pai para mim e ao meu irmãozinho, Francisco Arthur Loiola, por me instigar a ser sempre melhor por ele. A toda minha família. Amo vocês.

Agradeço a Caio Soares Rosa, por ser meu maior incentivador e companheiro em tudo, e por sempre acreditar que sou capaz.

Agradeço a Universidade Federal do Ceará – Campus Crateús; a coordenação do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária pelo subsídio para que eu conseguisse concluir a minha formação; a todos os excelentíssimos profissionais que me acompanharam ao longo da graduação, por terem ao longo do curso sido inspiração, motivação, exemplo de profissionais que aspiro seguir.

Agradeço a minha orientadora Dra Raimunda Moreira da Franca, por ter disponibilizado seu tempo, compreensão e conhecimento necessários para que eu conseguisse concluir essa jornada. A banca examinadora, composta pela Dra Janine Brandão de Farias Mesquita e Dr Alan Michell Barros Alexandre por terem aceitado o convite, disponibilizando seu tempo e contribuição ao meu trabalho.

Agradeço a Empresa COSAMPA Projetos e Construções, na pessoa de Janio Keilthon Teixeira Costa, pela disponibilidade dos dados necessários à pesquisa e por todas as oportunidades dadas. A toda equipe que compõe o Consórcio das Águas, em especial aos Engenheiros (a) Letícia Teixeira Melo e Kierlin Mota Amarilo, ao Gestor Gildson da Silva Nascimento e Supervisor Fabrício José de Souza, por todo aprendizado, conhecimentos repassados e pela enorme contribuição que tiveram e tem em minha formação profissional todos os dias.

Agradeço aos meus amigos, que tornaram a jornada mais leve e possível: Nathália Araújo Sousa, Amanda Rodrigues Canuto, Antonio Teixeira Servolo Filho, Natália Bezerra Carvalhedo Sampaio Sales, Ana Clara de Oliveira Portela Machado, Maria Zilda Chaves Martins, Hillary Silvério de Azevedo, Amanda Barbosa Castro, Marianne dos Anjos Oliveira Farias, José Mota de Sousa Neto, Marcos Henrique, Maria Carolina Mesquita, e todos que fizeram parte da minha caminhada na UFC.

RESUMO

No Brasil, a busca pela universalização dos serviços de saneamento básico segue sendo um dos maiores desafios do poder público. A parcela populacional mais desassistida em termos de políticas públicas de acesso ao saneamento, em especial ao serviço de abastecimento de água, são os habitantes da zona rural, de acordo com o Programa Nacional de Saneamento Rural (2009). Este trabalho tem como propósito dimensionar um sistema simplificado de abastecimento de água para a comunidade rural São João do Trici em Tauá-CE, apresentando vistas e detalhamentos das instalações hidráulicas. Esta localidade não dispõe de abastecimento público de água através de redes e possui deficiência desse serviço em termos de qualidade. O projeto proposto é de um sistema com captação de água subterrânea e foi desenvolvido com o uso do software AutoCAD Civil 3D para a tratativa dos dados de levantamento topográfico, traçados das canalizações e elaboração de demais peças gráficas. Os cálculos do dimensionamento foram determinados com o auxílio de planilhas no Excel seguindo formulações da literatura disponível, com uso dos arquivos gerados pelo Civil 3D. Dentro da perspectiva hidráulica, o projeto apresentou bons resultados no que concerne os requisitos vigentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT para projetos de abastecimento de água, considerando os dados disponíveis para verificação de viabilidade hidráulica, com a captação em poço profundo existente da comunidade. Contudo, recomenda-se realizar um estudo de viabilidade ambiental de implantação do presente sistema, com estudo da qualidade da água dos mananciais e atestar de fato que a simples desinfecção seria suficiente para potabilidade da água subterrânea.

Palavras-chave: Sistema Simplificado. Abastecimento de Água. Saneamento Rural.

ABSTRACT

In Brazil, the search for the universalization of basic sanitation services continues to be one of the greatest challenges for public authorities. The most underserved population in terms of public policies for access to sanitation, especially the water supply service, are the inhabitants of rural areas, according to the National Rural Sanitation Program (2009). This work aims to dimension a simplified water supply system for the rural community São João do Trici in Tauá-CE, presenting views and details of the hydraulic installations. This locality does not have public water supply through networks and has a deficiency in this service in terms of quality. The proposed project is for a system with groundwater abstraction and was developed using AutoCAD Civil 3D software for dealing with topographic survey data, pipeline layouts and elaboration of other graphic pieces. The dimensioning calculations were determined with the help of spreadsheets in Excel following formulations in the available literature, using the files generated by Civil 3D. Within the hydraulic perspective, the project presented good results with regard to the current requirements of the Brazilian Association of Technical Standards - ABNT for water supply projects, considering the data available for verification of hydraulic feasibility, with collection in an existing deep well in the community. However, it is recommended to carry out an environmental feasibility study for the implementation of the present system, with a study of the water quality of the springs and attest in fact that the simple disinfection would be sufficient for the potability of the groundwater.

Keywords: Simplified System. Water supply. Rural Sanitation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de instalação do conjunto motobomba submerso	18
Figura 2 - Adutora por gravidade em regime de conduto forçado.....	22
Figura 3 - Adutora gravitaria com trecho em conduto livre	22
Figura 4 - Escoamento em conduto livre.....	25
Figura 5 - Escoamento em conduto forçado	25
Figura 6 - Curva característica de rendimento.....	30
Figura 7 - Curva característica do NPSH	31
Figura 8 - Curva característica da potência	31
Figura 9 - Mapa de localização de Tauá-CE.....	41
Figura 10 - Mapa de localização da comunidade	42
Figura 11 - Posição da sucção recomendada	49
Figura 12 - Dimensões em planta e vista em perfil dos anéis do reservatório	50
Figura 13 - Curvas de nível do terreno natural da área de estudo	51
Figura 14 - Elevações da área de estudo.....	52
Figura 15 - Croqui do sistema proposto	55
Figura 16 - Croqui da estação de bombeamento	63
Figura 17 - Rendimento da bomba da EEAB	66
Figura 18 - NPSH Requerido	67
Figura 19 - Dimensões da cuba do REL.....	68
Figura 20 - Croqui do traçado da rede de distribuição	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de coeficiente de rugosidade C	27
Tabela 2 - Valores de K para cálculo da perda de carga localizada	28
Tabela 3 - Pressão de vapor da água em função da temperatura	32
Tabela 4 - Pressão atmosférica em função da altitude.....	33
Tabela 5 - Velocidades máximas na rede de distribuição em função do diâmetro	37
Tabela 6 - Resultados da projeção populacional	53
Tabela 7 - Resultados das vazões média, horária e diária.	53
Tabela 8 - Resultados do cálculo do diâmetro das adutoras	58
Tabela 9 - Resultados dos cálculos da perda de carga unitária e distribuída.....	59
Tabela 10 - Ficha técnica do tubo de 50 mm	60
Tabela 11 - Classes adotadas para as adutoras.....	62
Tabela 12 - Resumo dimensionamento das adutoras.....	62
Tabela 13 - Peças do barrilete de sucção da bomba	63
Tabela 14 - Peças do barrilete de recalque da bomba.....	64
Tabela 15 - Resumo de dimensionamento da rede de distribuição.....	70
Tabela 16 - Singularidades na rede de 50 mm.....	70
Tabela 17 - Singularidades na rede de 75 mm.....	70

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Contextualização.....	12
1.2 Objetivos.....	13
1.3 Justificativa.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Panorama do Saneamento Básico no Brasil	15
2.2 Normatização do abastecimento de água no Brasil.....	15
2.3 Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água.....	16
2.3.1 Mananciais subterrâneos	17
2.3.2 Captação de águas subterrâneas	18
2.3.3 Projeções populacionais	19
2.3.4 Adutoras.....	20
2.3.5 Estações Elevatórias	29
2.3.6 Tratamento de Água.....	34
2.3.7 Reservatórios	35
2.3.8 Rede de Distribuição	36
2.3.9 Ligações prediais	39
3 METODOLOGIA.....	40
3.1. Caracterização da Área de Estudo	40
3.1.1. Demografia	43
3.1.2. Aspectos Fisiográficos.....	43
3.1.4. Domínios Hidrogeológicos.....	43
3.1.5. Clima, vegetação e hidrografia.....	43
3.1.6. Saneamento.....	44
3.2 Abordagem sobre os dados do estudo.....	44
3.3 Procedimento Metodológico	44
3.3.3. Dimensionamento preliminar	45
3.3.4. Captação em poço tubular	46
3.3.5. Traçado e dimensionamento das adutoras	47
3.3.6. Estação Elevatória de Água Bruta	48
3.3.7. Traçado da Rede de Distribuição.....	49
3.3.8. Volume de reservação	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1 Concepção do sistema proposto	51
4.1.1. Topografia.....	51

4.1.2. Consumidores	53
4.1.3 Projeção populacional.....	53
4.1.4 Vazões do sistema	53
4.1.3. Mananciais abastecedores.....	54
4.1.4. Arranjo definido para o sistema.....	55
4.2 Dimensionamento das unidades do sistema proposto	56
4.2.1 Captação	56
4.2.2. Adução de Água Bruta.....	58
4.2.3. Estação elevatória de água bruta	62
4.2.4. Reservatório Elevado.....	67
4.2.5. Desinfecção	69
4.2.6. Rede de Distribuição	69
4.2.6. Ligações prediais	71
5 CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

No Brasil, país mundialmente reconhecido por possuir abundante reserva em recursos hídricos, existem sérios problemas de escassez hídrica em algumas regiões, além de problemas sociopolíticos que afetam a distribuição de água e o acesso das parcelas mais vulneráveis da população a esse bem natural.

A Constituição Federal de 1988, prevê a competência do poder público em garantir acesso a água tratada de qualidade e em quantidade ideal como direito fundamental do cidadão.

No Marco Legal do Saneamento Básico (Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020) fica estabelecido que a prestação de serviços públicos de Saneamento deve compreender o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Universalizar tais serviços, segue sendo um dos maiores desafios no Brasil e no mundo.

Conforme Sistema Nacional de Informações de Saneamento – SNIS (2020), a população total atendida com acesso a água no Brasil contabiliza 175,5 milhões de brasileiros, confrontando 211,7 milhões de habitantes no país (IBGE, 2010), ou seja, há quase 40 milhões de brasileiros que ainda não possuem acesso a serviços de água própria para consumo, e pouco mais de 100 milhões não dispõem de coleta adequada de esgoto.

Os quantitativos são ainda mais alarmantes quando se observa a disparidade entre o acesso a esses serviços entre a zona rural e a zona urbana. O Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) (2019), aponta que nas áreas rurais do Brasil 24 milhões de pessoas não possuem acesso adequado ao abastecimento de água, o que em termos percentuais representa 59,5% da população carente do serviço no País.

Existem particularidades no mantimento adequado do serviço que embasam uma carência maior em localidades rurais, como a dispersão geográfica, isolamento político e territorial, que elucidam o maior déficit nessas áreas.

Portanto, faz-se necessário a elaboração de políticas públicas que contribuam para contemplar as comunidades rurais com serviços básicos de saneamento, bem como o desenvolvimento de pesquisas neste campo que simplifiquem os sistemas convencionais, que por sua vez necessitam de elevados investimentos iniciais e de operação complexa, tornando economicamente inacessível a algumas realidades.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

- Desenvolver um projeto Simplificado de Abastecimento de Água para a comunidade rural de São João do Trici – Tauá/CE, atendendo aos requisitos e recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

1.2.2 Objetivos específicos

- Dimensionar as vazões do sistema, para captação, adução e distribuição de água;
- Dimensionar as canalizações das adutoras de água bruta;
- Determinar o volume necessário de reservação para atender a necessidade de consumo da comunidade;
- Calcular as pressões dinâmica mínima e estática máxima da rede de distribuição, requeridas para abastecer todos os pontos de ligação predial;
- Realizar a verificação hidráulica de todos os parâmetros da rede conforme recomendações da ABNT, incluindo cálculo das perdas de carga, velocidades e vazões.
- Apresentar memória de cálculo do projeto;
- Elaborar desenhos técnicos com vistas e perfis dos elementos do sistema de abastecimento dimensionadas;

1.3 Justificativa

De acordo com o censo demográfico do IBGE realizado em 2010, há por volta de 29,9 milhões de brasileiros que moram em localidades rurais, compondo em torno de 8,1 milhões de domicílios. A inversão de densidade populacional a partir da década de 40, que antes era maior na zona rural e passou a ser predominantemente superior na zona urbana, além de culminar em acentuados problemas urbanos, levou a população rural a se tornar cada vez menos densa e deixar de ser prioridade em termos de ações e políticas sociais (BORTH, 2015; MARTINE, 1987).

Tendo em vista essa carência de prioridade em políticas públicas, universalizar os serviços de acesso a água em quantidade e qualidade adequada, mostrou-se um desafio ainda maior quando se trata das residências que ficam geograficamente inseridas na zona rural.

Dentro dessa perspectiva, fica nítido ao longo da graduação, no campo do Saneamento Ambiental, que o Engenheiro Sanitarista tem como missão buscar por soluções em

termos de abastecimento de água, que não necessariamente representem a melhor e mais moderna tecnologia, tampouco a de menor custo, mas sim aquela onde se torne viável de forma técnico-econômica e ambiental, a implantação, execução e operação de um determinado sistema.

Assim, é de extrema relevância socioambiental que sejam realizados estudos no que tange o abastecimento de água, na busca por tecnologias simplificadas que otimizem a concepção do sistema e garanta compatibilidade de execução e operação com a realidade do local onde o projeto deverá ser implementado.

A escolha da comunidade São João do Trici para ser objeto desse estudo se deu com base nas características executivas de acesso local e a viabilidade de acesso aos dados de projeto, assim como a carência da disponibilidade hídrica na localidade.

Portanto, projetou-se um sistema simplificado de abastecimento de água idealizado para a comunidade Rural São João do Trici, de forma que represente baixo custo e complexidade de implantação e operação, e possa ser viável sua execução em outras comunidades de mesmas características e porte, oferecendo aos moradores água em quantidade e qualidade ideal para melhorar a qualidade de vida da população local e auxiliar na universalização do saneamento rural.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Panorama do Saneamento Básico no Brasil

Os serviços de saneamento básico podem ser entendidos como um conjunto de medidas realizadas sobre o meio ambiente, sendo elas o abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem pluvial e manejo de resíduos sólidos, de forma a aspirar a preservação do bem-estar físico, social e mental dos indivíduos (HÉLLER E PÁDUA, 2016).

No Brasil, os serviços de saneamento são monitorados de forma quantitativa e qualitativa através do SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, contando também com agências reguladoras que possuem a finalidade de editar normas e fiscalizar a prestação de serviços.

A partir da Promulgação do marco legal do saneamento básico, Lei nº 14.026/2020, a ANA – Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico é incorporada ao sistema de regulação do saneamento, sendo um dos principais intuitos de tal feito conferir uma maior uniformidade as regras do setor, facilitar a gestão e atrair investimento.

No Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB, está incorporado um planejamento estratégico incluindo as quatro componentes do saneamento, a ser atingido em um horizonte de 20 anos, o que representa os anos de 2014 a 2033. Entretanto, apesar do estímulo do PLANSAB e dos marcos legais, a universalização do acesso a água potável e esgotamento sanitário, de acordo com a entidade Trata Brasil, o país está há pelo menos 30 anos de atraso em atingir tal objetivo (CEARÁ, 2021).

2.2 Normatização do abastecimento de água no Brasil

A criação do CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente através da Lei 6.938/81, contribui para a criação da resolução de nº 357/2005 que dispõe sobre o Enquadramento dos Corpos de Água e 430/2011, que estabelece as condições e padrões para lançamento de efluentes e outras providências (CONAMA 357, 2005).

A nível federal, há ainda instrumentos legais da Associação Brasileira de Normas Técnicas que abordam sobre concepção, projeto e execução de componentes para sistemas de abastecimento de água que, quando aplicáveis, devem ser rigorosamente seguidos. Estão listadas abaixo as NBRs pertinentes ao Projeto de SAA – Sistema de Abastecimento de Água:

- a) NBR 12.211 – Estudo de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água, define condições para o estudo da concepção dos sistemas públicos de abastecimento de água.

- b) NBR 12.212 – Projeto de Poço para Captação de Água Subterrânea, define condições mínimas necessárias a serem obedecidas na elaboração de projetos de poços para captação de água subterrânea para abastecimento público.
- c) NBR 12.213 – Projeto de Captação de Água de Superfície para Abastecimento Público, define condições mínimas necessárias para captação de água de superfície para abastecimento público.
- d) NBR 12.214 – Projeto de Sistema de Bombeamento de Água para Abastecimento Público, define as condições mínimas a serem seguidas na elaboração de sistemas de bombeamento de água para abastecimento público.
- e) NBR 12.215 – Projeto de Adutora de Água para Abastecimento Público, define as exigências mínimas para elaboração de projetos de sistema de adução de água para abastecimento público.
- f) NBR 12.216 – Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público, fixando condições exigíveis para elaborar projeto de estação de tratamento de água com a finalidade de produzir água potável para abastecimento público.
- g) NBR 12.217 – Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento público, fixando as condições mínimas exigíveis para elaboração de projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.
- h) NBR 12.218 – Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público, fixando as condições mínimas exigíveis para elaboração de projeto de rede de abastecimento de água.

2.3 Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água

A concepção de um Sistema de Abastecimento de Água pode ser compreendida como o agrupamento dos estudos e constatações, referentes a todas as diretrizes e parâmetros para caracterização completa do sistema que será projetado (TSUTIYA, 2006).

A NBR 12.211/92 define o estudo de concepção como a análise de arranjos, sob o ponto de vista quantitativo e qualitativo das diferentes partes de um sistema, ordenadas de modo que formem um todo integrado para a escolha da concepção básica. Essa mesma norma define, ainda, elementos básicos e atividades mínimas necessárias para o desenvolvimento do estudo de concepção, sendo estas atividades:

- Caracterização topográfica e geológica da região de localização dos elementos que irão compor o sistema.

- Quantitativo da população a ser atendida, bem como estudo de projeção do horizonte de projeto.
- Definição da vazão de dimensionamento.
- Quando for o caso, integrar partes de Sistema de Abastecimento existente ao novo sistema.
- Pesquisa dos potenciais pontos de captação e apontamento de qual oferece melhores condições de abastecimento.
- Definir método de operação do sistema e suas etapas constituintes.

Deste modo, pode-se inferir que a concepção de um sistema envolve uma série de decisões fundamentadas em critérios de engenharia, e esta deve levar em consideração os critérios: econômico, social, operacional e ambiental.

Tsutiya (2006), pontua que a concepção deve se estender aos vários componentes do sistema, sendo eles: manancial, captação, estação elevatória, adutora, estação de tratamento de água, reservatórios e rede de distribuição.

Dessa forma, a solução mais acertada para um problema de abastecimento de água, não será obrigatoriamente aquela de menor custo, tampouco a mais segura em termos operacionais ou a mais moderna, será, portanto, aquela que melhor se adequa a realidade social do local onde o sistema será implementado (HELLER E PÁDUA, 2010).

2.3.1 Mananciais subterrâneos

As águas de mananciais subterrâneos compõem uma das mais importantes reservas para abastecimento público e consumo humano. Em sua grande maioria, as águas provenientes desses mananciais não carecem de tratamento antes de serem utilizadas pela população, em decorrência de um processo natural de filtração realizado no percurso de infiltração nas camadas do subsolo. São tidas como fonte de água subterrânea os poços rasos e profundos, nascentes e galerias de infiltração (PHILLIPI, 2005).

Natal e Nascimento (2014), salientam que as grandes vantagens do uso da água subterrânea para abastecimento público estão no baixo custo da perfuração de poços, se confrontado com o custo da infraestrutura necessária para captação em manancial superficial; a possibilidade de uso no abastecimento de pequenas e médias comunidades e a boa qualidade ao consumo humano.

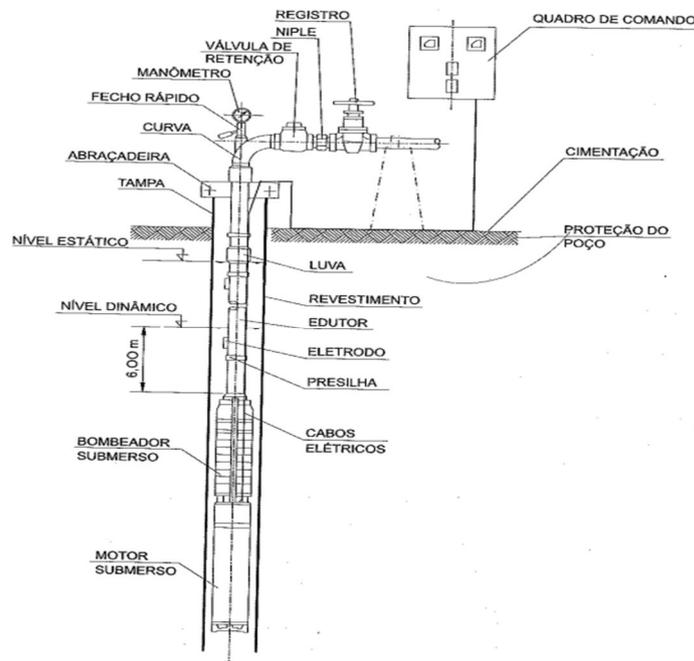
Vale também ressaltar que as águas subterrâneas são um recurso auto renovável, mais puro que as águas de superfície, fenômeno que se dá pelo fato de se encontrarem

confinadas a centenas de metros de rochas e não precisam do mesmo grau convencional de tratamento que o manancial superficial (PALUDO, 2010).

2.3.2 Captação de águas subterrâneas

Tsutiya (2006), enuncia que a captação de água em poços tubulares profundos é comumente realizada através de conjunto motobomba submerso. Esse equipamento, se caracteriza com baixo custo se comparado ao sistema de recalque e perfuração do poço, mas é de igual importância para o funcionamento de uma captação desse tipo.

Figura 1 - Esquema de instalação do conjunto motobomba submerso



Fonte: Tsutiya, 2006

A altura manométrica total de uma bomba submersa define-se pela energia necessária ao fluido para que este seja bombeado. É importante levar em conta o nível dinâmico, que é o ponto mais baixo da curva do sistema no cálculo da altura manométrica total (TSUTIYA, 2006).

A NBR 12.112/2017, define ainda, o nível estático de água de um poço como a profundidade do nível da água em repouso, sem que haja bombeamento. E o nível dinâmico, como a profundidade da água do poço movimento, ou seja, em bombeamento.

A vazão de bombeamento é caracterizada como aquela que se encontra disposta na saída do sistema. O crivo da bomba submersa terá de estar submerso em, pelo menos, 7

metros abaixo do nível dinâmico, ou de modo que siga a submergência mínima recomendada pelo fornecedor.

2.3.3 Projeções populacionais

A instalação de um sistema de abastecimento de água deve estar estruturada para prover um vasto conjunto de demandas, sendo o dimensionamento racional de cada uma das suas unidades realizado com base no período futuro e não apenas no cenário presente. Tal período, é denominado de alcance de projeto ou ainda horizonte de projeto (FUNASA, 2020).

Existem diversos modelos matemáticos representativos para o estudo do horizonte de projeto, que são bastante denotados em projetos de saneamento, como o método aritmético, geométrico e logístico (HÉLLER E PÁDUA, 2006).

O Quadro 1 apresenta as fórmulas e coeficientes pertinentes a cada um desses métodos, para obtenção das populações no horizonte de projeto.

Quadro 1 - Resultados das vazões média, horária e diária.

<i>Modelo</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Coefficientes</i>
Método aritmético	$P_t = P_0 + K_a \cdot (t - t_0)$	$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}$
Método geométrico	$P_t = P_0 \cdot e^{K_g \cdot (t - t_0)}$ ou $P_t = P_0 \cdot (1 + i)^{(t - t_0)}$	$K_g = \frac{(\ln P_2 - \ln P_0)}{t_2 - t_0}$ ou $i = i = e^{K_g} - 1$
Método da curva logística	$P_t = \frac{P_s}{1 + C \cdot e^{K_1 - (t - t_0)}}$	$P_s = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$ $C = \frac{P_s - P_2}{P_0}$ $K_1 = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \ln \left[\frac{P_0 \cdot (P_s - P_1)}{P_1 \cdot (P_s - P_0)} \right]$

Fonte: Adaptado, Héller e Pádua

Onde,

P_0, P_1, P_2 = população nos anos t_0, t_1, t_2

P_t = população projetada no horizonte (hab)

P_s = população de saturação (hab)

K_a, K_g, K_1, i, c = coeficientes.

O método aritmético admite um crescimento linear ao longo do tempo e é recomendado para períodos de projeção mais curtos. Já o geométrico, assume para os mesmos intervalos de tempo, porcentagens iguais. No método logístico, considera-se que a população cresce assintoticamente em função do tempo até estabilizar, alcançar um valor de saturação (TSUTIYA, 2006).

A Fundação Nacional da Saúde, na 5ª edição do Manual de Saneamento FUNASA, instituiu a taxa de crescimento de 2% a.a. para representar a expansão populacional em comunidades rurais e pode ser utilizada em projetos de pequenas comunidades.

2.3.4 Adutoras

As adutoras podem ser definidas como a unidade constituinte do sistema que é responsável por interligar captações, estações de tratamento e reservatórios, nessa mesma ordem, salvo alguns casos particulares (CÔRREA, 2014).

Essas tubulações, não possuem derivação para alimentar distribuidores de rua ou ramais prediais, entretanto, em alguns casos, a adutora principal pode se subdividir em subadutoras responsáveis pelo abastecimento de adicionais pontos no SAA (CÔRREA, 2014).

Ao se fazer uma análise estratégica-econômica, pode-se estabelecer a adutora como a parte integrante mais importante do sistema, levando em consideração que quaisquer interrupções a esta unidade afetaria todo o abastecimento da população de uma forma negativa, já que as demais unidades constituintes não receberiam água para manter seu funcionamento (SILVA-B, 2018).

Ainda conforme Silva (2018), é importante que se tenha cautela na prevenção de acidentes que impossibilitem o funcionamento da adutora, desde a fase de projeto até a execução das obras, bem como adotar meios de garantir que tais medidas se estendam por toda a vida útil do SAA.

A classificação das adutoras, assim como seu dimensionamento, pode ocorrer de diversas maneiras e métodos. Essa classificação, é feita por diferentes autores, de pontos de análise diferentes, que são complementares.

No presente estudo as adutoras serão caracterizadas quanto a natureza da água transportada (AZEVEDO NETO, 1980); a energia de movimentação do fluido (TSUTIYA, 2006); regime de funcionamento (SILVA, 2018); diâmetro (SILVESTRE, 1979) e material (KNAPICK, 2010)

2.3.4.1 Classificação das Adutoras

2.3.4.1.1. *Quanto a natureza da água transportada*

Com base em formulações de Azevedo Netto (1998), as adutoras podem se classificar em duas categorias, como sendo de água bruta ou água tratada.

As adutoras de água bruta são aquelas que realizam o transporte do fluido sem tratamento prévio, geralmente do ponto de captação até a ETA ou até elevatórias de água bruta. Já a adutora de água tratada, é aquela que realiza o transporte da água a partir do tratamento até estações elevatórias de água tratada ou reservatórios de distribuição.

2.3.4.1.2. *Quanto a energia de movimentação da água*

Tsutiya (2006), classificou as adutoras em três tipos, quanto a energia necessária para o transporte da água de uma unidade a outra do sistema.

O primeiro caso é quando a cota do terreno na captação é mais alta que o ponto para o qual a água está sendo transportada, podendo o escoamento ser feito exclusivamente por gravidade. A esta situação, dá-se o nome de adutora gravitária.

O segundo caso é quando a situação ocorre de forma inversa, onde o ponto de captação tem cota inferior ao do ponto no qual a água deverá ser escoada, requerendo um sistema de adutora por recalque, com a instalação de uma estação elevatória composta por conjunto motobomba que eleva a cota da água através do aumento da pressão.

Existem situações em que o desnível a ser vencido é tão elevado que se torna mais compensável instalar duas estações elevatórias para recalcar a água, ao invés de uma, devido elevados custos de aquisição de conjunto motobomba.

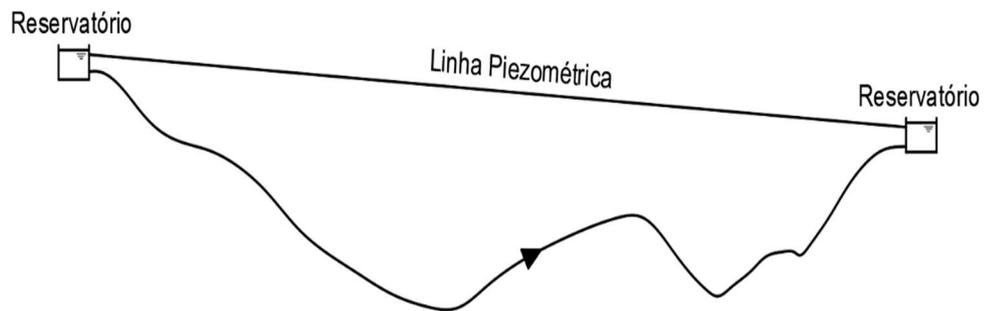
E o terceiro caso é quando se faz necessário utilizar tanto adutoras gravitárias como adutoras por recalque, tornando o sistema de adutoras classificado como misto.

2.3.4.1.3. *Quanto ao regime de escoamento*

Silva (2018), denota que as canalizações que compõem as adutoras podem funcionar sob dois tipos de regime de escoamento: em condutos livres ou forçados.

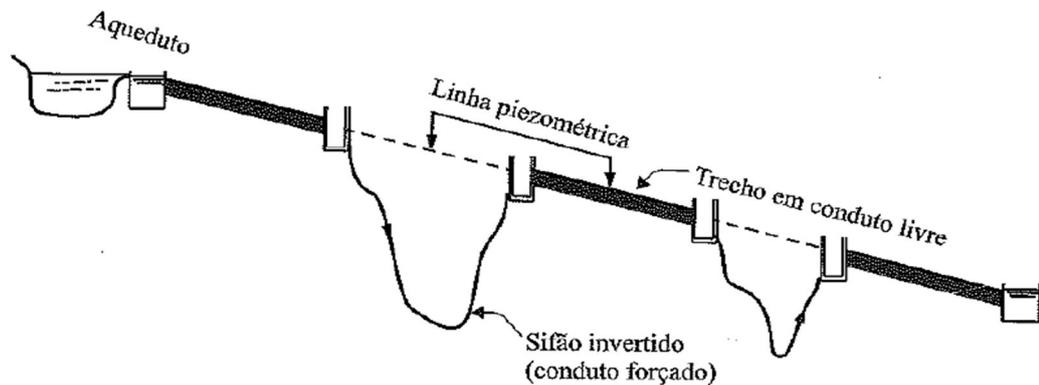
Os condutos livres podem ser entendidos como aqueles onde a pressão na superfície líquida é análoga a pressão atmosférica. Em condutos forçados, essa pressão é superior à da atmosfera.

Figura 2 - Adutora por gravidade em regime de conduto forçado



Fonte: TSUTIYA, 2006

Figura 3 - Adutora gravitatoria com trecho em conduto livre



Fonte: TSUTIYA, 2006

2.3.4.1.4. Quanto ao diâmetro

As adutoras onde são adotadas ao longo de todo o traçado um único diâmetro, são classificadas como uniforme. Entretanto, a fim de otimizar custos, alguns projetistas podem variar o diâmetro da canalização, o que a torna mista. É importante salientar que em casos particulares onde há uma mudança de seção transversal, devem ser consideradas alterações no regime de pressões e vazões ao longo do conduto. (SILVESTRE, 1979)

2.3.4.1.1. Quanto ao tipo de material

Knapick (2010), segue a mesma premissa de Silvestre (1979), ao classificar as adutoras quanto ao seu tipo de material, ou seja, quando a canalização utiliza de apenas um

único material ao longo de toda trajetória, ela é tida como uniforme, e quando são adotados diferentes tipos de material ao longo do conduto, têm-se uma canalização mista.

2.3.4.2 Aspectos de projeto e dimensionamento

Para dimensionar um sistema de adução, devem ser observados alguns aspectos gerais, que são: o horizonte de projeto, o tempo de funcionamento e a vazão de adução.

Para Tsutiya (2006), o horizonte de projeto depende de alguns fatores importantes a serem levados em consideração, como a vida útil da obra, a evolução da necessidade de água, custos de implantação, flexibilidade em uma possível ampliação futura do sistema e por fim, custos de energia elétrica.

Alinhar esses fatores em um único estudo para se chegar em um horizonte de projeto não é uma tarefa simples, de forma que para um SAA usualmente se adota um horizonte entre 20 e 50 anos (TSUTIYA, 2006).

A escolha do tempo de funcionamento da adutora deve estar atrelada ao dimensionamento hidráulico, o tipo de sistema e o custo do período de operação. Em adutoras por gravidade, pode se pensar em uma estrutura para funcionar até 24 horas diárias, já que não haverá custo elétrico de bombeamento. As aduções por recalque, normalmente, utilizam um período diário que varia de 20 a 16 horas em razão da operação, já que nos instantes que antecedem a hora de menor consumo realiza-se a parada das bombas levando a economia de energia (NBR 12215/2017).

A vazão aduzida é função da quantidade de consumidores, do consumo per capita, coeficientes da variação de vazão e do tempo de funcionamento da adutora. Ter conhecimento da vazão a ser aduzida é primordial na obtenção das demandas e diâmetros necessários a canalização (LIMA, 2009).

De acordo com Tsutiya (2006) as vazões podem ser calculadas pelas seguintes expressões:

- *Vazão de captação (Qa):*

$$Qa = \left(\frac{K1 P q}{86.400} + Qe \right) \cdot Ceta \quad \text{Equação 01}$$

- *Vazão da ETA ao reservatório de distribuição (Qb):*

$$Qb = \left(\frac{k1 P q}{86.400} + Qe \right) \quad \text{Equação 02}$$

- *Vazão do reservatório de distribuição a rede (Q_c):*

$$Q_c = \left(\frac{k_1 k_2 P q}{86.400} + Q_e \right) \quad \text{Equação 03}$$

Onde,

P = população a ser atendida (hab)

q = consumo per capita (l/hab.dia)

k_1 = coeficiente do dia de maior consumo

k_2 = coeficiente da hora de maior consumo

Q_e = vazão de consumidores específicos

C_{eta} = consumo na ETA.

Na hidráulica das adutoras, geralmente se considera um escoamento em regime permanente e uniforme, que parte das equações de energia de Bernoulli e da continuidade (PORTO, 1998).

No que tange duas seções transversais em um escoamento, pode-se descrever as equações de Bernoulli:

$$z_1 + \left(\frac{P_1}{\gamma} \right) + \left(\frac{v_1^2}{2g} \right) = z_2 + \left(\frac{P_2}{\gamma} \right) + \left(\frac{v_2^2}{2g} \right) + \Delta h \quad \text{Equação 04}$$

Onde,

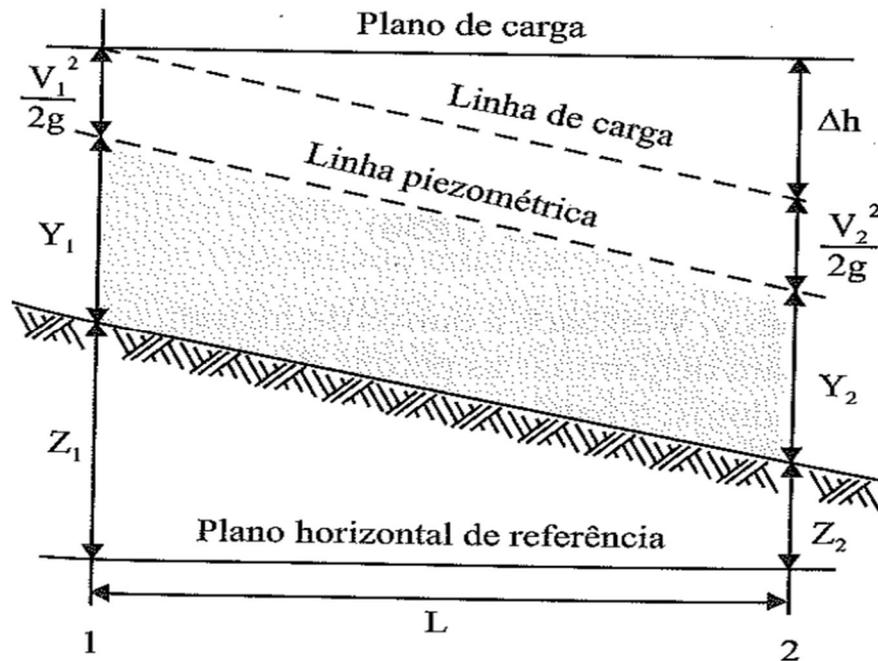
Z = carga de posição

P/γ = carga de pressão

$V^2/2g$ = carga cinética

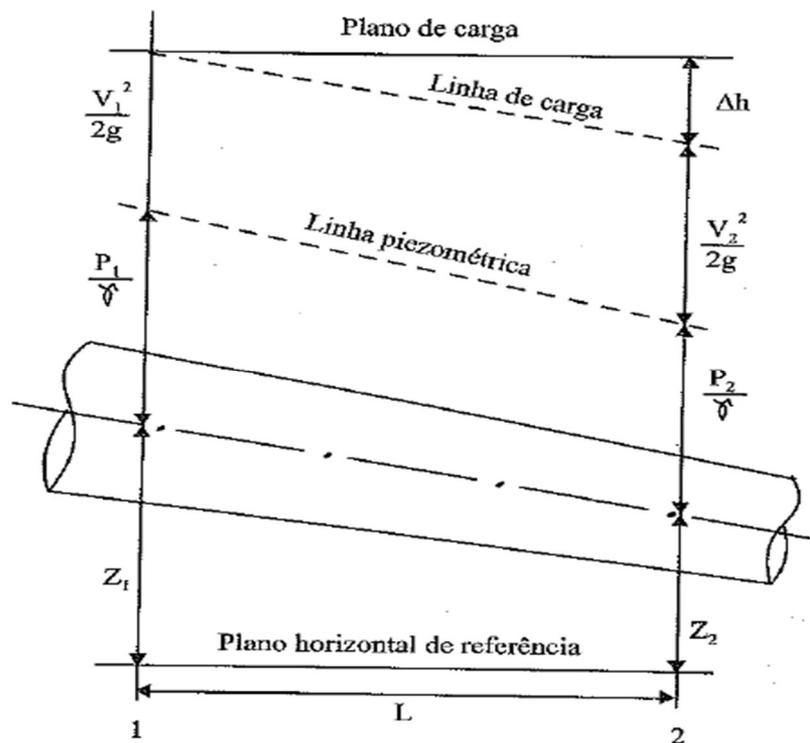
Δh = perda de carga

Figura 4 - Escoamento em conduto livre



Fonte: TSUTIYA, 2006

Figura 5 - Escoamento em conduto forçado



Fonte: TSUTIYA, 2006

Ao se conhecer a trajetória do fluido, define-se:

- $z + \left(\frac{P}{\gamma}\right)$, corresponde a linha piezométrica. (Equação 4.1)
- $z + \left(\frac{P}{\gamma}\right) + \left(\frac{v^2}{2g}\right)$, corresponde a linha de carga. (Equação 4.2)
- $z + \left(\frac{P}{\gamma}\right) + \left(\frac{v^2}{2g}\right) + \Delta h$, corresponde ao plano de carga. (Equação 4.3)

A equação da continuidade segue o princípio da Lei de Conservação da Massa, se aplicado o conceito de conservação nas seções detalhadas nas Figuras 4 e 5, obtêm-se a expressão:

$$Q = V1A1 = V2A2 = VA = Constante \quad \text{Equação 5}$$

Onde Q, é a vazão do sistema em m³/h, V é a velocidade de escoamento e A é a área da seção transversal dos tubos.

Sendo conhecida a vazão, o pré-dimensionamento do diâmetro dos condutos pode ser realizado através da fórmula de Bresse:

$$D = K \sqrt{Q} \quad \text{Equação 6}$$

Os valores de K (coeficiente de Bresse), podem variar de 0,9 a 1,2 e são função da velocidade econômica do escoamento.

Para calcular a perda de carga total (Δh) descrita pela equação de Bernoulli ao longo do conduto da adutora, existem algumas fórmulas e métodos distintos. Os mais comumente utilizados em condutos forçados é a fórmula universal e a equação de Hazen-Williams, que leva a obtenção da perda de carga distribuída ao longo da canalização (TSUTIYA, 2006).

A Equação de Hazen-Williams tem o seguinte formato:

$$J = 10,65 Q^{1,85} C^{-1,85} D^{-4,87} \quad \text{Equação 7}$$

Onde,

J = perda de carga unitária (m/m)

Q = vazão (m³/s)

D = diâmetro (m)

C = coeficiente de rugosidade

O coeficiente C irá variar em função da natureza do material e das condições das paredes do tubo, na Tabela 1 estão descritos os valores do coeficiente de rugosidade comumente utilizado em projetos:

Tabela 1 - Valores de coeficiente de rugosidade C

Tubos	Novos	Usados 10 Anos	Usados 20 Anos
Aço Corrugado (Chapa Ondulada)	60	-	-
Aço Galvanizado Roscado	125	100	-
Aço Rebitado, Novos	110	90	80
Aço Soldado, Comum (Revestimento Betuminoso)	125	110	90
Aço Soldado com Revestimento Epóxico	140	130	115
Chumbo	130	120	120
Cimento-Amianto	140	130	120
Cobre	140	135	130
Concreto, Bom Acabamento	130	-	-
Concreto, Acabamento Comum	130	120	110
Ferro Fundido, Revestimento Epóxico	140	130	120
Ferro Fundido, Revestimento de Argamassa de Cimento	130	120	105
Grés Cerâmico, Vidrado (Manilhas)	110	110	110
Latão	130	130	130
Madeira, em Aduelas	120	120	110
Tijolos, Condutos Bem Executados	100	95	90
Vidro	140	-	-
Plástico (PVC)	140	135	130

Fonte: Adaptado Azevedo Neto, 1998

A perda de carga total (Δh), pode ser expressa como a soma da perda distribuída acrescida da perda localizada. A perda distribuída expressa em metros, corresponde a:

$$\Delta h_d = J L \quad \text{Equação 8}$$

Onde L, é o comprimento total da adutora em metros.

A perda localizada (Δh_l) é aquela que ocorre nas singularidades e peças ao longo do conduto, pode ser expressa pela equação:

$$\Delta h_l = K \frac{V^2}{2g} \quad \text{Equação 9}$$

Onde,

K = coeficiente adimensional que depende da singularidade, do número de Reynolds, da rugosidade da parede e, em alguns casos, das condições de escoamento.

V = velocidade média (m/s)

g = aceleração da gravidade (m/s²)

Portanto, a perda de carga total (Δh) será igual a:

$$\Delta h = \Delta h_d + \Delta h_l$$

Equação 10

Tabela 2 - Valores de K para cálculo da perda de carga localizada

Peça	K	Peça	K
Ampliação Gradual	0,30	Medidor Venturi	2,50
Bocais	2,75	Redução Gradual	0,15
Comporta Aberta	1,00	Saída de Canalização	1,00
Controlador de Vazão	2,50	Tê, Passagem Direta	0,60
Cotovelo de 90	0,90	Tê, Saída de Lado	1,30
Cotovelo de 45	0,40	Tê, Saída Bilateral	1,80
Crivo	0,75	Válvula de Ângulo Aberta	5,00
Curva de 90	0,40	Válvula de Gaveta Aberta	0,20
Curva de 45	0,20	Válvula Borboleta Aberta	0,30
Curva de 22,5	0,10	Válvula de Pé	1,75
Entrada Normal em Canalização	0,50	Válvula de Retenção	2,50
Entrada em Borda	1,00	Válvula de Globo Aberta	10,00
Existência de Pequena Derivação	0,03	Velocidade	1,00
Junção	0,40		

Fonte: Adaptado Azevedo Neto, 1998

Os materiais a serem utilizados possuem algumas premissas básicas que guiam o profissional responsável a uma escolha técnica que pesa vantagens e desvantagens. Esses quesitos a serem levados em conta são a quantidade e qualidade da água, resistência química, mecânica e a pressão do fluido, viabilidade financeira, facilidade executiva e segurança operacional (GARCEZ, 1969).

No que concerne a pressão, os materiais devem suportar os esforços internos, inclusive contra transitórios hidráulicos, sem que haja trincas ou vazamentos nas juntas (TSUTIYA, 2006).

O fenômeno do transiente hidráulico ou golpe de aríete – nomenclatura dada aos ruídos que surgem juntamente com o fenômeno -, surge quando a velocidade do fluido é alterada de forma brusca em algum ponto da tubulação. Desse modo, os materiais utilizados devem ser projetados para suportar as variações de pressões sucedidas pelo golpe de aríete (LOMBARDI, 2005. MENDES, 2011)

A NBR 12.215/1991, presume o uso do cálculo da celeridade (a) para o estudo do golpe de aríete. Sendo (a) em m/s calculado a partir da fórmula de Allievi, Equação 11:

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + \frac{KD}{e}}} \quad \text{Equação 11}$$

Onde,

K = coeficiente do material da tubulação

D = diâmetro (m)

e = espessura do tubo (m)

2.3.5 Estações Elevatórias

As estações elevatórias têm como função primordial o transporte da água de cotas mais baixas para cotas mais altas. Pode-se ainda atribuir a capacidade de impulsionar a adução do sistema, sendo essenciais para locomoção do líquido tanto nas adutoras como na rede de distribuição de água (HELLER e PÁDUA, 2010).

As estações de bombeamento podem conter um ou mais conjuntos motobombas, a depender da complexidade do sistema, ficando uma parte em operação e a outra reserva disponível para rodízio (SAMAE, s/d p. 14).

As principais componentes das elevatórias, de acordo com Tsutiya (2006), são os equipamentos eletromecânicos (bombas e motor), as tubulações (sucção, recalque e barriletes) e infraestrutura civil (poço de sucção e casa de bombas).

Em sistemas de água e esgoto, é mais comum que haja o emprego de bombas centrífugas acionadas por motores elétricos (AZEVEDO NETTO, 1988),

Tsutiya (2006) descreve os elementos necessários para seleção de conjunto motobomba centrífuga, através do cálculo da potência com os parâmetros da vazão de bombeamento e altura manométrica total.

- Vazão de bombeamento: é o volume de água que está sendo bombeado em um determinado período, expresso em termos de l/s, m³/h ou ainda m³/s.
- Altura manométrica total: é a carga total que tem de ser vencida pelo bombeamento. Sendo normalmente expressa através da soma entre a carga cinética do fluido, a altura geométrica total, e as perdas distribuídas e localizadas nas tubulações de sucção e de recalque.

$$H_t = H_g + \sum \Delta h_r + \sum \Delta h_s + \frac{V^2 r}{2g} \quad \text{Equação 12}$$

Onde,

H_t = altura manométrica total da bomba (mca)

H_g = desnível geométrico entre a chegada no recalque e a saída no poço de sucção (m)

Δh_r = soma das perdas distribuída e localizada no recalque (m)

Δh_s = soma das perdas distribuída e localizada na sucção (m)

V²r/2g = carga cinética no recalque (m)

A potência provida pela bomba, de modo que possa vencer a altura manométrica calculada, é dada pela Equação 13 na unidade de $N \cdot m/s$:

$$P_t = \gamma Q H_t \quad \text{Equação 13}$$

Onde,

γ = peso específico da água (N/m^3)

Q = vazão (m^3/s)

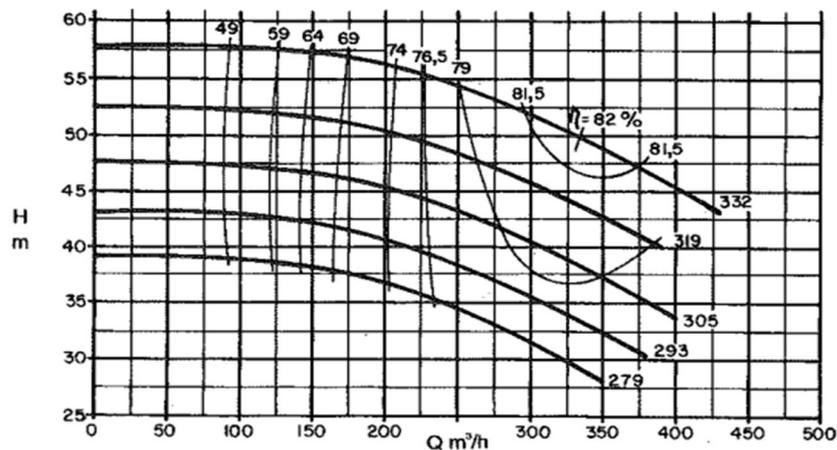
H_t = altura manométrica total (m)

Faz-se ainda necessário o cálculo do rendimento η , que relaciona a potência fornecida pela bomba com a potência consumida, e é dado por:

$$\eta = \frac{P_t}{P_b} = \frac{\gamma Q H_t}{P_b} \quad \text{Equação 14}$$

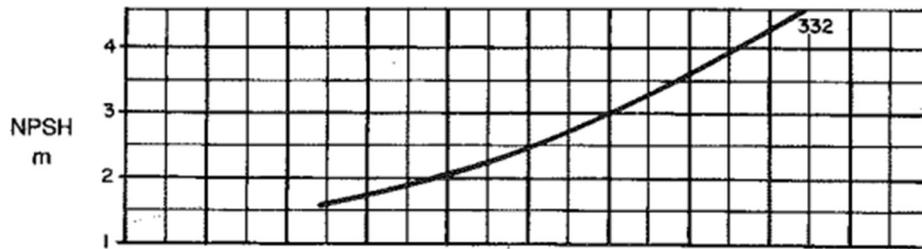
Há uma interdependência estabelecida entre a altura manométrica e a vazão, trabalhando a uma velocidade constante, que é evidenciada a partir de ensaios, através de curvas. Tais curvas, de vazão (em geral expressa em m^3/h) e altura manométrica (em mca), expressam a potência da bomba, o rendimento e o NPSH. (TSUTIYA, 2006).

Figura 6 - Curva característica de rendimento



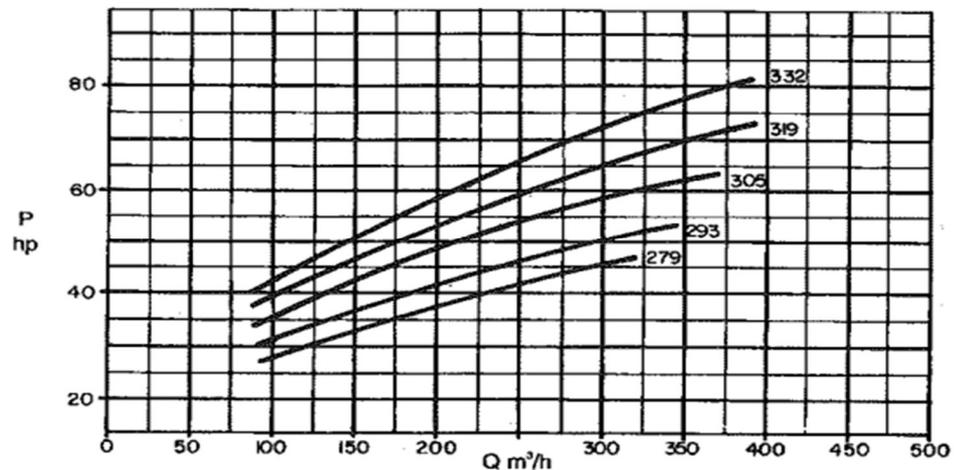
Fonte: TSUTIYA, 2006.

Figura 7 - Curva característica do NPSH



Fonte: TSUTIYA, 2006.

Figura 8 - Curva característica da potência



Fonte: TSUTIYA, 2006.

O NPSH pode ser definido como a energia que o líquido possui em um dado ponto contigualmente a montante do flange de sucção da bomba, superior a pressão de vapor. Os valores do NPSH são denotados em duas formas, a partir do NPSH disponível, calculado com dados da instalação da bomba, e do NPSH requerido, geralmente disposto pelo fabricante e determinado a partir de ensaios (TSUTIYA, 2006).

O cálculo do NPSH é útil na verificação do fenômeno da cavitação, que em hidráulica, constitui a formação de bolsas de vapor dentro do conduto, tornando as condições de funcionamento precárias, reduzindo o rendimento do bombeamento e causando sérios danos aos materiais das instalações (AZEVEDO NETTO, 1988).

Tsutiya (2006), expressa de cálculo para o NPSH disponível pela equação:

$$NPSHd = Hg(s) - \sum \Delta Hs + \frac{P_{atm}}{\gamma} + \frac{P_{vapor}}{\gamma} \quad \text{Equação 15}$$

Onde,

$Hg(s)$ = altura estática da sucção: positiva em bombas afogadas e negativas em bombas não afogadas (m)

$\sum \Delta H_s$ = somatório das perdas de carga ao longo da canalização de sucção (m).

P_{atm} = pressão atmosférica (N/m²)

P_{vapor} = pressão de vapor da água (N/m²)

γ = peso específico da água (N/m³)

As relações entre a pressão atmosférica e de vapor, com o peso específico da água, podem ser encontradas nas Tabelas 3 e 4:

Tabela 3 - Pressão de vapor da água em função da temperatura

<i>Temperatura °C</i>	<i>Pv/y (mca)</i>
0	0,062
2	0,072
4	0,083
6	0,095
8	0,109
10	0,125
15	0,174
20	0,238
25	0,323
30	0,433
40	0,752
50	1,258
60	2,031
80	4,827
100	10,332

Observações: T = temperatura, Pv/y = altura equivalente de coluna de água.

Fonte: Adaptado TSUTIYA, 2006.

Tabela 4 - Pressão atmosférica em função da altitude

<i>h (m)</i>	<i>Patm/y (mca)</i>
0	10,33
300	9,96
600	9,59
900	9,22
1200	8,88
1500	8,54
1800	8,20
2100	7,89
2400	7,58
2700	7,31
3000	7,03

Observações: T = temperatura, Pv/y = altura equivalente de coluna de água.

Fonte: Adaptado TSUTIYA, 2006.

A fim de que haja um adequado funcionamento, é necessário que a seguinte condição de cavitação seja verificada.

$$NPSHd > NPSHr$$

Caso satisfeita a condição, diz-se que não haverá cavitação. As literaturas comumente recomendam uma folga de, no mínimo, 0,5 metros ou uma diferença de 20% entre os dois, para que não haja cavitação no sistema.

2.3.5.1 Classificação das Estações Elevatórias

A classificação das elevatórias pode ser feita em concordância com a natureza da água a ser transportada ou sua finalidade.

- Estação elevatória de água bruta: destinada a conduzir águas que não passaram por nenhum tipo de tratamento.
- Estação elevatória de água tratada: destinadas a conduzir água tratada, comumente interligando a estação de tratamento de água até o reservatório
- Estação Elevatória tipo boosters: se localiza entre reservatórios ou, ainda, entre trechos da rede de distribuição de água (HELLER e PÁDUA, 2010)

2.3.6 Tratamento de Água

A água a ser utilizada para abastecimento humano, deve atender a padrões rigorosos de qualidade, de forma que não traga prejuízos a saúde dos consumidores (PORTARIA DO MINISTÉRIO DA SAÚDE 2.914/2011).

A vigilância da qualidade da água para consumo humano, é realizada seguindo os procedimentos dispostos na Portaria n° 888/2021, aplicável para quaisquer águas direcionada ao consumo humano que seja proveniente de sistema convencional, solução alternativa de abastecimento de água (coletiva e individual) e carros-pipa.

A CONAMA n° 357, que dispõe sobre o enquadramento dos corpos hídricos, classifica as águas doces como aquela com salinidade igual ou inferior a 0,5%, e as águas doces por sua vez são classificadas como sendo de Classe I, Classe II, Classe III, Classe IV e Classe Especial. No Quadro 2, estão dispostos cada classe e os critérios de enquadramento da água para abastecimento humano, bem como o tipo de tratamento requerido para que esta água se adeque aos padrões de potabilidade.

Quadro 2 - Enquadramento da Água para Consumo Humano

Tipo de Classe	Tratamento Requerido
Classe Especial	Desinfecção
Classe I	Tratamento Simplificado
Classe II	Tratamento Convencional
Classe III	Tratamento Convencional e Avançado
Classe IV	Não se aplica

Fonte: CONAMA 357/2005

O tratamento com simples desinfecção, consiste no processo conhecido como cloração, que equivale a adição de cloro à água antes da distribuição. Esse procedimento visa a inativação de organismos patogênicos (FUNASA, 2014).

O tratamento simplificado por sua vez, se caracteriza pelos processos de desinfecção e fluoretação, que é adição de cloro e flúor na água. No tratamento convencional, a água bruta deve passar por uma Estação de Tratamento de Água onde será submetida a: Coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação.

Existe também o tratamento avançado, que compreende um clarificador de contato, pré-oxidação, flotação, centrifugação e membranas filtrantes.

A portaria 2.914/2011, no art. 24, enfatiza que toda água destinada ao consumo humano, deve passar por processo de desinfecção ou cloração. Apesar disso, algumas comunidades de pequeno porte no país que possuem algum tipo de abastecimento coletivo não realizam o tratamento (FUNASA, 2014).

No manual de cloração de água em pequenas comunidades da Funasa (2014), define-se a função básica da desinfecção como a inativação de microrganismos patogênicos, que ocorre por intermédio de agentes físicos e/ou químicos, sendo operação unitária obrigatória. Relacionado a águas superficiais, o tratamento mínimo requerido é composto de filtração e desinfecção.

A Estação de Tratamento de Água – ETA pode ser entendida como um conjunto de unidades designada para ajustar as características da água de modo que se enquadre aos padrões de potabilidade (NBR 12216/1992).

Ainda de acordo com a NBR 12216, as unidades da ETA são compostas de cada um dos elementos que constituem o processo no qual deverá ser realizado, a depender de qual tratamento foi definido para aquela água.

2.3.7 Reservatórios

A NBR 12217/1994, define como reservatório de distribuição a unidade do sistema de abastecimento designada para regularização das variações entre as vazões de adução e de distribuição, bem como controle das pressões da rede. Essa mesma norma, apresenta também o reservatório elevado como condicionante das pressões da rede, estando este localizado em áreas de cotas topográficas mais altas.

Segundo Costa (1997), reservatórios de água podem se dividir em dois grandes grupos, que seriam o grupo dos reservatórios térreos e o grupo dos reservatórios elevados. Os reservatórios térreos se caracterizam como aqueles onde as cargas de água existentes são descarregadas diretamente sob a fundação. Já os reservatórios elevados são compostos de toda uma estrutura que fica a cargo de descarregar o peso da água na fundação. O autor, ainda denota que os reservatórios são compostos das partes citadas abaixo:

- Cuba: área com a finalidade de armazenar água.
- Fundações: componentes estruturais em contato com o solo, com o intuito de alcançar as reações necessárias para o equilíbrio da estrutura.

- Torre: elemento da estrutura que se encarrega da transmissão das cargas da cuba até a fundação. Só é encontrada em reservatórios elevados, podendo ser em forma de pilar ou de fuste.

No processo construtivo de reservatórios elevados de pequenos volumes, é comum que se opte pelo método pré-moldado. Esse método, que conta com dois tipos de processos executivos, pode ser realizado através do empilhamento com encaixe de anéis pré-moldados na cuba e fuste (COSTA, 1997).

Para o dimensionamento do volume de reservação, em projetos, na ausência de dados que possibilitem o traçado da curva de variação diária de consumo, o volume mínimo necessário de modo a compensar essa variação, deverá ser igual ou maior a 1/3 do volume distribuído no dia de máximo consumo (PNB 594/77).

Tsutiya (2006), observa que na elaboração do projeto de reservatórios, sejam térreos ou elevados, devem ser previstas tubulações de entrada, saída e extravasão, bem como dispositivos controladores de nível na chegada, para evitar que a caixa d'água transborde.

As entradas de água, podem ser executadas em quaisquer alturas da cuba, todavia, é mais usual que se projete a entrada livre, ou seja, acima do nível da água, em termos de simplificação na escolha de conjunto motobomba. O diâmetro dessa canalização de entrada é comumente o mesmo a adutora (TSUTIYA, 2006).

Os extravasores dos reservatórios devem possuir capacidade de transporte da vazão máxima afluente. Essa água de extravasão deve seguir por um tubo vertical que a transporte até uma caixa, e posterior destinação final em corpo receptor apropriado (TSUTIYA, 2006).

Deve ser prevista uma folga mínima de 0,30 m entre a tampa do reservatório e o nível máximo da água do extravasor.

A velocidade do fluido na tubulação de saída, não deve ser superior a 1,5 vezes a tubulação da rede principal imediatamente a jusante. Esta canalização deve ser provida de sistema com válvulas, comportas ou adufas, manobradas (NBR 12217/1994).

2.3.8 Rede de Distribuição

A rede de distribuição corresponde a unidade do sistema que tem como objetivo levar água potável aos consumidores de forma continuada, em qualidade e quantidade, de modo que obedeça aos limites de vazão e pressões adequadas (TSUTIYA, 2006).

Para o mesmo autor, as redes constituem a unidade de maior custo do sistema, representando em média de 50 a 70% do custo total de instalação de um SAA.

O traçado das redes, divide-se em dois tipos de canalizações: principais e secundárias. Os condutos principais, ou tronco, constituem trechos com maiores diâmetros com a finalidade de abastecer as canalizações secundárias. Nos condutos secundários, está a função de abastecer de forma direta os pontos de consumo (TSUTIYA, 2006).

A elaboração do traçado da rede de distribuição, deve obedecer aos critérios estipulados pela NBR 12.218/2017.

No dimensionamento e cálculos da rede, são definidos limites de pressão mínima dinâmica e máxima estática, visando assegurar atendimento adequado aos pontos consumidores e resistência dos materiais das tubulações (FURUSAWA, 2011).

Em termos de pressões sofridas pela rede, a NBR 12.218 da ABNT, estipula a pressão dinâmica mínima como 100 kPa (10 mca) e a estática máxima 500 kPa (50 mca), salientando que pressões fora desses limites podem ser consideradas, desde que tecnicamente justificadas.

No que concerne a velocidade do fluido na rede de distribuição, a NBR 12.218 traz uma exigência mínima de 0,6 m/s de velocidade e máxima de 3,5 m/s, de modo que atenda às necessidades iniciais e finais do projeto. Já para Tsutiya (2006), o uso de baixas velocidades na rede favorece a durabilidade dos condutos, além de não alterar a qualidade da água. Entretanto, quando adotado velocidades superiores, é possível reduzir o diâmetro dos tubos impactando na redução de custos, mas propiciando abrasão e aumento nas perdas de carga.

O diâmetro mínimo indicado pela norma ABNT 12.219 é de 50 mm. Martins (1976), expõe uma relação entre o diâmetro, velocidade máxima e vazão máxima na rede, dispostos na Tabela 5.

Tabela 5 - Velocidades máximas na rede de distribuição em função do diâmetro

<i>D (mm)</i>	<i>V_{máx} (m/s)</i>	<i>Q_{máx} (l/s)</i>
50	0,50	1,0
75	0,50	2,2
100	0,60	4,7
150	0,80	14,1
200	0,90	28,3
250	1,10	53,9
300	1,20	84,8
350	1,30	125,0
400	1,40	176,0
450	1,50	238,0
500	1,60	314,0

550	1,70	403,0
600	1,80	509,0

Fonte: Adaptado TSUTIYA, 2006

Um dos materiais que mais está sendo difundido em redes de distribuição na atualidade, para pequenos diâmetros, é o PVC (PBA ou DEFOFO). Este material é comercializado com 9 opções de bitola, que variam de 50 a 270 mm para PVC PBA e de 100 a 600 mm para PVC DEFOFO. As classes, variam, tendo três opções de 60 a 100 mca. As juntas mais comuns, são as do tipo elástica e ponta bolsa (ALEM SOBRINHO E CONTRERA, 2013 apud GUEDES, 2018).

No dimensionamento das redes ramificadas, a partir da vazão de distribuição, obtida pela Equação 3 e o sentido do fluxo em função do traçado, é possível estabelecer os diâmetros a partir da Tabela 5. Tendo em vista que as vazões, diâmetros, comprimento dos trechos e coeficientes de rugosidade são conhecidos, parte-se para o cálculo das perdas de carga (TSUTIYA, 2006).

As pressões nos “nós” podem ser encontradas, partindo do ponto de pressão conhecido que é o NA – nível de água, sendo em geral igual altura da lâmina d’água no reservatório. Caso as pressões encontradas nos cálculos sejam satisfatórias do ponto de vista normativo e técnico, está feito o cálculo de rede, caso contrário, é possível adequar as pressões alterando o nível da água, diâmetros, ou até mesmo o traçado (TSUTIYA, 2006).

Na busca por atendimento as pressões limite, é habitual que a rede seja subdividida em zonas com uso concomitante de reservatórios apoiados e elevados, boosters e válvulas redutoras de pressão (GUEDES, 2018 apud ALEM SOBRINHO E CONTRERA, 2013).

Tsutiya (2006) apresenta o cálculo da rede ramificada partindo da obtenção das vazões nos trechos. Assim, com a vazão de distribuição, Equação 3 e o comprimento total da tubulação, é possível calcular o que chamamos de *taxa de contribuição linear (qm)*.

$$qm = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{L} \quad \text{Equação 16}$$

Saindo dos “nós” das extremidades, onde as vazões são nulas de jusante a montante, faz-se o cálculo da:

- Vazão de jusante: zero
- Vazão de demanda (em marcha): $qm \times l$ (comprimento do trecho)
- Vazão de montante: vazão de jusante mais a vazão em marcha.
- Vazão no trecho (fictícia): Q_t , que será dada pela Equação 17:

$$Qt = \frac{Qm+Qj}{2} \quad \text{Equação 17}$$

Para os demais cálculos, devem ser pensados nos limites de velocidade para cada diâmetro adotado que mais se adequa a tubulação, e calcula-se a perda de carga unitária por trecho, que pode ser obtida pela equação de Hazen-Williams, Equação 7.

2.3.9 Ligações prediais

As ligações prediais, entendem-se como o conjunto de conexões e equipamentos responsáveis por interligar a rede de distribuição ao ramal predial do consumidor final. (PORTARIA DO MINISTÉRIO DA SAÚDE n° 888/2021)

O caderno técnico da SABESP (2018), elucida a ligação de água como um agrupamento de elementos presentes no ramal predial de água e unidade de medição, ou ainda, cavalete que conecta à rede de água a instalação do cliente.

É na ligação predial onde ocorre a micromedição. A micromedição, é comumente realizada através de hidrômetros, e além de fazer com que o consumidor pague apenas pelo que efetivamente consumiu, também evita desperdícios (SAMAE, s/d p.8).

3 METODOLOGIA

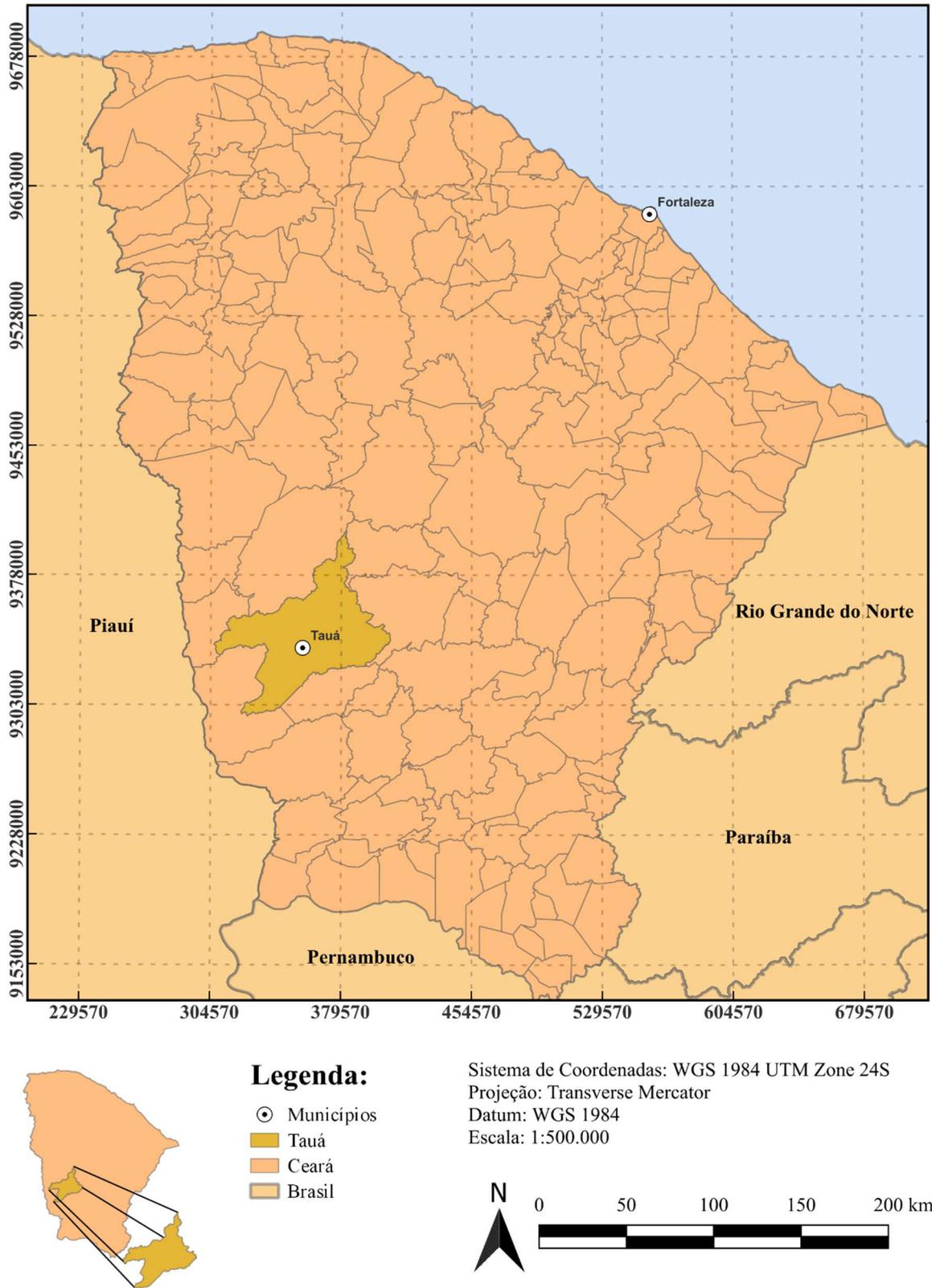
3.1. Caracterização da Área de Estudo

A área de interesse desse estudo é a comunidade rural São João do Trici, localizada no município de Tauá-CE e distando cerca de 347 km da capital Fortaleza, considerando trajeto rodoviário. Geograficamente, Tauá encontra-se posicionado nas coordenadas 6° 00' 11" N e 40° 17' 34" W, representando latitude e longitude, respectivamente. A área territorial do município corresponde a 4.010,618 km², fazendo fronteira ao norte com os municípios de Pedra Branca e Independência, ao oeste com Quiterianópolis, ao leste com Mombaça e, ao sul, com os municípios de Parambu e Arneiroz (IPECE, 2017).

As atividades econômicas básicas desenvolvidas pela população de Tauá se caracterizam pelo comércio, agropecuária, indústria de transformação – produção de redes, queijos, couros e mineração de rochas ornamentais (CEARÁ, 2014; IBGE, 2015).

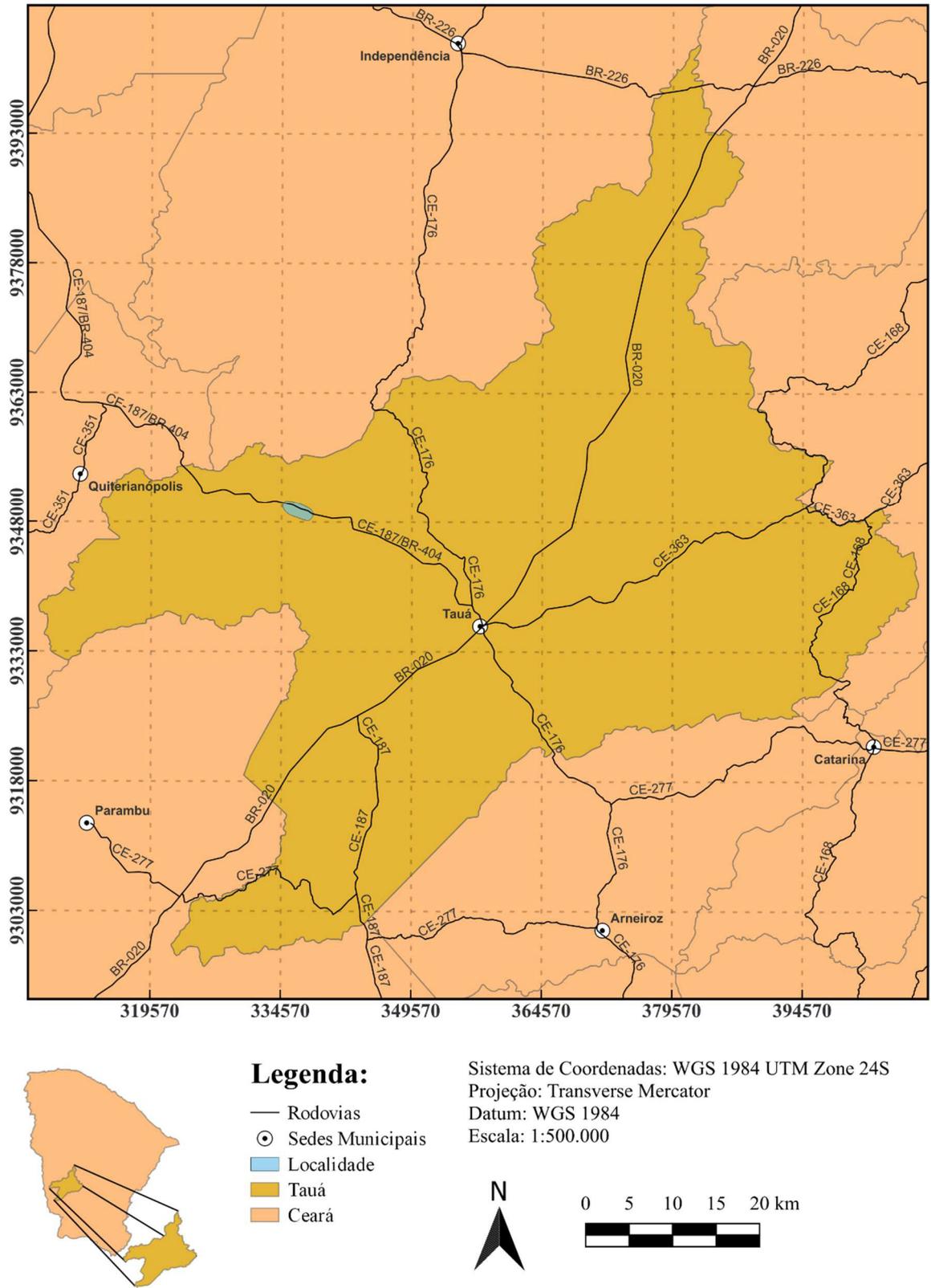
As Figuras 9 e 10, ilustram a localização territorial de Tauá e da comunidade de São João do Trici, respectivamente.

Figura 9 - Mapa de localização de Tauá-CE



Fonte: o Autor, 2023.

Figura 10 - Mapa de localização da comunidade



Fonte: o Autor, 2023.

3.1.1. Demografia

De acordo com o IBGE, a população total de Tauá para o ano de 2021 era de 59.259 habitantes, sendo destes cerca de 44% residindo na zona urbana e 56% residindo na zona rural (IBGE; IPECE, 2017).

A comunidade de São João, contabiliza um total de 107 residências. Para fins deste estudo, foi considerado para cada casa, a média de 4 habitantes/residência, o que totaliza aproximadamente 428 habitantes na localidade.

3.1.2. Aspectos Fisiográficos

O relevo local é pouco acidentado, com uma altitude média de 300 metros acima do nível do mar. Podem ser identificados na região maciços residuais, que podem chegar a atingir 700 metros de altitude, caracterizando um tipo de relevo classificado como depressões sertanejadas (IPECE, 2017).

3.1.4. Domínios Hidrogeológicos

No município de Tauá identificam-se dois tipos de domínios hidrogeológicos diferentes, compostos por rochas cristalinas e depósitos aluvionares. As rochas cristalinas prevalecem em uma quase totalidade do território tauaense, sendo comumente denominada de aquífero fissural, e os depósitos aluvionares são compostos de sedimentos areno-argilosos (CEARÁ, 1998).

3.1.5. Clima, vegetação e hidrografia

A vegetação é caracterizada como floresta caducifólia espinhosa e caatinga arbustiva, inserida na sub-bacia do Alto Jaguaribe (IPECE, 2016; FUNCEME).

A sub-bacia do Alto Jaguaribe tem uma área de drenagem de 24.636 km², o que equivale a 16,56% do território do Estado do Ceará. Não obstante engloba 24 município e possui capacidade de acumulação de 2.792.563.000 bilhões de m³ (COGERH, 2022).

Por estar localizado na faixa equatorial, Tauá sofre influência do clima tropical quente semiárido, o que justifica a formação dos domínios hidrogeológicos (IPECE, 2017).

3.1.6. Saneamento

Para o setor do saneamento básico, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017) traz dados que denotam estatísticas do abastecimento de água no município de Tauá.

De acordo com o IBGE (2017), existem 13.453 unidades habitacionais ligadas ao serviço de abastecimento de água. Destas, 12.393 estão ativas. A rede de distribuição municipal, no ano da pesquisa em questão, possuía 151 km de extensão.

O volume de água tratada distribuída diariamente, é da ordem de 6.695 m³, sendo 6.000 m³ submetidos ao tratamento convencional e 695 m³ que passam apenas pela simples desinfecção. O consumo diário, por unidade habitacional, possui uma média de 340,5 litros.

A concessionário responsável pelos serviços de água e esgoto no município é a Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.

3.2 Abordagem sobre os dados do estudo

Os dados de entrada utilizados neste estudo foram coletados *in loco* na comunidade de São João do Trici, distrito de Tauá, através do auxílio de equipe técnica de topografia para levantamento planialtimétrico. Assim como os da equipe de geologia para estudo das vazões dos mananciais disponíveis para captação.

Esses dados foram disponibilizados para fins acadêmicos pela empresa COSAMPA Projetos e Construções LTDA, conforme termo de ciência em anexo.

O levantamento planialtimétrico cedido, sob o formato txt, conta com pontos topográficos nos planos x, y e z de todo o perímetro da comunidade, bem como quantifica as ligações prediais necessárias para atender a todas as residências. As coordenadas do plano cartesiano disponibilizadas estão em UTM georreferenciadas pelo sistema de coordenadas DATUM SIRGAS 2000, zona 24S.

Os estudos de vazão dos mananciais abastecedores, atestado através de teste de vazão de bombeamento de água subterrânea, foi realizado em dois poços tubulares existentes na comunidade, trazendo as informações de localização, nível dinâmico, altura do crivo, vazão e produção diária de água de cada poço tubular profundo.

3.3 Procedimento Metodológico

Através dos dados de entrada, realizou-se um pré-dimensionamento do sistema por meio de estudo das vazões demandadas, das vazões disponíveis para abastecimento e superfície topográfica. Assim, realizou-se também o cálculo da vazão de adução requerida para um

horizonte de projeto de 20 anos, e observou-se a viabilidade através dos testes de vazão que toda a comunidade pudesse ser contemplada com o projeto a partir da captação subterrânea nos poços existentes.

3.3.3. Dimensionamento preliminar

No dimensionamento preliminar, as vazões foram calculadas através das Equações 1, 2 e 3, descritas no tópico 2.3.4. Para os cálculos foram considerados os seguintes dados de entrada:

Quadro 3 - Dados de entrada do dimensionamento

Horizonte de projeto (t')	20 anos
Taxa de crescimento	2 %
Consumidores	107 famílias
Taxa de ocupação	4 hab/residência
Consumo per capita	100 l/hab·dia
Coefficiente do dia de maior consumo (K1)	1,2
Coefficiente da hora de maior consumo (K2)	1,5

Fonte: o Autor, 2023.

A taxa de crescimento adotada para os cálculos, foi a redigida pelo Manual de Saneamento da FUNASA para comunidades rurais.

Para calcular a população no horizonte de projeto de 20 anos, aplicou-se a Equação 18, que calcula o crescimento anual da população para a taxa de crescimento adotada:

$$P' = P \cdot Tx \text{ de Crescimento}^{(t')} \quad \text{Equação 18}$$

A vazão de adução, é calculada a partir da vazão média diária, que é dividida pelo tempo t de bombeamento adotado para o conjunto motobomba de captação.

$$Qa' = \frac{Qb \cdot 24 \text{ horas}}{t} \quad \text{Equação 19}$$

Onde t, é o tempo de bombeamento em horas.

Após verificar a viabilidade de captação, com o auxílio do levantamento planialtimétrico, foi gerada no AutoCAD Civil 3D uma superfície topográfica, com as curvas de nível do terreno da localidade para seleção do local para o Reservatório Elevado – REL.

Com as elevações, buscou-se o melhor ponto para alocar o reservatório elevado de distribuição, que deve estar em cota topográfica mais alta para viabilizar a distribuição de modo que haja pressão suficiente em todos os “nós” da rede para atender de forma satisfatória todas as residências.

Após essas constatações iniciais, com o conhecimento dos locais de captação e do reservatório elevado, unidades de onde partem os elementos subsequentes, foi realizado o dimensionamento do sistema.

3.3.4. Captação em poço tubular

Para realizar a captação em poço tubular, selecionou-se o conjunto motobomba tipo submerso. Através dos cálculos da vazão a ser aduzida, determinados no dimensionamento preliminar, e do cálculo da altura manométrica total a ser vencida pela bomba, é possível selecionar com eficiência o melhor modelo.

No cálculo da altura manométrica total do conjunto motobomba submerso, devem ser considerados o nível dinâmico da água, altura de recalque externa do poço e a perda de carga, tendo como resultado um valor que orienta na melhor escolha de bomba (PEREIRA, 2016).

Para o caso do referido projeto, a altura manométrica total foi calculada a partir da Equação 20, que também considera a folga entre o nível dinâmico e o nível de instalação da bomba, comumente fornecido pelo fabricante do equipamento.

$$H_{total} = \Delta H_g + \Delta h + N_d + folga \quad \text{Equação 20}$$

Onde,

ΔH_g = altura de recalque externa do poço

Δh = perda de carga total

N_d = nível dinâmico do poço

folga = diferença de altura entre o nível dinâmico e o nível onde deverá ser instalado a bomba.

A altura de recalque externa do poço, foi calculada partindo do perfil longitudinal da adutora em questão, considerando a maior altura de recalque a ser vencida:

$$\Delta H_g = \text{Cota do ponto mais alto} - \text{Cota do poço} \quad \text{Equação 21}$$

Com os dados da vazão e altura manométrica, e de conhecimento da energização local, foi escolhido os equipamentos a partir de catálogos disponíveis por fabricantes de bombas submersas. A potência requerida da bomba foi calculada a partir da Equação 13.

Bombas submersas ou afogadas podem ser utilizadas em instalações com altos valores de NPSH requerido, devido ao fato de serem auto-escorvantes, fazendo com que seja muito pouco provável a ocorrência do fenômeno de cavitação (PEREIRA, 2016). Desta forma, não foi calculado o NPSH disponível na instalação de sucção da bomba submersa.

3.3.5. Traçado e dimensionamento das adutoras

O traçado das adutoras foi feito através do AutoCAD Civil 3D, sob a superfície topográfica gerada a partir do levantamento. Com auxílio das funções do software, foi possível delinear o traçado de modo a evitar faixas de terrenos privados e travessias que requeressem recomposição de pavimento, visto que a comunidade é cortada pela CE-187. Também no ambiente do AutoCAD Civil 3D gerou-se os perfis de elevação das adutoras, a partir de um estaqueamento de 20 em 20 metros, como recomendado pela NBR 12215/2017.

As singularidades e conexões necessárias para o bom funcionamento do conduto, como válvulas de descargas e registros de ventosas, foram alocados nos pontos mais baixos e mais altos do terreno, respectivamente, em acordo com o recomendado pela referida norma.

As vazões do sistema: média, diária e horária, calculadas para o dimensionamento preliminar, foram utilizadas para encontrar o menor diâmetro econômico através da fórmula de Bresse Equação 16, adotando-se para o projeto o menor diâmetro comercial de bitola subsequente. O coeficiente de Bresse K utilizado para cálculo foi 1,2 permitindo uma maior folga a bitola da adutora.

As perdas de carga distribuída e localizada nas adutoras, foram obtidas através das Equações 7 e Equação 9, respectivamente. No caso do cálculo da celeridade, necessária para o se obter o Golpe de Ariete, aplicou-se a Equação 11. A partir dos resultados, através da formulação de Allievi (Equação 22), definiu-se a classe da tubulação com base na resistência dos tubos de PVC, levando em conta a bitola, apresentadas pela norma NBR 5647.

$$Ha = \frac{aV}{g} \quad \text{Equação 22}$$

Onde, “a” é a celeridade, V é a velocidade média na tubulação e “g”, é a aceleração da gravidade.

A pressão máxima, pode ser dada pela soma do golpe de aríete acrescido do desnível geométrico (altura de recalque externa), como descrito por Costa (UFC, s/d p. 11)

$$P_{\text{máx}} = Ha + \Delta Hg \quad \text{Equação 23}$$

3.3.6. Estação Elevatória de Água Bruta

No estudo preliminar foi constatado a necessidade de se dimensionar uma unidade intermediária entre o reservatório elevado e as duas captações. Em razão disso, definiu-se uma estação elevatória de água bruta para o sistema, composta por reservatório apoiado e uma casa de bombas compondo o poço de sucção.

Para dimensionar uma estação elevatória, deve ser determinado o volume do poço de sucção e selecionado o modelo do conjunto motobomba de recalque do fluido.

Tsutiya (2006) apresenta a expressão para cálculo do volume do poço de sucção:

$$V_s = \frac{QT}{4} \quad \text{Equação 24}$$

O volume do poço de sucção, que será em um reservatório apoiado térreo, também pode ser adotado, embora seja menos usual. O ideal é que o volume do poço de sucção seja suficiente para manter o bom funcionamento dos conjuntos motobomba (TSUTIYA, 2006).

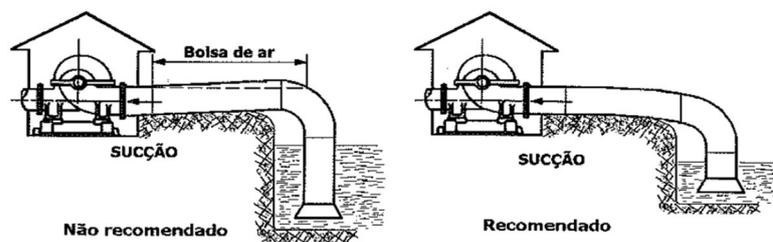
Neste projeto o volume do reservatório apoiado será adotado, de modo que possua capacidade suficiente para armazenar o dobro da vazão de adução, evitando que a sucção fique sem água e entre ar na bomba da elevatória, e por outro lado também evitando o superdimensionamento desnecessário da estrutura.

A elevatória dimensionada se caracteriza como “poço seco”, onde o poço de sucção é separado da casa de bombas. A casa deverá ter tamanho adequado para abrigar os equipamentos selecionados e permitir a locomoção, manutenção, montagem e desmontagem, entrada e saída dos equipamentos, quando necessário (NBR 12214).

O conjunto motobomba deverá ser do tipo centrífuga e a potência calculada a partir da Equação 13, seguida da verificação de cavitação com cálculo do NPSH disponível pela Equação 15.

O arranjo do barrilete de sucção, deve ser montado de forma a evitar a cavitação. A Figura 11 mostra o recomendado para sucção de bombas, para livrar-se de bolsas de ar.

Figura 11 - Posição da sucção recomendada



Fonte: TSUTIYA, 2006.

3.3.7. Traçado da Rede de Distribuição

Para a rede de distribuição, o desenho foi feito seguindo o conceito do traçado tipo “espinha de peixe” e obedeceu ao mesmo princípio do traçado realizado nas adutoras, perfazendo trechos em estrada carroçável e cruzando a via estadual através de travessias em bueiros.

Os trechos da rede foram delimitados pelos “nós”. Em cada nó, foi possível extrair a cota, a descrição e o comprimento de cada trecho que corresponde a distância de um nó a outro através de um relatório de pontos gerado pelo Civil 3D.

Para delimitar o nível mínimo da água e manter as pressões na rede dentro dos limites recomendados pela norma, o cálculo irá partir de um fuste do reservatório elevado com 10 metros de altura, estabilizando a menor pressão dinâmica em 10 MCA no cálculo de rede.

Os parâmetros determinados no dimensionamento da rede, foram:

- Vazões: jusante, em marcha, montante e fictícia - Equações 16 e 17
- Diâmetro (adotado)
- Velocidade
- Perda de carga no trecho e unitária
- Pressões dinâmica e estática

3.3.8. Volume de reservação

Para calcular a reservação necessária do reservatório elevado de distribuição, seguindo a literatura disponível, optou-se por adotar um reservatório cilíndrico em anéis pré-moldados, no qual o volume será 1/3 da vazão do dia de maior consumo.

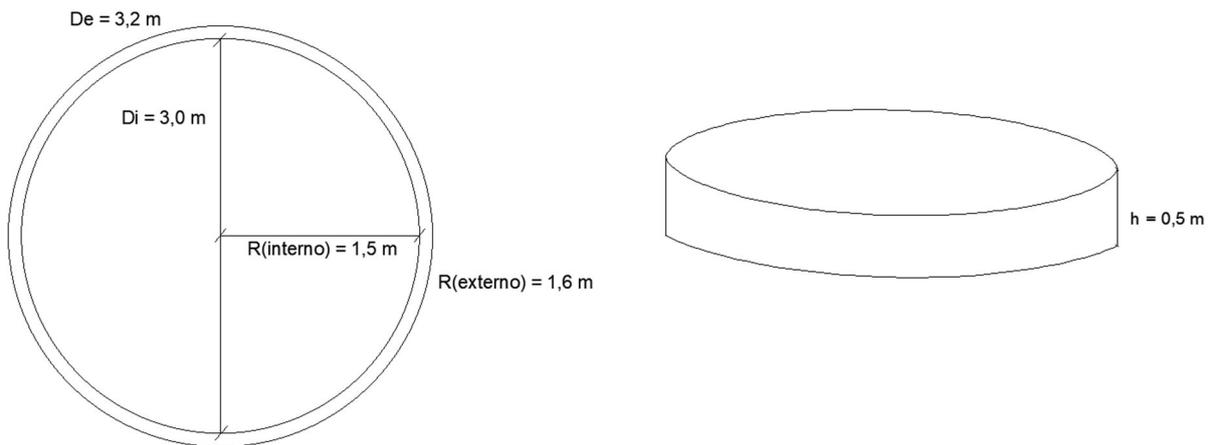
O diâmetro dos anéis, levando em consideração a fabricação, transporte e montagem através de caminhão guindaste, levou a adoção de um diâmetro econômico interno

de 3 metros, com espessura de 10 centímetros e altura de 0,5 metros. Sendo assim, para encontrar a altura da cuba, fez-se o volume de água comportado por um anel de 3 metros de diâmetro pela fórmula do volume do cilindro:

$$V_{cilindro} = \pi r^2 h$$

Equação 25

Figura 12 - Dimensões em planta e vista em perfil dos anéis do reservatório



Fonte: o Autor, 2023

Onde r , será igual ao raio interno do anel. Assim é possível determinar a quantidade de anéis para reservação no REL, e a quantidade de anéis no fuste de 10 metros.

A simples desinfecção da água será realizada no fuste do reservatório elevado, com a implantação de um clorador de pastilha na tubulação de entrada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Concepção do sistema proposto

Para a comunidade de São João do Trici projetou-se um sistema simplificado composto por captação em poço tubular profundo, com água adequada aos padrões de potabilidade após simples desinfecção; adução de água bruta até um reservatório elevado com fuste dimensionado para atender as condições de pressão de uma rede de distribuição pressurizada, que levaria água até as 107 famílias existentes na comunidade.

Para tanto, realizou-se um estudo e pré-dimensionamento inicial das unidades com os dados disponíveis, onde foram analisadas a topografia, perfil dos consumidores, projeção populacional, mananciais abastecedores, e vazões do sistema.

Nesse pré-dimensionamento, foi possível selecionar qual seria a melhor solução, em termos de otimização de custos de implantação do sistema.

4.1.1. Topografia

O levantamento planialtimétrico da área de estudo foi descarregado no AutoCAD Civil 3D, gerando a superfície primitiva do terreno, em formato de curvas de nível, Figura 13.

Figura 13 - Curvas de nível do terreno natural da área de estudo

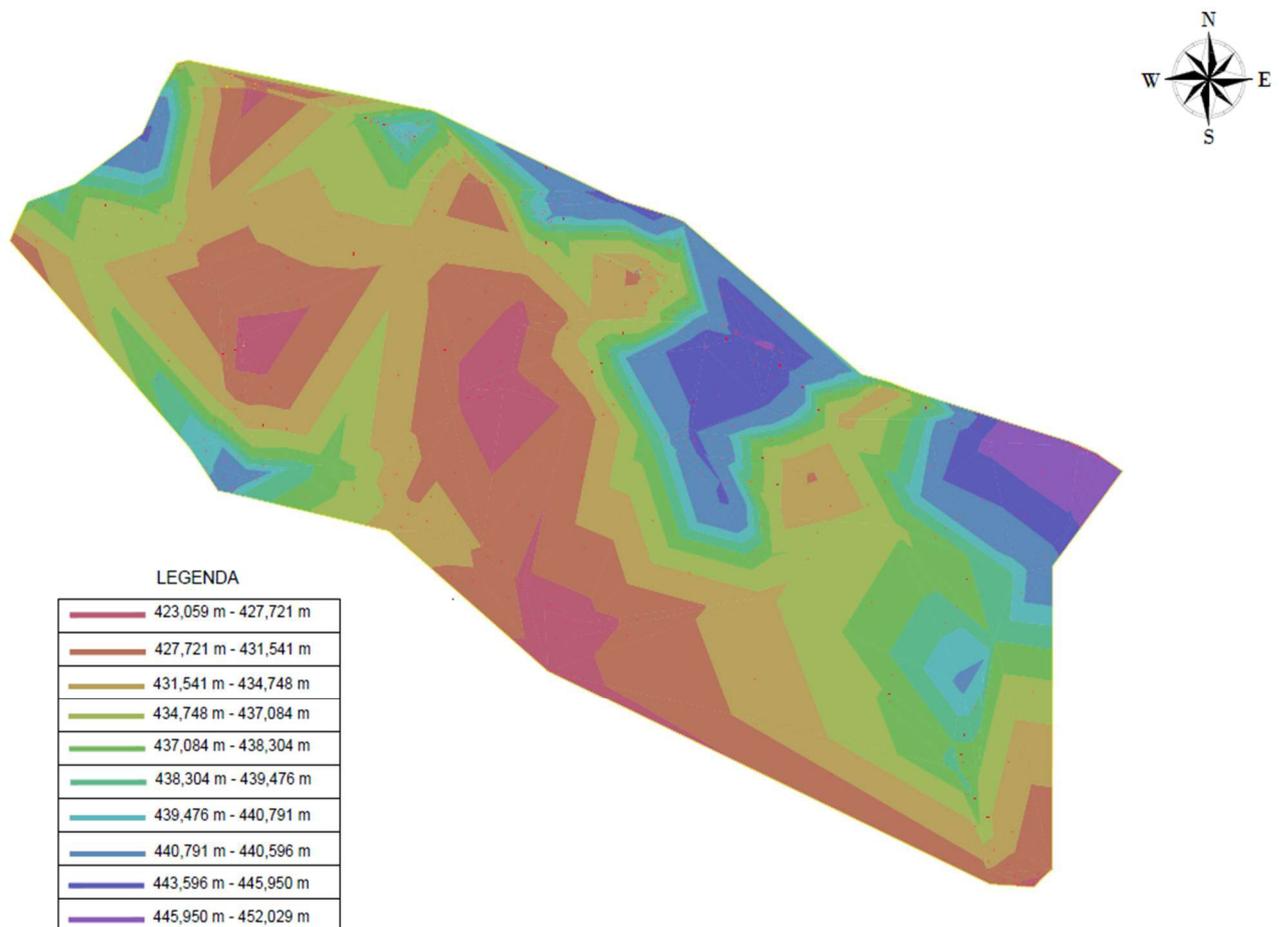


Fonte: o Autor, 2023.

A partir das curvas de nível, também foi gerado um gradiente de cores das elevações da área no Civil, Figura 14, com a finalidade de obter uma melhor visualização das cotas mais altas e cotas mais baixas do terreno. Dessa forma, foi possível localizar visualmente quais seriam as melhores áreas para execução do reservatório elevado de distribuição de água, e pontos ideais para as singularidades como válvulas de descarga e registros de ventosa.

Figura 14 - Elevações da área de estudo

GRADIENTE DE ELEVAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO



Fonte: o Autor, 2023.

Na Figura 14, é possível identificar que o ponto mais alto da topografia local tem cota altimétrica de 452,029 metros. Dessa forma, o ponto escolhido para alocar o reservatório elevado de distribuição, foi nas coordenadas UTM E 344065 / N 9343536 DATUM SIRGAS 2000, com elevação de 452,01 metros de altitude, em área de fácil acesso e com proximidade ao poço PT 01.

4.1.2. Consumidores

O quantitativo de pontos consumidores adotado foi o catalogado pelo levantamento planialtimétrico, referente as 107 residências. Inclusos nestes 107 pontos consumidores, estão residências unifamiliares, escola, igreja, restaurante e bar. Por se tratar de uma comunidade da zona rural, não foram identificados grandes consumidores. Também não foi registrado monoculturas que representassem consumo significativo de água.

4.1.3 Projeção populacional

Inicia-se a apresentação dos resultados gerados pelo cálculo de projeção populacional para o horizonte de projeto de 20 anos.

No ano base do estudo, considerou-se que na comunidade há 428 habitantes, baseado na taxa ocupacional adotada. A Tabela 6 apresenta os resultados da projeção populacional ao longo dos anos no horizonte de projeto.

Tabela 6 - Resultados da projeção populacional

Ano	2023	2028	2033	2038	2043
População	428	473	522	577	636

Fonte: o Autor, 2023.

4.1.4 Vazões do sistema

Para o cálculo das vazões de projeto, utilizadas para o dimensionamento preliminar, foram empregadas as Equações 1, 2 e 3, para cálculo da vazão média, horária e diária, respectivamente. A demonstração dos resultados obtidos para as vazões média, horária e diária estão dispostos na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados das vazões média, horária e diária.

Parâmetro	Resultado
Vazão média	0,736 l/s
Vazão horária	1,325 l/s
Vazão diária	0,883 l/s

Fonte: o Autor, 2023.

A vazão de adução, será estimada a partir do tempo de bombeamento em que a água ficará em carga nas canalizações. Adotou-se um tempo de bombeamento útil de 16 horas, como uma média para melhor custo-benefício de implantação e operação do conjunto motobomba.

Tempos de bombeamento superiores implicam em maiores custos de energia para a comunidade, e por outro lado, um período de bombeamento menor resultaria em uma vazão maior de transporte, aumentando custos na obtenção do conjunto motobomba e aquisição de tubos mais caros, visto que o aumento de vazão implica também em um maior diâmetro e em uma maior pressão de serviço. A vazão total de adução do sistema, calculada pela Equação 19 será fixada em:

$$4,77 \text{ m}^3/\text{h}. \quad (\text{Vazão de adução})$$

4.1.3. Mananciais abastecedores

Por possuírem uma qualidade de água mais nobre e menor custo de implantação, analisou-se a viabilidade de captação subterrânea para o sistema.

O estudo de concepção foi realizado com base na existência de dois poços tubulares disponíveis para serem usados como manancial do abastecimento. O poço PT 01, localizado nas coordenadas UTM E 336359 / N 9348900, apresentou através de teste de bombeamento capacidade produtiva de 72 m³/dia, com uma vazão média de 3,6 m³/h. Os demais dados obtidos no ensaio de vazão estão dispostos no Quadro 4.

Quadro 4 - Resultados do teste de bombeamento do poço PT 01.

Poço	Prof (m)	Crivo (m)	Ne (m)	Nd (m)	Vazão (m ³ /h)	Produção diária (m ³)
PT 01	64,00	48,00	10,30	36,90	3,6	72,00

Fonte: COSAMPA, 2022.

O poço PT 01 seria a primeira opção de captação para o abastecimento da comunidade por questões logísticas de trajetória entre o local do poço e o ponto de cota altimétrica mais alta. Entretanto, como visto no tópico anterior, a vazão necessária de adução é de 4,77 m³/h, não possuindo o poço PT 01 capacidade para suprir a demanda do sistema.

Dessa forma, o SAA irá contar com duas captações, sendo a vazão remanescente fornecida pelo poço PT 02, que está localizado nas coordenadas UTM E 335192 / N 9349782 e apresentou através de teste de bombeamento uma capacidade produtiva de 28,00 m³/dia, com

uma vazão média de 1,4 m³/h. Os demais dados obtidos no ensaio de vazão do poço PT 02 estão dispostos no Quadro 5.

Quadro 5 - Resultados do teste de bombeamento do poço PT 02.

Poço	Prof (m)	Crivo (m)	Ne (m)	Nd (m)	Vazão (m ³ /h)	Produção diária (m ³)
PT 02	48,00	42,00	8,00	12,57	1,4	28,00

Fonte: COSAMPA, 2022.

Com a somatória da vazão dos dois poços, que totalizam 5,00 m³/h, é possível atender a necessidade de vazão de adução do sistema. Com isso, é concluído que haverá a necessidade de implantar duas adutoras de captação.

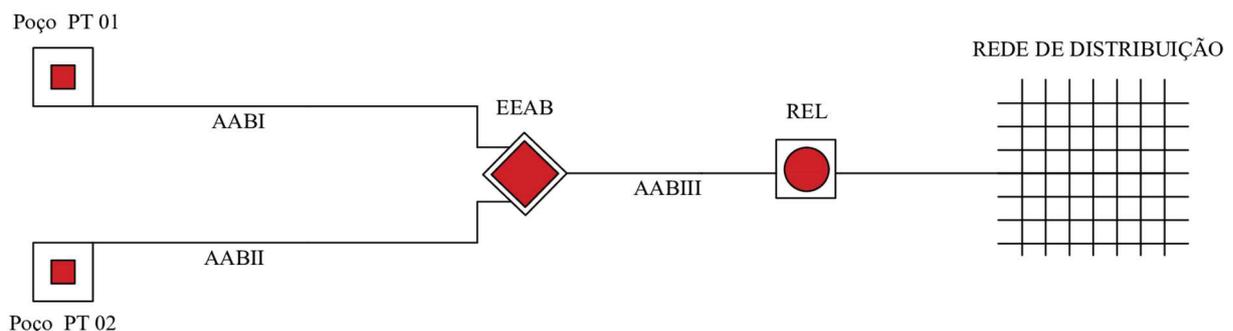
4.1.4. Arranjo definido para o sistema

A adução de água bruta inicialmente foi pensada para bombear água de um dos poços até o reservatório elevado, porém, como elucidado no tópico anterior será necessário a adução de água dos dois poços até o REL.

Desse modo, projeta-se duas significativas tubulações de adução, que iria representar um acentuado custo com escavação, assentamento e aquisição de tubos. Sendo dimensionado em torno de 5,2 km de adutoras.

Para otimizar esse arranjo, projetou-se uma estação elevatória de água bruta - EEAB nas coordenadas UTM E 336494 / N 9349703, no ponto onde as duas adutoras de captação se encontram a caminho do reservatório. Essa EEAB foi projetada para receber a vazão total dos dois poços e sair em uma única canalização de adutora de água bruta até o reservatório elevado. Na Figura 15 observa-se o croqui do arranjo definido para todas as unidades.

Figura 15 - Croqui do sistema proposto



Fonte: o Autor, 2023.

4.2 Dimensionamento das unidades do sistema proposto

4.2.1 Captação

Para a captação, selecionou-se dois conjuntos motobomba do tipo submerso, a ser instalado um em cada poço. A escolha dos modelos ocorreu a partir do catálogo de seleção de bombas Leão, com os dados de altura manométrica total calculada para cada captação pela Equação 20.

$$H_{total} = (446,30 \text{ m} - 426,10) + 7,98 \text{ m} + 43,9 \text{ m} + 6 \text{ m} = 78,08 \text{ mca} \quad \text{Captação I}$$

$$H_{total} = (444,16 \text{ m} - 426,15) + 1,25 \text{ m} + 12,57 \text{ m} + 6 \text{ m} = 39,32 \text{ mca} \quad \text{Captação II}$$

No catálogo de seleção é recomendada uma submergência mínima da bomba em 6 metros abaixo do nível dinâmico, por isso essa folga foi adotada. É explicitado também pelo fabricante as condições de operação com teor máximo de areia permitido de 30 g/m³ e pH variando da água variando entre 6,5 e 8,0.

Para o desnível geométrico considerou-se as cotas dos poços, e a cota do ponto crítico ao longo da trajetória das adutoras, ou seja, o ponto mais alto a ser vencido. Essa altura pode ser observada nos perfis longitudinais das adutoras de água bruta I e II que estão em anexo.

A vazão a ser aduzida em cada um dos poços será a disponível, atestada nos testes de bombeamento. No Quadro 6 estão dispostos os resultados da altura manométrica total calculada, a vazão aduzida e a potência do modelo selecionado para as bombas da captação.

Quadro 6 - Ficha técnica das bombas de captação

Poço	Vazão (m ³ /h)	Altura manométrica total (mca)	Potência (CV)	Tipo de bomba	Modelo	Energia local
PT 01	3,6	78,08	2,5	Submersa	4R3PA/IA-19 230	Monofásica
PT 02	1,1	39,32	0,5	Submersa	4R3IB-05 230	Monofásica

Fonte: o Autor, 2023.

As tabelas de seleção do fabricante, estão em função da altura manométrica e da vazão, sendo a vazão dada através desses dois parâmetros. No caso das potências descritas no Quadro 6, está descrito aquela fornecida pelo equipamento.

Para calcular o rendimento, deve-se ter a potência consumida pelas bombas da captação 1 e 2, sendo calculada a partir da Equação 13.

$$Pt = 9810 \frac{N}{m^3} \times 0,001 \frac{m^3}{s} \times 78,08 m = 765,96 N \cdot \frac{m}{s} \quad \text{Captação I}$$

$$Pt = 9810 \frac{N}{m^3} \times 0,0003 \frac{m^3}{s} \times 39,32 m = 115,71 N \cdot \frac{m}{s} \quad \text{Captação II}$$

Convertendo $N \cdot m/s$ para cavalos de potência (CV), temos:

$$1 CV = 750 N \cdot \frac{m}{s}$$

A potência será igual à:

$$Pt = 1,02 CV \quad \text{Captação I}$$

$$Pt = 0,154 CV \quad \text{Captação II}$$

O rendimento pode ser encontrado através da Equação 14.

$$\eta = \frac{1,02 cv}{2,5 cv} \times 100\% = 40,8\% \quad \text{Captação I}$$

$$\eta = \frac{0,154 cv}{0,5 cv} \times 100\% = 30,8\% \quad \text{Captação II}$$

A NBR 12212/2017 prevê a necessidade de uma tampa para o poço de captação após a instalação do conjunto motobomba, com o intuito de proteger a qualidade original da água de interferências externas como acesso de animais, escoamento de líquidos e outras substâncias.

Desse modo, dimensionou-se três anéis em concreto pré-moldado de 2 metros de diâmetro cada, para fazer a proteção do poço e do barrilete da bomba de captação. Essa estrutura estará circundada por uma urbanização de 25 m² (5m x 5m), feita de alvenaria com estacas também de concreto.

Para a proteção do quadro elétrico, o projeto prevê uma casa de alvenaria de 1,8 m² (1,3 m e 1,4 m) com detalhe explicitado nas pranchas em anexo.

4.2.2. Adução de Água Bruta

4.2.2.1 Dimensionamento das adutoras

A adutora de água bruta I é a canalização responsável pelo transporte da água bruta do poço PT 01 até a estação de bombeamento, perfazendo um trecho com 1.138,43 metros de extensão. A vazão aduzida, será a disponível no poço, que tem uma produção média de 3,6 m³/h.

A adutora de água bruta II, fará a adução da água bruta do poço PT 02 até a estação de bombeamento, perfazendo um trecho com 1.600,86 metros de extensão. A vazão a ser aduzida será de 1,1 m³, para suprir a demanda remanescente de projeto.

A adutora de água bruta III, tem a função de transportar a água da estação de bombeamento até o reservatório elevado, perfazendo um trecho com 1.250,76 metros.

Iniciam-se os cálculos de dimensionamento da adução de água bruta, com a seleção do diâmetro das canalizações, que foi obtido através da Equação 6 para o menor diâmetro econômico. O resultado das estimativas do diâmetro mínimo para as três adutoras está listado na Tabela 6.

$$D = 1,2 \sqrt{1,0 \text{ l/s}} = 0,038 \text{ m} \quad \text{Diâmetro AABI}$$

$$D = 1,2 \sqrt{0,31 \text{ l/s}} = 0,021 \text{ m} \quad \text{Diâmetro AABII}$$

$$D = 1,2 \sqrt{1,33 \text{ l/s}} = 0,044 \text{ m} \quad \text{Diâmetro AABIII}$$

Tabela 8 - Resultados do cálculo do diâmetro das adutoras

<i>Unidade</i>	<i>Diâmetro de Bresse</i>	<i>Vazão aduzida</i>	<i>Diâmetro comercial</i>
AAB I	0,038 m	3,6 m ³ /h	<u>50 mm</u>
AAB II	0,021 m	1,1 m ³ /h	<u>50 mm</u>
AAB III	0,044 m	4,7 m ³ /h	<u>50 mm</u>

Fonte: o Autor, 2023.

Considerando o menor diâmetro comercial dos tubos dentro do recomendado pela NBR 12215, adotou-se um diâmetro econômico de 50,00 milímetros para as três adutoras.

O material dos tubos adotado no projeto foi o PVC PBA, pelo fato que tubos desse material atendem a pressões de serviço que vão de 60 a 100 mca, conferindo resistência aos condutos; há significativa disponibilidade no mercado facilitando a aquisição, e possui menor custo se comparado a outros materiais utilizados em projetos mais robustos.

O coeficiente de rugosidade da parede para tubos novos em PVC é 140, como está exposto na Tabela 1 no tópico 2.3.4. Esse coeficiente será útil para encontrar as perdas de carga do sistema. Com os valores de vazão, diâmetro e rugosidade da parede dos tubos, foi calculado a perda de carga unitária (J) através da Equação 7.

$$J = 10,64 \times \left(0,001 \frac{m^3}{s}\right)^{1,85} \times 140^{-1,85} \times 0,050 m^{-4,87} = 0,007 m/m \quad \text{Perda unitária AABI}$$

$$J = 10,64 \times \left(0,00031 \frac{m^3}{s}\right)^{1,85} \times 140^{-1,85} \times 0,050 m^{-4,87} = 0,0008 m/m \quad \text{Perda unitária AABII}$$

$$J = 10,64 \times \left(0,00133 \frac{m^3}{s}\right)^{1,85} \times 140^{-1,85} \times 0,050 m^{-4,87} = 0,0117 m/m \quad \text{Perda unitária AABIII}$$

E a perda de carga distribuída (Δh_d) através da Equação 8:

$$\Delta h_d = 0,007 \frac{m}{m} \times 1.138,43 m = 7,93 \text{ metros} \quad \text{Perda distribuída AABI}$$

$$\Delta h_d = 0,007 \frac{m}{m} \times 1.600,86 m = 1,24 \text{ metros} \quad \text{Perda distribuída AABII}$$

$$\Delta h_d = 0,007 \frac{m}{m} \times 1.250,76 m = 14,66 \text{ metros} \quad \text{Perda distribuída AABIII}$$

Os resultados das perdas unitária e distribuída das canalizações das três adutoras estão dispostos na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados dos cálculos da perda de carga unitária e distribuída

<i>Unidade</i>	<i>Perda unitária (J)</i>	<i>Perda distribuída (Δh_d)</i>
AAB I	0,0070 m/m	7,93 m
AAB II	0,0008 m/m	1,24 m
AAB III	0,0117 m/m	14,66 m

Fonte: o Autor, 2023.

Observa-se que a maior perda de carga ao longo da canalização, se dará na adutora de água bruta III, o que evidencia que a perda de carga (J) é diretamente proporcional a vazão, ou seja, quão maior for a vazão transportada, maior deverá ser a perda de carga.

A perda de carga localizada, aquela que se dá nas singularidades ao longo do conduto, serão desprezadas no cálculo da altura manométrica total, em razão do comprimento das adutoras que é superior a 1 km.

Para selecionar a classe dos tubos de 50 mm, calculou-se a celeridade (a), considerando a menor parede disponível para a bitola adotada, a fim de verificar se há resistência suficiente no menor custo de aquisição de material, visto que quão maior for a classe mais caro será o tubo. Na Tabela 10 consta as espessuras de cada classe para os tubos de 50 mm de PVC PBA, em conformidade com a NBR 5647.

Tabela 10 - Ficha técnica do tubo de 50 mm

Espessura (mm)	Classe	Pressão nominal (mca)
2,7	12	60
3,3	15	75
4,3	20	100

Fonte: Adaptado NBR 5647

Desse modo, nas três adutoras foram verificadas a celeridade, sobre pressão no tubo e sobre pressão máxima, de modo que seja adotado classes com resistência para as variações de pressão e golpe de aríete.

A celeridade “a” foi obtida a partir da Equação 11, considerando em um primeiro momento a espessura da classe 12, de 2,7 milímetros, na canalização das três adutoras:

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + \frac{18 \times 50}{2,7}}} = 506,77 \text{ m/s}$$

A sobre pressão no tubo, foi calculada para cada uma das adutoras, visto que de acordo com a Equação 22 (Fórmula de Allievi) o parâmetro depende da velocidade, e conseqüentemente, da vazão de transporte de cada uma das canalizações. Os resultados obtidos, considerando a celeridade para do tubo de classe 12 foram:

$$Ha = \frac{506,77 \frac{m}{s} \times \frac{0,510m}{s}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 26,32 \text{ mca} \quad \text{Sobre pressão na AABI}$$

$$Ha = \frac{506,77 \frac{m}{s} \times \frac{0,156m}{s}}{9,8 m/s^2} = 8,04 mca \quad \text{Sobre pressão na AABII}$$

$$Ha = \frac{506,77 \frac{m}{s} \times \frac{0,675m}{s}}{9,8 m/s^2} = 34,88 mca \quad \text{Sobre pressão na AABII}$$

A sobre pressão máxima, dada pela Equação 23, apresentou os seguintes resultados em metros de coluna d'água (mca):

$$P_{m\acute{a}x} = 26,32 mca + 21,70 m = 48,02 mca \quad \text{Pressão máxima na AABI}$$

$$P_{m\acute{a}x} = 8,04 mca + 19,51 m = 27,75 mca \quad \text{Pressão máxima na AABII}$$

$$P_{m\acute{a}x} = 36,51 mca + 34,59 m = 69,47 mca \quad \text{Pressão máxima na AABIII}$$

Dentre os valores obtidos, a pressão máxima na AAB III apresentou valor superior a pressão nominal suportada pela parede do tubo de 50 mm CL-12. Deste modo, aumenta-se a espessura da parede para a classe subsequente e realiza-se a verificação da sobre pressão máxima novamente.

A celeridade (a), com a espessura dos tubos de CL-15 de 3,3 milímetros obteve o seguinte resultado:

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + \frac{18 \times 50}{3,3}}} = 552,54 m/s$$

Em razão disso, recalculou-se a sobre pressão com o novo valor de celeridade (a), tendo como resultado:

$$Ha = \frac{530,47 \frac{m}{s} \times \frac{0,510m}{s}}{9,8 m/s^2} = 38,03 mca \quad \text{Sobre pressão na AABI}$$

Fazendo os cálculos da pressão máxima na adutora de água bruta III, obteve-se o resultado:

$$P_{m\acute{a}x} = 38,03 mca + 34,59 m = 72,62 mca \quad \text{Pressão máxima na AABIII}$$

Estando, portanto, a pressão máxima no conduto dentro dos limites estabelecidos pela Norma para as tubulações de 50 mm CL-15. Na Tabela 11, estão os resultados dos cálculos de pressão nos tubos.

Tabela 11 - Classes adotadas para as adutoras

Unidade	Celeridade (m/s)	Sobrepessão (mca)	Sobrepessão Máxima (mca)	Classe adotada
AABI	506,77	26,32	52,02	12
AABII	506,77	8,04	31,55	12
AABIII	552,54	36,51	72,62	15

Fonte: o Autor, 2023

As adutoras dimensionadas terão as características descritas na Tabela 12.

Tabela 12 - Resumo dimensionamento das adutoras

Unidade	Extensão (m)	Diâmetro (mm)	Material	Classe
AAB I	1.138,43	50	PVC PBA	12
AAB II	1.600,86	50	PVC PBA	12
AAB III	1.250,76	50	PVC PBA	15

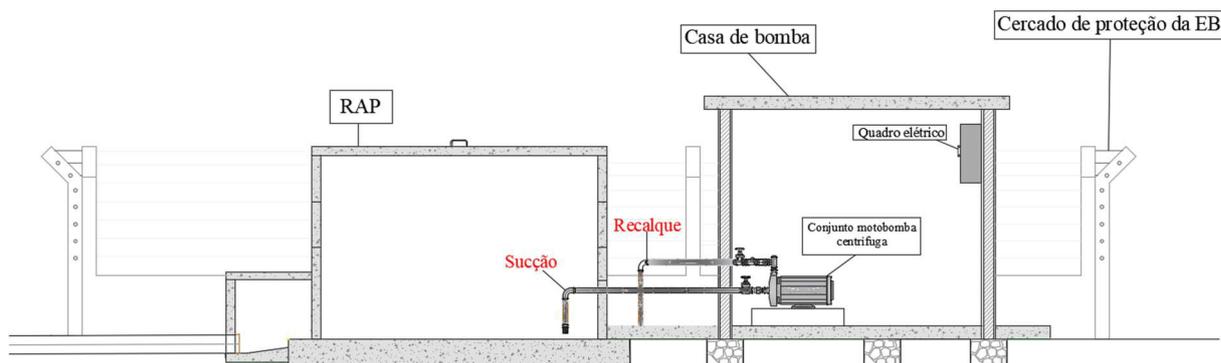
Fonte: o Autor, 2023.

4.2.3. Estação elevatória de água bruta

A estação elevatória de água bruta, foi projetada em local estratégico, onde as canalizações das duas adutoras de captação se encontram a caminho do reservatório elevado. As coordenadas UTM da EEAB são E 336493 / N 9349697 DATUM SIRGAS 2000, em cota altimétrica de 431,380 metros.

No projeto, a EEAB é composta de um reservatório apoiado com 10,00 m³ de volume de água e uma casa de bomba. A casa de bombas, terá a finalidade de proteção do conjunto motobomba e quadro elétrico, arranjados conforme Figura 16.

Figura 16 - Croqui da estação de bombeamento



Fonte: o Autor, 2023.

As peças do barrilete da sucção e recalque da bomba centrífuga, estão detalhados nas Tabelas 13 e 14, respectivamente.

Tabela 13 - Peças do barrilete de sucção da bomba

<i>Peças</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Coefficiente K</i>
Válvula de pé c/ crivo	1 und	1,75
Tubo PVC roscável	2,30 m	-
Curva 90°	1 und	0,40
Registro de gaveta	1 und	0,20
Niple	2 und	-
Luva de união	1 und	-
		Σk 2,35

Fonte: o Autor, 2023.

A válvula de pé com crivo, é um tipo de válvula de retenção comumente instalada na extremidade da tubulação de sucção em bombas não-afogadas. Essa peça atua propiciando a passagem da água somente na direção da bomba, mantendo a tubulação da sucção sempre cheia, mesmo nos momentos em que a bomba não estiver funcionando (TSUTIYA, 2006).

O registro de gaveta previsto, é para situações emergenciais e operará aberto, elucidando o coeficiente K que foi considerado para as válvulas de gaveta. As demais peças são comuns para a conexão dos tubos de PVC roscável, e só haverá perda localizada considerada na curva 90°, registro de gaveta e válvula de pé.

Tabela 14 - Peças do barrilete de recalque da bomba

<i>Peças</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Coefficiente K</i>
Niple	3	-
Tê 90	1	1,30
Plug	1	-
Luva de união	1	-
Válvula de retenção horizontal	1	2,50
Registro de gaveta	1	0,20
Curva 90 °	2	0,40
		Σk 4,8

Fonte: o Autor, 2023.

No recalque, deve ser instalado uma válvula de retenção, com atuação também em evitar o retorno do fluxo da água, diminuindo o efeito dos transientes hidráulicos. Ao indicar o uso deste dispositivo, em projetos, deve se atentar aos critérios técnicos exigidos pela contratante ou prestadora de serviço (NBR 12214).

O modelo da bomba centrífuga foi selecionado no catálogo de bombas Schneider, tomando como base os parâmetros de cálculo da altura manométrica total e a vazão, sendo a vazão aquela estimada como a necessidade de adução do sistema.

No cálculo da altura manométrica total da bomba foi tomado como base a Equação 12. Portanto, fez-se inicialmente o cálculo da perda de carga localizada nos barriletes de sucção e recalque da bomba centrífuga, através da Equação 9.

$$\Delta h_l = (2,35 + 4,8) \times \frac{(0,675 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} = 0,1661 \text{ metros.}$$

A perda de carga total, foi calculada pela Equação 10.

$$\Delta h = 14,66 \text{ m} + 0,1661 \text{ m} = 14,82 \text{ metros}$$

Com a perda de carga total e o desnível geométrico, é possível conhecer a altura manométrica total, Equação 12.

$$(452,01 - 431,38) \text{ m} + 14,00 \text{ m} + 14,82 \text{ m} = 49,41 \text{ metros}$$

Para atender aos parâmetros calculados, foi selecionado um modelo de bomba centrífuga do fabricante de bombas Schneider, Quadro 7.

Quadro 7 - Ficha técnica da bomba elevatória

Unidade	Vazão (m³/h)	Altura manométrica total (mca)	Potência (CV)	Tipo de bomba	Modelo	Energia local
EEAB	4,77	49,41	3,0	Centrífuga	ME-AL/ BR 2230	Monofásica

Fonte: o Autor, 2023

Tsutiya (2006), denota que as bombas centrífugas não-afogadas estão mais propensas ao fenômeno da cavitação que as bombas submersas. Desse modo, é importante detalhar as perdas de carga no barrilete de sucção da bomba a fim de calcular o NPSH disponível e verificar a condição de cavitação, comparando ao NPSH fornecido pelo fabricante.

A altura estática da sucção da bomba (Hgs) no projeto está afogada e, portanto, terá valor positivo no cálculo do NPSH (TSUTIYA, 2006).

Essa altura de sucção, foi adotada com 0,3 mca, enquanto a perda de carga na sucção foi de 0,08 mca, calculada pela Equação 10. Tanto o barrilete de conexões na sucção quanto os tubos mantiveram a bitola de 50 mm no dimensionamento, sendo assim, a perda de carga unitária (j) tem o mesmo valor daquela calculada para toda a tubulação da adutora de água bruta III, que é de 0,0117 m/m.

Multiplicando a perda de carga unitária (j) pela extensão da tubulação de sucção, que é de 2,30 metros, obtém-se a perda distribuída que é igual a:

$$0,0270 \text{ metros} \quad \text{Perda distribuída na Sucção}$$

Fazendo a perda localizada na sucção, através da Equação 9.

$$\Delta h_l(s) = (2,35) \times \frac{(0,675 \text{ m/s})^2}{2(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} = 0,0546 \text{ metros}$$

A soma das perdas localizadas na sucção será igual a:

$$\sum \Delta H_s = 0,0270 \text{ m} + 0,0546 \text{ m} = 0,08 \text{ metros}$$

Tendo conhecimento das temperaturas e altitude local, é possível verificar nas Tabelas 3 e 4 a pressão atmosférica e a pressão de vapor, pertinentes ao cálculo do NPSH. Considerando a temperatura média de Tauá em torno de 30°, a pressão de vapor considerada será de 0,433.

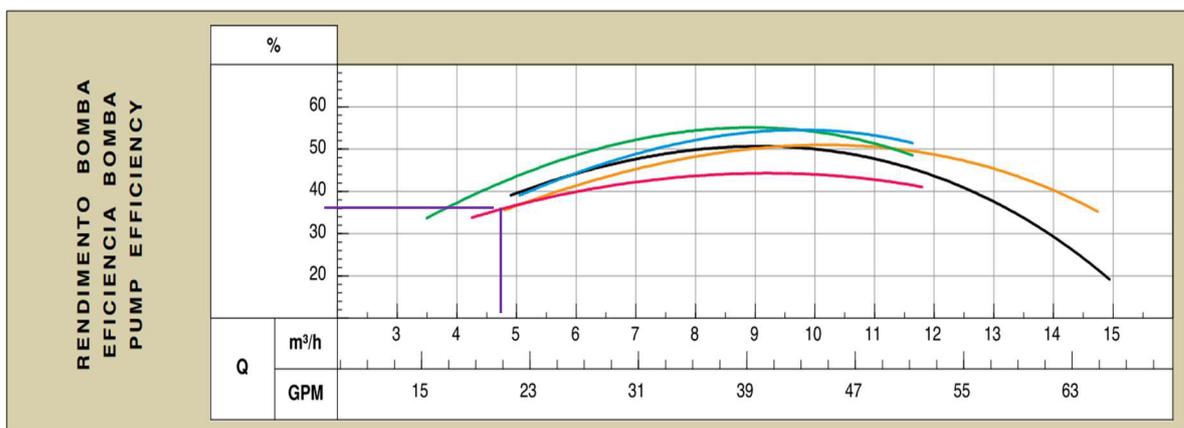
Pela Tabela 4, a pressão atmosférica considerando uma altitude média de 300 metros, é de 9,96. Com esses dados e através da aplicação da Equação 15, calculou-se o NPSH disponível, que teve como resultado:

$$NPSH_d = 0,3 \text{ m} - 0,08 \text{ m} + 0,433 + 9,96 = 10,5 \text{ mca} \quad \text{Equação 15}$$

A bomba escolhida, ME-AL/BR 2230 do fabricante Schneider, tem juntamente aos catálogos para seleção, outros manuais de informações pertinentes ao modelo como as curvas características, instruções de uso e instalação etc.

Através da curva característica disponibilizada para a eficiência da bomba, é possível visualizar o rendimento final, necessário ao cálculo da potência requerida para bombeamento.

Figura 17 - Rendimento da bomba da EEAB

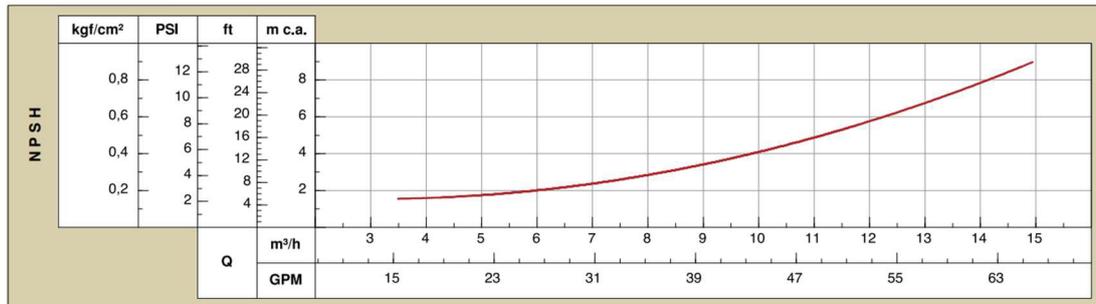


Fonte: SCHNEIDER, 2012.

As cores do gráfico de rendimento, representam as diferentes potências que caracterizam diferentes modelos de bombas centrífugas dessa mesma série do modelo selecionado. A linha que representa o modelo escolhido, é a amarela, e o rendimento do bombeamento para este caso será em torno de 34%, visualizado em função da vazão de adução da EEAB que é de 4,77 m³/h.

O NPSH do fabricante também pode ser identificado através das curvas características fornecidas pelo fabricante, e está em formato de um gráfico em função da vazão pela altura manométrica.

Figura 18 - NPSH Requerido



Fonte: SCHNEIDER, 2012.

O NPSH requerido do fabricante fica em torno de 2,0 mca, como pode ser observado na Figura 18, estando, portanto, dentro da condição apresentada no tópico 2.3.5 para a cavitação.

Como $10,5 \text{ mca (NPSHd)} > 3,0 \text{ mca (NPSHr)}$, não haverá cavitação.

4.2.4. Reservatório Elevado

O volume determinado para o reservatório elevado, foi o equivalente a 1/3 da vazão de máximo consumo diário.

$$636 \text{ hab} \times 100 \frac{\text{l}}{\text{ha}} \times 1,2 = 76.320 \text{ l/dia} \quad \text{Volume de máximo consumo diário}$$

Fazendo a razão por três, obteve-se um volume necessário, em metros cúbicos, de:

$$25.440 \text{ litros} \quad \frac{1}{3} \text{ Volume de máximo consumo diário}$$

Ou ainda, $25,44 \text{ m}^3$.

Para se obter a quantidade de anéis necessários na cuba, sabendo que cada anel projetado tem 0,5 metros de altura e 1,5 metros de raio interno, faz-se uso da Equação 21:

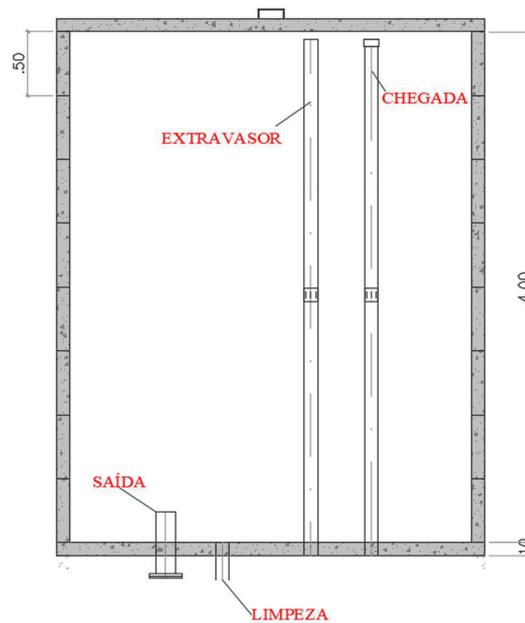
$$\pi (1,5 \text{ m})^2 \times 0,5 \text{ m} = 3,53 \text{ m}^3 \quad \text{Volume de água em cada anel}$$

Relacionando o volume de cada anel, com a necessidade, temos:

$$\frac{25,44 \text{ m}^3}{3,53 \text{ m}^3} = 7,2$$

Como os anéis têm uma altura fixa, arredonda-se para um número inteiro acima do valor decimal obtido, tendo a necessidade de 8 anéis de reservação de água, ou seja, a cuba do reservatório projetada é de 4,00 metros, Figura 19.

Figura 19 - Dimensões da cuba do REL



Fonte: o Autor, 2023

A capacidade total de água desta cuba cilíndrica com 4,00 metros de altura é de 28,00 m³.

Como mencionado na metodologia, o fuste do reservatório foi dimensionado para 10,00 metros de altura em função das pressões necessárias da rede de distribuição, sendo assim, a altura total desse reservatório elevado será de 14,00 metros.

Também foi previsto no projeto que sejam alocados três anéis para a fundação do reservatório, que ficaram enterrados, conferindo resistência a estrutura.

Para a proteção do REL, foi projetado um cercado de alvenaria com uma área de 54,00 m² (9,00 m x 6,00 m) com o intuito de controlar o acesso ao Reservatório e proteger de agentes externos.

4.2.5. Desinfecção

O tratamento da água será realizado através da adição de cloro, onde foi previsto no barrilete de entrada do reservatório elevado a instalação de um Clorador de Pastilha, dispositivo responsável pela cloração da água antes da distribuição.

4.2.6. Rede de Distribuição

O cálculo de rede se inicia com a estimativa da vazão de distribuição, através da Equação 03.

$$Q_c = \left(\frac{1,2 \times 1,5 \times 636 \text{ hab} \times 100 \frac{l}{\text{hab} \cdot \text{dia}}}{86.400} \right) = 1,32 \text{ l/s}$$

Ou ainda, 4,77 m³/h.

O resultado obtido da vazão de distribuição, é usado no cálculo da taxa de contribuição linear dada pela Equação 16:

$$qm = \frac{1,32 \text{ l/s}}{10.535,38 \text{ m}} = 0,00013 \text{ l/s} \cdot \text{m} \quad \text{taxa de contribuição linear}$$

No traçado em planta, para atender a toda a comunidade dimensionou-se uma rede de distribuição com 10.535,38 metros de extensão e 141 trechos. O diâmetro inicial adotado para todos os ramais foi de 50 mm. Entretanto, essa bitola foi aumentada nos 8 primeiros trechos do conduto principal partindo do reservatório.

Esse aumento de diâmetro dos tubos no trecho 1-8 foi para 75 mm em razão de dois fatores: a perda de carga, nesse ponto inicial, estava superior a 10 m/km, que é o recomendado pela NBR 12219; a pressão dinâmica mínima com toda a rede em 50 mm estava fixada em 7,06 mca. Com a alteração dos diâmetros a pressão dinâmica mínima fixou-se em 10,04 mca.

O fuste adotado para o reservatório elevado, é crucial para delinear as pressões na rede, e no referido projeto, o fuste escolhido foi de 10,00 metros. Acrescendo essa altura à altitude do terreno no ponto de localização do REL, têm-se uma cota piezométrica de montante de 462,01 metros. Essa será a cota piezométrica de partida para os demais pontos da rede de distribuição.

Fazendo os cálculos das pressões em todos os trechos da rede, ajustando as bitolas, obteve-se uma pressão dinâmica mínima de 10,04 mca e pressão estática máxima de

37,68 *mca*, atendendo aos limites requeridos pela NBR 12218. Os cálculos de dimensionamento da rede em todos os ramais, estão dispostos em anexo. O resumo da tubulação dimensionada está disposto na Tabela 15.

Tabela 15 - Resumo de dimensionamento da rede de distribuição

<i>Diâmetro (mm)</i>	<i>Extensão (m)</i>	<i>Material</i>	<i>Classe</i>	<i>Pressão dinâmica mín (mca)</i>	<i>Pressão estática máx (mca)</i>
50	9.969,66	PVC PBA	12	10,64	37,68
75	565,72	PVC PBA	12	10,04	24,15
Extensão total da rede: 10.535,38 metros					

Fonte: o Autor, 2023

A perda de carga máxima considerando todos os trechos, correspondendo aos nós 8, 42 e 43.

Em razão do traçado serão necessárias algumas singularidades nos ramais de rede, como curvas, tê, reduções, CAPs etc. Nas Tabelas 16 e 17, estão relacionadas as conexões alocadas na rede de 50 e 75 mm, respectivamente.

Tabela 16 - Singularidades na rede de 50 mm

<i>Conexão</i>	<i>Quantidade</i>
Tê BBB 90°	15
Curva PB 22°	-
Curva PB 45°	21
Curva PB 90°	8
CAP	19
Cruzeta	1

Fonte: o Autor, 2023

Tabela 17 - Singularidades na rede de 75 mm

<i>Conexão</i>	<i>Quantidade</i>
Tê BBB 90°	1
Curva PB 90°	1
Redução PB	1

Fonte: o Autor, 2023

A quantidade de CAP equivale ao número de pontas secas na rede, evidenciado na planilha de cálculo de rede em anexo com realce em vermelho.

Figura 20 - Croqui do traçado da rede de distribuição



Fonte: o Autor, 2023.

No croqui demonstrativo, Figura 20, o nó “R” representa o início da rede, ponto inicial do fluxo de água para todos os demais trechos.

4.2.6. *Ligações prediais*

Seguindo o Manual de Encargos de Obras de Saneamento (CAGECE, 2004) as ligações prediais foram dimensionadas para conter uma tomada de água, um ramal predial e um cavalete, no Padrão PP – 002/03/05 (20 mm PEAD com Kit cavalete 3/4”) da Companhia de Água e Esgoto do Ceará. O detalhamento padrão para as 107 ligações prediais do projeto está em anexo, com as conexões pertinentes a execução do projeto.

5 CONCLUSÃO

O projeto para a comunidade rural São João do Trici em Tauá-CE, preconiza que o SAA projetado tenha menor custo com relação aos sistemas convencionais, ao mesmo tempo que atenda aos requisitos da ABNT para projetos de abastecimento de água.

As vazões para o sistema, foram calculadas com base nos coeficientes disponíveis na literatura, a projeção populacional da comunidade com crescimento de 2% ao ano e um consumo per capita de 100 litros por habitante por dia, acredita-se que está em acordo com a realidade da referida comunidade.

A captação do sistema analisou a vazão disponível em dois poços tubulares existentes na comunidade, verificando a viabilidade de utilização destes frente a necessidade calculada para atender os consumidores da localidade. Através dos testes de bombeamento dos dois poços, os resultados foram satisfatórios, visto que os dois poços em conjunto possuem capacidade de suprir a demanda de água do sistema.

O reservatório elevado dimensionado, levou em consideração 1/3 da vazão do dia de maior consumo para o volume de reservação. O fuste, adotado de 10 metros, foi pensado para suprir a demanda de pressão dinâmica mínima (10 mca) da rede de distribuição.

Na rede, por sua vez, as pressões obtidas a partir do cálculo de dimensionamento também apresentaram resultados adequados ao procedimento da NBR 12218/2017, estando dentro do intervalo de pressão mínima e máxima requerida pela referida norma.

No que concerne a universalização do acesso à água potável, o arranjo de projeto apresentado neste trabalho, com captação subterrânea e tratamento com simples desinfecção, pode também ser objeto de estudo para demais comunidades rurais de mesmo porte e realidade, tornando possível a instalação e operação de cada vez mais sistemas de abastecimento de água, beneficiando famílias do sertão de todo o Brasil.

RECOMENDAÇÕES TRABALHOS FUTUROS

Sendo assim, com o intuito de aprimorar cada vez mais os estudos no campo do saneamento e abastecimento de água rural, sugere-se como trabalhos futuros:

- Analisar a viabilidade ambiental de implantação do presente sistema, com estudo da qualidade da água dos mananciais e atestar de fato que a simples desinfecção seria suficiente para potabilidade da água subterrânea.
- Projeto complementar elétrico com análise de custos energéticos para operação do SAA na comunidade de São João do Trici.

- Análise de viabilidade econômica do projeto hidráulico, com orçamento de todas as unidades constituintes, adotando uma tabela de custos certificada como o SINAPI/SEINFRA.

REFERÊNCIAS

Alto Jaguaribe, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, 2019. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/alto-jaguaribe/>. Acesso em: 04 de junho de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12211: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água** — Procedimento. Rio de Janeiro. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12212: Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea** — Procedimento. Rio de Janeiro. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12214: Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de água - Requisitos**. Rio de Janeiro. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12215-1: Projeto de adutora de água Parte 1: Conduto forçado**. Rio de Janeiro. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público** — Procedimento. Rio de Janeiro. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12217: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público** — Procedimento. Rio de Janeiro. 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público** — Procedimento. Rio de Janeiro. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5647-1 Sistemas para adução e distribuição de água – Tubos e conexões de PVC 6,3 com junta elástica e com diâmetros nominais até DN 100 Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro. 2004.

AZEVEDO NETTO, J. M., et al. **Manual de Hidráulica**. 8ª edição. Editora Edgard Blücher. São Paulo, 1998

BOMBAS LEÃO. **Tabela de seleção de bombas e motobombas**. 2018. Disponível em: [Produtos | Bombas Leão | Franklin Electric \(leao.com.br\)](https://www.leao.com.br/Produtos/Bombas-Leão/Franklin-Electric). Acesso em: 16 de maio de 2023.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005** Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2023.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa / Fundação Nacional de Saúde**. – Brasília: Funasa, 2014. 36 p.

CAETANO, GLAUBER M. **Projeto de tratamento de água de abastecimento para uma cidade de 50.000 habitantes**, 2016. 80 f.

CEARÁ, 2021. Companhia de Água e Esgoto. **Plano de Gestão de Estratégia e de Negócio 2021 – 2025** – Fortaleza: CAGECE, 2021. 52 p.

COSTA, F. O. **Projetos estruturais de reservatórios paralelepípedicos de concreto armado moldados *in loco***. 1997. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

CORRÊA, F. M. **Saneamento Básico**. Notas de aula, 2014.

DE ABREU CLAUDINO, CINTHIA MARIA et al. **Sistema de adutoras: uma abordagem quanto a classificação e os aspectos de projeto**.

Fundação Nacional de Saúde. **Manual de orientações técnicas para elaboração e apresentação de propostas e projetos para sistemas de abastecimento de água**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, FUNASA. 2017.

Fundação Nacional de Saúde. **Manual de cloração de água em pequenas comunidades utilizando clorador simplificado desenvolvido pela funasa**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, FUNASA. 2014.

Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, FUNASA. 2019.

FURUSAWA, Rubens Tadashi. **CONTRIBUIÇÃO AO DIMENSIONAMENTO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POR CRITÉRIO DE CUSTO GLOBAL**. 2011. 225 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **Perfil Municipal 2017 Tauá**. Fortaleza: IPECE, 2018

KNAPIK, H. G. **Sistema de Captação Subterrânea, Adução e Estações Elevatórias**. Trabalho apresentado na disciplina de saneamento ambiental I- Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Paraná, 2010

LIMA, Gustavo Meirelles et al. **Dimensionamento de redes de distribuição de água por meio de análise multicriterial**. Rev. DAE, v. 68, p. 118-130, 2020.

Mays, L. A. (2000). **“Water distribution Systems Handbook”**. McGraw-Hill

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria N° 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Disponível em: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/sau/legis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 03 de junho de 2023.

NATAL, L.; NASCIMENTO, R. **Águas subterrâneas: conceitos e controvérsias**. Boletim mídia ambiente. São Paulo, ano II, n. 6, out/Nov. 2004. Disponível em: <http://www.midiaambiente.org.br/UserFiles/File/Boletins/Boletim.2004.out.nov.pdf>. Acesso em: 02 de junho de 2023.

PALUDO, D. **Qualidade da água nos poços artesanais do município de Santa Clara do Sul**. Monografia. 77f. Centro Universitário Univates. Lajeado, dez. 2010.

PÁDUA, Válder Lúcio. **Remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**/Valter Lúcio de Pádua (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2009 392p.: il. Projeto PROSAB.

RESENDE, S. C.; HELLER L. **O saneamento no Brasil: políticas e interfaces**. Belo Horizonte: UFMG - Escola de Engenharia, 2002. 310 p.

PEREIRA, Leandro Luiz da Silva. **Análise de motobombas submersas com diferentes acionamentos elétricos a partir da Roda de Falhas** – 2016. 174 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Natal, RN, 2016.

PHILLIPPI, Jr. A. **Saneamento, Saúde e Ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Barueri, 2005.

PORTO, R.M. **Hidráulica Básica**. São Carlos: EESC/USP, 1998. 540 p.

SANTOS, A.; REIS, A.; MENDIONDO, E. **Segurança hídrica no Brasil: Situação atual, principais desafios e perspectivas futuras**. Rev. DAE, v. 68, p. 167-179, 2020.

SAMAE: Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto. Apostila: **Operador de Estação de Bombeamento**, Caxias do Sul - RS, s/d. 38p.

SCHNEIDER MOTOBOMBAS, 2018. Disponível em: [Produtos | Schneider Motobombas | Franklin Electric](#). Acesso em: 16 de maio de 2023.

SILVA, Vitória Batista Santos et al. **Universalização do Saneamento Básico: os desafios regulatórios no Brasil**. Revista Brasileira de Políticas Públicas e Internacionais–RPPI, v. 5, p. 180-203, 2020.

SILVESTRE, P. **Hidráulica Geral**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 316 p., 1979.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água** – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

APÊNDICE A – Memória de Cálculo das Unidades do Sistema

MEMÓRIA DE CÁLCULO

1 CÁLCULO DA ADUTORA DE ÁGUA BRUTA I

1.1 PROJEÇÃO POPULACIONAL E CÁLCULO DE VAZÕES

DADOS PARA DIMENSIONAMENTO:

Parâmetro	Valor
Alcance do Projeto	20 anos
Taxa de crescimento	2,00% a.a
Número de unidades habitacionais	107 und
Taxa de ocupação	4 hab/und
Consumo per capita	100,00 L/hab/dia
Coefficiente do dia de maior consumo (K1)	1,2
Coefficiente da hora de maior consumo (K2)	1,5

POPULAÇÃO DE PROJETO:

$P' = N^{\circ} \text{unid. Hab.} * \text{Tx. ocupação}$	428 hab
$P = P' * \text{Tx. Crescimento}$	636 hab

VAZÃO MÉDIA DE CONSUMO:

$Q_m = (P * \text{consumo per capita}) / 86400$	0,74 L/s	ou	2,65 m ³ /h
---	----------	----	------------------------

VAZÃO DO DIA DE MAIOR CONSUMO:

$Q_{md} = Q_m * K1$	0,88 L/s	ou	3,18 m ³ /h
---------------------	----------	----	------------------------

VAZÃO DA HORA DE MAIOR CONSUMO:

$Q_{mh} = Q_{md} * K2$	1,33 L/s	ou	4,77 m ³ /h
------------------------	----------	----	------------------------

1.2 DIMENSIONAMENTO AAB I

DADOS PARA DIMENSIONAMENTO:

Tempo de funcionamento da bomba (t)	16 h
Comprimento Tubulação em PVC (L')	1.138,43 m
Coefficiente do tipo de material (C)	140
Nível Dinâmico do Poço	43,90 m
Cota do poço de captação I	426,10 m
Cota do nível máximo de recalque	446,30 m
Altura do RAP	1,50 m
Constante em função do material PVC (K)	18
Aceleração da gravidade (g)	9,81 m/s ²

VAZÃO DE ADUÇÃO:

$Q_{a'} = (Q_{md} * 24) / t$ (NECESSÁRIA)	1,33 L/s	ou	4,77 m ³ /h
Vazão de Adução adotada para a AAB I	1,00 L/s	ou	3,60 m ³ /h

DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO:

$D = 1,2 * \sqrt{Q_{a'}}$ (Fórmula de Bresse)	0,038 m	ou	37,95
--	---------	----	-------

Diâmetro adotado: 0,050 m ou 50 mm

ÁREA DA TUBULAÇÃO:

$A = D^2 / 4$	0,002 m ²
---------------	----------------------

VELOCIDADE NA TUBULAÇÃO:

$V = Q_a / A$	0,510 m/s
---------------	-----------

CÁLCULO DA SOBREPRESSÃO:**PERDA DE CARGA UNITÁRIA**

$$J = 10,643 \times Qa^{1,85} \times C^{-1,85} \times D^{-4,87} \quad 0,0070 \text{ m/m} \quad \text{ou} \quad 7,93 \text{ m}$$

PERDA DE CARGA LOCALIZADA

$$Hl = \sum k \times (v^2/2g) \quad 0,0516 \text{ m}$$

BARRILETES BOMBA SUBMERSA

	k
Luva	0,4
Curva 90°	0,4
Válvula de retenção	2,5
Registro de gaveta	0,2
Níple	0,4
$\sum k$ - Comprimento equivalente	3,9

PERDA DE CARGA TOTAL:

$$Hf = (J * (L'+L'')) + Hl \quad 7,98 \text{ m}$$

DESNÍVEL GEOMÉTRICO:

$$Hg = Nmr - Nmc + Nd \quad 20,20 \text{ m}$$

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL:

$$Hmt = Hg + Hf \quad 28,18 \text{ m.c.a}$$

CELERIDADE (Golpe de Ariete):

$$a = 9.900 / [48,3 + K (D/E)]^{0,50} \quad 506,77 \text{ m/s}$$

Espessura tubos PVC (mm)			
D	Classes		
	12	15	20
50	2,70	3,00	4,30
75	3,90	5,00	6,10
100	5,00	6,10	7,80

Especificações NBR 5647

GOLPE DE SOBREPRESSÃO MÁXIMA NA EXTREMIDADE DA LINHA**SOBREPRESSÃO NO TUBO:**

$$Ha = a \times v / g \quad 26,32 \text{ m.c.a}$$

GOLPE DE SOBREPRESSÃO MÁXIMA INSTALADA

$$P = Ha + Hg \quad 46,52 \text{ m.c.a}$$

Classe	Pressão de Serviço (mca)
12	60
15	75
20	100

Classe adotada para a tubulação da adutora:

12

1.3 *CÁLCULO DA BOMBA DE CAPTAÇÃO I***DADOS PARA DIMENSIONAMENTO:**

Rendimento do motor (η)	40,80%
Vazão de adução (Q_a)	1,00 L/s
Altura manométrica total (Hmt)	78,08 m.c.a
Fator de correção da potência do motor (f)	30%
Altura do Crivo (m)	48 m
Diâmetro do poço (")	6"
Modelo sugerido:	4R3PA/IA-19 230

NPSH disponível	2,94 m.c.a
H_{g,s} (altura estática de sucção):	1,00 m.c.a
H_f (perda de carga total)	7,98 m.c.a
Patm/y (tabela 7.1)	9,59 m.c.a
Pvapor/y (tabela 7.2)	0,32 m.c.a

Potência do motor	Fator de Correção(f)
< ou = 2 HP	50%
2 a 5 HP	30%
5 a 10 HP	20%
10 a 20 HP	15%
> de 20 HP	10%

Tabela: Autor Azevedo Netto

POTÊNCIA DA BOMBA:

$P' = Q_a \times H_{mt} / 75 \times \eta$	2,55 CV
$P = P' \times f$	3,32 CV

Tipo de Bomba:	SUBMERSA
Potência adotada:	2,50 CV
Voltagem	220 V

2.0 *CÁLCULOS DA ADUTORA DE ÁGUA BRUTA II*2.1 *DIMENSIONAMENTO AAB II***DADOS PARA DIMENSIONAMENTO:**

Tempo de funcionamento da bomba (t)	16 h
Comprimento Tubulação em PVC (L')	1.600,86 m
Coefficiente do tipo de material (C)	140 h
Nível Dinâmico do Poço	12,57 m
Cota do poço de captação II	426,15 m
Nível Máximo de Recalque	444,16 m
Altura da Câmara de Carga	1,50 m
Constante em função do material PVC (K)	18,00 m
Aceleração da gravidade (g)	9,81 m/s ²

VAZÃO DE ADUÇÃO:

$Q_a' = (Q_{md} * 24) / t$ (NECESSÁRIA)	1,33 L/s ou	4,77 m ³ /h
Vazão de Adução adotada para a AAB II	0,31 L/s ou	1,10 m ³ /h

DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO:

$D = 1,2 \times \sqrt{Q_a}$ (Fórmula de Bresse)	0,02 L/s ou	20,98 mm
Diâmetro adotado:	0,050 m ou	50 mm

ÁREA DA TUBULAÇÃO:

$$A = D^2 / 4 \quad 0,002 \text{ m}^2$$

VELOCIDADE NA TUBULAÇÃO:

$$V = Q_a / A \quad 0,156 \text{ m/s}$$

CÁLCULO DA SOBREPRESSÃO:**PERDA DE CARGA UNITÁRIA**

$$J = 10,643 \times Q_a^{1,85} \times C^{-1,85} \times D^{-4,87} \quad 0,0008 \text{ m/m}$$

PERDA DE CARGA LOCALIZADA

$$H_l = \sum k \times (v^2 / 2g) \quad 0,0048 \text{ m}$$

BARRILETES BOMBA SUBMERSA

	k
Luva	0,4
Curva 90°	0,4
Válvula de retenção	2,5
Registro de gaveta	0,2
Niple	0,4
$\sum k$ - Comprimento equivalente	3,9

PERDA DE CARGA TOTAL:

$$H_f = (J * (L + L'')) + H_l \quad 1,25 \text{ m}$$

DESNÍVEL GEOMÉTRICO:

$$H_g = N_{mr} - N_{mc} + N_d \quad 19,51 \text{ m}$$

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL:

$$H_{mt} = H_g + H_f \quad 20,75 \text{ m.c.a}$$

CELERIDADE (Golpe de Ariete):

$$a = 9.900 / [48,3 + K (D / E)]^{0,50} \quad 506,77 \text{ m/s}$$

Espessura tubos PVC (mm)			
D	Classes		
	12	15	20
50	2,70	3,00	4,30
75	3,90	5,00	6,10
100	5,00	6,10	7,80

Especificações **NBR 5647****GOLPE DE SOBRE PRESSÃO MÁXIMA NA EXTREMIDADE DA LINHA****SOBRE PRESSÃO NO TUBO:**

$$H_a = a \times v / g \quad 8,04 \text{ m.c.a}$$

GOLPE DE SOBRE PRESSÃO MÁXIMA INSTALADA

$$P = H_a + H_g \quad 27,55 \text{ m.c.a}$$

Classe	Pressão de Serviço (mca)
12	60
15	75
20	100

Classe adotada para a tubulação da adutora: **12**

2.2 CÁLCULO DA BOMBA DE CAPTAÇÃO II

DADOS PARA DIMENSIONAMENTO:

Rendimento do motor (η)	30,80%
Vazão de adução (Q_a)	0,306 L/s
Altura manométrica total (Hmt)	39,32 m.c.a
Fator de correção da potência do motor (f)	50%
Modelo sugerido:	4R3IB-05 230

Potência do Motor	Fator de Correção(f)
< ou = 2 HP	50%
2 a 5 HP	30%
5 a 10 HP	20%
10 a 20 HP	15%
> de 20 HP	10%

Tabela: Autor Azevedo Neto

POTÊNCIA DA BOMBA:

$P' = Q_a \times Hmt / 75 \times \eta$	0,52 CV
$P = P' \times f$	0,78 CV

Tipo de Bomba: **SUBMERSA**
 Potência adotada: **0,50 CV**
 Voltagem **220 V**

3.0 CÁLCULO DA ADUTORA DE ÁGUA BRUTA III

3.1 DIMENSIONAMENTO AAB III

DADOS PARA DIMENSIONAMENTO:

Tempo de funcionamento da bomba (t)	16 h
Comprimento Tubulação em PVC (L')	1.250,76 m
Coefficiente do tipo de material (C)	140
Nível mínimo Estação Elevatória	431,38 m
Nível máximo Reservatório Elevado	452,01 m
Altura do reservatório elevado	13,96 m
Constante em função do material PVC (K)	18
Aceleração da gravidade (g)	9,81 m/s ²

VAZÃO DE ADUÇÃO:

Qa' = (Qmd * 24) / t (NECESSÁRIA)	1,33 L/s	ou	4,77 m ³ /h
Vazão de Adução adotada para a AAB III	1,33 L/s	ou	4,77 m ³ /h

DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO:

D = 1,2 x √Qa	0,044 m	ou	43,68 mm
(Fórmula de Bresse)			
Diâmetro adotado:	0,050 m	ou	50,00 mm

ÁREA DA TUBULAÇÃO:

A = D ² / 4	0,002 m ²
------------------------	----------------------

VELOCIDADE NA TUBULAÇÃO:

V = Qa / A	0,675 m/s
------------	-----------

CÁLCULO DA SOBREPRESSÃO:

PERDA DE CARGA UNITÁRIA

J = 10,643 x Qa ^{1,85} x C ^{-1,85} x D ^{-4,87}	0,0117 m/m	ou	14,66 m
---	------------	----	---------

PERDA DE CARGA LOCALIZADA

HI = ∑k x (v ² /2g)	0,1661 m
--------------------------------	----------

BARRILETE DA BOMBA CENTRÍFUGA

SUCÇÃO	k
Válvul de pé com crivo	1,75
Curvas de 90°	0,4
Registro de gaveta	0,2
Comprimento L' da tubulação de sucção	2,3
∑ k - Comprimento equivalente	2,35

PERDA DISTRIBUÍDA NA SUCÇÃO: 0,0270 m

PERDA LOCALIZADA NA SUCÇÃO: 0,0546 m

RECALQUE	k
Válvula de retenção	2,5
Válvula de gaveta (registro)	0,2
Curvas(2) de 90°	0,8
Tê 90°	1,3
∑ k - Comprimento equivalente	4,8

PERDA DE CARGA TOTAL:

$$H_f = (J * (L'+L'')) + H_i \quad 14,82 \text{ m}$$

DESNÍVEL GEOMÉTRICO:

$$H_g = N_{mr} - N_{mc} + N_d \quad 34,59 \text{ m}$$

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL:

$$H_{mt} = H_g + H_f \quad 49,41 \text{ m.c.a}$$

CELERIDADE (Golpe de Ariete):

$$a = 9.900 / [48,3 + K (D / E)]^{0,50} \quad 616,82 \text{ m/s}$$

Espessura tubos PVC (mm)			
D	Classes		
	12	15	20
50	2,70	3,00	4,30
75	3,90	5,00	6,10
100	5,00	6,10	7,80

Especificações **NBR 5647****GOLPE DE SOBRE PRESSÃO MÁXIMA NA EXTREMIDADE DA LINHA
SOBRE PRESSÃO NO TUBO:**

$$H_a = a \times v / g \quad 42,45 \text{ m.c.a}$$

GOLPE DE SOBRE PRESSÃO MÁXIMA INSTALADA

$$P = H_a + H_g \quad 77,04 \text{ m.c.a}$$

Classe	Pressão de Serviço (mca)
12	60
15	75
20	100

Classe adotada para a tubulação da adutora: **20**3.2 **CÁLCULO DA BOMBA ELEVATÓRIA****DADOS PARA DIMENSIONAMENTO:**

Rendimento do motor (η)	34,00%
Vazão de adução (Q_a)	1,33 L/s
Altura manométrica total (H_{mt})	49,41 m.c.a
Fator de correção da potência do motor (f)	30%

Potência do motor	Fator de Correção(f)
< ou = 2 HP	50%
2 a 5 HP	30%
5 a 10 HP	20%
10 a 20 HP	15%
> de 20 HP	10%

Tabela: Autor Azevedo Netto

NPSH disponível	10,61 m.c.a
H_{g,s} (altura estática de sucção):	0,30 m.c.a
H_s (perda de carga na sucção):	0,08 m.c.a
Patm/y (tabela 7.1)	9,96 m.c.a
Pvapor/y (tabela 7.2)	0,43 m.c.a
NPSH requerido - fabricante	3,00 m.c.a

POTÊNCIA DA BOMBA:

$$P' = Q_a \times H_{mt} / 75 \times \eta \quad 2,57 \text{ CV}$$

$$P = P' \times f \quad 3,34 \text{ CV}$$

Tipo de Bomba: CENTRÍFUGA
Potência adotada: 3,00 CV
Voltagem 220 V

4 CÁLCULO DO RESERVATÓRIO ELEVADO**DADOS PARA DIMENSIONAMENTO:**

População de projeto (P)	636 hab
Consumo per capita	100,00 L/hab/dia
Coefficiente do dia de maior consumo (K1)	1,2

VOLUME MÁXIMO DIÁRIO

$$V_d = P \times 100 \times 1,2 \quad 76320 \text{ L} \quad \text{ou} \quad 76,32 \text{ m}^3$$

VOLUME NECESSÁRIO

$$V_r = 1/3 V_d \quad 25,44 \text{ m}^3$$

Volume Adotado	28,00 m³
Fuste Adotado	10,00 m
Altura Útil	3,96 m
Altura Total	13,96 m
Formato	Cilíndrico
Diâmetro do Anel	3,00 m
Anéis Fundação	3 und
Anéis Fuste	20 und
Anéis Cuba	8 und

APÊNDICE B: Cálculo de rede de distribuição

CÁLCULO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO																			
PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO																			
Trecho	Nó		Extensão (m)	Vazão (l/s)				Diâmetro mm ou DN	Velocidade m/s	Perda de Carga Unitária (J) m/km	Perda de Carga no Trecho (Hf)	Cota do Terreno		Cota Piezométrica a Montante	Cota Piezométrica a Jusante	Pressão Dinâmica		Pressão Estática	
				Jusante	Em Marcha	Montante	Fictícia					Montante	Jusante			Montante	Jusante	Montante	Jusante
1	R	1	3,30	1,3246	0,0004	1,3250	1,3248	75	0,00030	1,6261	0,0054	452	451,98	462,01	462,01	10,00	10,03	10,00	10,04
2	1	2	55,15	1,3176	0,0069	1,3246	1,3211	75	0,00030	1,6178	0,0892	451,98	451,36	462,01	461,92	10,03	10,56	10,04	10,65
3	2	3	71,37	1,3087	0,0090	1,3176	1,3132	75	0,00030	1,5998	0,1142	451,36	450,63	461,92	461,81	10,56	11,18	10,65	11,38
4	3	4	77,08	1,2990	0,0097	1,3087	1,3038	75	0,00030	1,5788	0,1217	450,63	448,92	461,81	461,68	11,18	12,77	11,38	13,10
5	4	5	84,87	1,2883	0,0107	1,2990	1,2936	75	0,00029	1,5561	0,1321	448,92	446,93	461,68	461,55	12,77	14,63	13,10	15,09
6	5	6	103,78	1,2753	0,0131	1,2883	1,2818	75	0,00029	1,5298	0,1588	446,93	442,58	461,55	461,39	14,63	18,81	15,09	19,43
7	6	7	104,91	1,2621	0,0132	1,2753	1,2687	75	0,00029	1,5009	0,1575	442,58	437,86	461,39	461,24	18,81	23,37	19,43	24,15
8	7	8	65,26	1,2539	0,0082	1,2621	1,2580	75	0,00028	1,4776	0,0964	437,86	436,17	461,24	461,14	23,37	24,97	24,15	25,84
9	8	9	20,78	0,2711	0,0026	0,2737	0,2724	50	0,00014	0,6281	0,0131	436,17	434,55	461,14	461,13	24,97	26,58	25,84	27,46
10	9	10	98,59	0,2587	0,0124	0,2711	0,2649	50	0,00013	0,5964	0,0588	434,55	438,95	461,13	461,07	26,58	22,12	27,46	23,07
11	10	11	96,83	0,2027	0,0122	0,2149	0,2088	50	0,00011	0,3840	0,0372	438,95	443,42	461,07	461,03	22,12	17,61	23,07	18,59
12	11	12	110,51	0,1888	0,0139	0,2027	0,1958	50	0,00010	0,3408	0,0377	443,42	448,04	461,03	460,99	17,61	12,96	18,59	13,98
13	12	13	94,25	0,1770	0,0119	0,1888	0,1829	50	0,00009	0,3005	0,0283	448,04	449,81	460,99	460,96	12,96	11,15	13,98	12,20
14	13	14	87,79	0,1659	0,0110	0,1770	0,1715	50	0,00009	0,2667	0,0234	449,81	450,30	460,96	460,94	11,15	10,64	12,20	11,72
15	14	15	50,83	0,1596	0,0064	0,1659	0,1627	50	0,00008	0,2421	0,0123	450,30	448,67	460,94	460,93	10,64	12,26	11,72	13,34
16	15	16	101,23	0,1468	0,0127	0,1596	0,1532	50	0,00008	0,2165	0,0219	448,67	445,83	460,93	460,91	12,26	15,08	13,34	16,19
17	16	17	94,80	0,1349	0,0119	0,1468	0,1409	50	0,00007	0,1853	0,0176	445,83	442,67	460,91	460,89	15,08	18,22	16,19	19,34
18	17	18	31,86	0,1309	0,0040	0,1349	0,1329	50	0,00007	0,1664	0,0053	442,67	441,57	460,89	460,88	18,22	19,31	19,34	20,44
19	18	19	53,05	0,1242	0,0067	0,1309	0,1276	50	0,00006	0,1543	0,0082	441,57	440,24	460,88	460,88	19,31	20,63	20,44	21,77
20	19	20	82,57	0,1138	0,0104	0,1242	0,1190	50	0,00006	0,1357	0,0112	440,24	439,33	460,88	460,86	20,63	21,53	21,77	22,68
21	20	21	93,50	0,1021	0,0118	0,1138	0,1080	50	0,00006	0,1133	0,0106	439,33	439,64	460,86	460,85	21,53	21,21	22,68	22,37
22	21	22	33,10	0,0979	0,0042	0,1021	0,1000	50	0,00005	0,0983	0,0033	439,64	440,86	460,85	460,85	21,21	19,99	22,37	21,15
23	22	23	76,72	0,0883	0,0096	0,0979	0,0931	50	0,00005	0,0861	0,0066	440,86	441,16	460,85	460,84	19,99	19,69	21,15	20,86
24	23	24	78,38	0,0784	0,0099	0,0883	0,0833	50	0,00004	0,0702	0,0055	441,16	439,64	460,84	460,84	19,69	21,20	20,86	22,37
25	24	25	72,84	0,0692	0,0092	0,0784	0,0738	50	0,00004	0,0561	0,0041	439,64	438,81	460,84	460,83	21,20	22,02	22,37	23,20
26	25	26	48,37	0,0632	0,0061	0,0692	0,0662	50	0,00003	0,0459	0,0022	438,81	438,61	460,83	460,83	22,02	22,22	23,20	23,41
27	26	27	70,15	0,0543	0,0088	0,0632	0,0587	50	0,00003	0,0368	0,0026	438,61	438,37	460,83	460,83	22,22	22,46	23,41	23,64
28	27	28	46,57	0,0000	0,0059	0,0059	0,0029	50	0,00000	0,0001	0,0000	438,37	437,23	460,83	460,83	22,46	23,60	23,64	24,79
29	27	29	36,55	0,0439	0,0046	0,0485	0,0462	50	0,00002	0,0236	0,0009	438,37	437,41	460,83	460,83	22,46	23,42	23,64	24,61
30	29	30	49,16	0,0377	0,0062	0,0439	0,0408	50	0,00002	0,0187	0,0009	437,41	436,53	460,83	460,83	23,42	24,30	24,61	25,49
31	30	31	35,71	0,0332	0,0045	0,0377	0,0355	50	0,00002	0,0144	0,0005	436,53	434,54	460,83	460,83	24,30	26,28	25,49	27,47
32	31	32	37,34	0,0285	0,0047	0,0332	0,0309	50	0,00002	0,0112	0,0004	434,54	432,47	460,83	460,83	26,28	28,35	27,47	29,54
33	32	33	67,82	0,0000	0,0085	0,0085	0,0043	50	0,00000	0,0003	0,0000	432,47	430,19	460,83	460,83	28,35	30,63	29,54	31,82
34	32	34	50,81	0,0136	0,0064	0,0200	0,0168	50	0,00001	0,0036	0,0002	432,47	429,70	460,83	460,83	28,35	31,12	29,54	32,31
35	34	35	53,41	0,0069	0,0067	0,0136	0,0102	50	0,00001	0,0015	0,0001	429,70	427,55	460,83	460,83	31,12	33,28	32,31	34,47
36	35	36	54,68	0,0000	0,0069	0,0069	0,0034	50	0,00000	0,0002	0,0000	427,55	428,37	460,83	460,83	33,28	32,46	34,47	33,65
37	10	37	58,78	0,0364	0,0074	0,0438	0,0401	50	0,00002	0,0182	0,0011	438,95	440,57	461,07	461,07	22,12	20,49	23,07	21,44
38	37	38	49,41	0,0302	0,0062	0,0364	0,0333	50	0,00002	0,0129	0,0006	440,57	441,45	461,07	461,07	20,49	19,61	21,44	20,56
39	38	39	32,27	0,0262	0,0041	0,0302	0,0282	50	0,00001	0,0094	0,0003	441,45	441,30	461,07	461,06	19,61	19,76	20,56	20,71
40	39	40	90,63	0,0148	0,0114	0,0262	0,0205	50	0,00001	0,0052	0,0005	441,30	439,00	461,06	461,06	19,76	22,07	20,71	23,02
41	40	41	117,34	0,0000	0,0148	0,0148	0,0074	50	0,00000	0,0008	0,0001	439,00	436,49	461,06	461,06	22,07	24,58	23,02	25,53
42	8	42	32,13	0,9761	0,0040	0,9801	0,9781	50	0,00050	6,6825	0,2147	436,17	438,27	461,14	460,92	24,97	22,65	25,84	23,74
43	42	43	127,48	0,9600	0,0160	0,9761	0,9680	50	0,00049	6,5562	0,8358	438,27	441,86	460,92	460,92	22,65	18,23	23,74	20,16
44	43	44	196,47	0,9353	0,0247	0,9600	0,9477	50	0,00048	6,3032	1,2384	441,86	446,17	460,92	458,85	18,23	12,68	20,16	15,85
45	44	45	309,57	0,8964	0,0389	0,9353	0,9159	50	0,00047	5,9173	1,8318	446,17	431,63	458,85	457,02	12,68	25,39	15,85	30,39
46	45	46	22,78	0,2207	0,0029	0,2236	0,2222	50	0,00011	0,4306	0,0098	431,63	432,35	457,02	457,01	25,39	24,66	30,39	29,66
47	46	47	73,89	0,2114	0,0093	0,2207	0,2161	50	0,00011	0,4091	0,0302	432,35	435,18	457,01	456,98	24,66	21,80	29,66	26,83

CÁLCULO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO

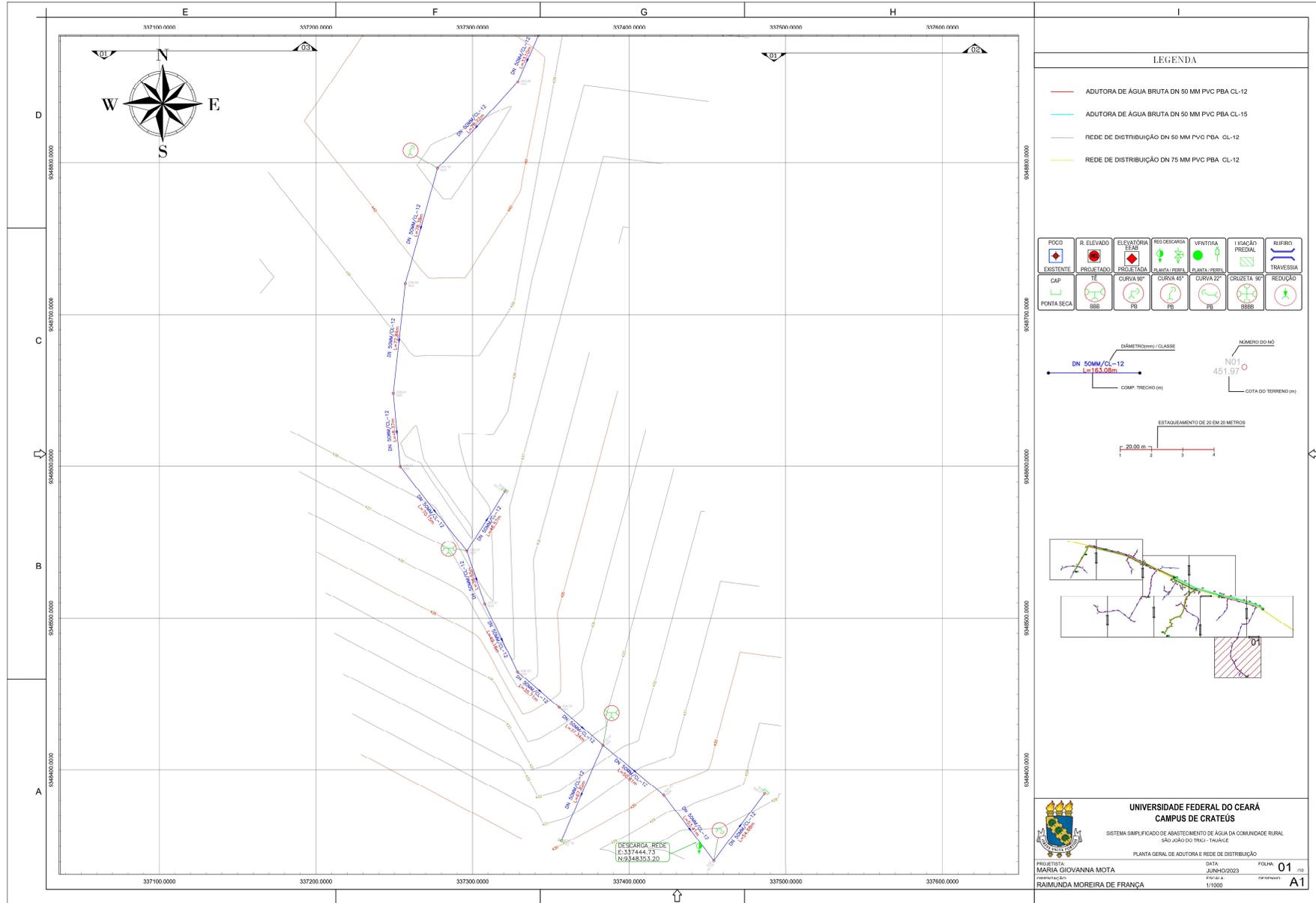
Trecho	Nó		Extensão (m)	Vazão (l/s)				Diâmetro mm ou DN	Velocidade m/s	Perda de Carga Unitária (J) m/km	Perda de Carga no Trecho (Hf)	Cota do Terreno		Cota Piezométrica a Montante	Cota Piezométrica a Jusante	Pressão Dinâmica		Pressão Estática	
				Jusante	Em Marcha	Montante	Fictícia					Montante	Jusante			Montante	Jusante	Montante	Jusante
48	47	48	40,14	0,1500	0,0050	0,1551	0,1525	50	0,00008	0,2148	0,0086	435,18	439,46	456,98	456,97	21,80	17,51	26,83	22,56
49	48	49	104,41	0,1260	0,0131	0,1391	0,1326	50	0,00007	0,1656	0,0173	439,46	446,29	456,97	456,95	17,51	10,66	22,56	15,72
50	49	50	54,58	0,1191	0,0069	0,1260	0,1226	50	0,00006	0,1433	0,0078	446,29	445,78	456,95	456,94	10,66	11,16	15,72	16,23
51	50	51	81,74	0,0053	0,0103	0,0156	0,0105	50	0,00001	0,0015	0,0001	445,78	445,55	456,94	456,94	11,16	11,40	16,23	16,47
52	51	52	42,32	0,0000	0,0053	0,0053	0,0027	50	0,00000	0,0001	0,0000	445,55	445,10	456,94	456,94	11,40	11,84	16,47	16,91
53	50	53	24,86	0,1004	0,0031	0,1035	0,1020	50	0,00005	0,1019	0,0025	445,78	445,65	456,94	456,94	11,16	11,30	16,23	16,37
54	53	54	45,09	0,0947	0,0057	0,1004	0,0976	50	0,00005	0,0940	0,0042	445,65	445,50	456,94	456,94	11,30	11,43	16,37	16,51
55	54	55	53,87	0,0880	0,0068	0,0947	0,0913	50	0,00005	0,0832	0,0045	445,50	445,07	456,94	456,93	11,43	11,86	16,51	16,94
56	55	56	34,00	0,0837	0,0043	0,0880	0,0858	50	0,00004	0,0741	0,0025	445,07	444,89	456,93	456,93	11,86	12,04	16,94	17,12
57	56	57	35,81	0,0792	0,0045	0,0837	0,0814	50	0,00004	0,0672	0,0024	444,89	444,55	456,93	456,93	12,04	12,38	17,12	17,47
58	57	58	61,04	0,0715	0,0077	0,0792	0,0753	50	0,00004	0,0582	0,0036	444,55	441,96	456,93	456,92	12,38	14,97	17,47	20,06
59	58	59	44,27	0,0482	0,0056	0,0538	0,0510	50	0,00003	0,0283	0,0013	441,96	442,81	456,92	456,92	14,97	14,11	20,06	19,20
60	59	63	38,14	0,0434	0,0048	0,0482	0,0458	50	0,00002	0,0232	0,0009	442,81	442,81	456,92	456,92	14,11	14,11	19,20	19,21
61	63	64	147,52	0,0249	0,0186	0,0434	0,0342	50	0,00002	0,0135	0,0020	442,81	437,58	456,92	456,92	14,11	19,35	19,21	24,44
62	64	65	41,24	0,0197	0,0052	0,0249	0,0223	50	0,00001	0,0061	0,0003	437,58	436,63	456,92	456,92	19,35	20,30	24,44	25,39
63	65	66	82,05	0,0094	0,0103	0,0197	0,0145	50	0,00001	0,0028	0,0002	436,63	436,34	456,92	456,92	20,30	20,58	25,39	25,67
64	66	67	74,52	0,0000	0,0094	0,0094	0,0047	50	0,00000	0,0003	0,0000	436,34	434,27	456,92	456,92	20,58	22,65	25,67	27,75
65	58	60	63,26	0,0097	0,0080	0,0177	0,0137	50	0,00001	0,0025	0,0002	441,96	441,69	456,92	456,92	14,97	15,24	20,06	20,33
66	60	61	56,21	0,0027	0,0071	0,0097	0,0062	50	0,00000	0,0006	0,0000	441,69	438,84	456,92	456,92	15,24	18,08	20,33	23,17
67	61	62	21,27	0,0000	0,0027	0,0027	0,0013	50	0,00000	0,0000	0,0000	438,84	437,99	456,92	456,92	18,08	18,93	23,17	24,02
68	47	68	59,92	0,0488	0,0075	0,0564	0,0526	50	0,00003	0,0300	0,0018	435,18	435,89	456,98	456,98	21,80	21,08	26,83	26,12
69	68	69	97,42	0,0366	0,0123	0,0488	0,0427	50	0,00002	0,0204	0,0020	435,89	439,49	456,98	456,97	21,08	17,49	26,12	22,53
70	69	70	39,11	0,0317	0,0049	0,0366	0,0341	50	0,00002	0,0135	0,0005	439,49	437,35	456,97	456,97	17,49	19,62	22,53	24,66
71	70	71	30,34	0,0126	0,0038	0,0164	0,0145	50	0,00001	0,0028	0,0001	437,35	435,46	456,97	456,97	19,62	21,51	24,66	26,55
72	71	72	100,44	0,0000	0,0126	0,0126	0,0063	50	0,00000	0,0006	0,0001	435,46	428,99	456,97	456,97	21,51	27,99	26,55	33,03
73	70	73	63,91	0,0072	0,0080	0,0152	0,0112	50	0,00001	0,0017	0,0001	437,35	434,72	456,97	456,97	19,62	22,25	24,66	27,29
74	73	74	57,17	0,0000	0,0072	0,0072	0,0036	50	0,00000	0,0002	0,0000	434,72	434,22	456,97	456,97	22,25	22,75	27,29	27,79
75	45	75	179,12	0,6503	0,0225	0,6728	0,6615	50	0,00034	3,2416	0,5806	431,63	437,47	457,02	456,44	25,39	18,96	30,39	24,54
76	75	76	194,64	0,6258	0,0245	0,6503	0,6380	50	0,00033	3,0317	0,5901	437,47	438,37	456,44	455,85	18,96	17,48	24,54	23,65
77	76	77	70,00	0,0271	0,0088	0,0359	0,0315	50	0,00002	0,0116	0,0008	438,37	440,89	455,85	455,85	17,48	14,96	23,65	21,13
78	77	78	215,77	0,0000	0,0271	0,0271	0,0136	50	0,00001	0,0024	0,0005	440,89	442,87	455,85	455,85	14,96	12,98	21,13	19,15
79	76	79	88,31	0,5787	0,0111	0,5898	0,5843	50	0,00030	2,5764	0,2275	438,37	434,33	455,85	455,62	17,48	21,29	23,65	27,69
80	79	80	93,73	0,5669	0,0118	0,5787	0,5728	50	0,00029	2,4838	0,2328	434,33	430,59	455,62	455,39	21,29	24,80	27,69	31,42
81	80	81	15,49	0,4518	0,0019	0,4538	0,4528	50	0,00023	1,6077	0,0249	430,59	430,91	455,39	455,36	24,80	24,45	31,42	31,10
82	81	82	62,49	0,1985	0,0079	0,2063	0,2024	50	0,00010	0,3624	0,0226	430,91	431,22	455,36	455,34	24,45	24,12	31,10	30,79
83	82	83	60,88	0,1908	0,0077	0,1985	0,1946	50	0,00010	0,3371	0,0205	431,22	434,99	455,34	455,32	24,12	20,32	30,79	27,02
84	83	84	61,28	0,1831	0,0077	0,1908	0,1870	50	0,00010	0,3129	0,0192	434,99	437,37	455,32	455,30	20,32	17,93	27,02	24,65
85	84	85	75,80	0,1736	0,0095	0,1831	0,1783	50	0,00009	0,2868	0,0217	437,37	433,17	455,30	455,28	17,93	22,11	24,65	28,85
86	85	86	43,87	0,1680	0,0055	0,1736	0,1708	50	0,00009	0,2648	0,0116	433,17	430,26	455,28	455,27	22,11	25,01	28,85	31,75
87	86	87	50,73	0,1617	0,0064	0,1680	0,1649	50	0,00008	0,2480	0,0126	430,26	427,94	455,27	455,25	25,01	27,31	31,75	34,07
88	87	88	32,98	0,1575	0,0041	0,1617	0,1596	50	0,00008	0,2335	0,0077	427,94	427,41	455,25	455,25	27,31	27,84	34,07	34,61
89	88	89	37,72	0,1528	0,0047	0,1575	0,1551	50	0,00008	0,2216	0,0084	427,41	426,85	455,25	455,24	27,84	28,39	34,61	35,17
90	89	90	47,50	0,1468	0,0060	0,1528	0,1498	50	0,00008	0,2077	0,0099	426,85	426,82	455,24	455,23	28,39	28,40	35,17	35,19
91	90	91	57,59	0,1396	0,0072	0,1468	0,1432	50	0,00007	0,1910	0,0110	426,82	425,46	455,23	455,22	28,40	29,76	35,19	36,56
92	91	92	27,23	0,1361	0,0034	0,1396	0,1378	50	0,00007	0,1781	0,0048	425,46	424,33	455,22	455,21	29,76	30,88	36,56	37,68
93	92	93	24,57	0,1330	0,0031	0,1361	0,1346	50	0,00007	0,1704	0,0042	424,33	425,35	455,21	455,21	30,88	29,86	37,68	36,66
94	93	94	51,16	0,1266	0,0064	0,1330	0,1298	50	0,00007	0,1594	0,0082	425,35	427,42	455,21	455,20	29,86	27,78	36,66	34,59
95	94	95	18,46	0,1243	0,0023	0,1266	0,1255	50	0,00006	0,1496	0,0028	427,42	428,31	455,20	455,20	27,78	26,88	34,59	33,70
96	95	96	51,44	0,1178	0,0065	0,1243	0,1211	50	0,00006	0,1400	0,0072	428,31	429,46	455,20	455,19	26,88	25,73	33,70	32,55
97	96	97	119,59	0,1028	0,0150	0,1178	0,1103	50	0,00006	0,1179	0,0141	429,46	431,63	455,19	455,18	25,73	23,54	32,55	30,38
98	97	98	155,34	0,0832	0,0195	0,1028	0,0930	50	0,00005	0,0860	0,0134	431,63	434,04	455,18	455,16	23,54	21,12	30,38	27,97
99	98	99	58,65	0,0042	0,0074	0,0115	0,0079	50	0,00000	0,0009	0,0001	434,04	433,18	455,16	455,16	21,12	21,98	27,97	28,83
100	99	100	33,18	0,0000	0,0042	0,0042	0,0021	50	0,00000	0,0001	0,0000	433,18	433,02	455,16	455,16	21,98	22,14	28,83	28,99

CÁLCULO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO

PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO

Trecho	Nó		Extensão (m)	Vazão (l/s)				Diâmetro mm ou DN	Velocidade m/s	Perda de Carga Unitária (J) m/km	Perda de Carga no Trecho (Hf)	Cota do Terreno		Cota Piezométrica a Montante	Cota Piezométrica a Jusante	Pressão Dinâmica		Pressão Estática				
				Jusante	Em Marcha	Montante	Fictícia					Montante	Jusante			Montante	Jusante	Montante	Jusante			
101	98	101	159,27	0,0517	0,0200	0,0717	0,0617	50	0,00003	0,0402	0,0064	434,04	437,38	455,16	455,16	21,12	17,77	27,97	24,63			
102	101	102	46,42	0,0458	0,0058	0,0517	0,0487	50	0,00002	0,0260	0,0012	437,38	438,39	455,16	455,15	17,77	16,76	24,63	23,62			
103	102	103	84,20	0,0352	0,0106	0,0458	0,0405	50	0,00002	0,0185	0,0016	438,39	439,15	455,15	455,15	16,76	16,01	23,62	22,87			
104	103	104	127,40	0,0192	0,0160	0,0352	0,0272	50	0,00001	0,0089	0,0011	439,15	441,58	455,15	455,15	16,01	13,57	22,87	20,44			
105	104	105	28,75	0,0156	0,0036	0,0192	0,0174	50	0,00001	0,0039	0,0001	441,58	441,24	455,15	455,15	13,57	13,92	20,44	20,78			
106	105	106	56,70	0,0085	0,0071	0,0156	0,0120	50	0,00001	0,0020	0,0001	441,24	440,87	455,15	455,15	13,92	14,29	20,78	21,15			
107	106	107	67,32	0,0000	0,0085	0,0085	0,0042	50	0,00000	0,0003	0,0000	440,87	440,30	455,15	455,15	14,29	14,85	21,15	21,71			
108	80	108	139,46	0,0956	0,0175	0,1132	0,1044	50	0,00005	0,1065	0,0148	430,59	438,71	455,39	455,37	24,80	16,66	31,42	23,30			
109	139	139	39,54	0,0906	0,0050	0,0956	0,0931	50	0,00005	0,0862	0,0034	438,71	439,40	455,37	455,37	16,66	15,97	23,30	22,61			
110	139	140	47,41	0,0092	0,0060	0,0152	0,0122	50	0,00001	0,0020	0,0001	439,40	439,36	455,37	455,37	15,97	16,01	22,61	22,65			
111	140	141	73,52	0,0000	0,0092	0,0092	0,0046	50	0,00000	0,0003	0,0000	439,36	438,95	455,37	455,37	16,01	16,42	22,65	23,06			
112	139	109	46,33	0,0696	0,0058	0,0754	0,0725	50	0,00004	0,0543	0,0025	439,40	437,34	455,37	455,37	15,97	18,02	22,61	24,67			
113	109	110	90,17	0,0583	0,0113	0,0696	0,0639	50	0,00003	0,0430	0,0039	437,34	437,08	455,37	455,36	18,02	18,28	24,67	24,94			
114	110	111	135,42	0,0412	0,0170	0,0583	0,0498	50	0,00003	0,0270	0,0037	437,08	432,67	455,36	455,36	18,28	22,68	24,94	29,34			
115	111	112	185,33	0,0179	0,0233	0,0412	0,0296	50	0,00002	0,0103	0,0019	432,67	431,50	455,36	455,36	22,68	23,86	29,34	30,52			
116	112	113	142,57	0,0000	0,0179	0,0179	0,0090	50	0,00000	0,0011	0,0002	431,50	439,56	455,36	455,36	23,86	15,80	30,52	22,46			
117	81	114	51,72	0,2390	0,0065	0,2455	0,2423	50	0,00012	0,5055	0,0261	430,91	432,68	455,36	455,34	24,45	22,66	31,10	29,33			
118	114	115	46,39	0,2332	0,0058	0,2390	0,2361	50	0,00012	0,4819	0,0224	432,68	434,87	455,34	455,31	22,66	20,44	29,33	27,14			
119	115	116	51,73	0,2267	0,0065	0,2332	0,2299	50	0,00012	0,4589	0,0237	434,87	437,74	455,31	455,29	20,44	17,55	27,14	24,27			
120	116	117	52,20	0,2201	0,0066	0,2267	0,2234	50	0,00011	0,4350	0,0227	437,74	438,51	455,29	455,27	17,55	16,75	24,27	23,50			
121	117	118	26,71	0,2168	0,0034	0,2201	0,2184	50	0,00011	0,4173	0,0111	438,51	437,82	455,27	455,26	16,75	17,44	23,50	24,19			
122	118	119	78,91	0,1734	0,0099	0,1833	0,1783	50	0,00009	0,2867	0,0226	437,82	436,95	455,26	455,23	17,44	18,28	24,19	25,06			
123	119	120	108,95	0,1597	0,0137	0,1734	0,1665	50	0,00008	0,2526	0,0275	436,95	434,33	455,23	455,21	18,28	20,88	25,06	27,69			
124	120	121	82,65	0,1493	0,0104	0,1597	0,1545	50	0,00008	0,2198	0,0182	434,33	430,82	455,21	455,19	20,88	24,37	27,69	31,20			
125	121	122	104,37	0,1361	0,0131	0,1493	0,1427	50	0,00007	0,1899	0,0198	430,82	429,28	455,19	455,17	24,37	25,89	31,20	32,74			
126	122	123	178,43	0,1137	0,0224	0,1361	0,1249	50	0,00006	0,1484	0,0265	429,28	440,31	455,17	455,14	25,89	14,83	32,74	21,70			
127	123	124	47,80	0,1077	0,0060	0,1137	0,1107	50	0,00006	0,1187	0,0057	440,31	442,35	455,14	455,14	14,83	12,79	21,70	19,67			
128	124	125	261,21	0,0748	0,0329	0,1077	0,0913	50	0,00005	0,0830	0,0217	442,35	435,42	455,14	455,11	12,79	19,70	19,67	26,60			
129	125	126	69,84	0,0126	0,0088	0,0214	0,0170	50	0,00001	0,0037	0,0003	435,42	435,60	455,11	455,11	19,70	19,52	26,60	26,42			
130	126	127	100,26	0,0000	0,0126	0,0126	0,0063	50	0,00000	0,0006	0,0001	435,60	434,36	455,11	455,11	19,52	20,75	26,42	27,65			
131	125	128	90,27	0,0189	0,0114	0,0302	0,0245	50	0,00001	0,0073	0,0007	435,42	439,14	455,11	455,11	19,70	15,97	26,60	22,87			
132	128	129	108,14	0,0053	0,0136	0,0189	0,0121	50	0,00001	0,0020	0,0002	439,14	435,07	455,11	455,11	15,97	20,04	22,87	26,95			
133	129	130	41,91	0,0000	0,0053	0,0053	0,0026	50	0,00000	0,0001	0,0000	435,07	430,19	455,11	455,11	20,04	24,93	26,95	31,83			
134	125	131	184,61	0,0000	0,0232	0,0232	0,0116	50	0,00001	0,0018	0,0003	435,42	433,29	455,11	455,11	19,70	21,83	26,60	28,73			
135	118	132	60,86	0,0258	0,0077	0,0335	0,0296	50	0,00002	0,0104	0,0006	437,82	436,99	455,26	455,26	17,44	18,26	24,19	25,02			
136	132	133	65,60	0,0176	0,0083	0,0258	0,0217	50	0,00001	0,0058	0,0004	436,99	436,13	455,26	455,26	18,26	19,13	25,02	25,89			
137	133	134	63,03	0,0096	0,0079	0,0176	0,0136	50	0,00001	0,0025	0,0002	436,13	434,96	455,26	455,25	19,13	20,29	25,89	27,05			
138	134	135	76,59	0,0000	0,0096	0,0096	0,0048	50	0,00000	0,0004	0,0000	434,96	433,28	455,25	455,25	20,29	21,97	27,05	28,73			
139	48	136	26,62	0,0075	0,0033	0,0109	0,0092	50	0,00000	0,0012	0,0000	439,46	441,00	456,97	456,97	17,51	15,97	22,56	21,02			
140	136	137	38,69	0,0027	0,0049	0,0075	0,0051	50	0,00000	0,0004	0,0000	441,00	444,11	456,97	456,97	15,97	12,86	21,02	17,90			
141	137	138	21,24	0,0000	0,0027	0,0027	0,0013	50	0,00000	0,0000	0,0000	444,11	445,05	456,97	456,97	12,86	11,92	17,90	16,96			
L Total =			10.535,38 m						perda carga		6,68				menor pressão		10,03		maior pressão		37,68	

APÊNDICE C: Peças gráficas



LEGENDA

- ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DN 50 MM PVC PBA CL-12
- ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DN 50 MM PVC PBA CL-15
- REDE DE DISTRIBUIÇÃO DN 50 MM PVC PBA CL-12
- REDE DE DISTRIBUIÇÃO DN 75 MM PVC PBA CL-12

POCO EXISTENTE	R. ELEVADO PROJETADO	ELEVATÓRIA EXISTENTE	ELEVATÓRIA PROJETADA	REGULADORA EXISTENTE	REGULADORA PROJETADA	VÁLVULA EXISTENTE	VÁLVULA PROJETADA	LIGAÇÃO PREDIAL	BUFETO
CAP	TE	CURVA 10°	CURVA 15°	CURVA 20°	CURVA 25°	CRUZETA 90°	CRUZETA 45°	REDUÇÃO	REDUÇÃO

— DN 50MM/CL-12
 DIÁMETRO (mm) / CLASSE
 COMP. TRECHO (m)
 NÚMERO DO NÓ
 N01
 451.97
 COTA DO TERRENO (m)

ESTAGUEAMENTO DE 20 EM 20 METROS

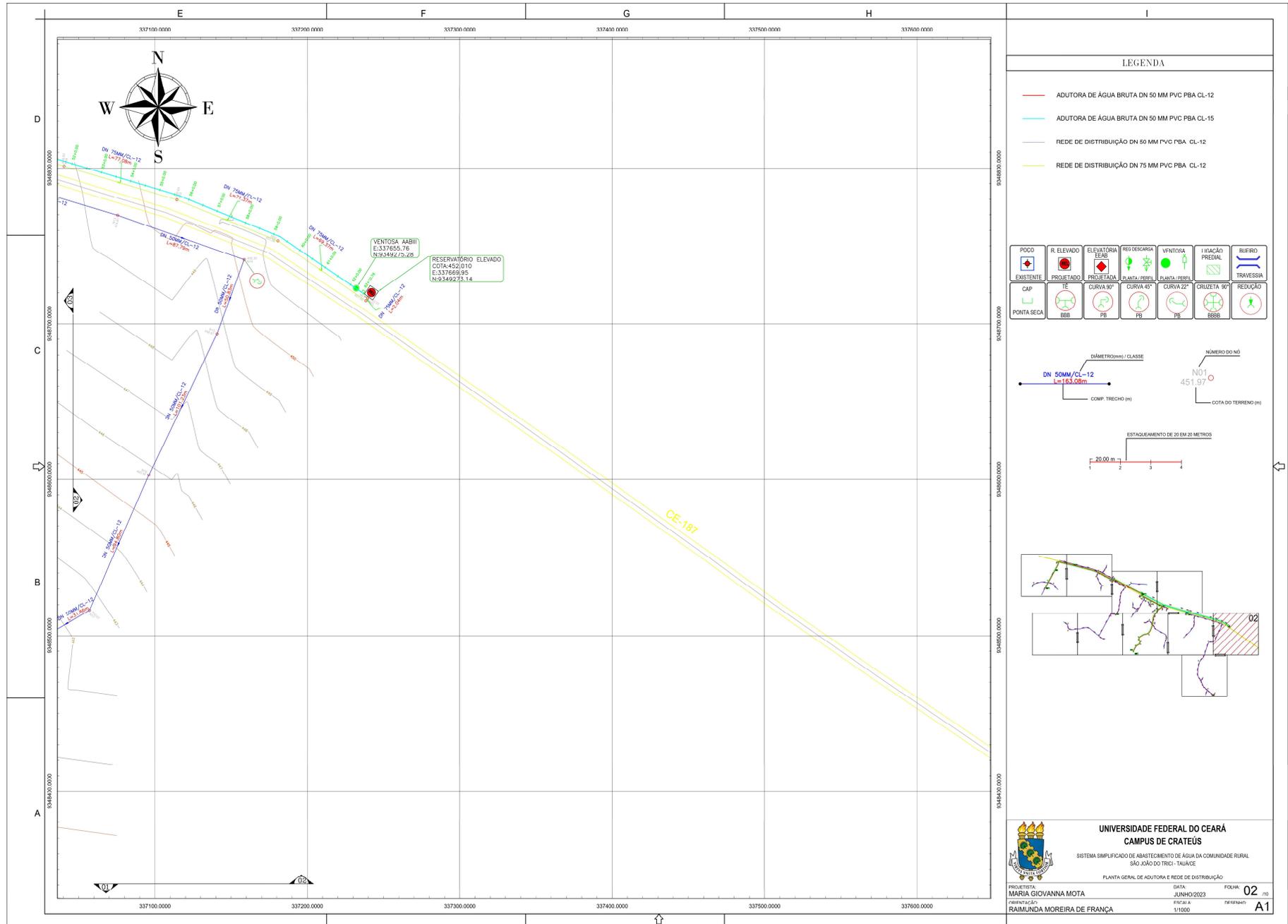
20.00 m

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEUS

SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA COMUNIDADE RURAL
SÃO JOÃO DO TRINCO - TAUAJÁ

PLANTA GERAL DE ADUTORA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO

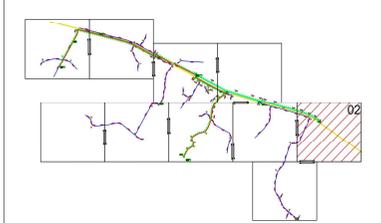
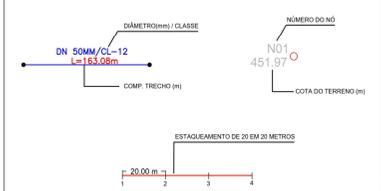
PROFESSORA MARIA GIOVANNA MOTA	DATA JUNHO/2023	FOLHA 01	DE 15
PROFESSOR RAMUNDA MOREIRA DE FRANÇA	PROJETO Nº 11/000	PROFESSOR	A1



LEGENDA

- ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DN 50 MM PVC PBA CL-12
- ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DN 50 MM PVC PBA CL-15
- REDE DE DISTRIBUIÇÃO DN 50 MM PVC PBA CL-12
- REDE DE DISTRIBUIÇÃO DN 75 MM PVC PBA CL-12

POÇO	R. ELEVADO	ELEVATÓRIA	REG. DE CARGA	VENTOSA	LIGAÇÃO
EXISTENTE	PROJETADO	PROJETADA	PLANTA / PERFIL	PLANTA / PERFIL	TRAVESSIA
CAP	CURVA 90°	CURVA 45°	CURVA 22°	CRUZETA 90°	REDUÇÃO
PONTA SECA	BBB	PB	PB	BBB	PB

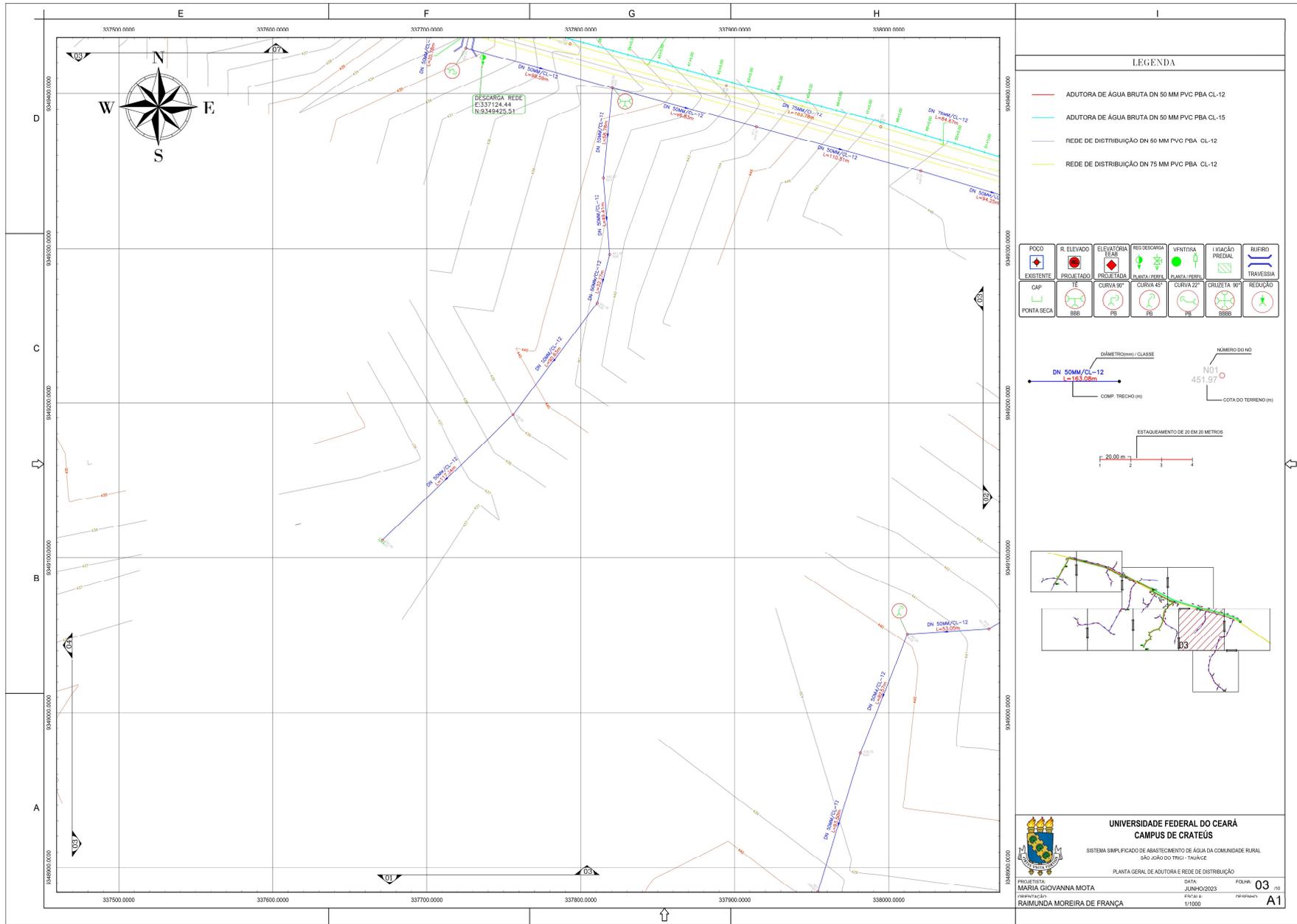


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS

SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA COMUNIDADE RURAL
SÃO JOÃO DO TREZI - TAUACÉ

PLANTA GERAL DE ADUTORA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO

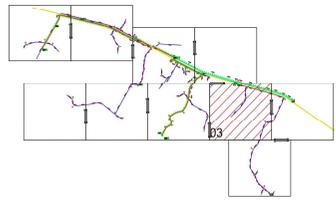
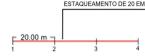
PROJETISTA: MARIA GIOVANNA MOTA DATA: JUNHO/2023 FOLHA: 02 / 102
 VERIFICADA: RAIMUNDA MOREIRA DE FRANÇA ESCALA: 1/1000 DATA: JUNHO/2023 FOLHA: 02 / 102



LEGENDA

- ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DN 50 MM PVC PBA CL-12
- ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DN 50 MM PVC PBA CL-15
- REDE DE DISTRIBUIÇÃO DN 50 MM PVC PBA CL-12
- REDE DE DISTRIBUIÇÃO DN 75 MM PVC PBA CL-12

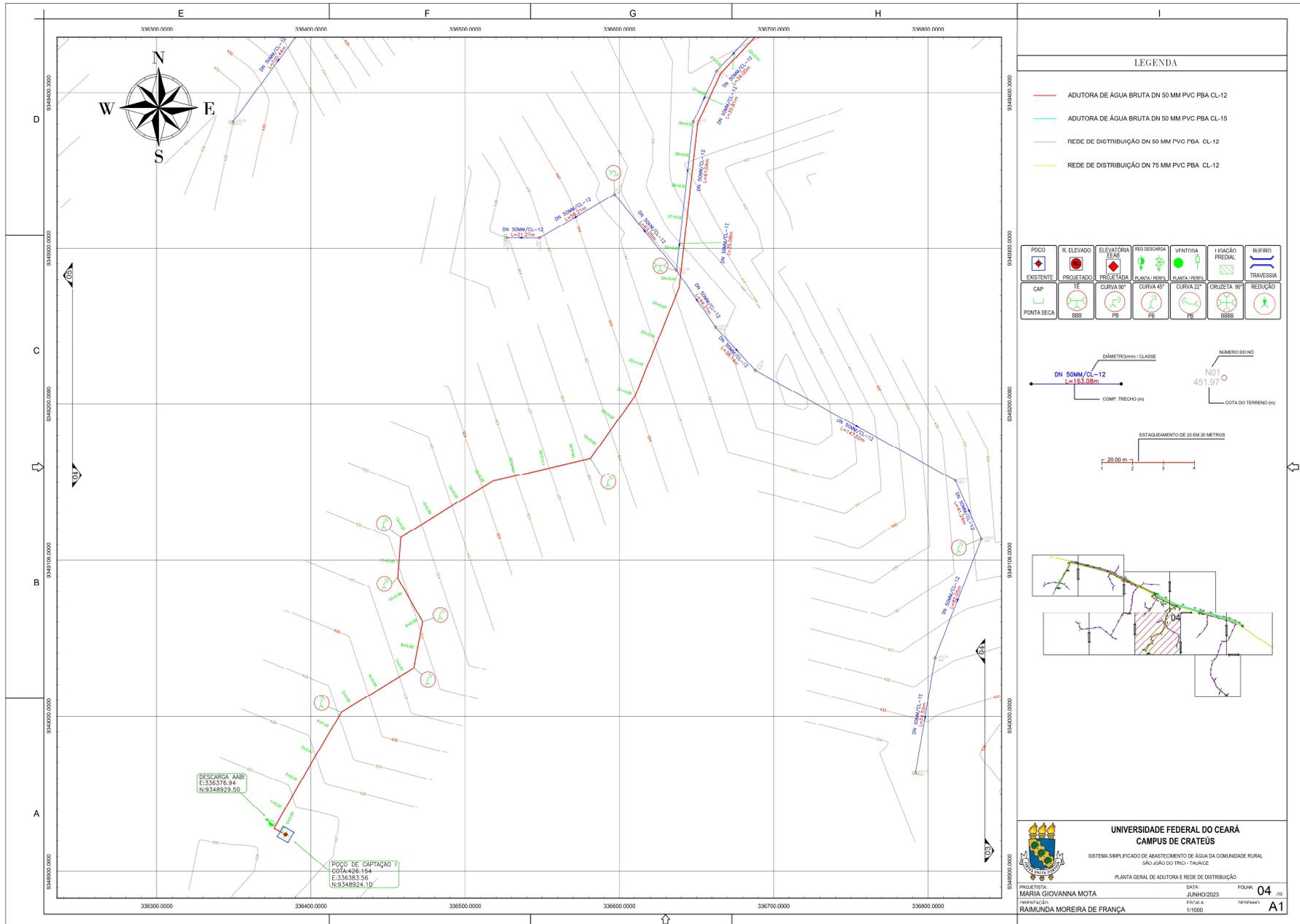
EXISTENTE	PROJETADO	EXISTENTE	PROJETADO	EXISTENTE	PROJETADO

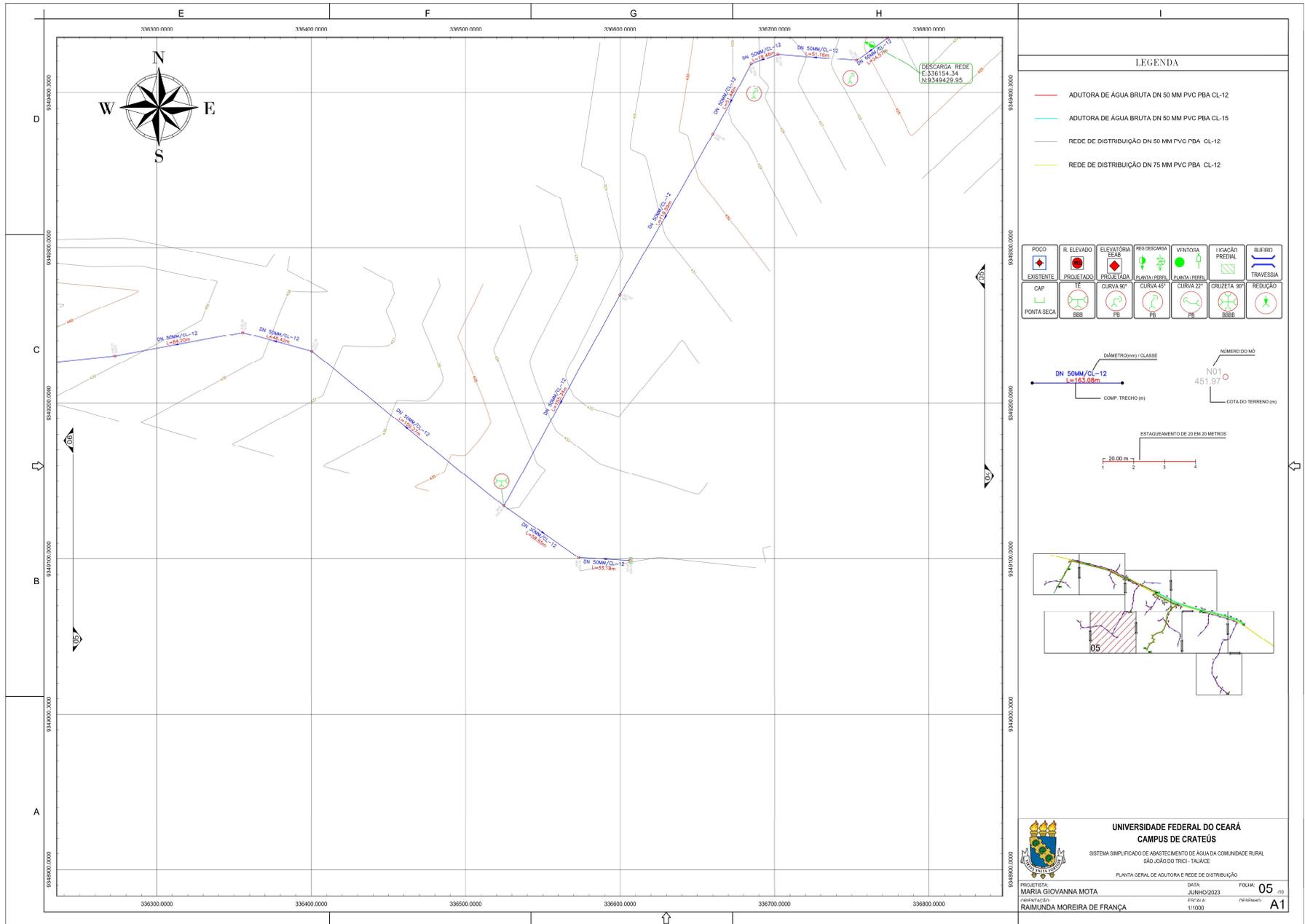


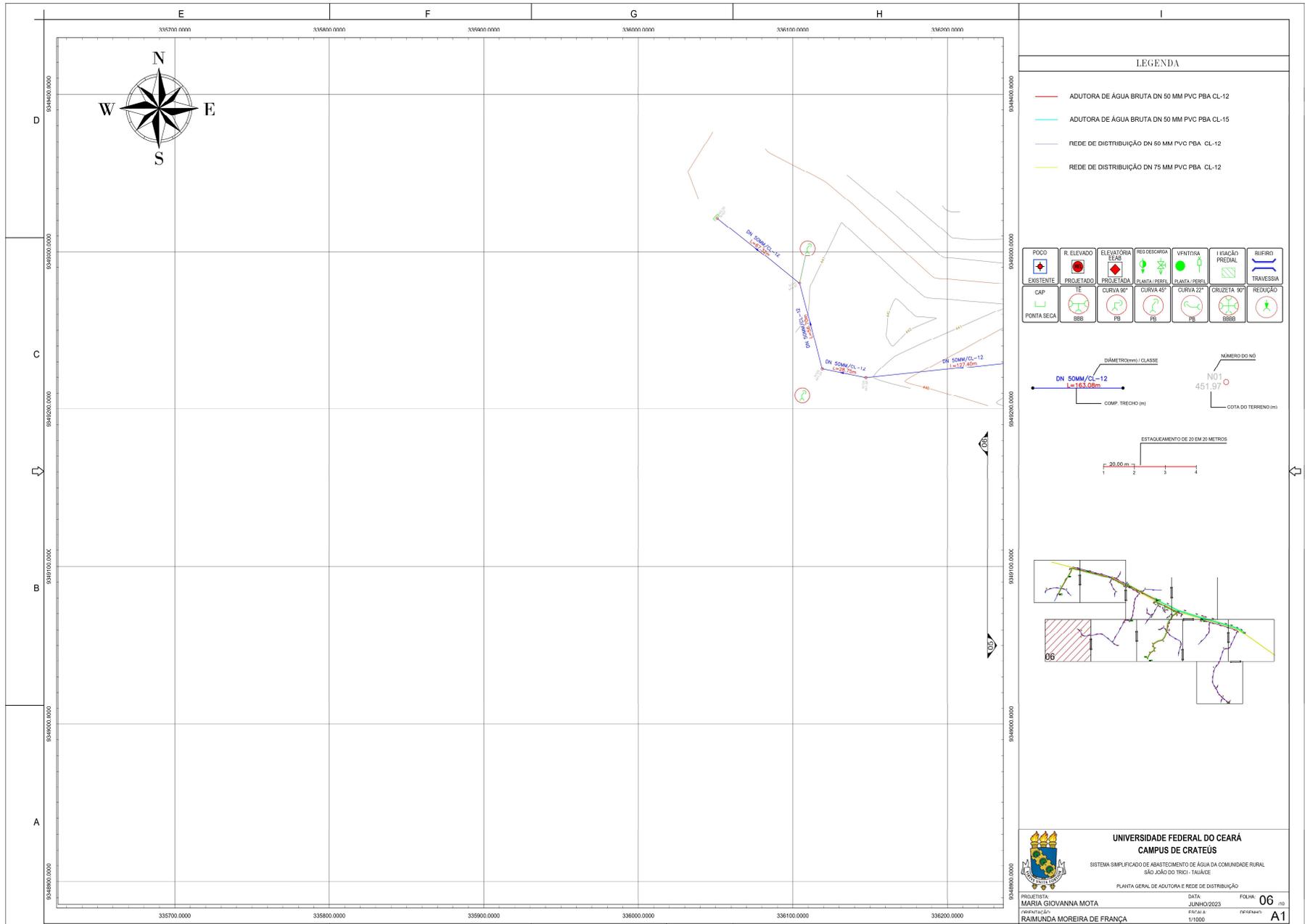
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS

SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA COMUNIDADE RURAL
SOUZA DO TRÊS - TRINÇA

PROJETA: MARIA GIOVANNA MOTA
PROFESSOR: RAIMUNDA MOREIRA DE FRANÇA
DATA: JUNHO/2023
FOLHA: 03
TOTAL: 11 FOLHAS

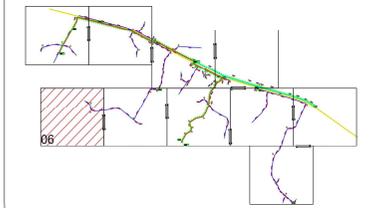
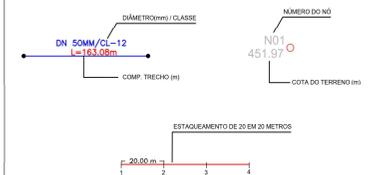






LEGENDA

- ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DN 50 MM PVC PBA CL-12
- ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DN 50 MM PVC PBA CL-15
- REDE DE DISTRIBUIÇÃO DN 50 MM PVC PBA CL-12
- REDE DE DISTRIBUIÇÃO DN 75 MM PVC PBA CL-12

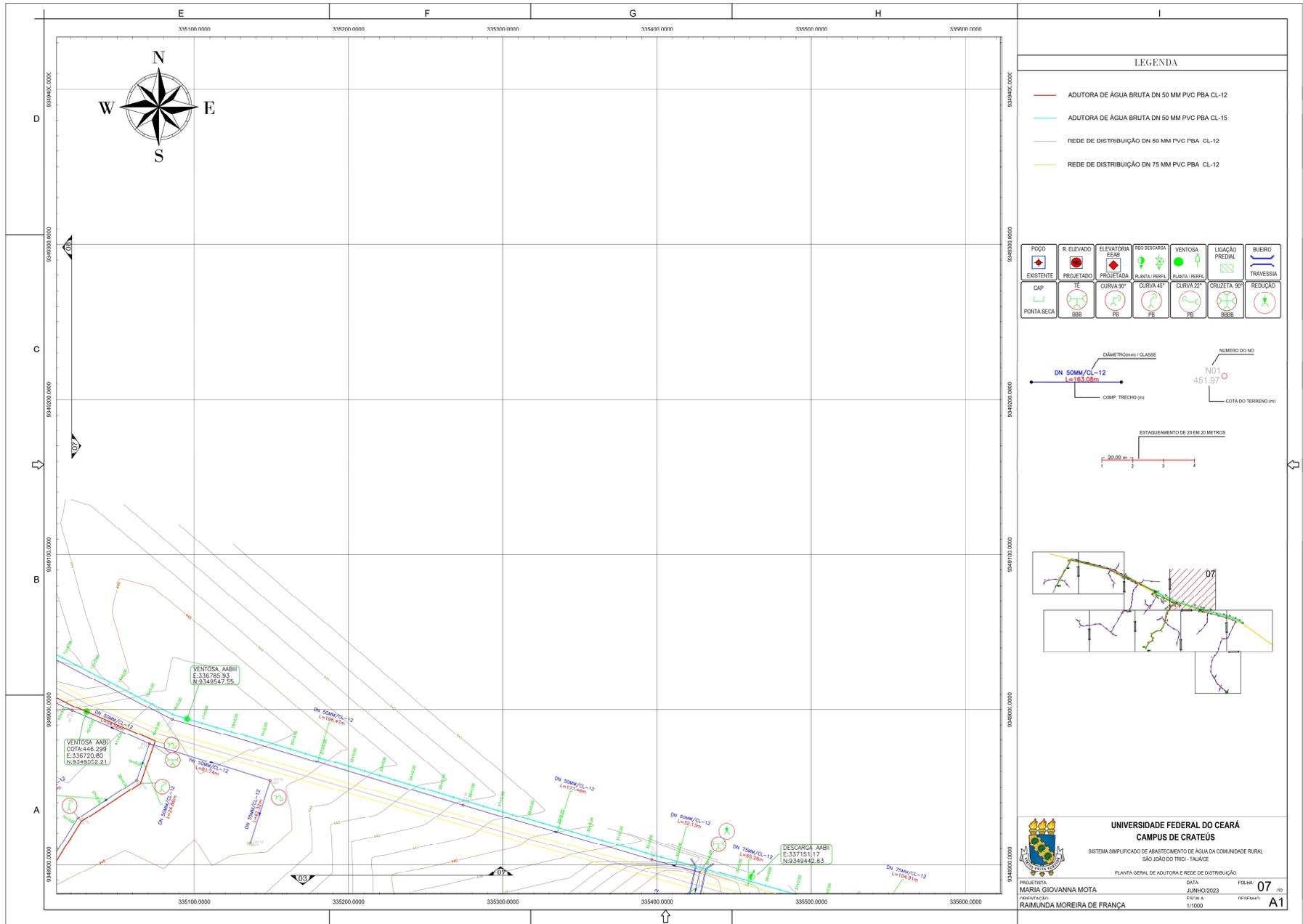


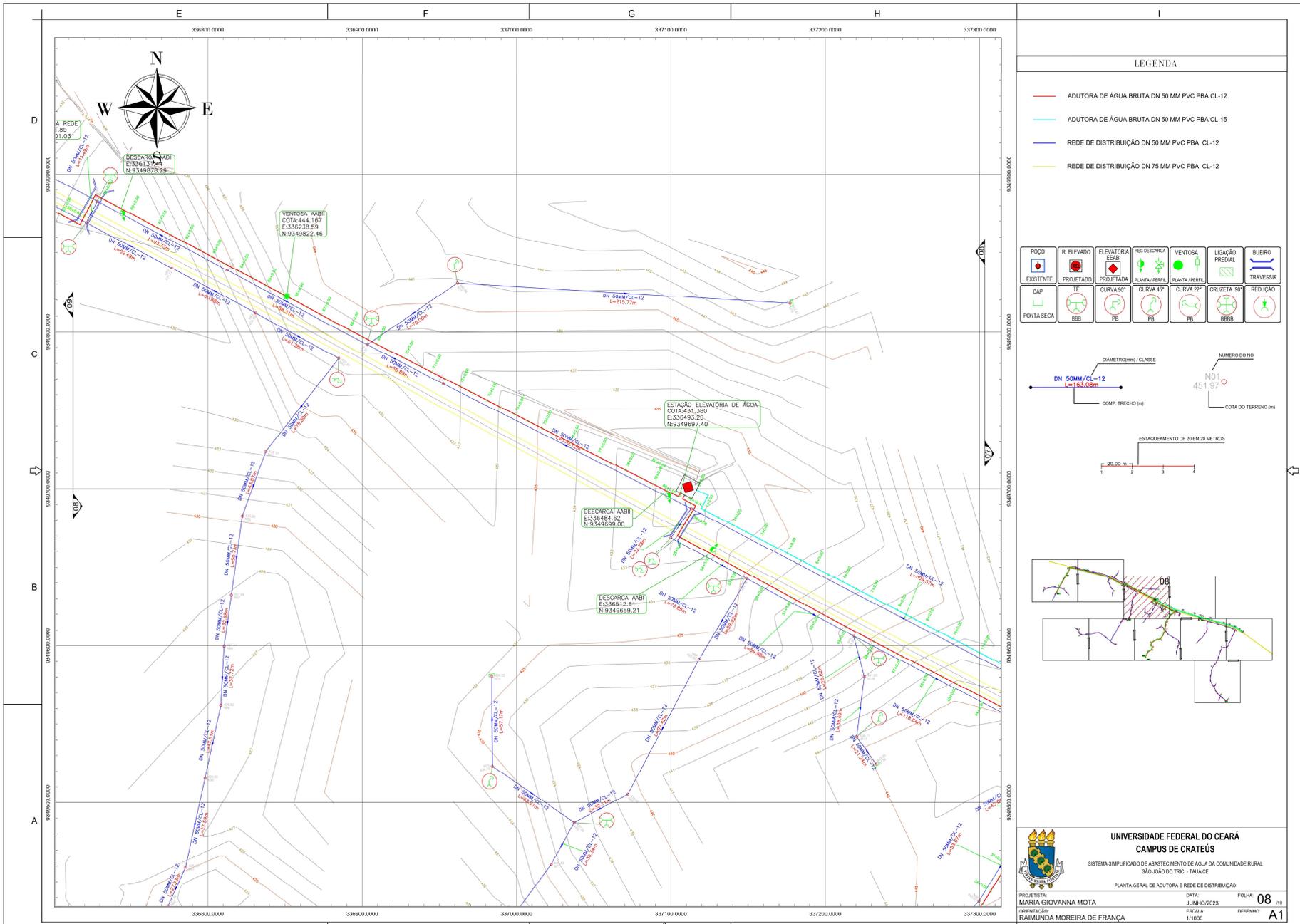
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
 CAMPUS DE CRATEÚS
 SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA COMUNIDADE RURAL
 SÃO JOÃO DO TRICI - TAUACÉ
 PLANTA GERAL DE ADUTORA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO

PROJETISTA: MARIA GIOVANNA MOTA
 REPRESENTAÇÃO: RAIMUNDA MOREIRA DE FRANÇA

DATA: JUNHO/2023
 ESCALA: 1/1000

FOLHA: 06
 DE: 103
 A1



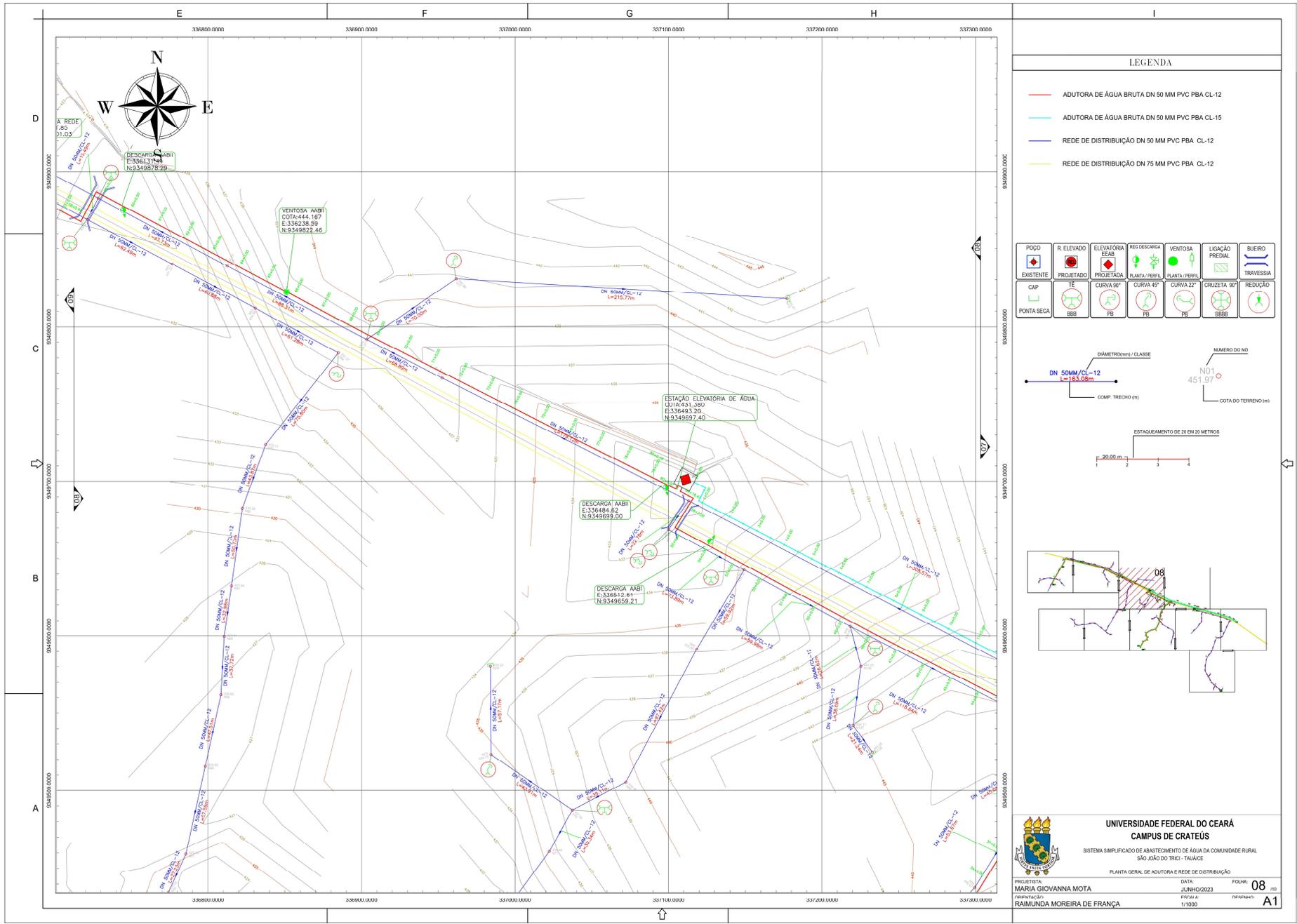


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
 SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA COMUNIDADE RURAL
 SÃO JOÃO DO TRICI - TAUAÇE
 PLANTA GERAL DE ADUTORA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO

PROJETISTA: MARIA GIOVANNA MOTA
 REVISOR: RAIMUNDA MOREIRA DE FRANÇA

DATA: JUNHO/2023
 ESCALA: 1:1000

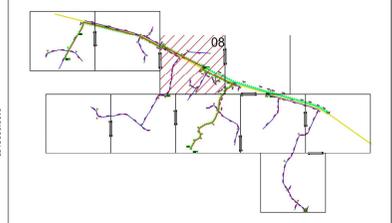
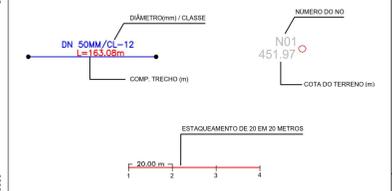
FOLHA: 08
 TOTAL: 10
 Nº: A1



LEGENDA

- ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DN 50 MM PVC PBA CL-12
- ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DN 50 MM PVC PBA CL-15
- REDE DE DISTRIBUIÇÃO DN 50 MM PVC PBA CL-12
- REDE DE DISTRIBUIÇÃO DN 75 MM PVC PBA CL-12

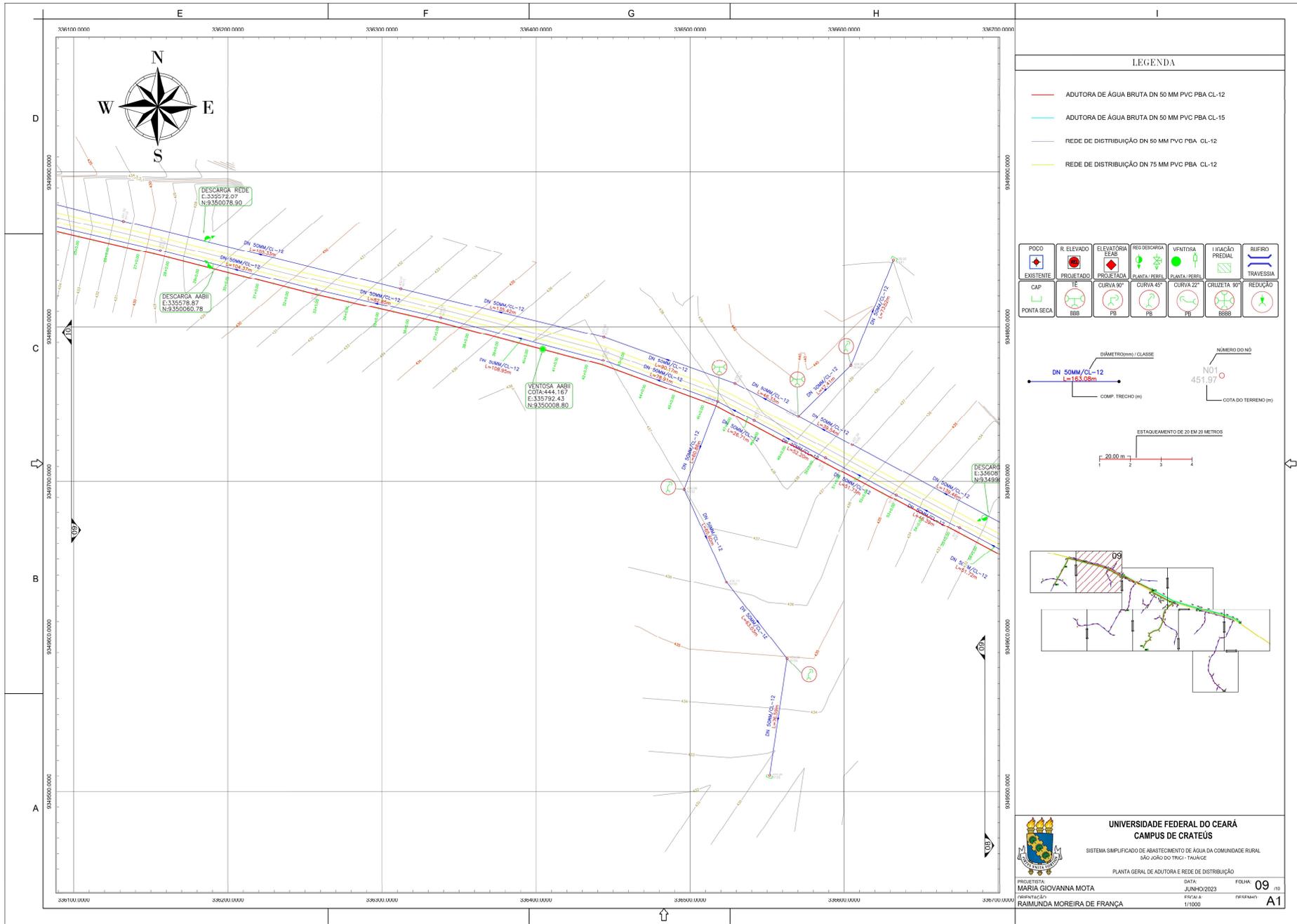
POÇO EXISTENTE	R. ELEVADO PROJETADO	ELEVATÓRIA ESEM PROJÉTADA	REG. DEBARRA PLANTA PERFIL	VENTOSA PLANTA PERFIL	LIGAÇÃO PREZAL	BUERO TRAVESSIA
CAP. PONTA SECA	TE. BBB	CURVA 90°	CURVA 45°	CURVA 22°	GRUZETA 90°	REDUÇÃO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
 SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA COMUNIDADE RURAL
 SÃO JOÃO DO TRICI - TAIACÉ
 PLANTA SERVAL DE ADUTORA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO

PROJETOISTA: MARIA GIOVANNA MOTA
 DATA: JUNHO/2023
 FOLHA: 08 / 10
 FOLHA Nº: 11/1000

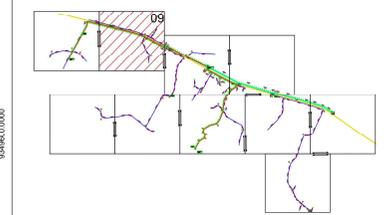
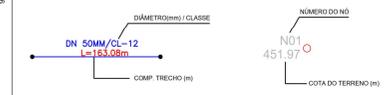
PROFESSOR: RAIMUNDA MOREIRA DE FRANÇA



LEGENDA

- ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DN 50 MM PVC PBA CL-12
- ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DN 50 MM PVC PBA CL-15
- REDE DE DISTRIBUIÇÃO DN 50 MM PVC PBA CL-12
- REDE DE DISTRIBUIÇÃO DN 75 MM PVC PBA CL-12

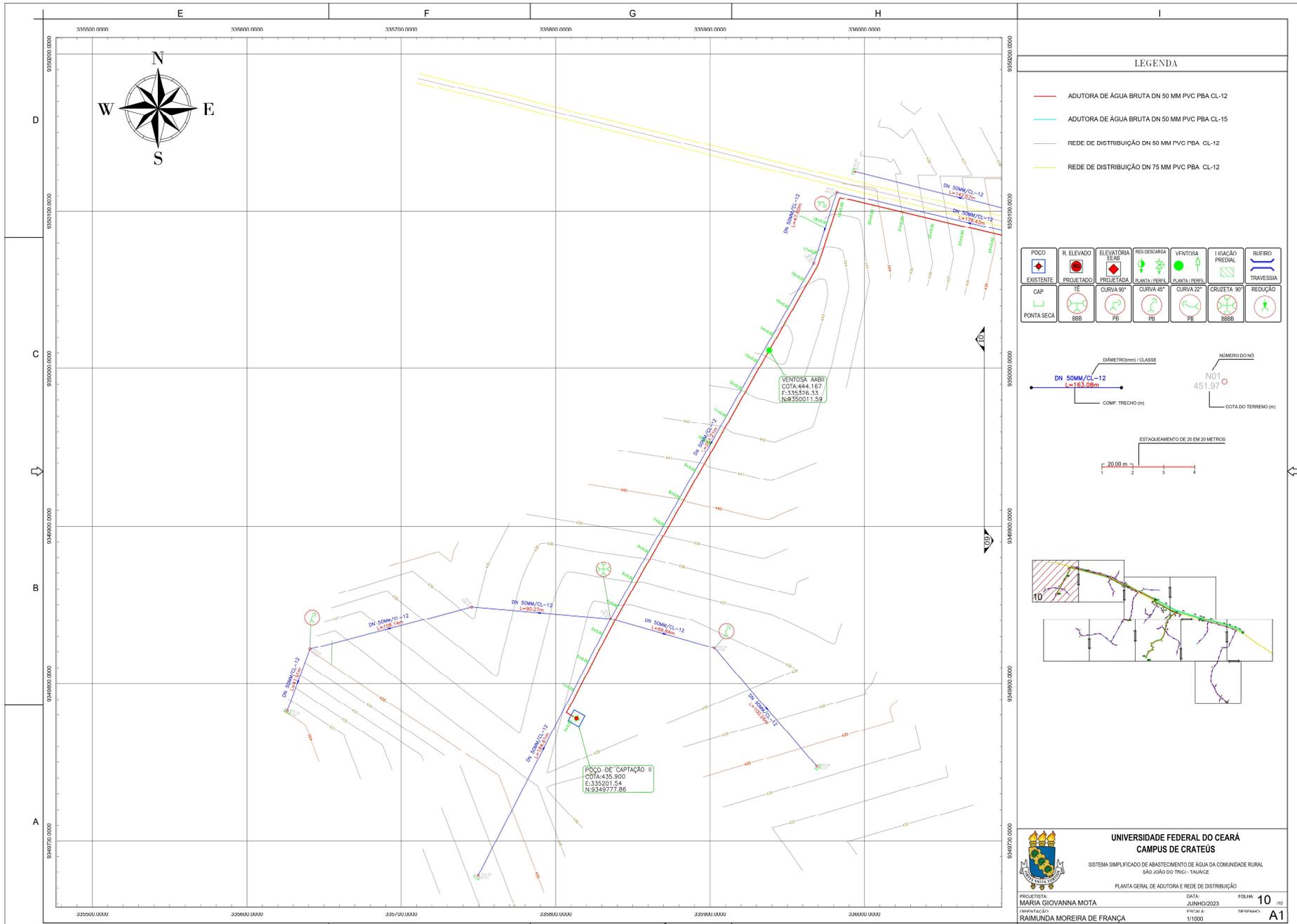
POÇO	R. ELEVADO	ELEVATÓRIA	REG. DEGRABA	VENTOSA	FIXAÇÃO	BUFIRIO
EXISTENTE	PROJETADO	PROJETADA	PLANTA PERIL	PLANTA PERIL	CRUZETA 90°	TRAVESSIA
CAP	TE	CURVA 90°	CURVA 45°	CURVA 22°	REDUÇÃO	
PONTA SECA	BBB	PB	PB	PB	BBB	



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
 SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA COMUNIDADE RURAL
 SÃO JOÃO DO TRIGI - TANAGE
 PLANTA GERAL DE ADUTORA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO

PROJETISTA: **MARIA GIOVANNA MOTA**
 DATA: JUNHO/2023
 FOLHA: **09** / 10

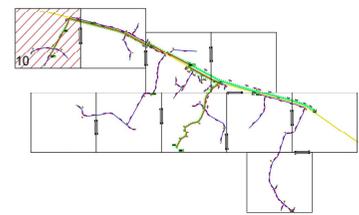
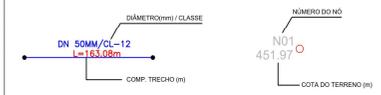
PROFESSOR: **RAIMUNDA MOREIRA DE FRANÇA**
 ESCALA: 1:1000
 PRESENTE: **A1**



LEGENDA

- ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DN 50 MM PVC PBA CL-12
- ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DN 50 MM PVC PBA CL-15
- REDE DE DISTRIBUIÇÃO DN 60 MM PVC PBA CL-12
- REDE DE DISTRIBUIÇÃO DN 75 MM PVC PBA CL-12

POÇO EXISTENTE	R. ELEVADO PROJETADO	VENTOSA	REJ. DE CARGA	VENTOSA	LIFTAÇÃO PREDIAL	RIFIRO TRAVESSIA
CAP. PONTA SECA	TE	CURVA 90°	CURVA 45°	CURVA 22°	CRUZETA 90°	REDUÇÃO
PONTO SECA	BBB	PB	PB	PB	BBBB	



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS

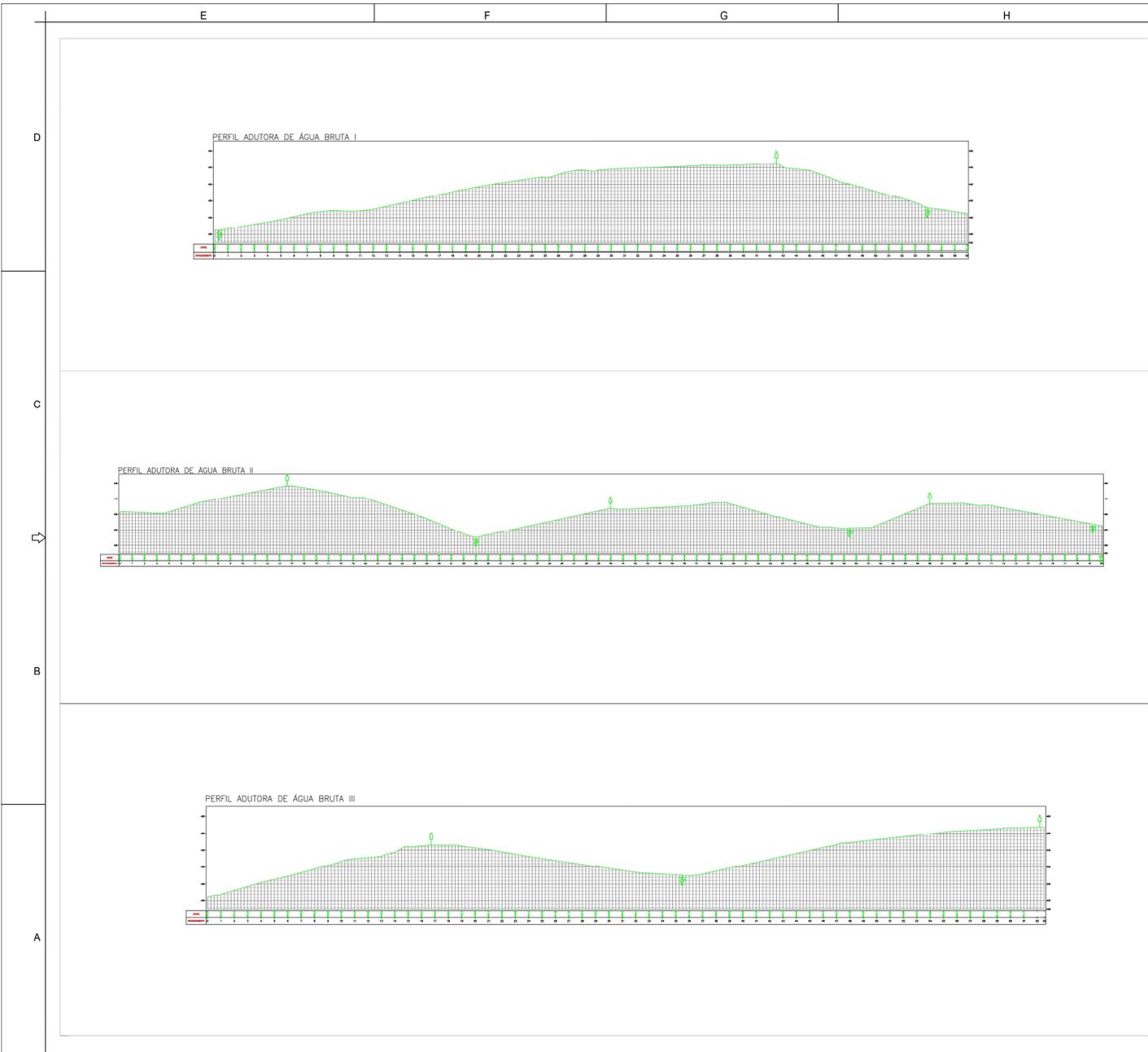
SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA COMUNIDADE RURAL
SÃO JORDÃO DO TRIGO - TRAIANCE

PLANTA GERAL DE ADUTORA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO

PROJETA: MARIA GIOVANNA MOTA
PROJETAÇÃO: RAIMUNDA MOREIRA DE FRANÇA

DATA: JUNHO/2023
ESCALA: 1/1000

FOLHA: 10
TOTAL: 10



LEGENDA

- ADUTORA DE ÁGUA BRUTA DN 50 MM PVC PBA CL-12
- ADUTORA DE DISTRIBUIÇÃO DN 50 MM PVC PBA CL-15
- REDE DE DISTRIBUIÇÃO DN 50 MM PVC PBA CL-12
- REDE DE DISTRIBUIÇÃO DN 75 MM PVC PBA CL-12

POÇO EXISTENTE	R. ELEVADO PROJETADO	ELEVATÓRIA ESAB PROJETADA	REG. DE CARGA PLANTA / PERFIL	VENTOSA PLANTA / PERFIL	LIGAÇÃO REDIAL	BUEIRO TRAVESSIA
CAP	TE	CURVA 90° PB	CURVA 45° PB	CURVA 22° PB	GRUZETA 90° BBB	REDUÇÃO
PONTA SECA	BBB					

— DN 50MM/CL-12
 L=153,00m
 COMP. TRECHO (m)

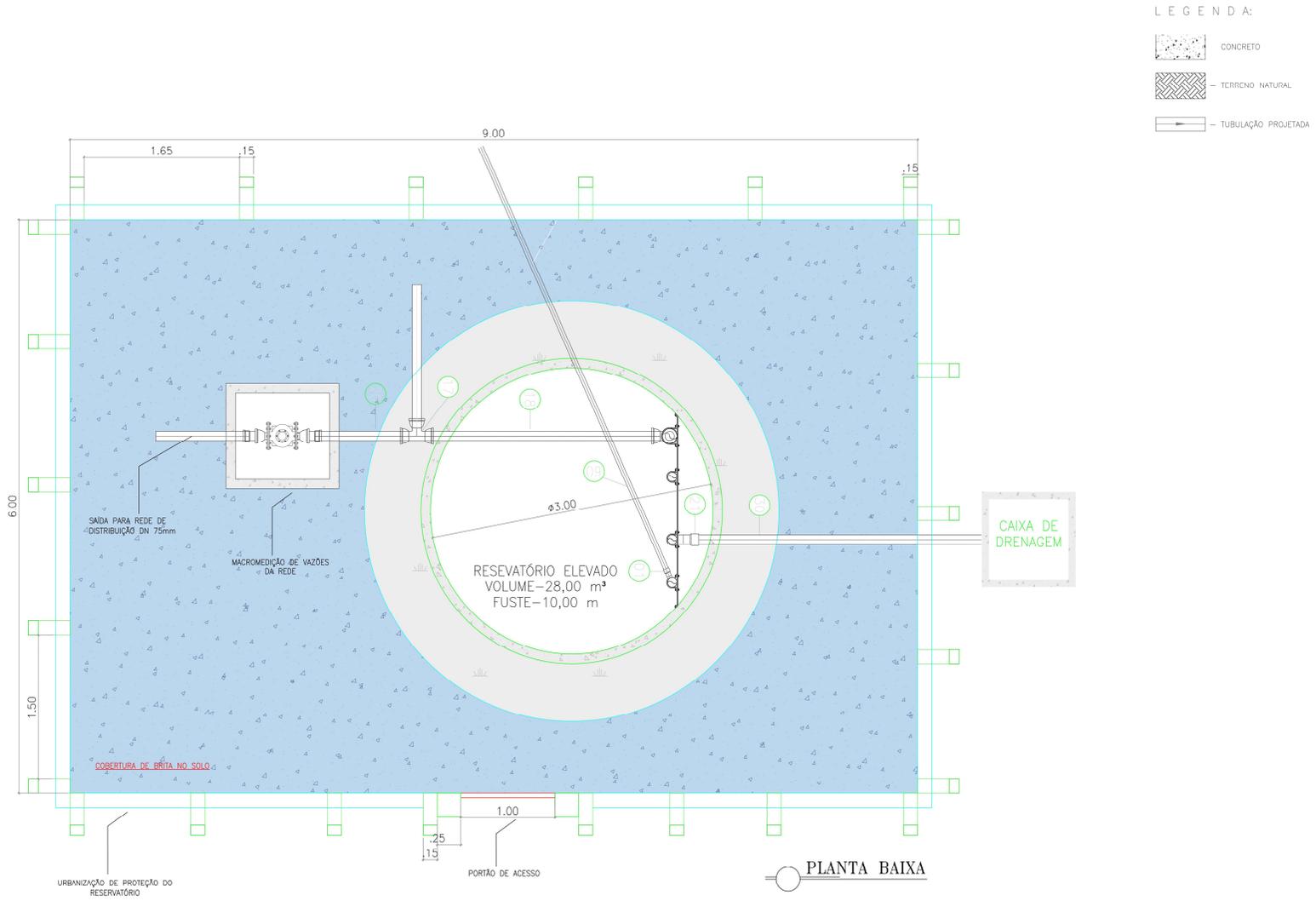
DÍAMETRO(mm) | CLASSE

NÚMERO DO NDO
 ND1
 451.97
 COTA DO TERRENO (m)

ESTAGUEAMENTO DE 20 EM 20 METROS

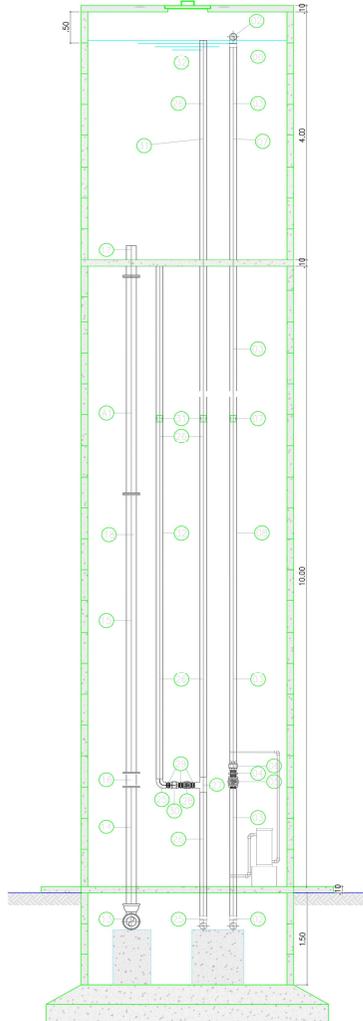
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
 SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA COMUNIDADE RURAL
 SÃO JOÃO DO TREZI - TAUACÉ
 PERFIS LONGITUDINAIS DAS ADUTORAS

PROJETISTA: **MÁRIA GIOVANNA MOTA** DATA: JUNHO/2023 FOLHA: **01** / 01
 EXECUTORA: **RAIMUNDA MOREIRA DE FRANÇA** ESCALA: 1:1.000 PERÍMETRO: **A1**

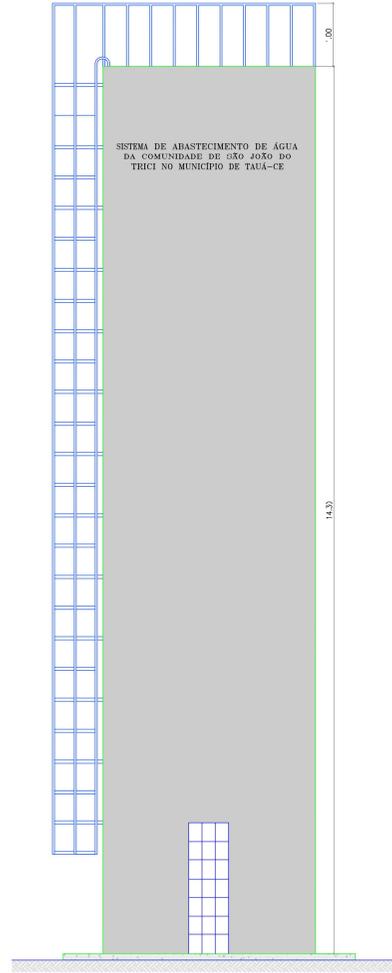


ITEN	DESCRIÇÃO	QUANT.	DIAM. (mm)
TUBULAÇÃO DE CHEGADA			
01	APERTADOR DE TUB. DE GALVANIZADO	2	50
02	TUBO PVC GALVANIZADO	2	50
03	TUBO PVC REGIÃO ROSCÁVEL	14,30m	2"
04	WAPLE JUNTA AÇO GALVANIZADO	4	50
05	REGISTRO DE SANITA BRUTO	2	50
06	LUXA DE UÍMHO AÇO GALVANIZADO	2	50
07	TUBO AÇO GALVANIZADO	4	50
08	ABRIGAMENTO EM FERRO BARRA CHATA GALVANIZADO	4	50
INTERLIGAÇÃO DE CHEGADA			
09	TUBO PVC REGIÃO ROSCÁVEL - L=1,30m	2	2"
10	TUBO PVC REGIÃO ROSCÁVEL - L=0,50m	1	2"
11	WAPLE AÇO GALVANIZADO	2	50
12	TE AÇO GALVANIZADO	1	50
SADA			
13	CURVA 90º AÇO GALVANIZADO PARA ÁGUA	2	75
14	TUBO AÇO GALVANIZADO - L=0,50m	2	75
15	TUBO AÇO GALVANIZADO - L=0,50m	2	75
16	TUBO AÇO GALVANIZADO - L=0,50m	2	75
17	REGISTRO DE SANITA BRUTO	2	75
18	TUBO FUPA C/FLANGE E PORTA - L=0,50m	2	75
19	ABRIGAMENTO EM FERRO BARRA CHATA GALVANIZADO	2	75
INTERLIGAÇÃO DE SADA			
20	CURVA 90º FUPA DE SANITA PARA ÁGUA	1	75
21	TE FUPA 8000 JUNTA ELÉTRICA	1	75
22	TUBO PVC DESEPLA DESTIL. 60º - L=0,60m	2	75
23	TUBO PVC DESEPLA DESTIL. 60º - L=0,50m	1	75
24	TUBO PVC DESEPLA DESTIL. 60º - L=0,50m	1	75
EXTRATOR E LIMPEZA			
25	AMPONADOR PVC PARA BOLSAS/REGIÃO	2	50
26	CURVA AÇO GALVANIZADO	4	50
27	TUBO PVC REGIÃO ROSCÁVEL	28,30m	2"
28	TE AÇO GALVANIZADO	2	50
29	TE AÇO GALVANIZADO	2	50
30	WAPLE JUNTA AÇO GALVANIZADO	6	50
31	LUXA DE UÍMHO AÇO GALVANIZADO	2	50
32	TUBO AÇO GALVANIZADO	6	50
33	ABRIGAMENTO EM FERRO BARRA CHATA GALVANIZADO	1	50
DRENAGEM			
34	TUBO PVC REGIÃO ROSCÁVEL - L=0,50m	2	75

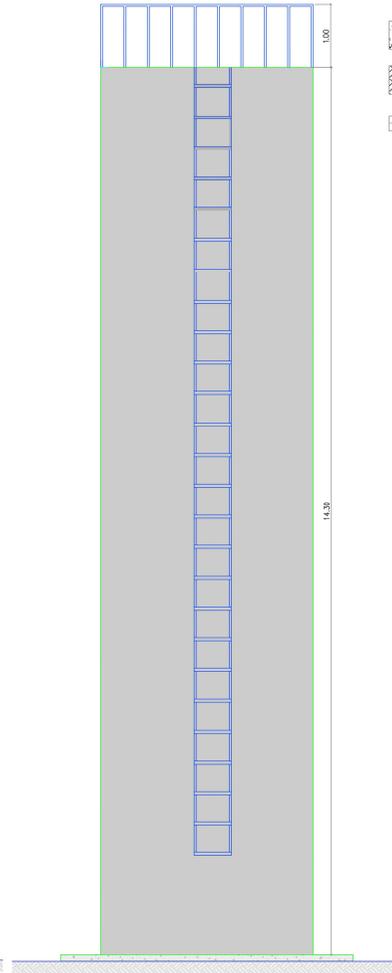
REVESTIMENTO DE CONCRETO.
 O RESERVATÓRIO DEBEM SER CONSTRUÍDO DE AÇO PRE MILADO COM REVESTIMENTO DE CONCRETO, TUBO DE TUBO COM REVESTIMENTO DE BARRA CHATA GALVANIZADO PARA PROTEÇÃO CONTRA AGENTES EXTERNOS



02 - CORTE A-A



04 - FACHADA FRONTAL



05 - FACHADA LATERAL

LEGENDA:

- CONCRETO
- TERRENO NATURAL
- TUBULAÇÃO PROJETADA

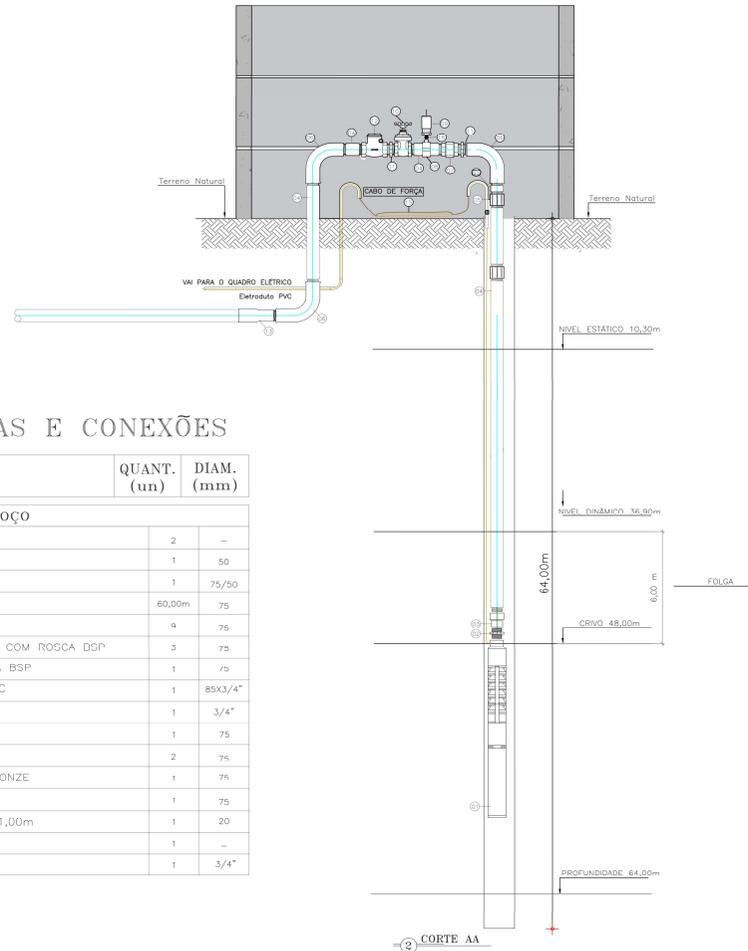


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS

SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA COMUNIDADE RURAL
 SÃO JOÃO DO TRICI - TAUÁ/CE

DETALHE DO RESERVATÓRIO ELEVADO

PROJETISTA: MARIA GIOVANNA MOTA DATA: JUNHO/2023 FOLHA: 02/02
 IDENTIFICAÇÃO: RAIMUNDA MOREIRA DE FRANÇA ESCALA: 1/35 DESENHO: A1



RELAÇÃO DE PEÇAS E CONEXÕES

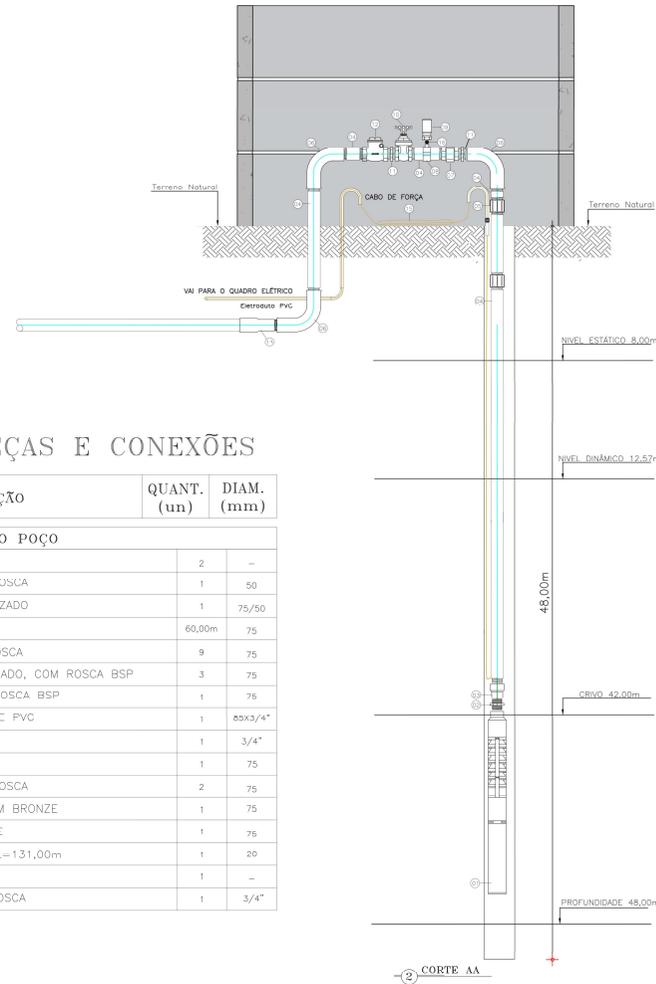
ITÊM	DESCRIMINAÇÃO	QUANT. (un)	DIAM. (mm)
CONEXÕES DO POÇO			
01	BOMBA SUBMERSA 4R3PA/IA-19 230	2	-
02	NIPLÉ DE FERRO GALVANIZADO COM ROSCA	1	50
03	LUVA DE REDUÇÃO DE FERRO GALVANIZADO	1	75/50
04	TUBO PVC RÍGIDO ROSCÁVEL	60,00m	75
05	LUVA DE FERRO GALVANIZADO COM ROSCA	9	75
06	CURVA 90 GRAUS DE FERRO GALVANIZADO, COM ROSCA BSP	3	75
07	UNIAO DE FERRO GALVANIZADO COM ROSCA BSP	1	75
08	COLAR DE TOMADA FøFø P/ TUBOS DE PVC	1	85x3/4"
09	VENTOSA SIMPLES C/ ROSCA	1	3/4"
10	REGISTRO DE GAVETA BRUTO	1	75
11	NIPLÉ DE FERRO GALVANIZADO COM ROSCA	2	75
12	VALVULA DE RETENÇÃO HORIZONTAL EM BRONZE	1	75
13	ADAPTADOR PVC PBA PONTA/ROSCA JE	1	75
14	ELETRÓDUTO PVC RÍGIDO ROSCÁVEL L=131,00m	1	20
15	CABO DE ENERGIA L=70,00m	1	-
16	NIPLÉ DE FERRO GALVANIZADO COM ROSCA	1	3/4"

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS

SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA COMUNIDADE RURAL
SÃO JOÃO DO TRIGI - TAUAÇE

DETALHE DA CAPTAÇÃO NO POÇO PT 01

PROJETISTA: MARIA GIOVANNA MOTA	DATA: JUNHO/2023	FOLHA: 01
PROFESSOR(A): RAIMUNDA MOREIRA DE FRANÇA	PROJ. Nº: 1/15	REVISÃO: A1



RELAÇÃO DE PEÇAS E CONEXÕES

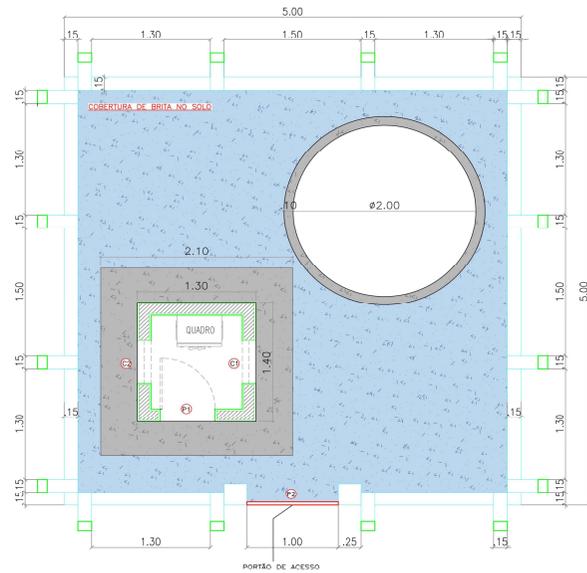
ITÊM	DESCRIMINAÇÃO	QUANT. (un)	DIAM. (mm)
CONEXÕES DO POÇO			
01	BOMBA SUBMERSA 4R3IB-05 230	2	-
02	NIPLLE DE FERRO GALVANIZADO COM ROSCA	1	50
03	LUVA DE REDUÇÃO DE FERRO GALVANIZADO	1	75/50
04	TUBO PVC RÍGIDO ROSCÁVEL	60,00m	75
05	LUVA DE FERRO GALVANIZADO COM ROSCA	9	75
06	CURVA 90 GRAUS DE FERRO GALVANIZADO, COM ROSCA BSP	3	75
07	UNIAO DE FERRO GALVANIZADO COM ROSCA BSP	1	76
08	COLAR DE TOMADA GoGo F/ TUBOS DE PVC	1	55x3/4"
09	VENTOSA SIMPLES C/ ROSCA	1	3/4"
10	REGISTRO DE GAVETA BRUTO	1	75
11	NIPLLE DE FERRO GALVANIZADO COM ROSCA	2	75
12	VALVULA DE RETENÇÃO HORIZONTAL EM BRONZE	1	75
13	ADAPTADOR PVC PBA PONTA/ROSCA JE	1	76
14	ELETRODUTO PVC RÍGIDO ROSCÁVEL L=131,00m	1	20
15	CABO DE ENERGIA L=70,00m	1	-
16	NIPLLE DE FERRO GALVANIZADO COM ROSCA	1	3/4"

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS

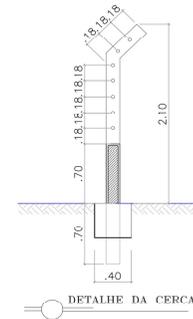
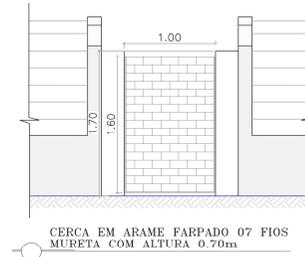
SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA COMUNIDADE RURAL
SÃO JOÃO DO TRICI - TAUACÉ

DETALHE DA CAPTAÇÃO - NO POÇO PT 02

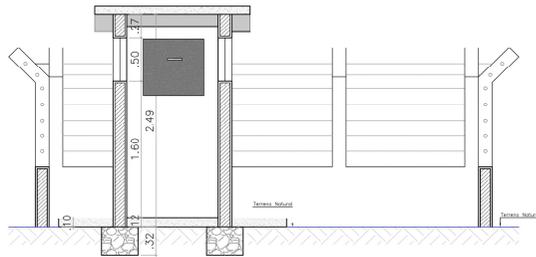
PROJETA: MÁRIA GIOVANNA MOTA	DATA: JUNHO/2023	FOLHA: 02 / 03
PROFESSOR: RAIMUNDA MOREIRA DE FRANÇA	PERÍODO: 1/15	PERMANENTE: A1



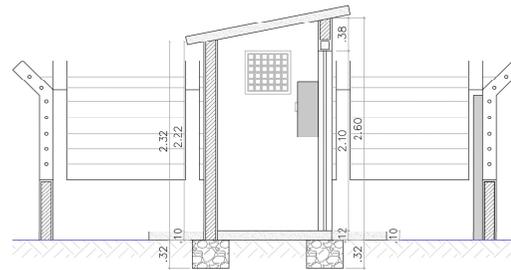
PLANTA BAIXA - CAPTAÇÃO



- LEGENDA:
-  CONCRETO
 -  TERRENO NATURAL
 -  TUBULAÇÃO PROJETADA
 -  ALVENARIA



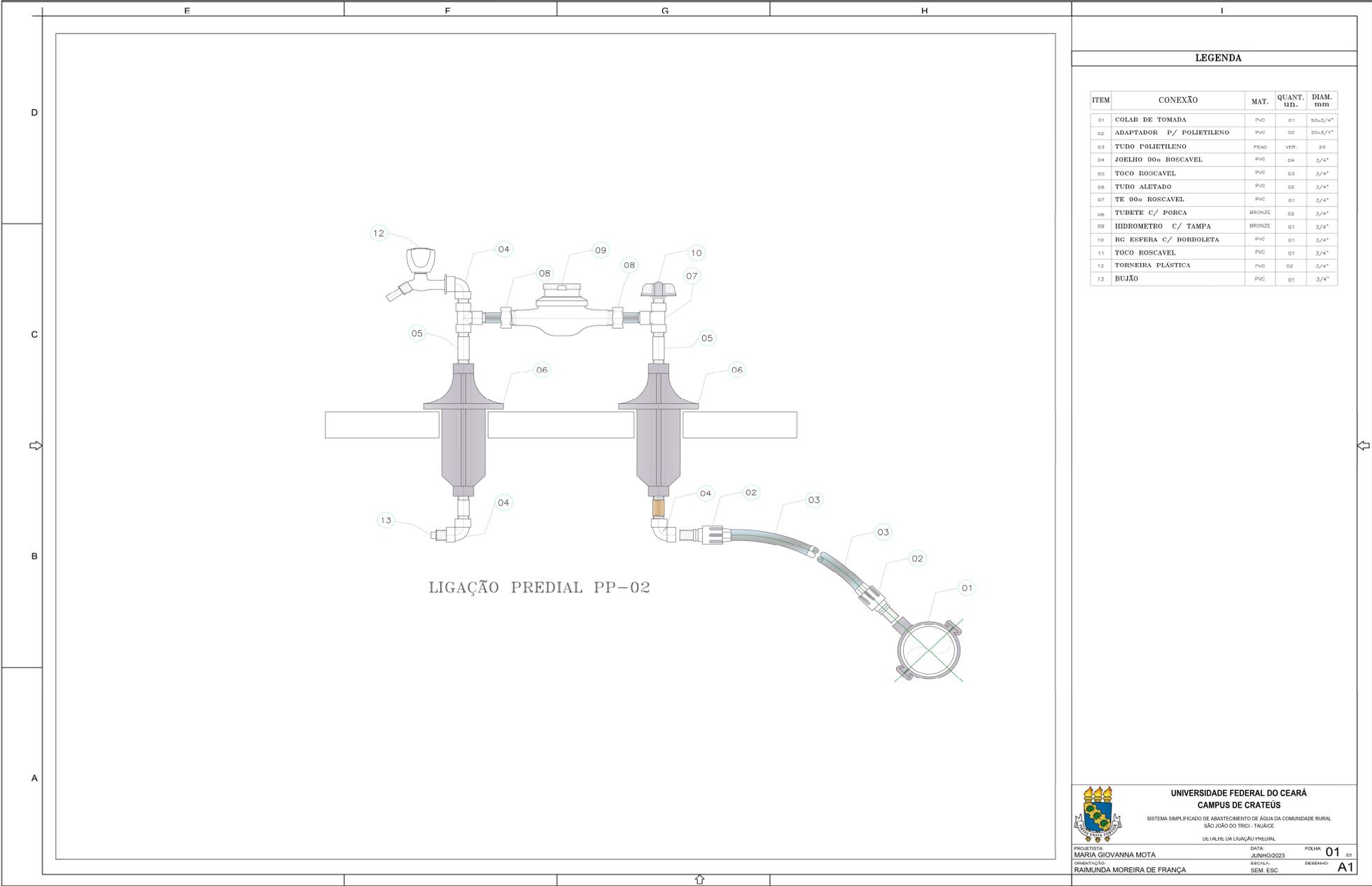
CORTE A A



CORTE B B



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
 CAMPUS DE CRATEÚS
 SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA COMUNIDADE RURAL
 SÃO JOÃO DO TRIGI - TAUAÍCE
 DETALHE DA URBANIZAÇÃO DE PROTEÇÃO DOS POÇOS



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
 SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA COMUNIDADE RURAL
 SÃO JOÃO DO TRIOI - TAUACÉ
 DE: TALHE DA LIGAÇÃO PREDIAL

PROJETISTA:
MARIA GIOVANNA MOTA

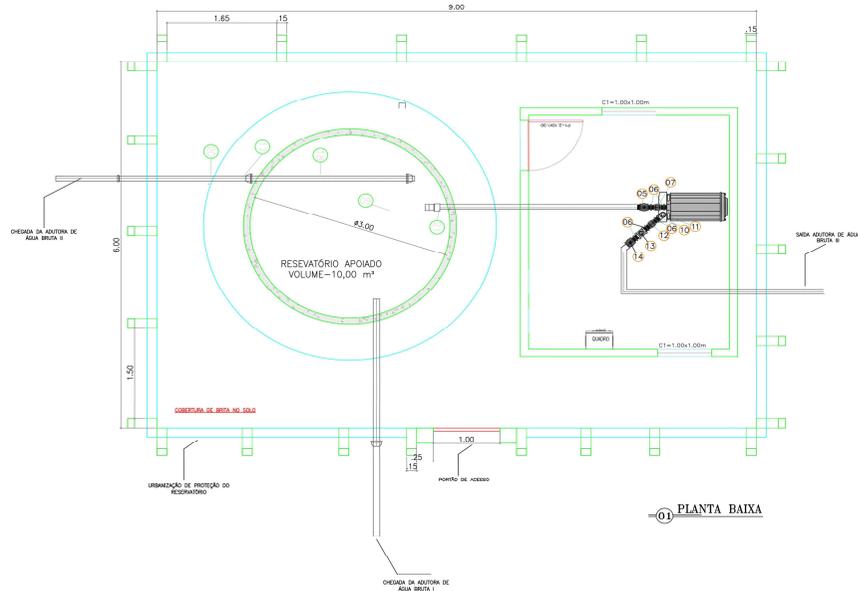
DATA:
JUNHO/2023

FOLHA:
01

ORIENTAÇÃO:
RAIMUNDA MOREIRA DE FRANÇA

ESCALA:
SEM. ESC

DESENHO:
A1

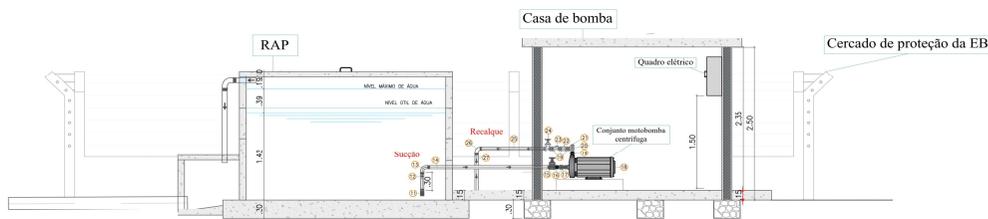


RELAÇÃO DE TUBOS E CONEXÕES

ITEM	DESCRIMINAÇÃO	QUANT.	DIAM. (mm)
TUBULAÇÃO DE SUÇÃO (ELEVATÓRIA)			
01	VALVULA DE PE C/ CRIVO COM FLANGE PN16	1	75
02	TUBO FAPA C/ FLANGES PN16 - L=2000	1	75
03	REDUTOR VOLANTE E FLANGE DN 100 PN16	1	75
04	REDUÇÃO FAPA PF DN 75 x 80 PN16	1	75/80
05	CONJUNTO MOTO-BOMBA	1	-
TUBULAÇÃO DE RECALQUE (ELEVATÓRIA)			
10	REDUÇÃO FAPA PF DN 75 x 80 PN16	1	75/80
11	VALVULA RETENÇÃO PORT. DUPLA FLANGE PN16	1	75
12	REDUTOR VOLANTE E FLANGE DN 100 PN16	1	75
13	OLIVA FAPA 90 PF PN16	2	75
14	TUBO FAPA C/ FLANGES PN16 - L=2000	1	75
15	TUBO FAPA C/ PF PN16 - L=1000	1	75
16	OLIVA FAPA 90 PF PN16	2	75
EXTRAVASOR E LIMPEZA (RESEVATÓRIO APOIADO)			
34	TUBO FAPA C/ FLANGE E PONTA PN 16 - L=2000	2	100
35	OLIVA FAPA 90 PF PN16	1	100
36	TUBO FAPA C/ FLANGE E PONTA PN 16 - L=2000	1	100
37	REDUTOR VOLANTE E FLANGE DN 100 PN16	1	100
DRENAZENAS (RELA 1)			
38	TUBO PVC BRANCO RIGIDO ESTRITO L=1,50m	1	200

LEGENDA:

- CONCRETO
- TERRENO NATURAL
- TUBULAÇÃO PROJETADA
- ALVENARIA



ITEM	DESCRIMINAÇÃO	QUANT.	DIAM. (mm)
TUBULAÇÃO DE SUÇÃO (ELEVATÓRIA)			
18	TUBO FAPA C/ FLANGES PN16 - L=2000	1	100
19	REDUTOR VOLANTE E FLANGE PN16	1	100
20	REDUÇÃO FAPA PF DN 100 x 80 PN16	1	100/80
21	CONJUNTO MOTO-BOMBA	1	-
TUBULAÇÃO DE RECALQUE (ELEVATÓRIA)			
22	REDUÇÃO FAPA PF DN 100 x 80 PN16 (ar bomba)	1	100/80
23	VALVULA RETENÇÃO PORT. DUPLA FLANGE PN16	1	100
24	REDUTOR VOLANTE E FLANGE PN16	1	100
25	OLIVA FAPA 90 PF PN16	2	100
26	TUBO FAPA C/ FLANGES PN16 - L=1000	1	100
27	TUBO FAPA C/ FLANGES PN16 - L=1000	1	100
28	EXTENSÃODE R/PT DN 100	1	100
29	PARAFUSO C/ PORCAS PARA FLANGES DN 16 x 80	50	-



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
 CAMPUS DE CRATEUS
 SISTEMA SIMPLIFICADO DE ABASTECIMENTO DE AGUA DA COMUNIDADE RURAL
 SÃO JOÃO DO TRICI - TAUAJÉ
 DETALHE DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA