



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ  
CAMPUS POETA TORQUATO NETO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E URBANISMO  
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**MARIA NAIR DE SOUSA SILVA**

**ANÁLISE TÉCNICA DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO HÍDRICO  
NO SETOR AGROPECUÁRIO: ESTUDO DE CASO APLICADO À  
DESEDENTAÇÃO ANIMAL**

**TERESINA**

**2025**

MARIA NAIR DE SOUSA SILVA

**ANÁLISE TÉCNICA DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO HÍDRICO NO SETOR  
AGROPECUÁRIO: ESTUDO DE CASO APLICADO À DESSEDENTAÇÃO ANIMAL**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Piauí como requisito para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Josélia de Carvalho Leão

TERESINA

2025

S586a Silva, Maria Nair de Sousa.

Análise técnica de sistema de abastecimento hídrico no setor agropecuário: estudo de caso aplicado à dessedentação animal /  
Maria Nair de Sousa Silva. - 2025.

102 f.: il.

Monografia (graduação) - Universidade Estadual do Piauí -  
UESPI, Bacharelado em Engenharia Civil, Campus Poeta Torquato  
Neto, Teresina-PI, 2025.

"Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Josélia de Carvalho Leão".

1. Abastecimento Animal. 2. Uso Consuntivo. 3. Bebedouros. 4.  
Sistema Hidráulico. 5. Eficiência Operacional. I. Leão, Josélia de  
Carvalho . II. Título.

CDD 627



**GORVERNO DO ESTADO DO PIAUÍ  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ  
CENTRO DE TECNOLOGIA E URBANISMO – CTU  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL – CEC**



**ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Aos vinte e quatro (24) dias do mês de junho de dois mil e vinte e cinco (2025), às quatorze horas (14:00h), na presença da Banca Examinadora presidida pela orientadora Professora Dra. Josélia de Carvalho Leão e pelos examinadores: Dra. Margarita Maria López Gil, e Engenheiro Especialista Pedro Marques de Melo Júnior, a discente **MARIA NAIR DE SOUSA SILVA**, apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso - TCC intitulado: “**Análise técnica de sistema de abastecimento hídrico no setor agropecuário: Estudo de caso aplicado à dessedentação animal**”, Palavras-chave: “Abastecimento animal, uso consuntivo, bebedouros, sistema hidráulico, eficiência operacional, análise topográfica”, como requisito curricular indispensável para a integralização do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. Após reunião, a Banca Examinadora deliberou e decidiu **aprovar ( X ) reprovar ( )** o referido trabalho, divulgando o resultado formalmente à aluna e demais presentes e, para constar, foi lavrada esta Ata, assinada pelos membros da banca e o discente.

---

Dra. Josélia de Carvalho Leão  
Orientadora

---

Dra. Margarita Maria López Gil  
Avaliador Interno

---

Eng. Esp. Pedro Marques de Melo Júnior  
Avaliador Externo

---

Maria Nair de Sousa Silva  
Discente

A Deus.

Aos meus avós, ao meu pai, à minha mãe e ao meu irmão.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho é fruto de uma caminhada árdua que foi, simultaneamente, desafiadora e transformadora. Olhar o caminho percorrido me faz sentir gratidão por todas as experiências vividas, pelas pessoas que caminharam ao meu lado e por aquelas que partiram deixando amor e saudade.

Agradeço primeiramente a Deus, por cada oração atendida, por permanecer sendo meu refúgio nos dias difíceis, minha força nos momentos de cansaço, minha esperança quando tudo parecia incerto e minha coragem para continuar acreditando que o estudo muda vidas.

À minha família, mesmo distante fisicamente, esteve presente em cada gesto de apoio, em cada ligação de vídeo, em cada mensagem de carinho e em cada oração silenciosa. A distância não foi fácil, mas o amor da minha família atravessou cada quilômetro e me sustentou até aqui.

Em especial, deixo meu amor e minha homenagem às minhas avós — uma do coração da minha mãe, Raimunda Alves Ribeiro (*in memoriam*) e outra do coração do meu pai, Maria Nair Teixeira da Silva (*in memoriam*) — que partiram durante esse processo. A dor da ausência se misturou à alegria das lembranças, e eu sigo com elas dentro de mim, como raízes que me sustentam e me fazem florescer. Este trabalho também é para vocês.

À professora Josélia de Carvalho Leão, minha orientadora, agradeço por sua escuta generosa, por cada orientação cuidadosa e por acreditar no meu caminho. Seu olhar sensível fez toda a diferença nesta jornada.

Aos professores e professoras que fizeram parte da minha formação acadêmica, deixo minha admiração e reconhecimento. Cada ensinamento foi uma semente lançada com dedicação.

Aos amigos e colegas que compartilharam comigo risos, medos, noites longas e aprendizados, obrigada por tornarem essa caminhada mais leve e humana.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste momento: minha mais profunda gratidão.

*"Sê forte e corajoso; não temas, nem te espantes, porque o Senhor, teu Deus, é contigo por onde quer que andares." (Josué 1:9)*

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise técnica de sistema de abastecimento hídrico aplicado à dessedentação animal, comparando o desempenho de um sistema existente com uma proposta de sistema otimizado para uma fazenda no estado do Maranhão. A pesquisa destaca a relevância da gestão do uso dos recursos hídricos no setor agropecuário, considerando o contexto de escassez hídrica e crescente demanda de água. A metodologia considerou o levantamento de dados de campo, análise topográfica, dimensionamento hidráulico e simulações utilizando o software CRede. A fazenda em questão, com rebanho expressivo de bovinos e equinos, foi analisada em seu setor sede, onde foram mapeados os componentes existentes, como poço artesiano, sistemas de bombeamento, reservatórios e rede de distribuição. A avaliação do sistema atual identificou deficiências como locação ineficiente de reservatórios, resultando em perdas operacionais e baixo desempenho técnico. Em contrapartida, o sistema proposto mostrou-se mais eficiente ao adotar critérios de pressão compatíveis com os materiais utilizados, segmentação hidráulica por zonas e otimização energética por meio de um sistema híbrido de bombeamento. Do ponto de vista hidráulico, houve também uma otimização no dimensionamento das tubulações, com aumento na proporção de trechos utilizando diâmetros de 50 mm, mais adequados às vazões de projeto, e redução nos trechos com diâmetros de 75 mm e 100 mm, contribuindo para a melhoria do regime de pressões. Além de atender às demandas hídricas da atividade pecuária, a proposta representa uma contribuição prática para a gestão sustentável da água no meio rural. O estudo reforça a necessidade de projetos tecnicamente embasados como ferramenta de modernização e sustentabilidade no campo.

**Palavras-chave:** Abastecimento animal, uso consuntivo, bebedouros, sistema hidráulico, eficiência operacional, análise topográfica.

## **ABSTRACT**

This study presents a technical analysis of a water supply system applied to livestock watering, comparing the performance of an existing system with an optimized proposal for a farm located in the state of Maranhão, Brazil. The research highlights the importance of water resource management in the agricultural sector, considering the context of water scarcity and increasing water demand. The methodology included field data collection, topographic analysis, hydraulic design, and simulations using the CRede software. The farm under study, with a significant herd of cattle and horses, was analyzed in its central sector, where existing components such as artesian well, pumping systems, reservoirs, and distribution network were mapped. The evaluation of the current system identified shortcomings such as inefficient reservoir placement, resulting in operational losses and low technical performance. In contrast, the proposed system proved to be more efficient by adopting pressure criteria compatible with the materials used, hydraulic segmentation by zones, and energy optimization through a hybrid pumping system. From a hydraulic perspective, there was also an improvement in pipeline sizing, with an increase in the proportion of segments using 50 mm diameters, more suitable for the design flows, and a reduction in segments with 75 mm and 100 mm diameters, contributing to better pressure regulation. In addition to meeting the water demands of livestock activities, the proposed system offers a practical contribution to sustainable water management in rural areas. The study reinforces the need for technically grounded projects as tools for modernization and sustainability in the countryside.

**Keywords:** Livestock water supply, consumptive use, drinking troughs, hydraulic system, operational efficiency, topographic analysis.

## **SUMÁRIO DE SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
BNDES	Banco de Desenvolvimento Econômico e Social
CEAA	Contas Econômicas Ambientais da Água
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
DN	Diâmetro Nominal
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESALQ	Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
SNIS	Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SUDERHSA	Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
USP	Universidade de São Paulo

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Fazenda Viamão no Maranhão .....	40
Figura 2: Localização da Fazenda Viamão no Aquífero Subterrâneo Itapecuru .....	41
Figura 3: Delimitação do Setor Sede da Fazenda Viamão.....	42
Figura 4: Modelo digital indicando topografia do terreno.....	43
Figura 5: Divisão em zonas para fins de cálculo da rede de distribuição – Zona 1.	45
Figura 6: Divisão em zonas para fins de cálculo da rede de distribuição – Zona 2.	46
Figura 7: Divisão em zonas para fins de cálculo da rede de distribuição – Zona 3.	47
Figura 8: Divisão em zonas para fins de cálculo da rede de distribuição – Zona 4.	48
Figura 9: Planta de layout do sistema de abastecimento existente.....	49
Figura 10: Outorga de direito de uso de recursos hídricos.....	50
Figura 11: Reservatório Primário e Sistemas Eletromecânico B1 e B2.....	51
Figura 12: Reservatório Secundário.....	51
Figura 13: Bebedouro.....	51
Figura 14: Esquematização do sistema de abastecimento hídrico existente .....	53
Figura 15: Reservatório Secundário com Sistema Eletromecânico (B3).....	54
Figura 16: Esquematização de solução para sistema de abastecimento hídrico ....	62
Figura 17: Ilustração da situação 1 .....	69
Figura 18: Seleção de bomba submersa modelo S30-12 760 .....	70
Figura 19: Ilustração da situação 2 .....	72
Figura 20: Seleção de bomba submersa modelo RS30-07 710 .....	73
Figura 21: Seleção de motobomba não afogada modelos VME-208200 .....	74
Figura 22: Ilustração da situação 3 .....	77
Figura 23: Seleção de motobomba não afogada modelos VME-9875 e VME-912100 .....	79

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Consumo <sup>1</sup> da água para dessedentação animal (l/dia/animal).....	21
Quadro 2: Perdas localizadas expressas em diâmetros de canalização retilínea .....	35
Quadro 3: Descrição do Sistema de Abastecimento Existente .....	51
Quadro 4: Resumo - Levantamento Quantitativo .....	52
Quadro 5: Histórico de rebanho bovino da Fazenda Viamão.....	56
Quadro 6: Demanda hídrica por animal .....	56
Quadro 7: Demanda hídrica - área total destinada à pastagem.....	57
Quadro 8: Demanda hídrica - área de estudo .....	57
Quadro 9: Resumo de demanda hídrica .....	58
Quadro 10: Determinação do volume útil através de volumes diferenciais .....	59
Quadro 11: Resumo de Considerações de Projeto .....	59
Quadro 12: Cálculo de cone de depressão e nível dinâmico .....	60
Quadro 13: Pressões Mínimas e Máximas.....	64
Quadro 14: Levantamento quantitativos das tubulações.....	65
Quadro 15: Resumo de resultados de dimensionamento .....	66
Quadro 16: Resumo de demanda hídrica .....	67
Quadro 17: Dimensionamento de adutoras.....	68
Quadro 18: Simulação da situação 1 .....	70
Quadro 19: Avaliação de rendimento para bomba selecionada na situação 1.....	71
Quadro 20: Comprimentos equivalentes (recalque poço e succão).....	72
Quadro 21: Simulação da situação 2 .....	73
Quadro 22: Avaliação de rendimento para bomba selecionada na situação 2.....	74
Quadro 23: Simulação da situação 3 .....	78
Quadro 24: Avaliação de rendimento para bomba selecionada na situação 3.....	79
Quadro 25: Pesquisa de preço para tubulação de adução e rede de distribuição existente .....	87
Quadro 26: Levantamento de tubulação de adução .....	88
Quadro 27: Levantamento de custo de tubulação rede de distribuição existente .....	88
Quadro 28: Levantamento de custo de tubulação de adução proposta .....	88
Quadro 29: Levantamento de custo de tubulação rede de distribuição proposta....	88

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1. Justificativa .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1. Objetivos.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.1 <i>Objetivo geral</i>.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>.....</b>	<b>17</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1. O Setor Agropecuário e o Uso de Recursos Hídricos .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.1 <i>Panorama atual do setor agropecuário .....</i></b>	<b>18</b>
<b>2.1.2 <i>Uso de recursos hídricos no setor agropecuário .....</i></b>	<b>19</b>
<b>2.2. Desafios Hídricos no Brasil.....</b>	<b>22</b>
<b>2.3. Abastecimento Hídrico no Agronegócio.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4. Rede de Distribuição Hídrica .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.1. <i>Conceito .....</i></b>	<b>24</b>
<b>2.4.2. <i>Aplicação .....</i></b>	<b>26</b>
<b>2.5. Dimensionamento de Reservatórios .....</b>	<b>27</b>
<b>2.6. Cone de depressão .....</b>	<b>29</b>
<b>2.7. Dimensionamento de rede de distribuição .....</b>	<b>30</b>
<b>2.8. Dimensionamento de Sistema Eletromecânico.....</b>	<b>30</b>
<b>2.6.1. <i>Tipologia de bombas.....</i></b>	<b>31</b>
<b>2.6.2. <i>Dimensionamento de tubulação de recalque e sucção .....</i></b>	<b>33</b>
<b>2.6.3. <i>Altura total de elevação e altura manométrica .....</i></b>	<b>33</b>
<b>2.6.4. <i>Potência do conjunto elevatório .....</i></b>	<b>37</b>
<b>2.6.5. <i>Curva característica .....</i></b>	<b>37</b>
<b>2.9. Software CRede.....</b>	<b>38</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>39</b>

3.1.	<b>Caracterização da Área de Estudo .....</b>	39
3.2.	<b>Levantamento de Demanda Hídrica .....</b>	43
3.3.	<b>Descrição do Sistema de Abastecimento Hídrico.....</b>	43
3.4.	<b>Critérios para Avaliação da Rede de Distribuição .....</b>	44
4.	<b>RESULTADOS .....</b>	49
4.1.	<b>Avaliação do Sistema de Abastecimento Existente.....</b>	49
4.1.1.	<i>Descrição dos componentes do sistema .....</i>	49
4.1.2	<i>Mapeamento da trajetória do fluxo hídrico .....</i>	52
4.2.	<b>Dimensionamento de Sistema de Abastecimento Hídrico .....</b>	56
4.2.1.	<i>Levantamento da Demanda Hídrica.....</i>	56
4.2.2.	<i>Rebaixamento de Lençol Freático .....</i>	60
4.2.3.	<i>Estudo da Topografia da Área de Estudo .....</i>	61
4.2.3.	<i>Dimensionamento do Sistema de Abastecimento Proposto .</i>	64
I.	<i>Rede de Distribuição .....</i>	64
II.	<i>Adução e Sistema eletromecânico .....</i>	67
4.3.	<b>Análise comparativa entre Sistema de Abastecimento Existente e o Sistema Proposto .....</b>	80
4.3.1.	<i>Comparativo entre reservatórios .....</i>	80
4.3.2.	<i>Comparativo entre Sistemas Eletromecânicos.....</i>	80
4.3.3.	<i>Comparativo entre Adutoras .....</i>	81
4.3.4.	<i>Comparativo entre Redes de Distribuição .....</i>	82
4.3.4.	<i>Levantamento de Custos em Termos de Tubulação.....</i>	86
5.	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	89
6.	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	91
	<b>APÊNDICES.....</b>	96

## **1. INTRODUÇÃO**

O estudo sobre a otimização de sistemas de abastecimento hídrico no setor agropecuário é hodiernamente relevante, uma vez que o Brasil, apesar de sua grande disponibilidade de água em algumas regiões, enfrenta crescentes desafios relacionados à escassez hídrica e à irregularidade nas chuvas. Nesse sentido, é oportuno destacar que a expansão do setor agropecuário impacta diretamente no crescimento exponencial da demanda por água. Evidencia-se, assim, a importância de otimizar o uso da água para garantir que o desenvolvimento do setor mencionado seja sustentável e que as necessidades deste sejam atendidas de forma eficiente.

A partir do período colonial, a dinâmica de produtos agropecuários sempre participouativamente do histórico econômico brasileiro. Inicialmente, a ocupação do território nacional foi, em grande parcela, consequência da expansão da área ocupada por diferentes atividades agropecuárias. Nesse sentido, a evidente importância do setor agropecuário no desenvolvimento da economia brasileira é configurada a partir de algumas características, como a extensão do território e a ausência de invernos rigorosos. O crescimento populacional junto à industrialização e à expansão agrícola ocorridos no país a partir das décadas finais do século XIX, acarretou o aumento considerável da demanda hídrica nesse período e o Estado, consequentemente, foi gradativamente criando um arcabouço jurídico-institucional para regular diversos aspectos relacionados ao uso dos recursos hídricos, como critérios de distribuição, formas de provimento e formas de custeio das obras de engenharia executadas para permitir o acesso de crescentes contingentes populacionais à água (Castro, 2022).

A dinâmica supracitada se potencializou ao longo do tempo, assim, a engenharia iniciou a atuação no desenvolvimento de tecnologias mais eficientes, mais rápidas e menos onerosas para transportar mais água em menor espaço de tempo e para reservatórios. Dessa forma, desenvolveu-se os sistemas de adutoras, que elevam a água por um conduto forçado entre as unidades de um sistema de abastecimento que precedem a rede de distribuição, de acordo com o Ministério da Saúde (2004).

No panorama atual, marcado pela crescente necessidade de adaptação dos projetos de engenharia ao uso e racionamento de recursos hídricos — impulsionada pela rápida modernização do setor agropecuário — a relevância deste trabalho é

evidente. Por esse viés, o objetivo deste é avaliar a eficiência do desempenho técnico de um sistema de abastecimento hídrico em uma fazenda localizada no estado do Maranhão. Nesse contexto, destaca-se a importância de um dimensionamento adequado da rede de distribuição, uma vez que falhas nesse processo podem resultar em rompimentos de tubulações, o que acarreta em desperdício e descontrole no uso dos recursos hídricos. Além disso, este estudo visa fornecer subsídios para o desenvolvimento de projetos futuros de infraestruturas com a finalidade de atender às demandas da produção rural mais eficiente e competitiva.

### **1.1. Justificativa**

As atividades agropecuárias são frequentemente vinculadas à escassez de água, seja devido ao desperdício causado pela gestão inadequada dos recursos hídricos, pelos impactos negativos ao meio ambiente, ou pela falta de transparência quanto ao volume de água utilizado e efetivamente consumido no sistema econômico (Montoya e Finamore, 2020, p.442).

A respeito, segundo a Agência Nacional da Águas (ANA, 2020), as Contas Econômicas Ambientais da Água (CEAA), em 2020, informam que, dos 4.157.826 hectômetros cúbicos de água ( $hm^3/ano$ ) usada na economia brasileira, 13%, isto é, 547.064  $hm^3$  foram consumidas pelos processos produtivos do agronegócio no Brasil. Desse modo, o volume hídrico consumido no âmbito agropecuário do país ocupa uma posição importante em relação ao volume de água total utilizado sistema econômico brasileira.

Em âmbito nacional, ainda conforme as Contas Econômicas Ambientais da Água (CEAA), em 2020, a atividade econômica que mais contribuiu para o volume total de retirada de água para uso não consuntivo foi Eletricidade e gás. O uso não consuntivo é caracterizado quando a maior parte da água captada por uma atividade é retornada ao meio ambiente na mesma quantidade e qualidade da captação. Considerando as retiradas de águas superficiais e águas subterrâneas pelas atividades econômicas para uso consuntivo, o total captado foi de 71,2 mil  $hm^3$ . Nesse cenário, a agricultura, pecuária, produção florestal e aquicultura foram as principais responsáveis pela retirada hídrica de 58,2%, seguidas das atividades de captação,

tratamento e distribuição de água (27,9%) e indústrias de transformação e construção (8,4%).

Conforme o cenário exposto, considerando que os sistemas de abastecimento hídrico no setor agropecuário são usuários de recursos hídricos, são necessárias pesquisas para desenvolvimento tecnológico direcionadas aos projetos de concepção, uso e manejo destes sistemas para que haja aplicação técnico-científica e prática, com o intuito de garantir o avanço do conhecimento quanto à gestão adequada do consumo hídrico. Nesse viés, devido à crescente demanda de água acarretada pelo crescimento do setor agropecuário, há a necessidade de otimizar o uso dos recursos hídricos.

À vista da ótica elencada, o presente trabalho de pesquisa é justificado a partir da carência de estudos na área de abastecimento hídrico direcionadas ao setor agropecuário. Nesse sentido, há baixa divulgação pela comunidade acadêmica, a maior parte dos estudos que se tem sobre este tema não foram publicados, por se tratar de documentos de domínio privado. Desta forma, nota-se a necessidade de se estudar e avaliar metodologias de dimensionamento, para relacionar a atuação da Engenharia Civil junto ao funcionamento de uma adutora que otimizem os sistemas de abastecimento de água destinado ao consumo animal.

## **1.1. Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo geral***

O presente trabalho tem como objetivo uma avaliação do desempenho técnico de um sistema de abastecimento hídrico para dessedentação animal, realizada por meio de análise técnica desenvolvida a partir do comparativo entre projeto dimensionado adequadamente e um sistema já existente em uma fazenda situada no Maranhão.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

Dessa maneira, são objetivos específicos desse trabalho:

- Avaliar o desempenho técnico do sistema de abastecimento hídrico animal existente;
- Dimensionar um sistema otimizado para dessedentação animal com base na demanda hídrica e topografia local;
- Comparar o desempenho entre o sistema atual e o proposto, considerando eficiência e perdas;
- Utilizar ferramentas computacionais para simulação e análise hidráulica;
- Contribuir com diretrizes técnicas para projetos de abastecimento rural.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. O Setor Agropecuário e o Uso de Recursos Hídricos**

#### ***2.1.1 Panorama atual do setor agropecuário***

Conforme Guimarães e Pereira, respectivamente, gerente setorial e economista do Departamento de Agroindústria da Área Agropecuária e de Inclusão Social do Banco de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), a agropecuária consiste em atividades humanas direcionadas ao cultivo da terra (agricultura) e à criação de animais (pecuária). Nesse sentido, entende-se que o ramo agropecuário abrange desde a produção de alimentos destinados ao consumo humano até a alimentação de animais e a produção de matérias-primas industriais. Por esse viés, o fornecimento de água tratada é substancial à saúde animal e, por conseguinte, à saúde humana.

O Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro, calculado pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), da Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP), em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), em 2024, a contribuição do setor agropecuário na economia foi de 21,8%. Entende-se, assim, que o agronegócio brasileiro constitui um dos pilares da economia nacional, o qual abrange um conjunto diversificado de atividades que impulsionam o desenvolvimento econômico e social do país.

O agronegócio abrange desde o fornecimento de insumos, máquinas e equipamentos essenciais para a agropecuária, até a produção agropecuária em si, o setor demonstra uma forte interdependência entre suas etapas. Dessa forma, a agroindústria, responsável pela industrialização de produtos primários, e a indústria de processamento secundário, que agrega ainda mais valor às mercadorias, ampliam a competitividade dos produtos brasileiros no mercado global. Além disso, o transporte e a comercialização desses bens, sejam esses primários ou processados, asseguram sua distribuição eficiente e consolidam a posição do Brasil como um dos maiores exportadores mundiais de produtos agropecuários. Por esse viés, o agronegócio transcende a produção rural, configurando-se como um complexo sistema econômico

e estratégico para o desenvolvimento sustentável e a geração de riqueza no país (Guimarães e Pereira, 2018, p.25).

### **2.1.2 Uso de recursos hídricos no setor agropecuário**

Conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2025), os recursos hídricos são todas as águas provenientes da superfície ou subsuperfície da Terra, e que pode ser utilizada em um determinado uso ou atividade, também pode ser considerado um bem econômico. Desse modo, a água é essencial para produção animal, embora ainda haja o manejo inadequado do recurso, assim, os resultados são desperdícios e impactos ambientais negativos.

É oportuno pontuar acerca do conceito de Pegada Hídrica. Essa se trata de uma ferramenta desenvolvida para o cálculo da água necessária para produção de *commodities*, que representa o volume anual total de água utilizada para produzir os bens e serviços relacionados ao consumo. Este conceito foi introduzido por Hoekstra e Hung (2002), como um indicador para mapear o impacto do consumo humano em recursos globais de água doce (Wichelns, 2010; Hoekstra et al., 2009, apud Bleninger e Kotsuka, 2014).

O indicador mencionado é dividido em três componentes principais: Pegada Hídrica Verde, Azul e Cinza. A Pegada Hídrica Verde refere-se à água proveniente da chuva ou presente na umidade do solo, sendo especialmente relevante para produtos agrícolas. Esse componente corresponde ao total de água evaporada dos campos durante o crescimento das culturas, incluindo tanto a transpiração das plantas quanto outras formas de evaporação. A Pegada Hídrica Azul, por sua vez, abrange as águas superficiais e subterrâneas. No contexto industrial e no abastecimento doméstico, representa o volume de água retirado de fontes de água doce. Na agricultura, inclui ainda a evaporação decorrente da irrigação nos campos. Por fim, a Pegada Hídrica Cinza corresponde à água que se torna poluída durante os processos produtivos. Essa é definida como o volume necessário para diluir os poluentes a níveis aceitáveis, conforme padrões de qualidade e potabilidade. Embora a Água Cinza não represente uma entrada efetiva de água no sistema, esta integra o cálculo da Pegada Hídrica por expressar o volume necessário para neutralizar completamente os impactos

ambientais lançados nos corpos hídricos (Wichelns, 2010; Hoekstra et al., 2009, apud Bleninger e Kotsuka, 2014).

A água destinada à dessedentação animal está inserida no conceito de água azul, essa é extraída de fontes superficiais e subterrâneas e pode ser aplicada também na irrigação das culturas vegetais e na lavagem de instalações e equipamentos. Além disso, a água de dessedentação animal é classificada como de consumo direto, ou seja, contribui diretamente para a produção do produto, ao contrário da água de consumo indireto, que é consumida na produção dos alimentos fornecidos aos animais (Palhares, 2019).

De acordo com a linha de pesquisa de Palhares (2019), pesquisador da EMBRAPA, para dimensionar o consumo de água para dessedentação de animais, é necessário a especificação de cada espécie consumidora, das categorias animais que fazem parte do sistema de produção e das condições climáticas. Nesse viés, o pesquisador analisou dados de referência da literatura de diferentes estados brasileiros acerca da demanda nacional de água para dessedentação de animais, no período 2011-2016. Os dados analisados são de autoria da Agência Nacional de Águas (ANA) e da Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA). Como resultado da análise, foi apresentada o Quadro 1 como uma forma mais precisa, visto que esta apresenta dados considerando cada categoria animal e o consumo de água por fases de desenvolvimento ou peso do animal.

Conforme Araújo (2007), o consumo hídrico de equinos é de 30 a 45 litros para adultos ou 2-3 litros por kg de matéria seca consumida. Existe estreita relação entre clima, exercício e consumo de água. A variação em função do trabalho vai de 37 litros de água, para cavalos em repouso, e até 58 litros para cavalos em trabalho pesado (Nunes, 1998 apud Araujo, 2007).

A precisão dessas informações é importante para o dimensionamento e adequação legal da propriedade, visto que é essencial para a solicitação de outorga de uso da água pelo usuário rural. Conforme o artigo 11 da Lei 9.433/1997, “o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água”. A outorga é um instrumento de gestão dos recursos hídricos utilizado pelos órgãos federais e estaduais a fim de propiciar o uso racional da água.

É um ato administrativo, de autorização ou concessão, mediante o qual o Poder Público faculta ao outorgado (usuário) fazer uso da água por determinado tempo, finalidade e condição expressa no respectivo ato.

Quadro 1: Consumo<sup>1</sup> da água para dessedentação animal (l/dia/animal)

Grupo animal	Caracterização	Valor mínimo (l)	Valor máximo (l)
Bovinos de corte	Até 250 kg <sup>2</sup>	22	27
	Até 370 kg <sup>2</sup>	30	50
	Até 455 kg <sup>2</sup>	41	78
Bovinos de leite	Vaca em lactação	64	64
	Vaca e novilha no final da gestação	51	51
	Vaca seca e novilha gestante	45	45
	Bezerro lactante (a pasto)	12	12
Suínos	Até 55 dias de idade	2,5	2,5
	De 56 a 95 dias de idade	5	10
	De 96 a 156 dias de idade	5	12
	Fêmeas em gestação	5	20
	Fêmeas em lactação	15	30
	Machos	10	20
Aves de corte	Frangos e frangas	0,19	0,27
	Poedeiras	2,5	2,5
Equinos e Asininos	Ciclo Completo	20	60

<sup>1</sup>Nas quantidades apresentadas, não foi considerado o gasto com a lavagem das instalações.

<sup>2</sup>Considerando intervalos de temperaturas de 21 °C a 32 °C

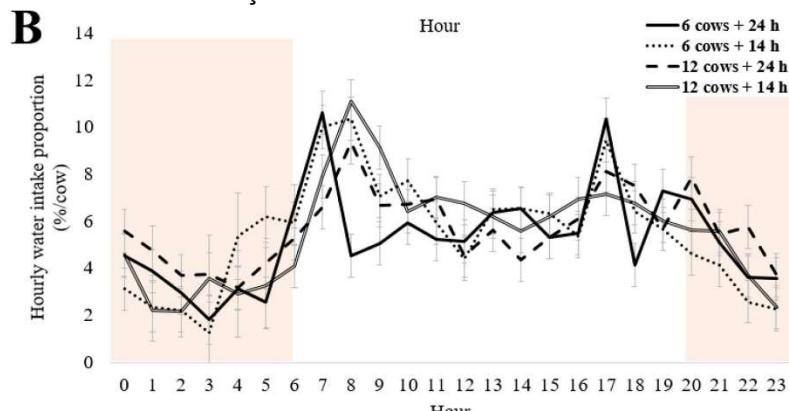
Fonte: Adaptado Palhares, pesquisador da EMBRAPA, 2019

Além da quantidade consumida, os horários de picos de dessedentação animal, isso é, os horários em que os animais são mais propensos a beber água é um parâmetro fundamental para o planejamento do sistema de abastecimento hídrico. Isso influencia diretamente no dimensionamento dos bebedouros, layout da rede e tempo de recarga dos reservatórios. A disponibilidade contínua de água reduz o tempo de espera dos animais e melhora o conforto térmico e o desempenho produtivo (Nizzi *et al.*, 2022).

Estudo conduzido por Nizzi *et al.* (2022) demonstrou que o consumo hídrico de vacas leiteiras varia com o tempo de disponibilidade de alimento. O estudo indicou picos diários em que as vacas eram mais propensas a beber foram após a alimentação e ordenha da manhã e o segundo após a ordenha da tarde. Globalmente, as vacas consumiram uma proporção maior de sua ingestão diária de água durante o dia (das

07:00 h às 19:00 h) e uma proporção menor durante a noite (das 20:00 h às 04:00 h), conforme indica o Gráfico 1.

Gráfico 1: Distribuição de consumo hídrico animal durante o dia



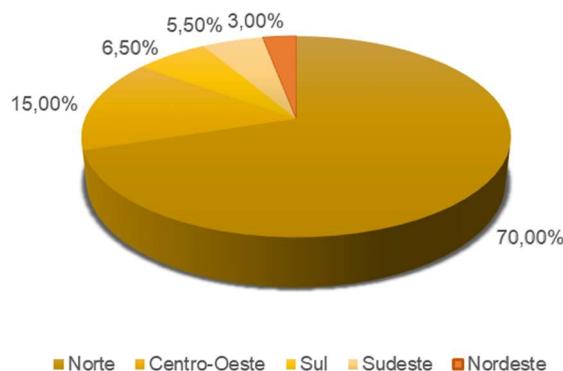
Fonte: Nizzi et al. (2022)

## 2.2. Desafios Hídricos no Brasil

Uma parcela importante da literatura aponta que, embora a disponibilidade total de recursos hídricos no planeta seja suficiente para suprir as demandas da produção de alimentos, a distribuição hídrica é geograficamente desigual, tanto entre diferentes regiões do mundo quanto dentro de um mesmo país como o Brasil, por exemplo, conforme indica o Gráfico 2. Essa disparidade cria desafios significativos para o gerenciamento e o uso sustentável da água, especialmente em áreas onde a escassez hídrica coincide com altas demandas agrícolas ou populacionais.

Gráfico 2: Distribuição hídrica no Brasil

**Distribuição Hídrica no Brasil**

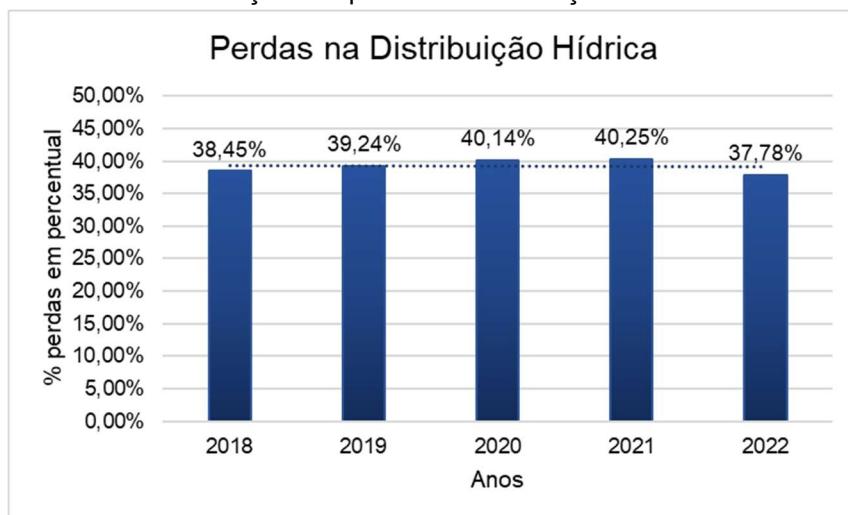


Fonte: Elaboração própria com base em dados do Instituto de Pesquisa Aplicada (Ipea) (2022)

No Brasil, em 2020, segundo as Contas Econômicas Ambientais da Água (CEAA), as adições no estoque total de água foram de 24,9 milhões de hm<sup>3</sup>. Considerando apenas as águas superficiais e subterrâneas para uso consuntivo, verifica-se a seguinte distribuição de retirada de água em 2020: Sudeste (34,3%), Sul (25,8%), Nordeste (22,2%), Centro-Oeste (10,3%) e Norte (7,4%). Portanto, é importante destacar que a participação das atividades econômicas na retirada total de águas superficiais e subterrâneas é diferente em cada Região, a depender da atividade econômica e da disponibilidade hídrica.

Outro fator importante em relação aos desafios da distribuição hídrica nas zonas de abundância são os desperdícios. No cenário atual, marcado por recorrentes déficits hídricos em várias regiões do Brasil, a urgência em conter essas perdas se torna ainda mais evidente. Segundo o Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento (SNIS), os municípios com índices de perdas abaixo de 25% são considerados exemplos de excelência, mas os números nacionais revelam uma realidade menos otimista. Conforme análise de dados do SNIS realizada pelo Instituto Trata Brasil (2024), em 2022, pode ser observada a evolução das perdas na distribuição do Brasil no mesmo período, 2018–2022, presente no Gráfico 3. Nesse aspecto, embora a última observação, 37,78%, situe-se em patamar inferior a primeira, 38,45%, a evolução de somente 0,67 ponto percentual foi tímida. Portanto, observa-se que o valor mais recente ainda é significativamente superior àquela meta de 25%.

Gráfico 3: Evolução das perdas na distribuição hídrica no Brasil



Fonte: Instituto Trata Mais Brasil (2024)

Embora o gráfico em apreço demonstre dados de abastecimento público, é oportuno inferir que o comportamento no meio rural é similar. Entre os principais motivos do desperdício de água no agronegócio brasileiro é possível destacar a presença de sistemas de abastecimentos executados inadequadamente e a comum falta de controle na quantidade de água utilizada nas atividades econômicas. Os impactos negativos disso refletem sobre todo o ecossistema local, visto que há o risco de rebaixamento dos lençóis freáticos no decorrer dos anos, devido à ausência de chuvas.

### **2.3. Abastecimento Hídrico no Agronegócio**

No setor agropecuário, o planejamento adequado das instalações dos dispositivos que constituem o sistema de abastecimento e a administração diligente dos recursos hídricos são essenciais para dessedentação animal. A performance do sistema de abastecimento hídrico depende da qualidade e durabilidade dos componentes e, consideravelmente, dos cálculos de perda de carga admissíveis durante o dimensionamento de rede (Porto, 2006). Nesse processo, de dimensionamento, em que há diferentes possibilidades de diâmetros e, consequentemente, diferentes perdas de cargas admissíveis para a tubulação, objetiva-se encontrar a solução adequada. À vista disso, as ferramentas matemáticas de otimização, como o software CRede, são úteis na resolução do complexo impasse. O cálculo iterativo efetuado para obter maior precisão no dimensionamento dos elementos que integra o sistema de abastecimento hídrico, tem o intuito de diminuir e adequar os custos de produção, sem desperdício de água e energia de bombeamento, favorece os anseios da sociedade e o setor agropecuário, uma vez que a receita do produtor é maximizada com os custos de investimentos e manutenção minimizados.

### **2.4. Rede de Distribuição Hídrica**

#### **2.4.1. Conceito**

Um sistema de distribuição de água é o conjunto de tubulações, acessórios, reservatórios, bombas, entre outros elementos que o compõem. Estes têm a finalidade de atender, dentro de condições sanitárias, de vazão e pressão convenientes, a cada um dos diversos pontos de consumo de uma cidade ou setor de abastecimento.

Evidencia-se, portanto, a partir da função do porte do problema, o sistema de abastecimento torna-se bastante complexo, não só quanto ao dimensionamento, mas também quanto à operação e manutenção. Refere-se, em geral, à parte mais onerosa do projeto global de abastecimento, exigindo considerável atenção do projetista no que concerne aos parâmetros do sistema, hipóteses de cálculo assumidas e metodologias, de modo a obter um projeto eficiente (Porto, 2006).

As adutoras são as canalizações constituintes do sistema de abastecimento de água, essas têm o intuito de interligar as tomadas de água, estações de tratamento e reservatórios, geralmente na sequência indicada. Esse tipo de canalização não possui derivação para alimentarem distribuidores de rua ou ramais prediais. No entanto, em alguns sistemas a adutora principal pode ser dividida em subadutoras responsáveis por abastecer outros pontos do sistema (Corrêa, 2014, *apud* Claudino, *et al*, 2019).

Nos sistemas de abastecimento utiliza-se a disponibilidade de cotas topográficas favoráveis ao escoamento por gravidade, no qual há o aproveitamento da energia potencial de posição para o transporte da água. No entanto, em muitos casos, não há esta disponibilidade de cotas topográficas, sendo necessário transferir energia para o líquido por meio de um sistema eletromecânico, isto é, um conjunto de tubulações, acessórios, bombas e motores, cuja função é elevar determinada vazão de água de um reservatório inferior R1, situado na cota Z1, até um reservatório superior R2, localizado em uma cota Z2, onde  $Z2 > Z1$ . Nos casos mais comuns de sistemas de abastecimento de água, ambos os reservatórios estão abertos para a atmosfera e com níveis constantes, o que permite tratar o escoamento como permanente (Porto, 2006).

O Teorema de Stevin estabelece que a diferença de pressão entre dois pontos de um líquido em equilíbrio estático é proporcional à diferença de profundidade entre esses pontos, multiplicada pelo peso específico do líquido. Com base nesse Teorema, define-se o conceito de carga de pressão como a altura equivalente de uma coluna de fluido capaz de gerar determinada pressão. No caso da água, essa grandeza é expressa comumente em metros de coluna de água (mca) (Azevedo Neto, 2015).

O escoamento em pressão ou forçado de um fluido ocorre no interior das tubulações, ocupando integralmente sua área geométrica, sem contato com o meio externo. A pressão exercida pelo líquido sobre a parede da tubulação é diferente da

atmosférica e qualquer perturbação do regime, em uma seção, poderá dar lugar a alterações de velocidade e pressão nos diversos pontos do escoamento, mas sem modificações na seção transversal. O escoamento citado pode ocorrer pela ação da gravidade ou através de bombeamento. Desse modo, o líquido em escoamento é sujeito à ação de forças da gravidade e forças de contato (pressão de atrito) e está associado, portanto, a uma perda de energia ou perda de carga no escoamento de um fluido real (Porto, 2006).

#### **2.4.2. Aplicação**

Em um projeto hidráulico de uma rede de distribuição, por gravidade ou por bombeamento, deve haver um equilíbrio entre os requisitos técnicos de desempenho e segurança e o custo global do sistema. Além disso, o custo da unidade de comprimento de uma tubulação depende, basicamente, de seu peso, que é função do diâmetro interno e da espessura da parede e do material, e também de custos indiretos, como transporte, mão-de-obra, assentamento em valas, entre outros serviços que compõem o processo executivo. O diâmetro interno é uma variável que está relacionada às condições hidráulicas para garantir o transporte de uma certa vazão, enquanto a espessura deve ser fixada em função dos esforços, devido à pressão interna a qual o material será submetido (Porto, 2006).

Para o caso de necessidade de sistema eletromecânico, o princípio básico dessa transferência da energia recebida pela bomba, de uma fonte externa, ao fluido é a existência, no corpo ou caixa da máquina, de uma roda ou rotor que, ao girar comunica ao fluido aceleração centrífuga e consequente aumento de pressão. A ação do rotor apresenta uma relação entre força e deslocamento, isto é, orienta a trajetória das partículas dentro do corpo da bomba, desde a seção de entrada até a saída, conforme a forma da trajetória do líquido, no seu interior (Porto, 2006).

Outro ponto importante a considerar para um dimensionamento mais adequado são as definições que asseguram a eficácia do sistema no atendimento às exigências do projeto e tornem o sistema econômico nos custos de instalação e operação. Nesse viés, a seleção de tubos de pequeno diâmetro implica em menores custos de instalação, mas maiores custos operacionais, principalmente devido ao

maior consumo elétrico, dado que a potência instalada é função da perda de carga (Azevedo Netto, 2015).

## 2.5. Dimensionamento de Reservatórios

O dimensionamento de reservatórios em sistemas de abastecimento com adução intermitente deve garantir que a demanda dos consumidores seja atendida integralmente, mesmo quando a água é fornecida em apenas parte do dia. Em muitos contextos, especialmente em áreas rurais ou sistemas simplificados, não se dispõe de dados sobre o horário de consumo. Nesses casos, é necessário adotar metodologias alternativas baseadas em suposições práticas e conservadoras.

Para o dimensionamento da capacidade dos reservatórios, determina-se considerando alguns fatores, dentre esses será considerado nesse trabalho:

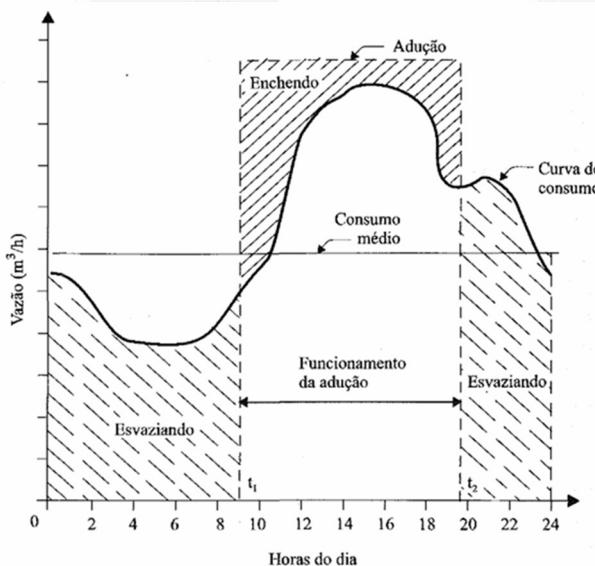
- Volume para atender às variações de consumo de água;
- Volume para emergências.

Segundo Tsutiya (2006), o volume para atender às variações diárias de consumo é denominado de volume útil. Esse volume é compreendido entre o nível máximo (maior nível que pode ser atingido em condições normais de operação) e o nível mínimo (correspondente à lâmina necessária para evitar vórtices, cavitação e arraste de sedimentos do fundo do reservatório). O cálculo do volume útil pode ser feito através dos seguintes métodos:

- Quando se dispõe da curva de consumo;
- Quando não se dispõe da curva de consumo.

Com acesso a curva de consumo, o volume útil é calculado considerando-se a adução contínua ou intermitente ao reservatório. Pode-se, também, determinar o volume de reservação por meio do diagrama de massa (gráfico dos volumes acumulados). A Gráfico 4 apresenta a curva de consumo de um setor de abastecimento de água no dia mais desfavorável e a reta correspondente à vazão de adução para um intervalo de tempo de funcionamento de t horas.

Gráfico 4: Capacidade do reservatório em função da curva do consumo e adução intermitente



Fonte: Tsutiya, 2006

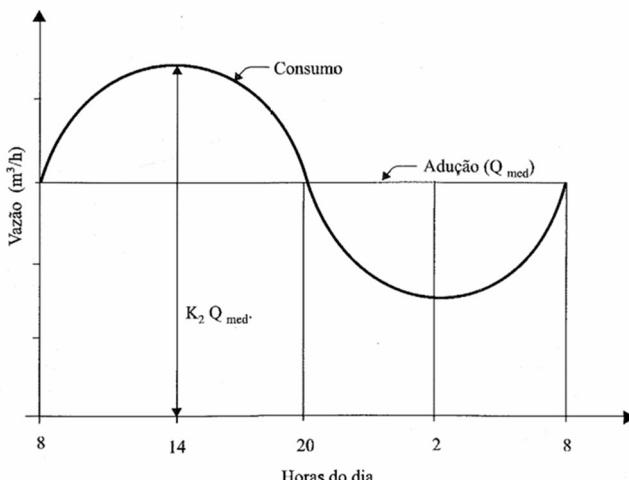
Para a situação de abastecimento rural, geralmente, é inexistente a curva de consumo. Nesse caso, é feita uma hipótese de variação da curva de consumo. Uma delas é admitir a forma senoidal, conforme se observa na Gráfico 5. Considera-se, V o volume de água consumido em um dia de maior consumo, V/24 representa a vazão média nesse dia. A equação da senóide é representada por:

$$Q = (K_2 - 1) * \frac{V}{24} * \sin\left(\frac{\pi}{12}\right) + \frac{V}{24} \quad \text{Equação 1}$$

V: Volume de consumo diário;

$K_2$ : Coeficiente da hora de maior consumo.

Gráfico 5: Curva de consumo assimilada a uma senóide



Fonte: Tsutiya, 2006

Conforme Tsutiya (2006), as paralisações no sistema de produção de água, devido interrupções de componentes dos sistemas de abastecimento, como captação, estação elevatória e o tratamento, por acidentes de curta duração são relativamente frequentes, e são consideradas situações de emergência. Embora a NBR 12217/1994 recomende que o volume de reserva de emergência deve ser o suficiente para atender o sistema, no mínimo, 24 horas, não há fórmula para se determiná-lo. A decisão de se considerar um determinado volume para emergência, deverá ser do projetista do sistema de abastecimento, pois esse volume depende da vulnerabilidade do sistema.

## **2.6. Cone de depressão**

Quando se inicia um bombeamento de água de um poço, ocorre uma diminuição gradual do nível da água ou da pressão no aquífero, formando uma superfície em forma de cone ao redor do poço em operação, conhecida como cone de depressão. Esse cone se desenvolve tanto no espaço quanto no tempo. Inicialmente, a água extraída é proveniente apenas do armazenamento do aquífero ( $Q_s$ ), o que se traduz por um contínuo rebaixamento da superfície potenciométrica ou freática. Esse comportamento, onde o cone de rebaixamento evolui progressivamente com o tempo, é chamado de regime transitório (Feitosa *et al.*, 2008).

A partir da continuidade da captação da água, o cone de rebaixamento poderá atingir massas de águas superficiais ou acarretar drenagem a partir de outros aquíferos, passando, neste caso, a existir uma contribuição de água de uma fonte externa ( $Q_e$ ) ao armazenamento do aquífero (recarga induzida). Para essas condições, a água bombeada não será proveniente apenas do armazenamento, mas será uma composição onde parte sairá do aquífero e parte da fonte externa. Quando a parcela correspondente à fonte externa se igualar à vazão bombeada, cessará a contribuição do armazenamento, ocorrendo uma estabilização no tempo e no espaço da evolução do cone de rebaixamento. Este comportamento é chamado de regime permanente ou estacionário (Feitosa *et al.*, 2008).

Considerando o supracitado, em ensaios de bombeamento em aquíferos confinados, o fluxo de água não atinge imediatamente o regime permanente. Esse comportamento é descrito pela equação de Theis, cuja forma integral exige tabelas

ou softwares especializados. Para simplificar a análise em regime transiente avançado (quando o parâmetro adimensional  $\nu < 0,01$ ), utiliza-se a fórmula de Jacob (1946), de aplicação direta em papel semilogarítmico (Feitosa *et al.*, 2008).

$$s = \frac{0,183 * Q}{T} * \log \frac{2,25 * T * t}{r^2 * S} \quad \text{Equação 2}$$

s: rebaixamento a uma distância r do poço bombeado (m);

Q: vazão de bombeamento ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

T: transmissividade ( $\text{m}^2/\text{s}$ );

S: coeficiente de armazenamento;

t: tempo de bombeamento;

r: distância do poço bombeado a um ponto de rebaixamento s.

## **2.7. Dimensionamento de rede de distribuição**

No dimensionamento adequado de uma rede de distribuição alguns critérios são adotados, esses são a velocidade média de circulação da água, vazão, diâmetro da tubulação e perda de carga no sistema. Como a vazão é um parâmetro determinado no projeto, três parâmetros ainda precisam ser definidos. Portanto, aplica-se as equações de conservação de massa e energia, que são funções da vazão e do diâmetro da tubulação, o que significa que o dimensionamento é um problema hidráulicamente indeterminado (Gama, Souza e Callado, 2019).

## **2.8. Dimensionamento de Sistema Eletromecânico**

Conforme Rodrigo Porto (2006), o sistema de recalque ou elevatório é constituído de tubulações, acessórios, bombas e motores necessário para transportar uma certa vazão de água. O sistema de recalque é composto, em geral, de três partes:

- a) Tubulação de succção, que é constituída pela canalização que liga o reservatório inferior R1 à bomba, incluindo os acessórios necessários, como válvula de pé com crivo, registro, curvas, redução excêntrica entre outros.

- b) Conjunto elevatório, que é constituído por uma ou mais bombas e respectivos motores elétricos ou a combustão interna.
- c) Tubulação de recalque, que é constituída pela canalização que liga a bomba ao reservatório superior R2, incluindo registros, válvula de retenção, manômetros, curvas e, eventualmente, equipamentos para o controle dos efeitos do golpe de aríete.

Além disso, a instalação de bomba em um sistema de recalque pode ser executada em algumas formas distintas, como:

- a) Bomba afogada, quando a cota de instalação do eixo da bomba está situada abaixo da cota do nível d'água no reservatório inferior R1.
- b) Bomba não afogada, quando a cota de instalação do eixo da bomba está situada acima da cota do nível d'água no reservatório inferior R1.
- c) Bomba submersa, o conjunto motobomba trabalha submerso no fundo do poço, o que exige projeto especial, principalmente com relação à blindagem e isolamento do motor elétrico. Este é alimentado por cabos que descem junto à tubulação. A altura entre a bomba e o reservatório também é de recalque e como utiliza múltiplos estágios pode atender a grandes alturas de elevação.

No dimensionamento do sistema eletromecânico, deve-se considerar alguns critérios, como altura total de elevação, altura manométrica, vazão, quantidade de horas de funcionamento, rendimento e, consequentemente, a potência do conjunto elevatório. Considera-se, ainda, para tubulações de succão, o Net Positive Suction Head (NPSH) que representa a diferença entre a carga de pressão total disponível na instalação (estática e dinâmica) e a pressão de vapor do líquido. Trata-se de uma característica da instalação e não da bomba, sendo por isso referenciado como NPSH disponível (Gomes e Carvalho, 2012).

### **2.6.1. Tipologia de bombas**

Consoante Azevedo Netto (2015), os principais tipos de bombas utilizadas são as bombas de pistão (recíprocas) e as bombas de deslocamento positivo (volumétricas ou estáticas).

As bombas de pistão (recíproca), são constituídas por êmbolo (pistão), cilindro, válvulas de entrada e de saída e, também, o mecanismo de acionamento. Esse tipo de bomba suga a água pelo vácuo parcial, em seguida, a pressão atmosférica presente no poço força a água pelo tubo de sucção, por meio da válvula de entrada que enche o cilindro. Inverte-se a direção do êmbolo, a válvula de entrada se fecha e a de saída se abre, devido à pressão aplicada pelo êmbolo, a água é forçada no tubo de recalque. As bombas de pistão produzem uma vazão pulsante que se torna constante com a adição de dispositivos adequados (reservatórios-pulmão). Normalmente, obtém-se vazões de ordem de até  $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$  com diferença de pressão entre a entrada e a saída igual ou superior a 1000 m.c.a.. Mediante o exposto, é evidente que quando a altura geométrica ou a aceleração do êmbolo for aumentada, a pressão atmosférica presente no poço será insuficiente para acelerar a coluna de líquido no tubo de sucção e forçá-lo na bomba. Por conseguinte, produz-se um vácuo igual à pressão de vapor do líquido no interior do tubo, assim, com a pressão elevada e o vapor recondensado, produz-se choques com impactos nas paredes da tubulação, que origina vibração, ruídos e desgaste do material com erosões significativas. O fenômeno apresentado é definido como cavitação, o qual deve ser evitado pela limitação da altura de sucção e pela redução da velocidade (Azevedo Netto, 2015).

Nas bombas de deslocamento positivo rotativas, de engrenagem ou palhetas, em princípio, o efeito de bombar é produzido pela passagem do espaço entre dentes ou palhetas deslizantes da entrada para a saída. Esse tipo de bomba, devido às folgas mecânicas maiores entre os elementos móveis e estacionários, não atingem pressões elevadas (Azevedo Netto, 2015).

Consoante o supracitado, conclui-se que, das bombas de deslocamento positivo, as de pistão são indicadas para pressões extremas e vazões mínimas, enquanto que as rotativas, para pressões médias e pequenas vazões (Azevedo Netto, 2015).

Segundo a Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) (2009), a movimentação do líquido nas bombas do tipo centrífugas ocorre pela ação de forças que se desenvolvem na massa do líquido, em consequência da rotação de um eixo no qual é acoplado um disco (rotor ou impulsor) dotado de pás (palhetas, hélice) que recebe o líquido pelo seu centro e o expulsa pela periferia, devido à ação da força centrífuga. De modo geral, as bombas centrífugas são

classificadas pelo sentido de saída do líquido no rotor, isto é, radial; de fluxo misto e de fluxo axial.

### **2.6.2. Dimensionamento de tubulação de recalque e sucção**

Na maior parte dos casos, não há necessidade de funcionamento contínuo do sistema eletromecânico. Para isso, adota-se o dimensionamento da tubulação de recalque a partir da Equação 3, em que o diâmetro encontrado deve ser aproximado para o diâmetro comercial conveniente (Porto, 2006).

$$D_r = 1,3 * \sqrt[4]{\frac{T(h)}{24}} * \sqrt{Q(m^3/s)} \quad \text{Equação 3}$$

$T(h)$ : tempo em horas de operação do sistema

$Q(m^3/s)$ : Vazão

A NBR 12214 (2020), recomenda adotar para a tubulação de sucção um diâmetro comercial imediatamente superior ao da tubulação de recalque, com o intuito de reduzir a velocidade e ocorrer menores perdas de carga.

### **2.6.3. Altura total de elevação e altura manométrica**

Seguindo a linha teórica de Rodrigo Porto (2006), a altura total de elevação de uma bomba é definida como a diferença entre a carga ou energia do escoamento à saída e à entrada da bomba. Considerando que as tubulações de recalque e sucção têm diâmetros iguais, a altura total de elevação se confunde com a altura manométrica. A Equação 4 fornece um resultado importante para o cálculo da altura total de elevação e, consequentemente, da potência necessária à bomba. Nesse sentido, a Equação 4 demonstra que energia a ser cedida ao escoamento, expressa em metros de coluna do líquido, é igual ao desnível topográfico entre os reservatórios, acrescida de todas as perdas de carga, distribuídas e localizadas, nas canalizações de sucção e recalque (Porto, 2006).

$$H = H_g + \Delta H_s + \Delta H_r \quad \text{Equação 4}$$

$H_g$ : altura geométrica ou altura estática total, diferença entre níveis de água de reservatórios (m);

$\Delta H_s$ : perda de carga total, distribuída e localizada, na tubulação de sucção (m);

$\Delta H_r$ : perda de carga total, distribuída e localizada, na tubulação de recalque (m).

O cálculo das perdas de cargas distribuídas nas tubulações de sucção e recalque ( $\Delta H_s$  e  $\Delta H_r$ ), J(m/m), pode ser realizado a partir da fórmula universal, indicada na Equação 5.

$$h_d = f * \frac{L}{D_h} * \frac{Q^2}{2*g*(\frac{\pi*D_h}{4})^2} \text{ ou } h_d = f * \frac{L}{D_h} * \frac{V^2}{2*g}$$
Equação 5

$f$  : coeficiente de atrito

$L(m)$  : comprimento da tubulação

$D_h(m)$ : diâmetro da tubulação

$g(m^3/s^2)$  : gravidade

$Q(m^3/s)$ : Vazão

O comprimento L em que a Equação 3 relaciona, refere-se ao comprimento real da canalização somado aos comprimentos equivalentes às perdas de cargas localizadas geradas pelas conexões, conforme indica o Quadro 2 (Porto, 2006).

Quadro 2: Perdas localizadas expressas em diâmetros de canalização retilínea

Peça	Comprimento em número de diâmetro
Ampliação gradual: $A_2/A_1 < 1,6$ e $2D_1 < L < 2D_2$	12
Ampliação brusca ( $90^\circ$ )	20
Redução gradual: $A_2/A_1 < 1,6$ e $2D_1 < L < 2D_2$	10
Redução brusca ( $90^\circ$ ) $0,01 < (D_1/D_2)^2 > 0,8$	10
Bocais $0,5 < D_1/D_2 < 0,8$	6
Curva $90^\circ$ longa	30
Curva $90^\circ$ raio curto (cotovelo)	45
Curva $45^\circ$ longa	15
Curva $45^\circ$ curta	20
Curva 22,5	15
Tê passagem direta (saída lateral fechada)	20
Tê passagem + saída lateral $< 20\% Q_1$ , $D_2 < D_1$	50
Tê bifurcação simétrica	65
Pequenas derivações (tipo ferrule)	40
Junção a $45^\circ$ , tipo barrilete	30
Curva $30^\circ$ aço, segmentada 2 gomos	7
Curva $30^\circ$ aço, segmentada 4 gomos	15
Curva $45^\circ$ aço, segmentada 2 gomos	15
Curva $45^\circ$ aço, segmentada 3 gomos	10
Curva $60^\circ$ aço, segmentada 2 gomos	25
Curva $60^\circ$ aço, segmentada 3 gomos	15
Curva $90^\circ$ aço, segmentada 2 gomos	65
Curva $90^\circ$ aço, segmentada 3 gomos	25
Válvula de gaveta aberta 100%	8
Válvula borboleta aberta 100%	40
Válvula de ângulo aberta 100%	170
Válvula de disco (globo) aberta 100%	350
Válvula controladora de vazão aberta 100%	350
Válvula de pé 100% aberta	100
Válvula retenção portinhola ou disco, sem mola	100
Crivo	150
Saída (chegada) aérea (pressão atmosférica)	35
Saída (chegada) afogada em reservatório	5
Tomada (entrada normal)	17
Tomada (entrada reentrante)	35
Tomada (entrada em sino)	10
Tomada (entrada redução cônica)	12
Medidor Venturi	18
01 – Consultar catálogos de fabricantes.	
02 – Em aço, considerar peças novas e tubulação nova; sendo toda em plástico, cobre etc., supõe-se sempre nova.	
03 – Dados das válvulas considerando-as 100% abertas.	
04 – No caso de reduções e ampliações, usar o diâmetro de jusante.	
05 – Valores compulsados e interpolados de forma expedita para fins de avaliações.	
Consultar catálogo fabricantes – dados das válvulas considerando-as 100% abertas.	

Fonte: Adaptado Azevedo Netto, 2015

Já em relação ao cálculo do coeficiente de atrito  $f$ , uma grandeza adimensional, aplica-se a equação geral desenvolvida por Swamee-Jain, válida para escoamentos laminar, turbulento liso, de transição e turbulento rugoso, indicada na Equação 6 (Porto, 2006).

$$f = \left\{ \left( \frac{64}{Re} \right)^8 + 9,5 \left[ \ln \left( \frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) - \left( \frac{2500}{Re} \right)^6 \right]^{-16} \right\}^{0,125} \quad \text{Equação 6}$$

$Re$  : Reynolds;

$D(m)$  : diâmetro da tubulação;

$\varepsilon$ : rugosidade do material da tubulação (m).

Para definir os tipos de escoamento, recorre-se à experiência de Reynolds (1883), o qual verificou que a existência dos escoamentos laminar e turbulento. O escoamento laminar é aquele em que as partículas de deslocam em lâminas individualizadas, sem trocas de massas entre estas. Já o escoamento turbulento é aquele em que as partículas apresentam um movimento aleatório macroscópico, isto é, a velocidade apresenta componentes transversais ao movimento geral do conjunto do fluido. Reynolds classificou os escoamentos laminar e turbulento a partir da Equação 7, o que resulta em uma grandeza adimensional. Nesse caso, foi verificado que quando  $Re$  menor que 2000, o escoamento é classificado como laminar; quando  $Re$  está entre 2000 e 2400, o escoamento é de transição; e quando  $Re$  é superior a 2400, o escoamento é turbulento (Brunetti, 2016).

$$Re = \frac{4*Q}{\pi*D*V} \text{ ou } Re = \frac{V*D}{V} \quad \text{Equação 7}$$

$Q(m^3/s)$  : Reynolds;

$D(m)$  : diâmetro da tubulação;

$V(\frac{m^2}{s})$ : viscosidade dinâmica do fluido.

#### **2.6.4. Potência do conjunto elevatório**

Ainda conforme Rodrigo Porto (2006), a potência recebida pela bomba, potência esta fornecida pelo motor que aciona a bomba, é dada pela Equação 8.

$$Pot = \frac{9,8*Q*H}{\eta} \text{ (kW) ou } Pot = \frac{10^3*Q*H}{75*\eta} \text{ (cv)} \quad \text{Equação 8}$$

Q(m<sup>3</sup>/s): Vazão;

H(m): Altura total de elevação;

η: coeficiente de rendimento global da bomba, que depende basicamente do porte e características do equipamento.

Já a potência elétrica fornecida pelo motor que aciona a bomba, é dada pela Equação 9:

$$Pot = \frac{9,8*Q*H}{\eta*\eta_m} \text{ (kW) ou } Pot = \frac{10^3*Q*H}{75*\eta*\eta_m} \text{ (cv)} \quad \text{Equação 9}$$

Q(m<sup>3</sup>/s): Vazão;

H(m): Altura total de elevação;

η: coeficiente de rendimento global da bomba, que depende basicamente do porte e características do equipamento;

η<sub>m</sub>: coeficiente de rendimento global do motor.

#### **2.6.5. Curva característica**

Uma bomba se caracteriza, principalmente, pelos valores de sua altura manométrica e de vazão correspondentes. A relação dessas duas grandezas expressa na forma de gráfico é denominada curva característica principal. Junta-se a essa curva outras grandezas igualmente importantes como o diâmetro do rotor, a velocidade de rotação, a potência motriz, o rendimento, além de grandezas relativas à sua altura de aspiração. O conjunto de todas essas curvas, ou pelo menos da maior parte delas, é chamado de curvas características. Estas são traçadas pelos fabricantes a partir de ensaios e se constituem em subsídio indispensável para que o projetista possa selecionar a unidade que melhor satisfaz as necessidades de um projeto de instalação elevatória (Gomes e Carvalho, 2012).

## **2.9. Software CRede**

O dimensionamento de redes urbanas de abastecimento de água é uma etapa fundamental no planejamento e execução de sistemas hidráulicos urbanos. Essa atividade demanda não apenas conhecimento técnico e experiência por parte do projetista, mas também uma análise hidráulica criteriosa, que garanta que o projeto atenda aos critérios de eficiência econômica, desempenho satisfatório e flexibilidade operacional.

Nesse contexto, o software CRede é uma ferramenta computacional especializada no projeto e dimensionamento de redes de abastecimento de água. O sistema integra funcionalidades de traçado, desenho e análise hidráulica, otimizando o processo de concepção do projeto e reduzindo significativamente o esforço envolvido em tarefas repetitivas, como a avaliação de alternativas de traçado. A interface gráfica do sistema facilita a análise operacional das redes, incluindo o zoneamento de pressões, e gera automaticamente desenhos técnicos, além de realizar o levantamento quantitativo de materiais e serviços necessários para a elaboração do orçamento da obra.

### **3. METODOLOGIA**

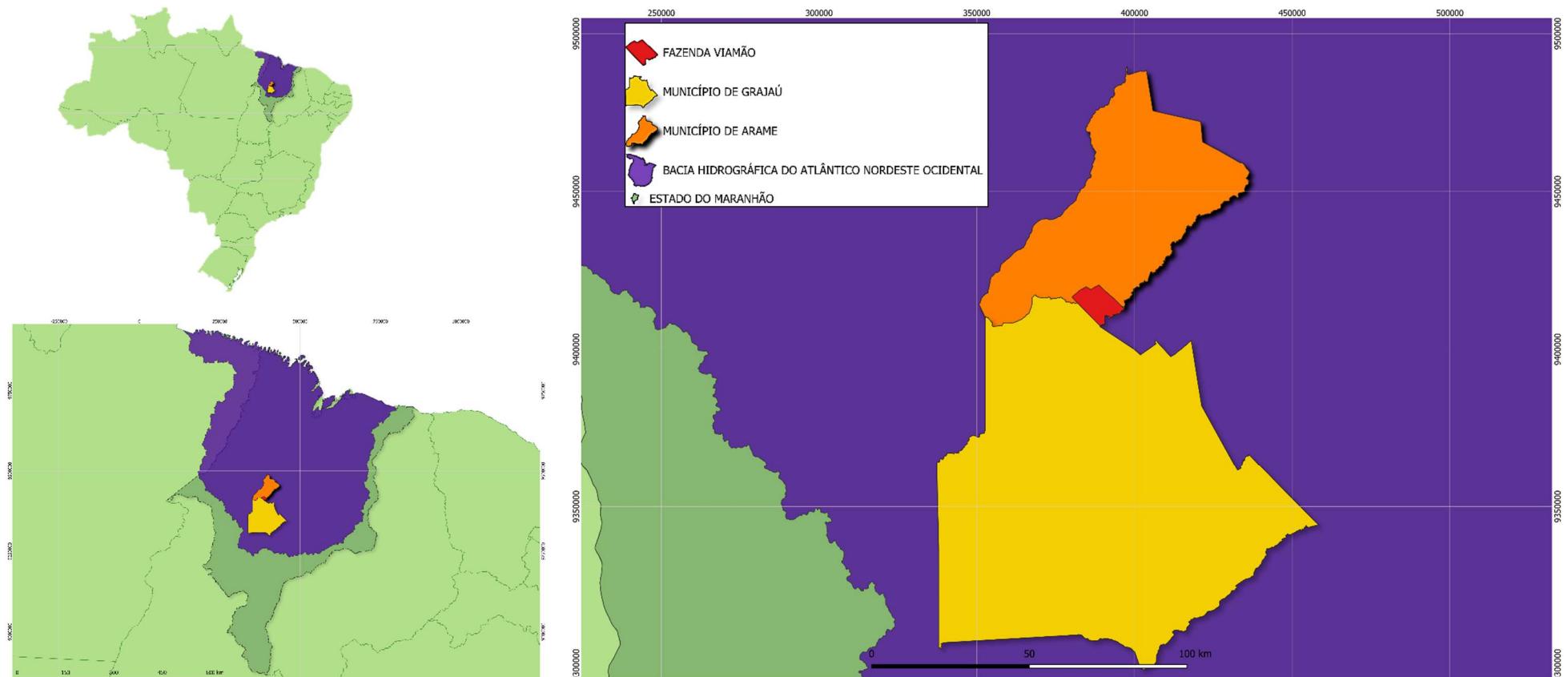
#### **3.1. Caracterização da Área de Estudo**

A pesquisa consiste em um estudo de caso que visa a avaliação do desempenho técnico de um sistema de abastecimento hídrico para dessedentação animal, desenvolvida a partir do comparativo entre projeto dimensionado adequadamente e um sistema já existente na Fazenda Viamão situada no Maranhão, no limite dos municípios de Grajaú e Arame. Além disso, a área de estudo está inserida na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental que está situada, basicamente, no Maranhão e apresenta uma pequena parcela oriental do estado do Pará, conforme indicado na Figura 1.

A bacia apresenta relevância econômica e ambiental, suportando atividades agropecuárias e fornecendo recursos hídricos para o desenvolvimento regional. A região apresenta uma vazão média de 2.608 m<sup>3</sup>/s, ou seja, 1% do total do País. As sub-bacias dos rios Mearim e Itapecuru são as maiores, com áreas de 101.061 quilômetros quadrados e 54.908 quilômetros quadrados, respectivamente, é onde se concentra a maior demanda por m<sup>3</sup>/s de água. A principal necessidade da água na bacia é para consumo humano, correspondendo a 45% do total. Em seguida, vêm a demanda animal, com 18% do uso total e a demanda para irrigação, com 15% (ANA, 2017).

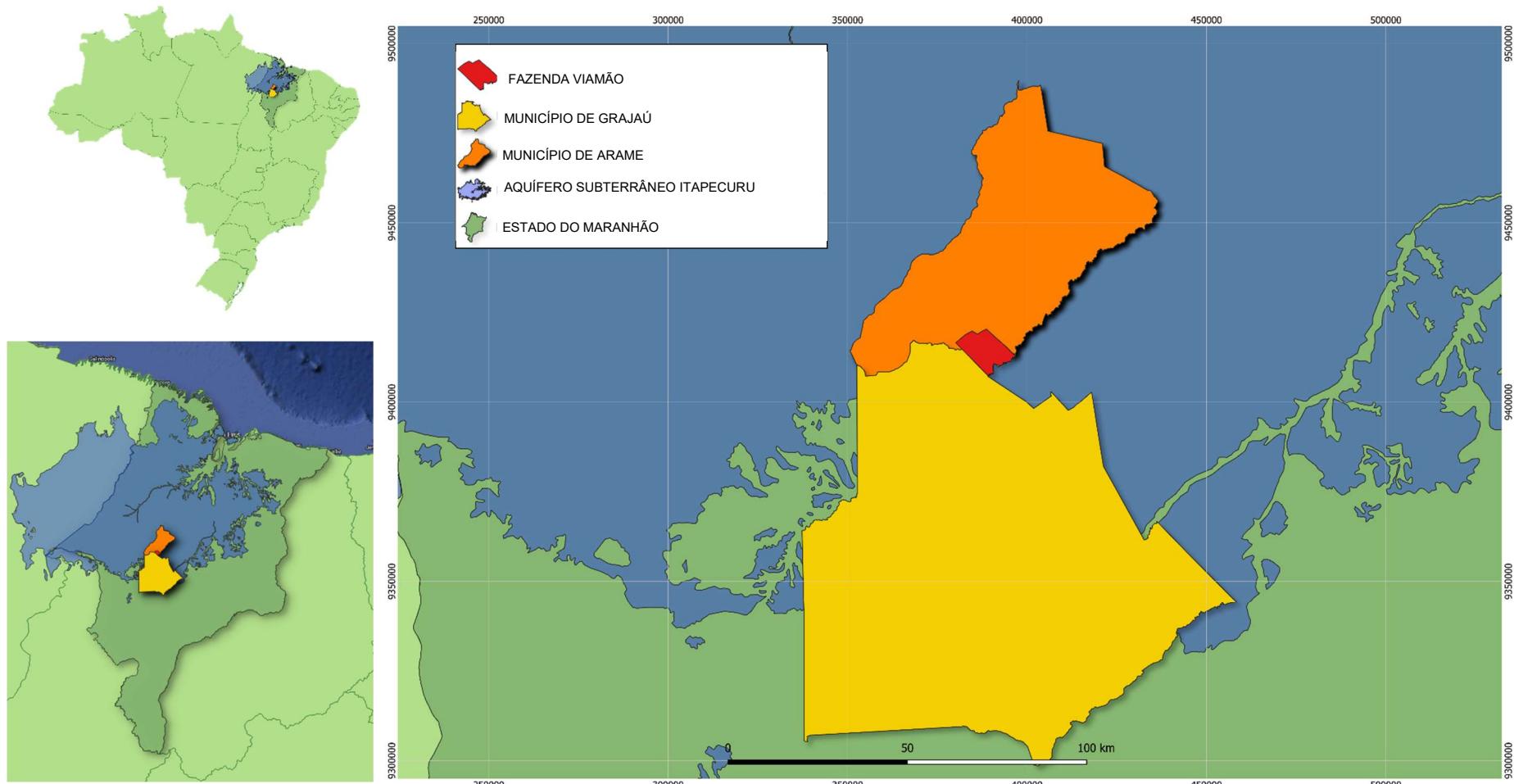
A área da Fazenda Viamão tem seus limites no Rio Grajaú, o qual faz parte da sub-bacia do rio Mearim. Ademais, nessa área há disponibilidade hídrica do Aquífero Subterrâneo Itapecuru, conforme ilustra a Figura 2. É oportuno destacar, ainda, que na região a Formação Itapecuru (Ki) sobrepõe a Formação Corda do Aquífero Jurássico. Os aquíferos Formação Corda e Itapecuru constituem são classificados como livres a semiconfinados. A captação de água desses aquíferos, em geral, são satisfatórias para atender pequenos empreendimentos, com poços de vazões entre 5 e 40 m<sup>3</sup>/h (Santos, 2010).

Figura 1: Localização da Fazenda Viamão no Maranhão



Fonte: Acervo pessoal, 2025

Figura 2: Localização da Fazenda Viamão no Aquífero Subterrâneo Itapecuru

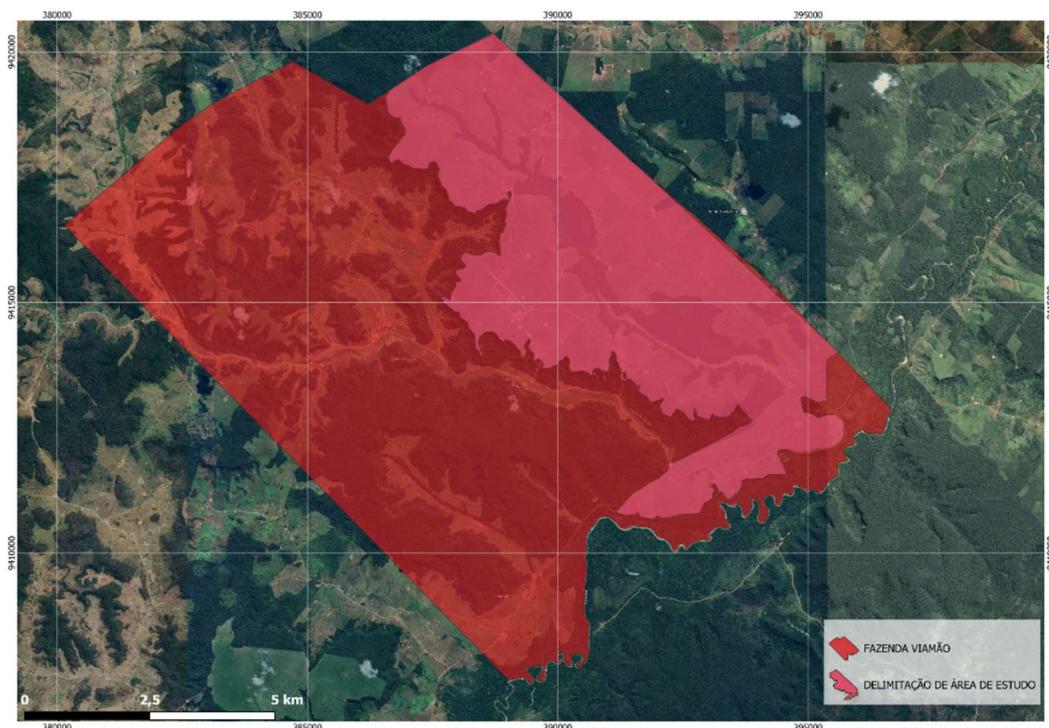


Fonte: Acervo pessoal, 2025

Na Fazenda Viamão, as atividades agropecuárias são voltadas predominantemente à criação de bovinos de corte, com um rebanho expressivo de mais de 15.000 animais. Há também cerca de 100 equinos, destinados às atividades operacionais e manejo na propriedade. Dessa forma, o projeto do sistema de abastecimento hídrico visa atender à demanda hídrica da propriedade, assegurando a sustentabilidade do processo produtivo e a manutenção das condições necessárias para o manejo dos animais. A análise da área envolve tanto a avaliação da disponibilidade hídrica quanto a compreensão das demandas específicas da fazenda, fornecendo subsídios para a concepção de um projeto eficiente e adaptado às condições locais.

Por se tratar de uma área extensa de aproximadamente 12.000 hectares, sendo 55% dessa área de pastagem destinada à produção pecuária e 45% destinada para preservação ambiental, o estudo de caso será realizado no setor Sede da Fazenda Viamão, conforme indicado na Figura 3. Nesse setor, estão localizados o poço artesiano principal de abastecimento, os reservatórios pulmões e as redes de distribuição primárias. Na Fazenda Viamão, também há outros setores com pontos de consumo abastecidos por mini poços.

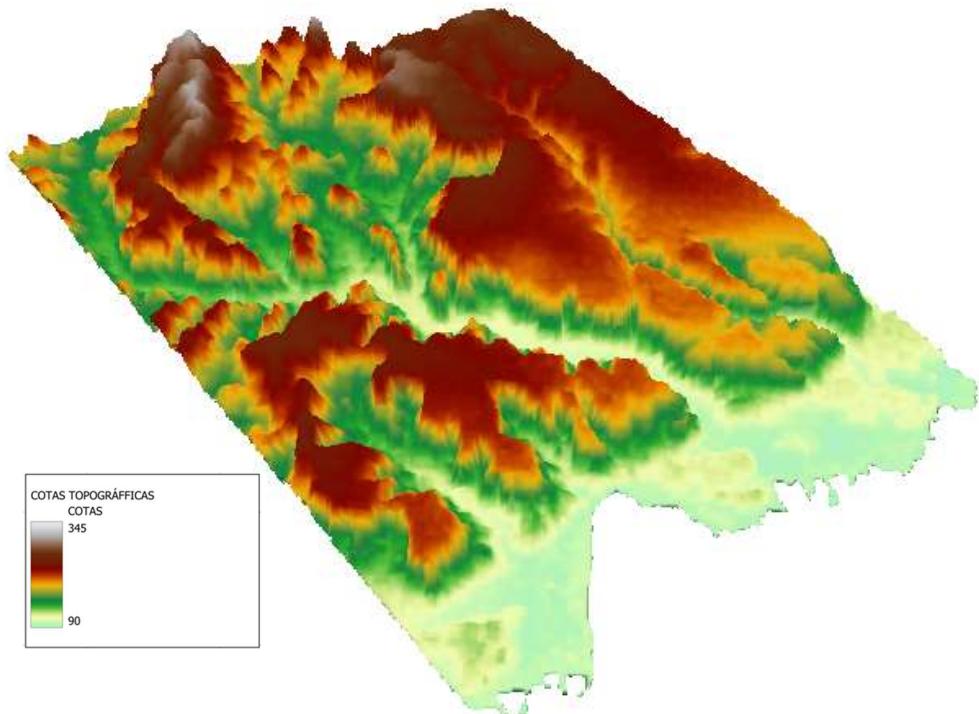
Figura 3: Delimitação do Setor Sede da Fazenda Viamão



Fonte: Acervo pessoal, 2025

A topografia da Fazenda Viamão é composta por uma variação considerável nas curvas de níveis, onde há um relevo com planícies e ravinas, assim, denomina-se um terreno acidentado, o que acarreta uma elevada variação de pressão na rede de distribuição nos pontos críticos. O elencado é ilustrado na Figura 4.

Figura 4: Modelo digital indicando topografia do terreno



Fonte: Acervo pessoal, 2025

### 3.2. Levantamento de Demanda Hídrica

Nessa fase foi considerado o acervo de acompanhamento da taxa de crescimento da fazenda. Nesse cenário, para efetuar o levantamento de consumo a partir do Quadro 1, considerou-se a espécie (bovino, equino ou asinino), classificação (bezerro, novilha, matriz, entre outros) e peso.

### 3.3. Descrição do Sistema de Abastecimento Hídrico

Nessa fase foi realizada uma análise técnica detalhada do acervo de documentos existentes do sistema de abastecimento de água objeto de estudo junto à investigação de possíveis desvios executivos por meio de visitas *in loco*.

Além disso, foi realizado o levantamento bibliográfico, por meio da consulta de normas técnicas e literaturas relacionadas à concepção e execução de sistema de abastecimento hídrico.

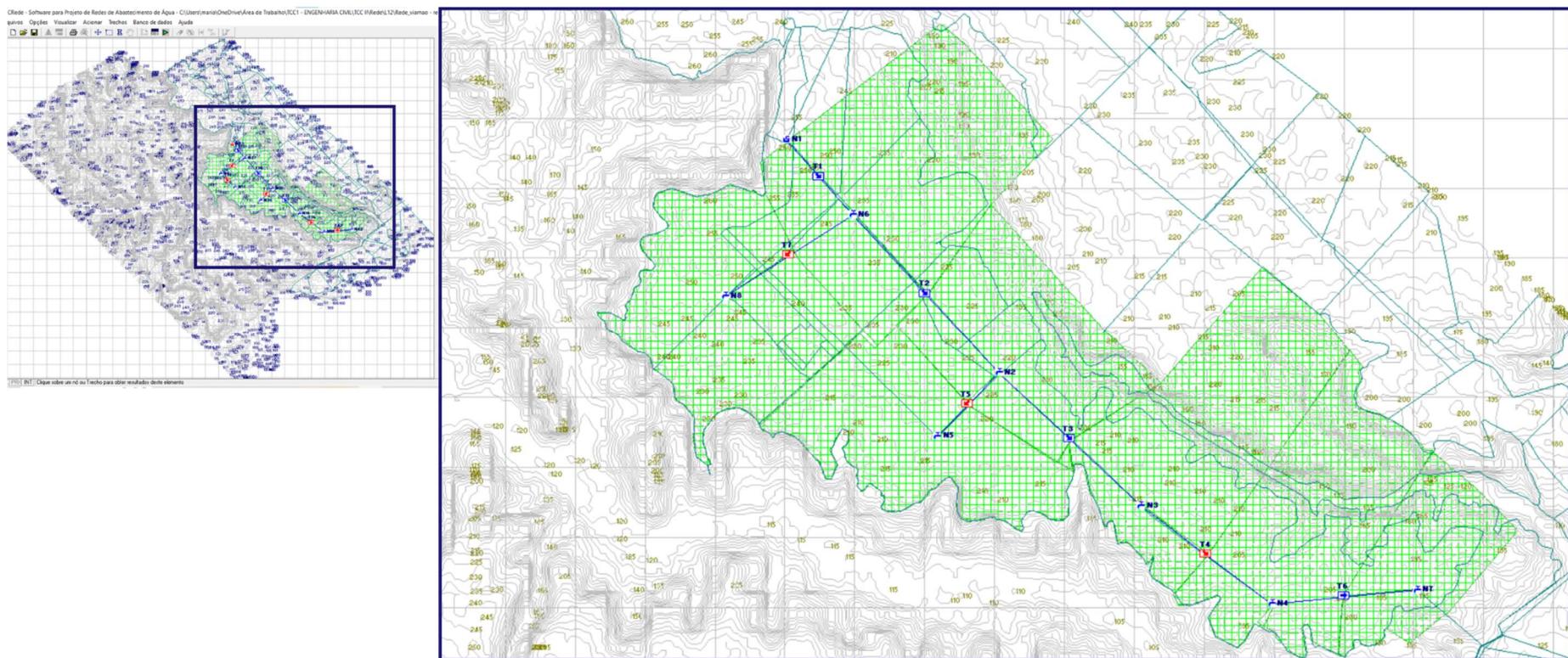
### **3.4. Critérios para Avaliação da Rede de Distribuição**

Para avaliar a eficiência do sistema de abastecimento foi realizado o mapeamento do fluxo hídrico, o qual consistiu na identificação das trajetórias da rede entre poço, reservatório e pontos de distribuição, por meio da avaliação do perfil topográfico da área de estudo. Esse mapeamento foi importante para identificar os pontos críticos da rede de distribuição considerando a topografia do terreno.

Posteriormente, foi desenvolvido o dimensionamento das infraestruturas deste, com o intuito de realizar a análise comparativa com o indicado em planta e as instalações eletromecânicas existentes no local. Para isso, utilizou-se o software CREDE como ferramenta para a realização do cálculo dos diâmetros nominais (DN).com base nas vazões definidas para cada ponto de consumo, considerando ainda capacidade de transporte das tubulações e as pressões mínimas e máximas admissíveis. Junto a isso, verificou-se a compatibilidade entre demanda e oferta de água no sistema.

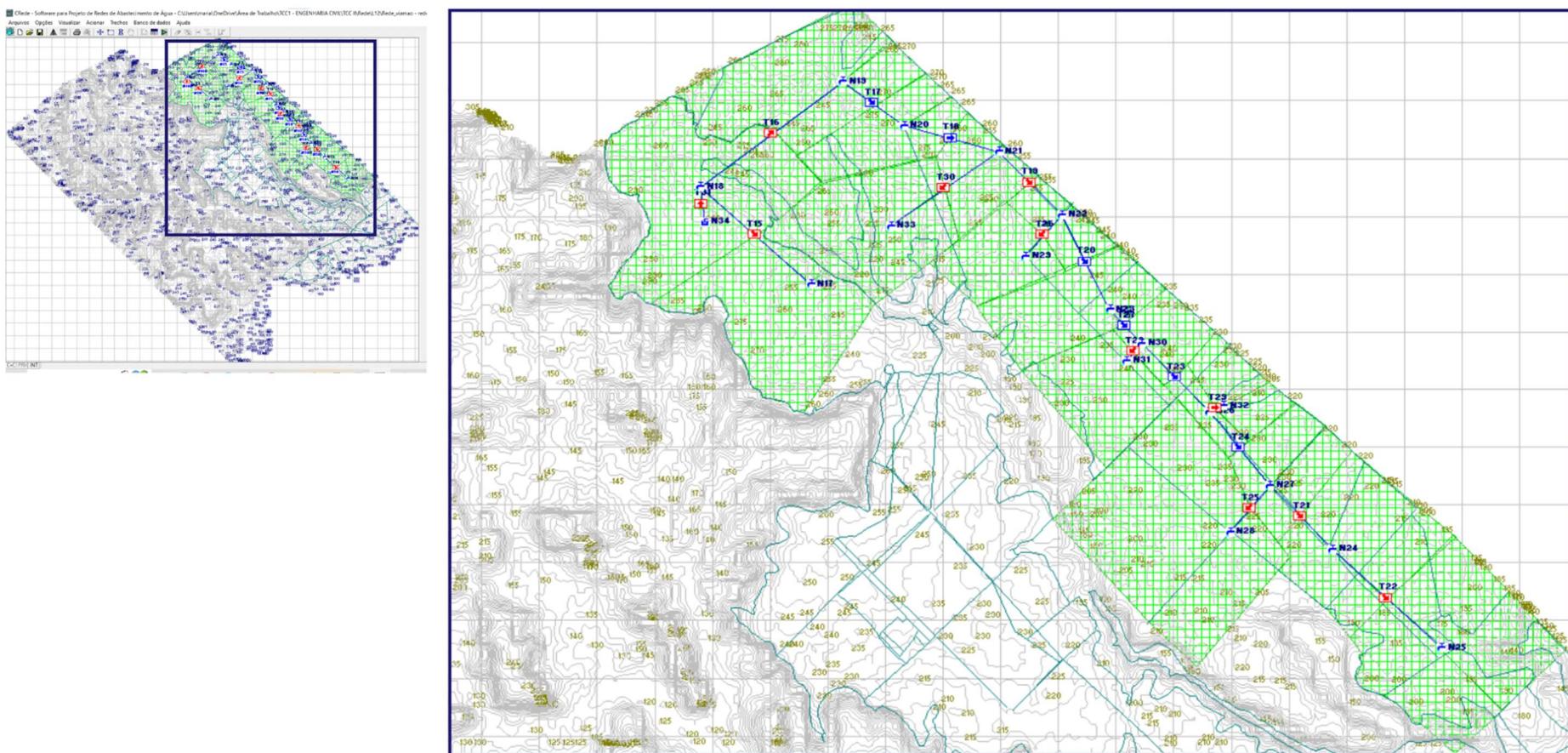
Devido à limitação do software CRede quanto à admissão de um único reservatório por rede de distribuição hídrica a ser dimensionada, dividiu-se a rede em quatro zonas para fins de cálculo, conforme indicado nas Figuras 5, 6 e 7. Além disso, utilizou-se o software Excel como ferramenta para dimensionamento das adutoras (Zona 4), indicadas na Figura 8, uma vez que o CRede apresenta limitação quanto às equações para cálculo, isto é, apresenta como opções apenas as equações de Hazen-Williams e Fórmula Universal para cálculo de perdas de cargas e, por conseguinte, dos diâmetros.

Figura 5: Divisão em zonas para fins de cálculo da rede de distribuição – Zona 1



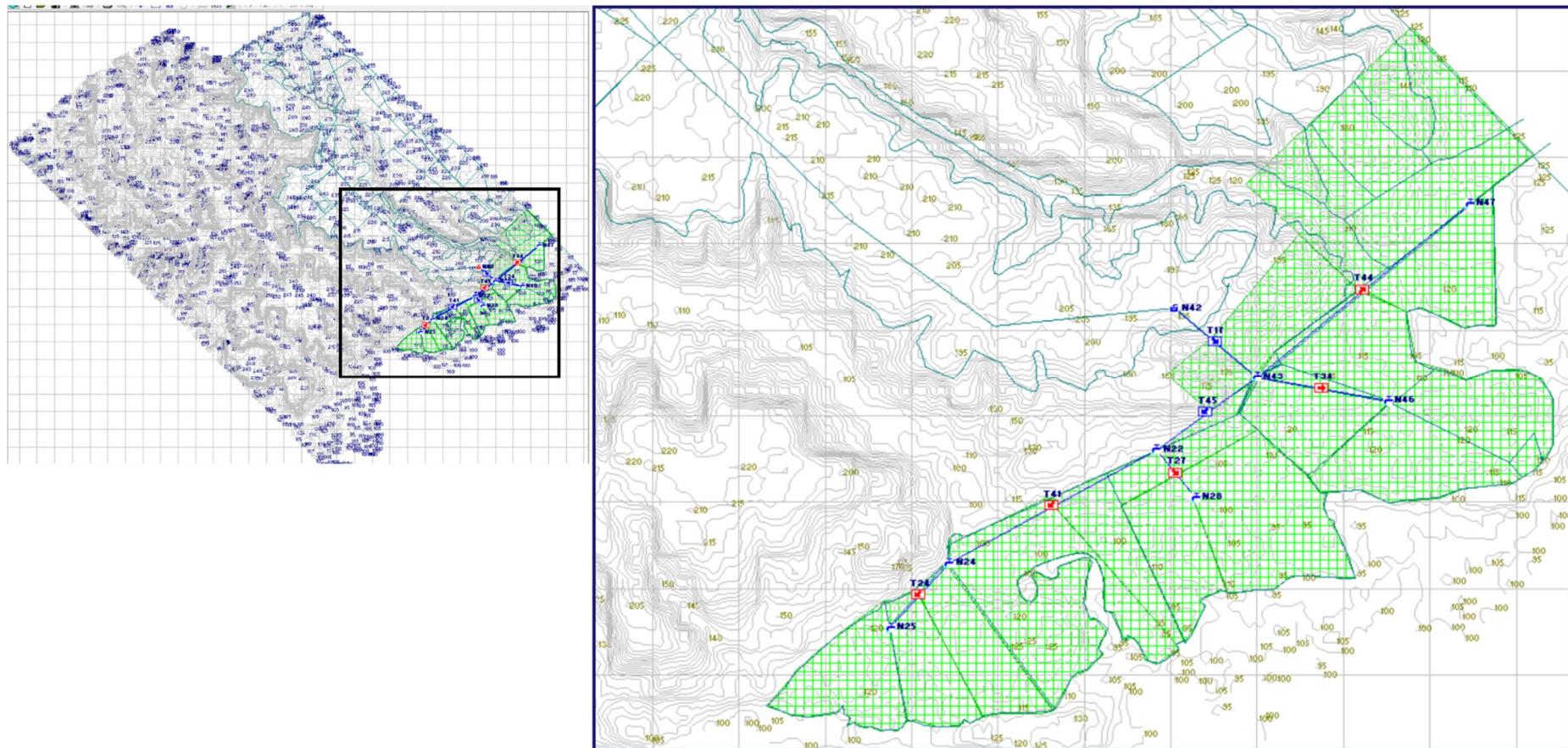
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Figura 6: Divisão em zonas para fins de cálculo da rede de distribuição – Zona 2



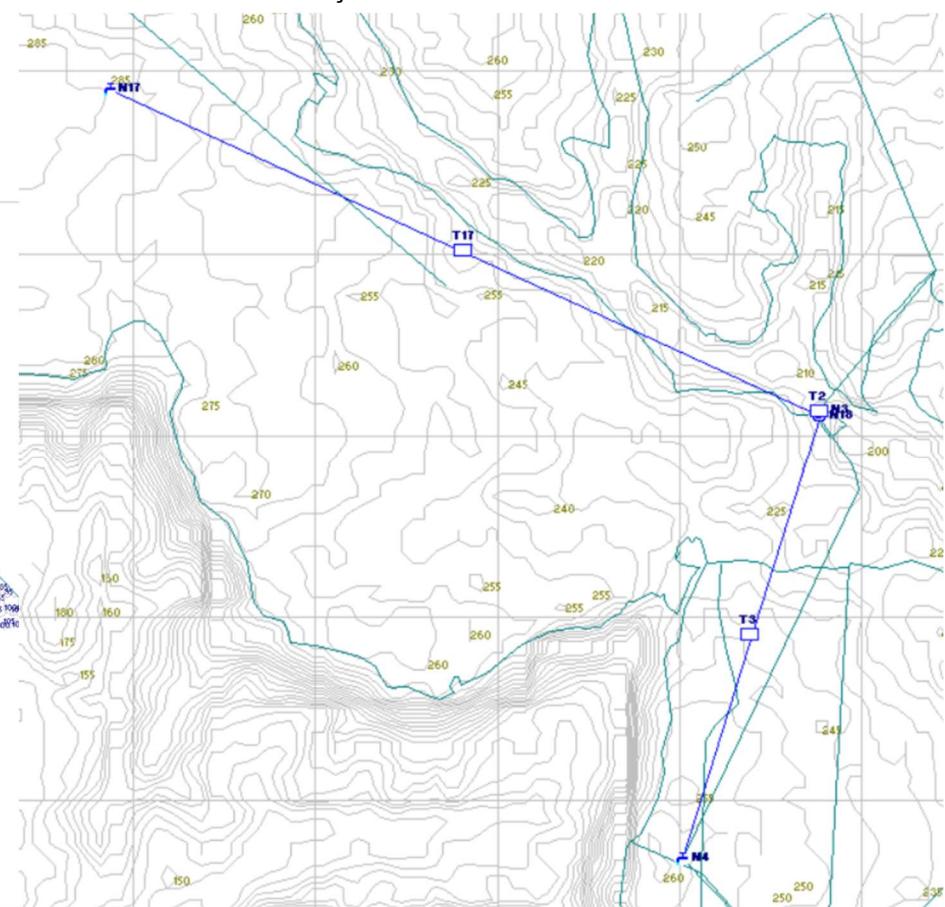
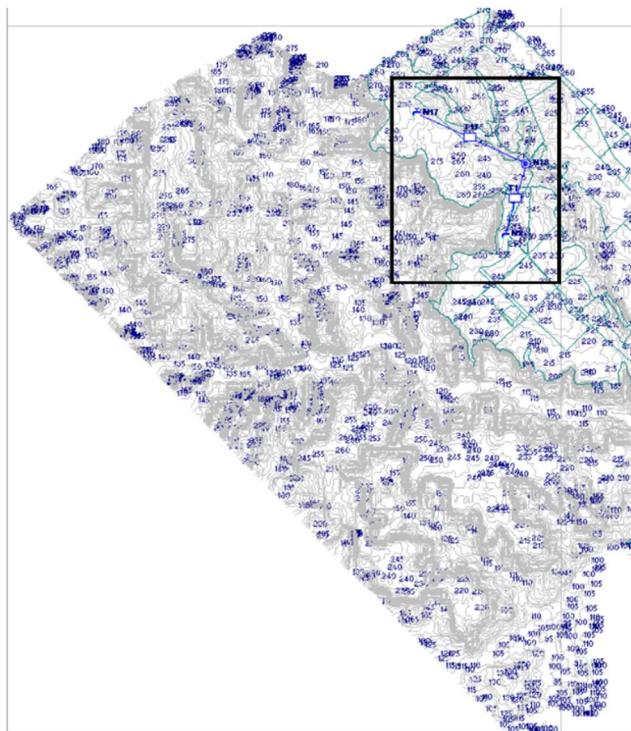
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Figura 7: Divisão em zonas para fins de cálculo da rede de distribuição – Zona 3



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Figura 8: Divisão em zonas para fins de cálculo da rede de distribuição – Zona 4



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Avaliação do Sistema de Abastecimento Existente

#### 4.1.1. Descrição dos componentes do sistema

A Fazenda Viamão dispõe de um sistema de abastecimento hídrico principal composto por sistema de adução, reservatórios primário e secundários, rede de distribuição, caixas de dissipação de energia e bebedouros, conforme layout apresentado na Figura 9.

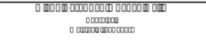
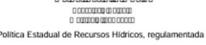
Figura 9: Planta de layout do sistema de abastecimento existente



Fonte: Acervo Fazenda Viamão, 2018

Esse sistema de abastecimento é alimentado por um poço artesiano com outorga de direito de uso de vazão de até 150 m<sup>3</sup>/dia. Além disso, o poço tem vazão de 40 m<sup>3</sup>/h e profundidade igual a 320 metros com nível estático e dinâmico nas cotas 60,3 e 80,5 metros, respectivamente, conforme indicado na outorga em Figura 10.

Figura 10: Outorga de direito de uso de recursos hídricos

OUTORGA DE DIREITO DE USO		Nº 0141205/2021 PROCESSO Nº 21030004341/2021 VALIDADE: 07/05/2026
NOME/RAZÃO SOCIAL: Companhia Agropecuária Do Arame	CPF/CNPJ: 08.982.878/0001-81	
ENDERECO: Fazenda Bonanza, Sn, Cxpst 24, Zona Rural, 65940000	MUNICÍPIO: Arame - MA	
<b>CARACTERIZAÇÃO DA FONTE DE SUPRIMENTO</b>		
BACIA HIDROGRÁFICA: Bacia hidrográfica do rio Mearim		
MANANCIAL: Subterrâneo - Formação Itapecuru		
Vazão de referência: -- Profundidade: 320.0 metros Nível estático (NE): 60.3 metros Nível dinâmico (ND): 80.5 metros Vazão de teste: 40.0 m <sup>3</sup> /h <b>MUNICÍPIO:</b> Arame - MA		
<b>ELEMENTOS DA AUTORIZAÇÃO</b>		
FINALIDADE DO USO DA ÁGUA: Consumo humano VAZÃO AUTORIZADA: 18.75 m <sup>3</sup> /h ou 150.0 m <sup>3</sup> /dia PERÍODO DE BOMBEAMENTO: 8.0 h/dia		
<b>PONTO DE CAPTAÇÃO</b>		
LATITUDE: 5° 17' 22.66" LONGITUDE: 45° 59' 7.27"		
São Luis - MA 07 de maio de 2021   		
<small>Esta Outorga de Direito de Uso das Águas Subterrâneas, regula-se pelas disposições da Lei nº 8.149/04, Política Estadual de Recursos Hídricos, regulamentada pelo Decreto nº 28.008 de 30 de Janeiro de 2012.</small>		

Fonte: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais - SEMA/MA, 2021

Dessa forma, há dois sistemas eletromecânicos: o primeiro, composto por uma bomba submersa (B1), que realiza a captação de água do Aquífero Jurássico (Formação Corda) para o reservatório primário com capacidade de 100.000 litros e, o segundo, composto com uma motobomba (B2), que realiza o recalque da água do reservatório primário para os reservatórios secundários que têm capacidade de 750.000 litros cada, conforme mostrado na Figura 11. Neste segundo sistema eletromecânico, existe um controle por meio de registro com a finalidade de direcionar o fluxo hídrico à alimentação alternada de dois reservatórios secundários.

Figura 11: Reservatório Primário e Sistemas Eletromecânicos B1 e B2



Fonte: Acervo pessoal, 2025

Os reservatórios secundários efetuam o abastecimento de 21 bebedouros e quatro caixas de dissipação de energia, as quais têm dupla função – funcionam tanto como bebedouros, quanto como caixa de dissipação de pressão. Todos os reservatórios, bebedouros e caixas de dissipação são abertos à atmosfera e construídos em argamassa armada, conforme indicado nas Figuras 12 e 13. Os Quadros 3 e 4 apresentam o levantamento quantitativo de componentes e tubulações que compõem o sistema.

Figura 12: Reservatório Secundário



Fonte: Acervo pessoal, 2025

Figura 13: Bebedouro



Fonte: Acervo pessoal, 2025

Quadro 3: Descrição do Sistema de Abastecimento Existente

Componente	Quantidade	Capacidade (m³)
Bebedouros	21	30
Caixa de Dissipação	4	30
Reservatório Primário	1	100
Reservatórios Secundários	2	750

As tubulações das adutoras e rede de distribuição são constituídas de PVC DEFoFo, conforme apresenta o levantamento quantitativo indicado no Quadro 4.

Quadro 4: Resumo - Levantamento Quantitativo

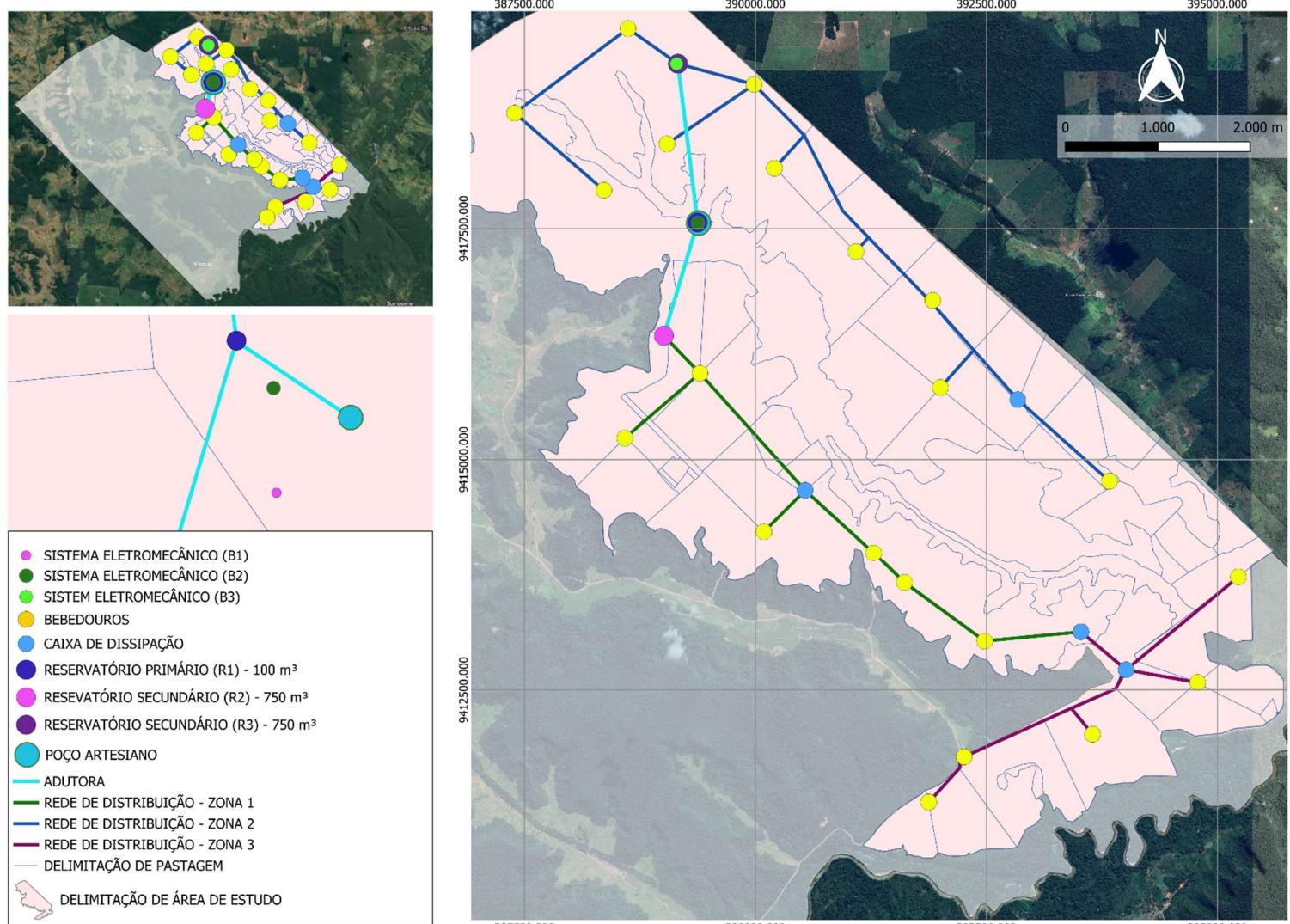
<b>PN</b>	<b>DN</b>	<b>Material</b>	<b>Comprimento (m)</b>
40	50	PVC IRR SOLDÁVEL	10457
40	75	PVC IRR SOLDÁVEL	5810
40	100	PVC IRR SOLDÁVEL	4870
60	50	PVC IRR SOLDÁVEL	1733
60	75	PVC IRR SOLDÁVEL	2950
80	50	PVC IRR SOLDÁVEL	1238
125	100	PVC AGROBIAX JEI	3498
<b>Total</b>			<b>30556</b>

O levantamento descritivo apresentado foi efetuado a partir da planta do sistema de abastecimento indicada na Figura 9 e, também, de verificações *in loco*, por meio de visita técnica. Nesse sentido, identificou-se que o sistema difere em alguns pontos da planta analisada, como a capacidade dos reservatórios e a quantidade de bebedouros. Entretanto, não foi possível obter informações precisas acerca das especificações técnicas dos sistemas eletromecânicos existentes na localidade.

#### **4.1.2 Mapeamento da trajetória do fluxo hídrico**

O mapeamento da trajetória do fluxo hídrico foi realizado utilizando como ferramenta o software QGis. Desse modo, a Figura 14 ilustra o traçado das adutoras e redes de distribuição, efetuado considerando a planta do sistema de abastecimento e as coordenadas observadas no google hybrid, complemento do QGis, utilizando o datum do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000 – EPSG: 31983 / UTM zona 23S).

Figura 14: Esquematização do sistema de abastecimento hídrico existente



Fonte: Acervo pessoal, 2025

Posteriormente, realizou-se a avaliação dos perfis topográficos, de acordo com o ilustrado nos Gráficos 4 e 5. Dessa maneira, verificou-se a partir do Gráfico 4 que a adução realizada pelo sistema eletromecânico B2 considera a maior altura geométrica entre os reservatórios primário e secundários que equivale a aproximadamente 58 metros. Entretanto, o Gráfico 5 apresenta um impasse, ou seja, o perfil topográfico indica que o reservatório secundário posicionado ao norte em relação ao reservatório primário está locado em uma cota inferior à cota de locação de um dos bebedouros locado a NW em relação ao R3, o que acarreta o não abastecimento do bebedouro, fenômeno esse explicado pelo Teorema de Stevin – este define que a altura dos líquidos nos vasos comunicantes é a mesma independente do formato do vaso, altera-se apenas se os fluidos apresentarem densidades diferentes (Brunetti, 2016) . Como solução para o impasse, instalou-se o sistema eletromecânico (B3) e, junto a este, instalou-se um sistema solar, uma vez que não há linha de corrente elétrica nas proximidades, conforme indica a Figura 15.

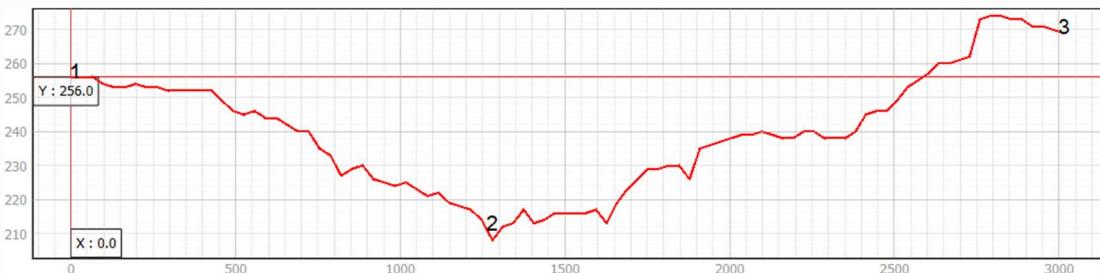
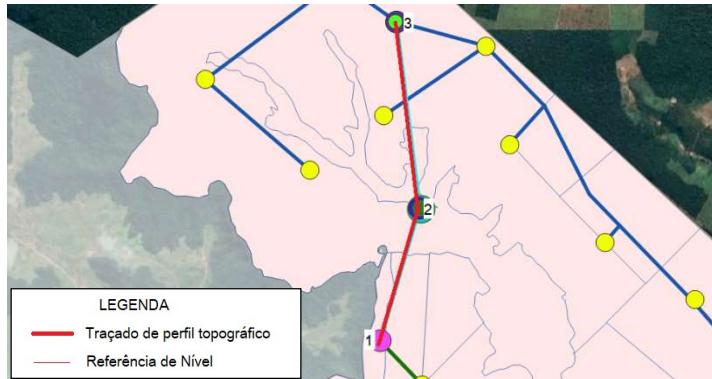
Figura 15: Reservatório Secundário com Sistema Eletromecânico (B3)



Fonte: Acervo pessoal, 2025

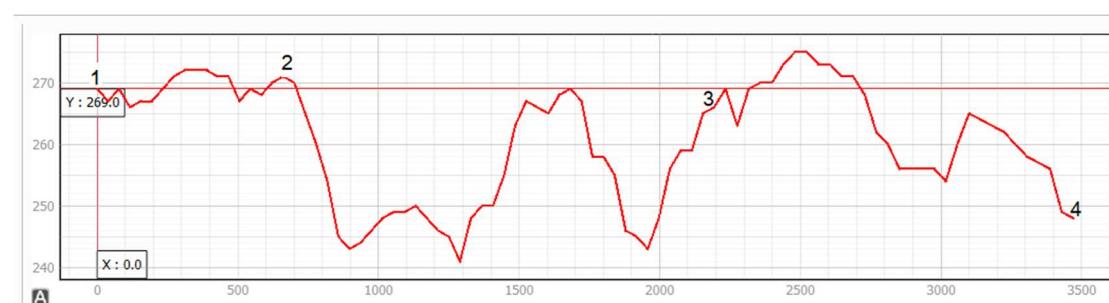
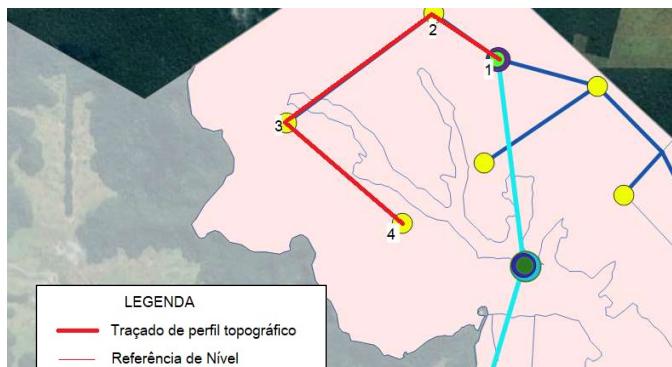
Constatou-se, ainda, a existência de caixas de dissipação de energia, estas funcionam com uma descontinuidade de pressão do conduto forçado, haja vista que estes funcionam como ponta seca nos pontos em que essas estão locadas, de modo que acarreta o contato do fluido com a pressão atmosférica. Nesse sentido, as caixas de dissipação também funcionam como reservatório que alimentam os trechos subsequentes da rede de distribuição.

Gráfico 6: Perfil topográfico das adutoras existente que interceptam R1, R3 e R2



Fonte: Acervo pessoal, 2025

Gráfico 7: Perfil topográfico trecho T15, T16 e T17



Fonte: Acervo pessoal, 2025

## 4.2. Dimensionamento de Sistema de Abastecimento Hídrico

### 4.2.1. Levantamento da Demanda Hídrica

Na análise de dados do histórico de rebanho bovino da Fazenda Viamão, notou-se que o ano com maior quantitativo de animais foi em 2024, de acordo com o Quadro 5. Adotou-se uma projeção de lotação máxima de 3 UA/hectare, uma vez que os índices de lotação no país para uma produção eficiente variam entre 0,5 e 3 unidades animais por hectare (UA/ha), sendo que 1 UA equivale a um bovino adulto de 450 kg de peso vivo (PV) (Oliveira e Mioto, 2023).

Quadro 5: Histórico de rebanho bovino da Fazenda Viamão

CATEGORIA	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Proj Lot Máx
Vacas	1221	3938	2701	2334	1954	2073	1560	89	1730	81	108	133
Novilhas	6169	4941	3976	2986	3222	2646	3120	4470	3173	8600	7632	9.420
Bois	1	1	0	0	880	3787	5970	6804	7724	5678	7168	8.847
Rep/Ruf	42	108	121	98	108	127	114	103	144	109	91	112
Bez Mf	32	136	35	20	27	18	26	29	39	40	37	46
<b>Total</b>	<b>7.465</b>	<b>9.124,</b>	<b>6.833</b>	<b>5.438</b>	<b>6.191,00</b>	<b>8.651</b>	<b>10.790</b>	<b>11.495</b>	<b>12.810</b>	<b>14.508</b>	<b>15.036</b>	<b>18.558</b>

Fonte: Acervo Fazenda Viamão, 2024

À vista disso, para dimensionamento do consumo hídrico diário, adotou-se o produto entre os dados de demanda hídrica fornecidos por Palhares (2019) demonstrados no Quadro 6 e os dados de projeção de lotação máxima indicados no Quadro 5, o que resultou em um volume máximo de 1.181,4 m<sup>3</sup>/dia destinado para dessedentação animal da área total destinada à pastagem da fazenda (Quadro 7).

Quadro 6: Demanda hídrica por animal

Espécie	Grupo Animal	Caracterização (kg)	Valor mínimo L/dia	Valor máximo L/dia
Bovinos de corte	Bezerros	250	22	27
Bovinos de corte	Novilhas	370	30	50
Bovinos de corte	Matrizes	455	41	78
Bovinos de corte	Touros	455	41	78
Equinos em trabalho pesado	Cavalos	420	20	60

Fonte: Palhares, 2019

Quadro 7: Demanda hídrica - área total destinada à pastagem

<b>Grupo animal</b>	<b>Qtd de animais</b>	<b>Caracterização (kg)</b>	<b>Valor mínimo l/dia</b>	<b>Valor máximo l/dia</b>
Bezerros	46	11500	1012	1242
Novilhas	9420	3485400	282600	471000
Matrizes	133	60515	5453	10374
Touros	8959	4076345	367319	698802
Equinos	100	42000	2000	6000
<b>Total</b>	<b>18.658,00</b>	<b>7.633.760,00</b>	<b>656.384,00</b>	<b>1.181.418,00</b>

Para dimensionar o consumo da área de pastagem da área de estudo, considerou-se a relação entre essa área e a área total de pastagem da Fazenda, o que resultou em um percentual de 57% da área de pastagem total da Fazenda. A partir desse percentual, foi estimado o quantitativo de unidade animal nesta área, assim, obteve-se um total de 10.544 UA e um consumo hídrico diário máximo de 671,1 m<sup>3</sup>, conforme indicado no Quadro 8.

Quadro 8: Demanda hídrica - área de estudo

<b>Grupo animal</b>	<b>Qtd de animais</b>	<b>Caracterização (kg)</b>	<b>Valor máximo m<sup>3</sup>/dia</b>
Bezerros	26	4703	0,7
Novilhas	5323	1425430	266,2
Matrizes	75	24749	5,9
Touros	5063	1667110	394,9
Equinos	57	17177	3,4
<b>Total</b>	<b>10.544,00</b>	<b>3.139.169,00</b>	<b>671,10</b>

É oportuno destacar que foi considerado um fator de segurança para dimensionamento da reserva de emergência, sendo este igual a 72 h, isto é, superior do volume mínimo recomendado pela NBR 12217/1994 quanto ao armazenamento hídrico para abastecimento público. A norma mencionada estabelece que os reservatórios devem ser projetados para garantir um volume de armazenamento suficiente para atender ao consumo da população por, no mínimo, 24 horas, considerando eventuais interrupções no fornecimento ou manutenções no sistema. A majoração do coeficiente segurança para armazenamento hídrico foi motivada pelo conhecimento de campo da localidade, haja vista que essa é uma zona rural situada a uma distância de cerca 120 quilômetros do centro urbano mais próximo, o que acarreta em maior tempo para manutenção corretiva em caso de quebra de componentes do sistema eletromecânico ou mesmo para manutenção em rede elétrica em caso de falta de energia. Com base no supracitado, o volume hídrico de

emergência de armazenamento da Fazenda é equivalente a 2013,3 m<sup>3</sup>, conforme descrito no Quadro 9.

Quadro 9: Resumo de demanda hídrica

Descrição	Quantidade	Unidade
Consumo total hídrico diário	671,10	m <sup>3</sup> /dia
Considerando reserva para +2 dias	2.013,30	m <sup>3</sup>
Volume de equilíbrio distribuído nos bebedouros	172,34	m <sup>3</sup>

Para o dimensionamento da reserva de equilíbrio, adotou-se o comportamento de consumo hídrico similar àquele do estudo conduzido por Nizzi *et al.* (2022). Dessa forma, considerou-se a curva de variação de consumo hídrico do caso de 12 vacas com acesso a comida 24 horas, o qual constatou que os picos de consumo hídrico seriam no início da manhã (6h00 às 8h00) e ao final da tarde (16h à 18h). Por esse viés, realizou-se o produto entre o percentual de consumo horário e o volume de consumo horário. A vazão de adução foi obtida por meio da relação de volume de consumo diário e horas de bombeamento, nesse caso, adotou-se 20 horas bombeamento. Ao analisar o volume abastecimento e distribuição a partir da diferença entre adução e consumo, constatou-se que a reserva de equilíbrio deve ser igual a 172,34 m<sup>3</sup>, conforme demonstrado no Quadro 10.

No que se refere aos bebedouros, o quantitativo resultou em 29 unidades de dessedentação animal, entretanto, as caixas de dissipação foram reduzidas para uma, sendo esta indicada na Figura 16. Sendo um desses com dupla função – funciona tanto como bebedouro, quanto como caixa de dissipação de pressão. A reserva de equilíbrio deve ser dividida nos 29 bebedouros, isto é, cada bebedouro terá a capacidade de 6,00 m<sup>3</sup>, conforme indicado no Quadro 11.

Quadro 10: Determinação do volume útil através de volumes diferenciais

Hora	% de rebanho	Volume consumo (m³)	Adução (m³/h)	V abast (m³)	V distrib (m³)
0	2,27%	15,23	33,555	18,32	
1	3,02%	20,27	33,555	13,29	
2	3,52%	23,62	33,555	9,93	
3	3,02%	20,27	33,555	13,29	
4	2,82%	18,93	33,555	14,63	
5	4,32%	28,99	33,555	4,56	
6	7,82%	52,48	33,555		- 18,93
7	9,52%	63,89	33,555		- 30,33
8	5,52%	37,04	33,555		- 3,49
9	4,22%	28,32	33,555	5,23	
10	3,82%	25,64	33,555	7,92	
11	3,52%	23,62	33,555	9,93	
12	3,72%	24,96			- 24,96
13	3,62%	24,29			- 24,29
14	3,30%	22,15			- 22,15
15	3,88%	26,04			- 26,04
16	7,40%	49,66	33,555		- 16,11
17	5,90%	39,59	33,555		- 6,04
18	4,59%	30,80	33,555	2,75	
19	4,22%	28,32	33,555	5,23	
20	3,22%	21,61	33,555	11,95	
21	2,72%	18,25	33,555	15,30	
22	2,22%	14,90	33,555	18,66	
23	1,82%	12,21	33,555	21,34	
$\Sigma$	100%	671,10	671,10	172,34	- 172,34

Quadro 11: Resumo de Considerações de Projeto

Descrição	Quantidade	Unidade	Observação
<b>Área total da fazenda</b>	11.307,87	hectare	Área destinada à pastagem somada a área de preservação ambiental
<b>Área da fazenda</b>	6.219,33	hectare	Área destinada à pastagem equivalente a 55% da área total
<b>Área de estudo (95% de Área de Pastagem)</b>	3.514,70	hectare	Área delimitada para estudo equivalente a 57% da área destinada a pastagem
<b>% Área de estudo</b>	57%		Relação da área destinada à pastagem e a área delimitada para estudo
<b>Consumo 24h</b>	64,00	I/UA/dia	Consumo da área delimitada para estudo
<b>Quantidade de bebedouros</b>	29	Unidade	
<b>Capacidade bebedouros</b>	6,00	m³	
<b>Taxa população</b>	3,00	UA/hectare	

#### **4.2.2. Rebaixamento de Lençol Freático**

Após o levantamento de demanda hídrica, observou-se que a outorga de uso de água não é suficiente para atender a demanda de projeto. Com o aumento da captação de água há também a redução do nível dinâmico no poço. Justifica-se, portanto, o cálculo do cone de depressão, haja vista que esse dado é necessário para o cálculo da altura manométrica do sistema eletromecânico.

Segundo laudo de ensaios de avaliação do poço enviado pela da Fazenda Viamão à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA/MA), o poço explora o Aquífero Jurássico (Formação Corda),, uma vez que o perfil litoestratigráfico desse é composto por duas camadas aquíferas, sendo essas de espessura, composição e aquífero, respectivamente:

- 000 m a 258 m (siltito e argilito) - Formação Itapecuru;
- 258 m a 321 m (arenito) - Formação Corda - Aquífero Jurássico.

O Aquífero Jurássico (Formação Corda) ocorre sob condição livre a semiconfinado e os parâmetros hidrodinâmicos podem depender das condições de ocorrência de acordo. Os parâmetros hidrodinâmicos médios são: transmissividade ( $8,0.1-4\text{m}^2/\text{s}$ ); condutividade hidráulica ( $2,0.10-5\text{m/s}$ ) e: armazenamento ( $4,0.10-6$ ) (Santos, 2010 *apud* Costa 2000).

Sob essa perspectiva, calculou-se o cone de depressão no poço por meio da aplicação da Equação de Jacob (Equação 2). Dessa forma, espera-se que o rebaixamento provocado pela captação de água de  $33,555 \text{ m}^3/\text{h}$  seja de 20,24 m e, o nível estático indicado na outorga apresentada na Figura 10, o nível dinâmico será de 80,54 m, conforme apresentado no Quadro 12.

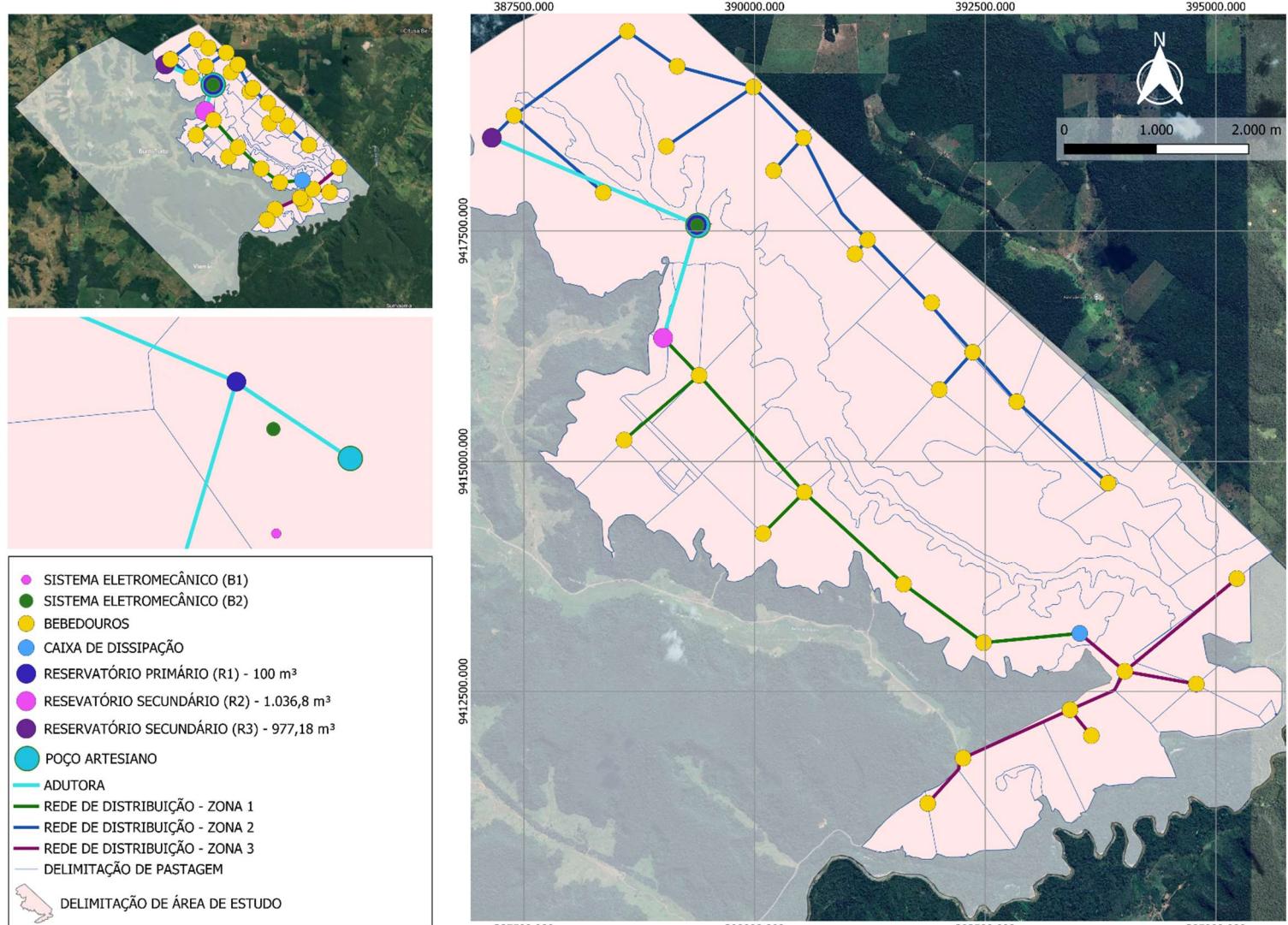
Quadro 12: Cálculo de cone de depressão e nível dinâmico

<b>Poço / Bombeamento</b>	<b>Vazão</b>	<b>Q (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</b>	0,009305556
	<b>Tempo de operação</b>	<b>T (s)</b>	72000
	<b>Raio poço</b>	<b>Rp (m)</b>	0,100
<b>Formação Corda (Costa, 2000 <i>apud</i> Santos 2010)</b>	<b>Condutividade hidráulica</b>	<b>K (<math>\text{m/s}</math>)</b>	0,00002
	<b>Transmissividade</b>	<b>T (<math>\text{m}^2/\text{s}</math>)</b>	0,0008
	<b>Armazenamento</b>	<b>S</b>	0,000004
<b>Aplicação Equação de Jacob</b>	<b>Dp (m)</b>		20,24
<b>Nível Estático</b>	<b>NE (m)</b>		60,30
<b>Nível Dinâmico</b>	<b>ND (m)</b>		80,54

#### **4.2.3. Estudo da Topografia da Área de Estudo**

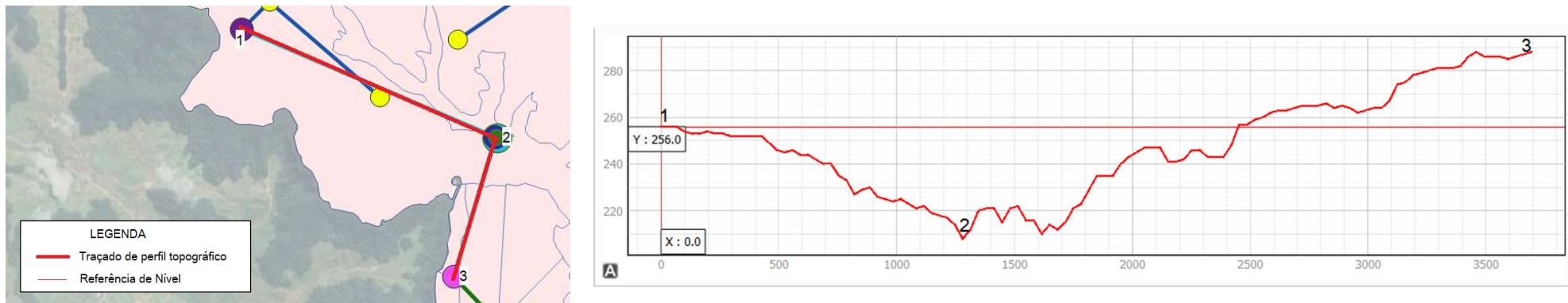
Em análise da topografia do terreno, notou-se que o ponto mais estratégico para locação do reservatório R3 que abastece a zona 2, com o intuito de favorecer o escoamento por gravidade na rede de distribuição, é na coordenada UTM (387437.56L, 9418450.49N), a qual tem cota igual a 289,47, conforme ilustrado na Figura 16 e o Gráfico 6. Com isso, foi identificado que o sistema eletromecânico utilizado para solucionar o impasse mencionado em 4.1.2. não é mais necessário, uma vez que o Gráfico 7 apresenta uma topografia favorável ao fluxo de escoamento.

Figura 16: Esquematização de solução para sistema de abastecimento hídrico



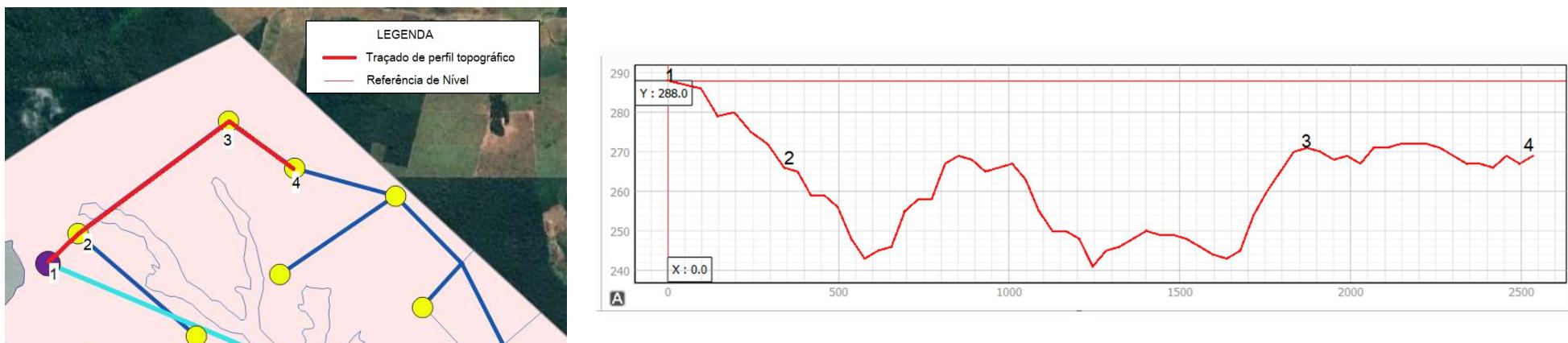
Fonte: Acervo pessoal, 2025

Gráfico 8: Perfil topográfico de adutoras com reservatório realocado



Fonte: Acervo pessoal, 2025

Gráfico 9: Perfil topográfico dos trechos T15, T16 e T31



Fonte: Acervo pessoal, 2025

#### **4.2.3. Dimensionamento do Sistema de Abastecimento Proposto**

##### *I. Rede de Distribuição*

O dimensionamento da rede de distribuição proposto para o abastecimento hídrico da Fazenda Viamão contempla uma infraestrutura composta por 31 (trinta e um) trechos hidráulicos, 34 (trinta e quatro) nós de vazão pontual, sendo três destes com função de reservatório. A proposta buscou otimizar o desempenho técnico do sistema e garantir o abastecimento para dessedentação animal, com foco em melhoria da eficiência hidráulica e segurança operacional.

Priorizou-se o uso de materiais economicamente mais viáveis, visando assegurar compatibilidade entre pressão de trabalho e durabilidade. As pressões mínimas adotadas foram de 2,5 mca, enquanto as pressões máximas foram definidas com base na resistência de cada classe de material, conforme detalhado no Quadro 13. Embora a NBR 12218/2017 recomende que as vazões pontuais tenham pressão mínima de 10 mca, nesse caso, não é necessário, uma vez que esses nós devem alimentar unidades de bebedouros.

Quadro 13: Pressões Mínimas e Máximas

Material / Especificações	Pressão Mínima (m.c.a)	Pressão Máxima (m.c.a)
PVC PBA JEI Classe 12 – 6,0 Kgf/cm <sup>2</sup> (0,60 MPa)	2,5	60 <sup>1</sup>
PVC PBA JEI Classe 15 - 7,5 Kgf/cm <sup>2</sup> (0,75 MPa)	2,5	75 <sup>1</sup>
PVC PBA JEI Classe 20 - 10 Kgf/cm <sup>2</sup> (1,0 MPa)	2,5	100 <sup>2</sup>
PCV DEFoFo Vinilfer JEI (1,0 MPa)	2,5	100 <sup>2</sup>

Fonte<sup>1</sup>: ABNT NBR 5647-1: Sistemas para adução e distribuição de água - Tubos e conexões de PVC-U 6,3 com junta elástica e com diâmetros nominais até DN 100

Fonte<sup>2</sup>: ABNT NBR 5647-2: Sistemas para adução e distribuição de água - Tubos e conexões de PVC-U 6,3 com junta elástica e com diâmetros nominais até DN 100 - Parte 2: Requisitos específicos para tubos com pressão nominal PN 1,00 MPa.

Esse controle de pressão é fundamental para evitar rompimentos, reduzir perdas por vazamento e garantir a longevidade da infraestrutura. A seleção das tubulações respeitou os limites de pressão estabelecidos, de modo a garantir a segurança do sistema mesmo nos pontos de maior variação topográfica da fazenda. O Quadro 14 apresenta o resumo do levantamento quantitativo das tubulações utilizadas no projeto proposto, o projeto da rede de distribuição detalhado é apresentado em apêndice. A distribuição dos diâmetros foi realizada com base nas vazões estimadas para cada trecho, priorizando a utilização de diâmetros menores em pontos de menor demanda e maiores nos pontos de maior concentração de fluxo, equilibrando o custo com o desempenho hidráulico. Esta prática possibilita reduzir os custos de material e instalação sem comprometer a eficiência.

Quadro 14: Levantamento quantitativos das tubulações

<b>DN (mm)</b>	<b>Descrição</b>	<b>Quantidade (m)</b>
50	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	12.179,00
75	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	6.413,30
100	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	2.255,50
50	PVC Tigre PBA classe 15 JEI	2.318,80
50	PVC Tigre PBA classe 20 JEI	3.002,80
<b>TOTAL</b>		<b>26.169,40</b>

Ainda, destaca-se que o projeto considerou zonas com diferentes regimes de pressão, aproveitando os desníveis naturais do terreno para promover o escoamento por gravidade, quando possível. A variação entre pontos de maior e menor pressão foi administrada com o uso de reservatórios secundários e pontos de dissipaçāo de pressão. Constatou-se que apenas a zona 3 apresenta pontos de pressão superior a 60 mca, isso ocorre devido a existência de diferenças entre cotas altimétricas de até 90 m nessa zona.

As limitações de velocidade estão associadas tanto à segurança e durabilidade das tubulações, como ao custo de implantação e operação. Por esse viés, as baixas velocidades favorecem a durabilidade, sob aspecto de abrasão das tubulações e peças especiais e ainda minimizam os efeitos dos transitórios hidráulicos ocasionados pelas variações de pressão e, por outro lado, facilitam o depósito de materiais existentes na água. Entretanto, as velocidades altas diminuem o diâmetro da tubulação e consequentemente o custo da aquisição e assentamento das tubulações, mas causam aumento da perda de carga com aumento dos custos de energia elétrica nos bombeamentos ou na altura dos reservatórios, causam ruído na tubulação, favorecem o desgaste por abrasão e cavitação de peças e válvulas, aumentando os custos de manutenção (Tsutiya, 2006). Segundo a NBR 12218/2017, a velocidade mínima nas tubulações deve ser de 0,6 m/s e a máxima de 3,5 m/s. No Quadro 15, é possível observar que em todas as tubulações a velocidade máxima estabelecida é atendida, mas, em alguns casos, a velocidade está abaixo do que limite mínimo que a norma estabelece mesmo a com tubulação no menor diâmetro possível.

Quadro 15: Resumo de resultados de dimensionamento

Zona	Nome do Trecho	Contorno	DN (mm)	Material	H disp mont (mca)	H disp jus (mca)	P. Carga (m)	Vazão (l/s)	Vel (m/s)
1	T2	Reservatório	75	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	16,38	21,54	11,079	3,18	0,68
1	T3	Vazão Pontual	75	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	21,38	25,12	6,266	2,47	0,53
1	T4	Vazão Pontual	75	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	25,02	32,02	3	1,99	0,4
1	T5	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	21,38	20,94	0,442	0,35	0,15
1	T6	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	31,98	25,15	11,382	1,59	0,68
1	T1	Reservatório	100	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	0	16,42	2,342	4,17	0,53
1	T7	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	16,38	5,11	1,342	0,42	0,2
2	T15	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	20,86	37,9	0,772	0,32	0,14
2	T16	Vazão Pontual	100	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	20,88	15,36	2,757	3,05	0,39
2	T17	Vazão Pontual	75	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	15,31	13,26	4,007	2,72	0,62
2	T18	Vazão Pontual	75	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	13,18	20,46	4,709	2,57	0,58
2	T19	Vazão Pontual	75	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	20,36	24,03	2,734	2,18	0,47
2	T20	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	23,98	15,08	18,899	1,98	0,93
2	T21	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	4,93	16,93	1,9	0,7	0,3
2	T22	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	16,89	38,55	1,25	0,42	0,18
2	T23	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	7,73	10,23	10,454	1,52	0,71
2	T24	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	10	5,03	7,021	1,38	0,59
2	T25	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	4,93	9,13	0,796	0,53	0,23
2	T26	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	23,98	24,06	0,051	0,13	0,05
2	T27	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	14,73	7,87	6,857	1,78	0,83
2	T28	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	7,73	9,02	0,045	0,18	0,08
2	T30	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	20,36	28,82	0,542	0,28	0,12
2	T31	Reservatório	100	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	0	20,9	0,995	3,77	0,52
2	T8	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 20 JEI	79,99	72,62	0,062	0,13	0,06
3	T9	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 20 JEI	69,05	86,09	0,118	0,19	0,09
3	T10	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 20 JEI	69	79,99	1,266	0,34	0,17
3	T11	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 15 JEI	55,49	69,05	1,624	0,62	0,28
3	T12	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 20 JEI	55,54	77,58	0,596	0,31	0,15
3	T13	Vazão Pontual	50	PVC Tigre PBA classe 15 JEI	55,54	66,94	1,278	0,35	0,16
3	T14	Caixa de Dissipação	50	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	0	55,62	5,234	1,38	0,59

A partir do dimensionamento da rede de distribuição, constatou-se que o consumo diário da zona 1 somado ao da zona 3 é 4% maior que o consumo da zona 2. Considerou-se, portanto, esse percentual para o dimensionamento de reserva de emergência e sistema de adução. Nesse caso, o volume dos reservatórios R2 e R3, são, respectivamente, 1.036,8 m<sup>3</sup> e 977,18 m<sup>3</sup>, conforme apresentado no Quadro 16.

Quadro 16: Resumo de demanda hídrica

Descrição	Quantidade	Unidade
Consumo R2 - Zona 1 + Zona 3	345,60	m <sup>3</sup> /24h
Volume R2 p/ 72 horas - Zona 3	1.036,80	m <sup>3</sup> /72h
Consumo R3 - Zona 2	325,73	m <sup>3</sup> /24h
Volume R3 p/ 72 horas - Zona 2	977,18	m <sup>3</sup> /72h

De forma geral, o dimensionamento proposto mostra-se eficiente ao alinhar critérios técnicos e econômicos com as condições reais do terreno, uso dos materiais mais adequados, atendimento à pressão mínima necessária, e, principalmente, pela integração entre os pontos de abastecimento com uso racional da água. Essa estratégia se evidencia relevante diante do contexto agropecuário do Maranhão, onde os desafios logísticos e de infraestrutura requerem soluções práticas e duradouras.

## *II. Adução e Sistema eletromecânico*

Por se tratar de uma adutora intermitente, o dimensionamento das tubulações de recalque foi efetuado por meio da Equação 3, a qual relacionada vazão e tempo de bombeamento, assim, obteve-se diâmetros comerciais de 100 mm e 150 mm. As perdas de carga e alturas manométricas foram calculadas em cada trecho para verificar as pressões e, assim, definição do material adequado para os trechos de adução, conforme detalhado no Quadro 17. As alturas manométricas foram calculadas aplicando a Equação 4 e as perdas de carga foram calculadas por meio da Equação 5.

Por conseguinte, adotou-se um diâmetro imediatamente superior para a tubulação de sucção. Para o dimensionamento do sistema eletromecânico da Fazenda Viamão, foram simuladas três alternativas distintas de arranjo hidráulico, considerando diferentes configurações de bombeamento entre o poço artesiano, os reservatórios secundários e primário.

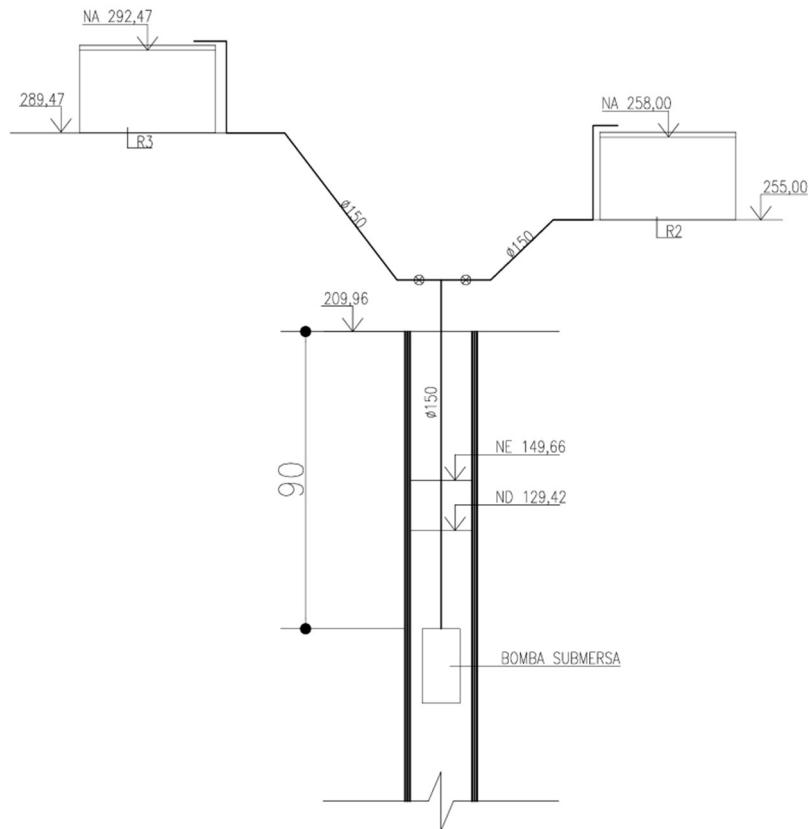
Quadro 17: Dimensionamento de adutoras

Trecho	L (m)	L equiv. (m)	L total (m)	T (h/dia)	Q (m³/h)	Dr (mm)	DN (mm)	Rey	f	ΔHs	Hman total	Material
T(poço)	100,00	41,70	141,70	20	0,0093208	119,92	150	78567,7	0,01884	0,25	83,79	PVC DEFoFo Vinilfer JEI
T33(recalque)	1275,47		1.275,47	20	0,0048161	86,20	100	60894,4	0,01993	4,87	55,64	PVC Tigre PBA classe 12 JEI
T33(sucção)	3,00	41,70	3,00		0,0048161		150	40596,2	0,02176	0,02	2,72	PVC DEFoFo Vinilfer JEI
T34(recalque)	2145,86		2.145,86	20	0,0045047	83,36	100	56957,2	0,02022	7,28	92,52	PVC DEFoFo Vinilfer JEI
T34(succção)	3,00	41,70	3,00		0,0045047		150	37971,5	0,03361	0,03	2,73	PVC DEFoFo Vinilfer JEI

- a) Situação 1 – Bomba submersa: abastece reservatórios secundários diretamente do poço

Nesta configuração, uma bomba submersa localizada no poço artesiano realiza o recalque diretamente até os reservatórios secundários, conforme ilustra a Figura 17, o que exige uma altura manométrica elevada devido à distância e desnível envolvidos. Para fins de cálculo, considerou-se o maior comprimento de recalque ( $L$ ), o qual foi de 2.235,86 m. Conforme o Quadro 18, o valor da altura geométrica ( $H_{gr}$ ) foi de 163,61 m e a altura manométrica total ( $H_{manr}$ ) alcançou 167,596 mca. Nesse caso, a bomba selecionada para essa situação foi o modelo S30-12 760 da marca Leão com potência de 25 CV, indicada na Figura 18. Assim, aplicando a Equação 8 para relacionar as grandezas de vazão, rendimento e altura manométrica, verificou-se que a bomba selecionada apresenta rendimento de 83% de eficiência (Quadro 19). Embora a bomba apresente um bom rendimento, a configuração proporciona o abastecimento de um reservatório por vez, uma vez que o controle será por meio de registro de gaveta, além de reduzir a garantia de adução hídrica em caso de quebra do equipamento.

Figura 17: Ilustração da situação 1



Fonte: Acervo pessoal, 2025

Quadro 18: Simulação da situação 1

Situação 1: Dimensionamento bomba submersa - recalque										
Vazão (m³/s)	L(m)	Hgr (m)	T(operação) (h/dia)	Dr (mm)	DN (mm)	Rey	f	ΔHr (m)	Hmanr (m)	
0,00932	2235,86	163,05	20	119,92	150	78567,71658	0,01884	3,983	167,033	

Figura 18: Seleção de bomba submersa modelo S30-12 760

Modelo	Potência (cv)	Estágios	Características Hidráulicas								Peso (Kg)	Ø mínimo do Poço (pol.)	DIMENSÕES (mm)						
			Vazão (m³/h)											Ø		M	B		
			0	20	25	30	35	40	45	50			Ø	579	521	1100			
S30-02 500	4,5	2	43	31	29	26,5	23	19,5	16	12	59	6"	709	604	1313				
S30-03 500	6,5	3	65,5	47,5	44	39,5	34	28,5	21	16	70,2		824	687	1511				
S30-04 610	9	4	91	64	59	52,5	46	37,5	29,5	21,5	81,9		824	770	1594				
S30-05 610	11	5	113	81	75,5	65,5	56,5	46,5	36	26	91,8		784	853	1637				
S30-06 610	13	6	134	97,5	88,5	79	67	55	42,5	30,5	100,1		987	936	1923				
S30-07 710	15	7	159	115	106	94,5	82,5	66,5	51,5	37	123,4		1047	1019	2066				
S30-08 710	17	8	181	130	120	108	93	76	58,5	41,5	133,1		1067	1102	2169				
S30-09 710	19	9	208	150	138	122	107	87	65	45	139,8		1067	1185	2252				
S30-10 710	20	10	226	165	154	133	115,5	93	72	48	144		1097	1268	2365				
S30-11 710	22,5	11	254	183	167	149	126	102	78	50	151,1		1152	1351	2503				
S30-12 760	25	12	276	199	182	161	137	111	83	55	157,7		1202	1434	2636				
S30-13 760	27,5	13	297	214	196	173	148	120	92	60	167,5		1202	1517	2719				
S30-14 760	30	14	322	231	213	188	161	129	98	66,5	172,1		1202	1600	2802				
S30-15 760	30	15	335	243	223	199	171	135	101	70	176,3		1202	1683	2885				
S30-16 760	32,5	16	359	260	239	212	183	144	108	74	181,9		1252	1766	3018				
S30-17 760	35	17	372	270	250	221	192	151	115,5	77	192		1252	1849	3101				
S30-18 760	37,5	18	394	283	265	234	203	161	121	83	196,2		1252	1932	3184				
S30-19 760	37,5	19	410	300	279	243	212	170	128	90	200,4								

OBS.: Os valores das colunas Peso, Ø, M, e C variam conforme a tensão do equipamento, sendo informado o valor máximo.



Fonte: Bombas Leão, 2020

Quadro 19: Avaliação de rendimento para bomba selecionada na situação 1

<b>Situação 1: Dimensionamento bomba submersa - recalque</b>					
<b>Q(m³/s)</b>	<b>Potência bomba (cv)</b>	<b>Hm (m.c.a)</b>	<b>Rendimento da bomba</b>	<b>Modelo da motobomba</b>	<b>Marca</b>
0,00932	25	167,03	83%	S30-12 760	Leão

b) Situação 2 – Solução híbrida com bomba submersa e bomba afogada

A situação 2 simula um sistema híbrido, similar ao sistema existente na Fazenda, no qual uma bomba submersa realiza o recalque do poço até um reservatório primário, seguido por uma motobomba centrífuga afogada que impulsiona a água até os reservatórios secundários, conforme ilustra a Figura 19, nessa situação, também se abastece um reservatório por vez.

Esta configuração foi calculada em duas partes no Quadro 21:

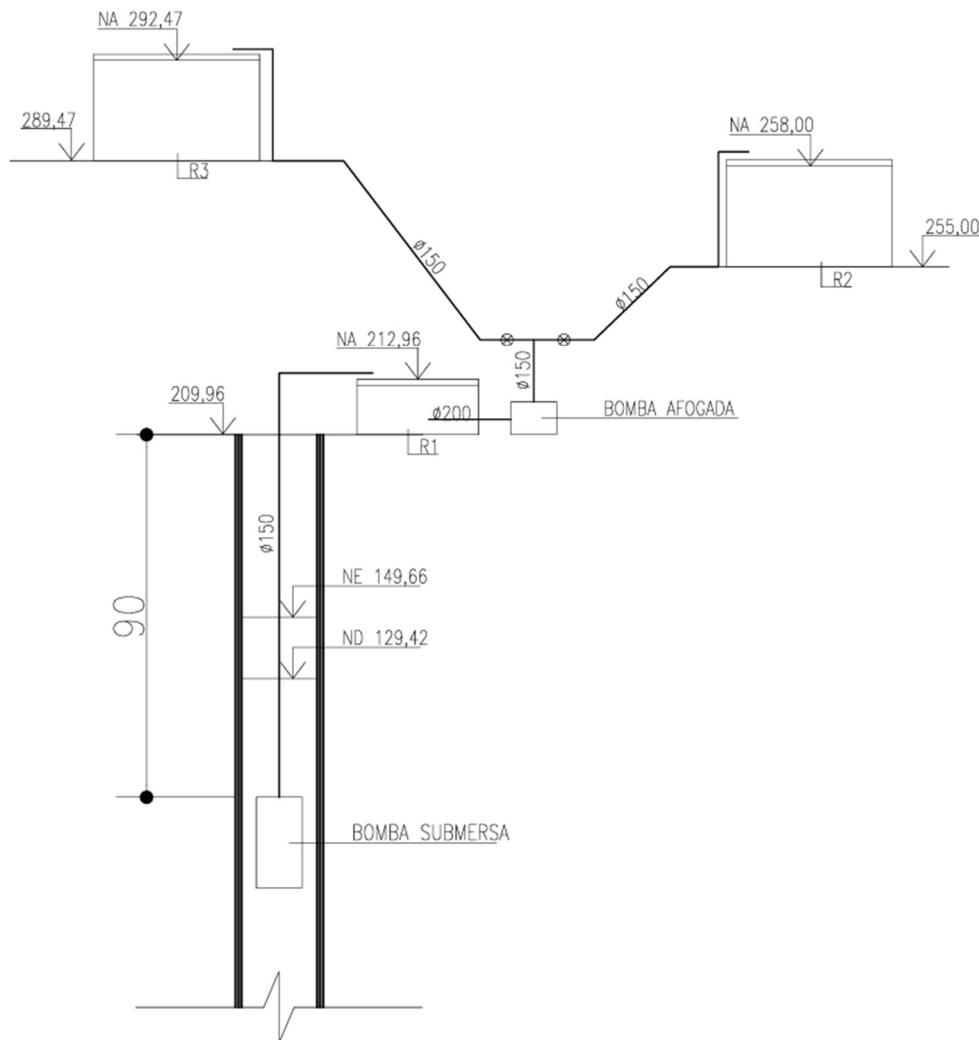
Parte I (poço → reservatório primário): apresentou uma altura manométrica total de 84,35 m, com baixa perda de carga ( $\Delta H_s = 0,25$  m) para vazão de 33,555 m<sup>3</sup>/h e diâmetro de 150 mm. A bomba selecionada para a primeira parte da situação 2 foi o modelo S30-07 710 de potência de 15 CV. Assim, aplicando a Equação 8 para relacionar as grandezas de vazão, rendimento e altura manométrica, verificou-se que a bomba selecionada apresenta rendimento de 70% de eficiência (Figura 20 e Quadro 22).

Parte II-I e Parte II-II: (reservatório primário → reservatórios secundários): verificou-se uma altura manométrica de 92,52 m, com perda de carga de 3,82 m, para uma vazão de 33,555 m<sup>3</sup>/h (Quadro 21). Para a sucção da motobomba, os cálculos demonstraram NPSH disponível positivo (12,73 m), eliminando o risco de cavitação, de modo a garantir segurança operacional da motobomba instalada abaixo do nível do reservatório primário. A bomba selecionada para a segunda parte da situação 2 foi o modelo VME 208200 da marca Schneider de potência de 15 CV (Figura 21). Assim, aplicando a Equação 8 para relacionar as grandezas de vazão, rendimento e altura manométrica, verificou-se que a bomba selecionada apresenta rendimento de 52% de eficiência (Quadro 22).

A situação 2 é configurada como uma solução eficiente, reunindo condições técnicas e econômicas viáveis para a operação do sistema. Além de evitar o fenômeno da cavitação, permite modular a operação em dois estágios, otimizando o uso de energia e reduzindo esforços sobre uma única bomba. Entretanto, em caso de

necessidade de manutenção de qualquer uma das bombas, o abastecimento da área de estudo é interrompido, sob essa ótica, percebe-se que a garantia de abastecimento ainda é baixa.

Figura 19: Ilustração da situação 2



Fonte: Acervo pessoal, 2025

O Quadro 20 apresenta detalhes quanto às peças especiais e seus respectivos comprimentos equivalentes considerados na situação 2 (parte II) e situação 3 (parte II e III).

Quadro 20: Comprimentos equivalentes (recalque poço e sucção)

Quant.	Descrição	Leq (m)	
		DN 100 mm	DN 150 mm
1	Registro gaveta	0,80	1,20
1	Tê de passagem lateral	5,00	7,50
1	Válvula de pé e crivo	25,00	18,75
2	Curvas 90º	9,00	13,50
1	Saída de canalização	0,50	0,75
Total		40,30	41,7

Quadro 21: Simulação da situação 2

Situação 2: Parte I: Dimensionamento bomba submersa - recalque (poço)											
Vazão (m³/s)	L(m)	Leq(m)	Ltotal (m)	Hgr (m)	T(operação) (h/dia)	Dr (mm)	DNr (mm)	Rey	f	ΔHs	Hmanr
0,00932	100	41,70	141,7	83,54	20	119,92	150	78567,7	0,0188448	0,25243	83,79
Situação 2: Parte II-I: Dimensionamento bomba afogada - recalque (reservatório)											
Vazão (m³/s)	L(m)	Hgr (m)	T(operação) (h/dia)	Dr (mm)	DNr (mm)	Rey	f	ΔHr	Hman total		
0,00932	2145,86	82,51	20	119,92	150	78567,71658	0,01884	3,82267	83,61		
Situação 2: Parte II-II: Dimensionamento bomba afogada - sucção (reservatório)											
DNs (mm)	L(m)	Leq(m)	Ltotal (m)	Hgs (m)	Rey	f	ΔHs (m)	Hmans	NPSHdisp		
200	3	41,70	44,7	2,7	58925,78744	0,020040106	0,0201	- 2,72	12,73		

Figura 20: Seleção de bomba submersa modelo RS30-07 710

TABELA DE SELEÇÃO																
Modelo	Potência (cv)	Estágios	Características Hidráulicas							Peso (Kg)	Ø mínimo do Poço (pol.)	DIMENSÕES (mm)				
			Vazão (m³/h)									Ø	M	B	C	
			0	20	25	30	35	40	45	50						
S30-02 500	4,5	2	43	31	29	26,5	23	19,5	16	12	59	6"	579	521	1100	
S30-03 500	6,5	3	65,5	47,5	44	39,5	34	28,5	21	16	70,2		709	604	1313	
S30-04 610	9	4	91	64	59	52,5	46	37,5	29,5	21,5	81,9		824	687	1511	
S30-05 610	11	5	113	81	75,5	65,5	56,5	46,5	36	26	91,8		824	770	1594	
S30-06 610	13	6	134	97,5	88,5	79	67	55	42,5	30,5	100,1		784	853	1637	
S30-07 710	15	7	159	115	106	94,5	82,5	66,5	51,5	37	123,4		987	936	1923	
S30-08 710	17	8	181	130	120	108	93	76	58,5	41,5	133,1		1047	1019	2066	
S30-09 710	19	9	208	150	138	122	107	87	65	45	139,8		1067	1102	2169	
S30-10 710	20	10	226	165	154	133	115,5	93	72	48	144		1067	1185	2252	
S30-11 710	22,5	11	254	183	167	149	126	102	78	50	151,1		1097	1268	2365	
S30-12 760	25	12	276	199	182	161	137	111	83	55	157,7		1152	1351	2503	
S30-13 760	27,5	13	297	214	196	173	148	120	92	60	167,5		1202	1434	2636	
S30-14 760	30	14	322	231	213	188	161	129	98	66,5	172,1		1202	1517	2719	
S30-15 760	30	15	335	243	223	199	171	135	101	70	176,3		1202	1600	2802	
S30-16 760	32,5	16	359	260	239	212	183	144	108	74	181,9		1202	1683	2885	
S30-17 760	35	17	372	270	250	221	192	151	115,5	77	192		1252	1766	3018	
S30-18 760	37,5	18	394	283	265	234	203	161	121	83	196,2		1252	1849	3101	
S30-19 760	37,5	19	410	300	279	243	212	170	128	90	200,4		1252	1932	3184	

OBS.: Os valores das colunas Peso, Ø, M, e C variam conforme a tensão do equipamento, sendo informado o valor máximo.



Fonte: Bombas Leão, 2020

Figura 21: Seleção de motobomba não afogada modelos VME-208200

MODELO	Potência (cv)	Estágios	Trifásico	Ø Recalque (pol.)	Pressão máxima sem vazão (m.c.a.)	Altura máxima de sucção (m.c.a.)	Ø Rotor (mm)	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS																						
								Altura Manométrica Total (m.c.a.)																						
								65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	
VME-206150	15	6	x	2	2	138	7	110	32,5	31,6	30,7	29,7	28,5	27,3	26	24,4	22,6	20,5	18	14,9	11	6,4								
VMF-207200	20	7	x	2	2	160	7	110		32,6	31,9	31,1	30,2	29,3	28,4	27,3	26,2	24,9	23,4	21,8	19,8	17,6	14,9	11,6	7,8	3,6				
VMF-208200	20	8	x	2	2	183	7	110			32,7	32	31,4	30,7	29,9	29,1	28,2	27,3	26,3	25,2	24	22,6	21,1	19,3	17,3	14,9	12	8,8		
VME-209250	25	9	x	2	2	206	7	110					32,7	32,2	31,6	31	30,3	29,6	28,9	28,1	27,3	26,4	25,5	24,4	23,2	22	20,5	18,9		
VME-2010250	25	10	x	2	2	228	7	110						32,8	32,3	31,8	31,2	30,7	30,1	29,4	28,8	28,1	27,3	26,5	25,7	24,7	23,7			

Motor elétrico com rolamento de contato angular, IP-55, 2 polos, 60 Hz.

Bombeador de aço inox.

Intermediário, base e flanges de ferro fundido, com pintura a fundo E-COAT.

VME Inox: todos os componentes em contato com o líquido são de aço inoxidável.

Temperatura máxima do líquido bombeado: 120 °C

Fonte: Schneider Motobombas, 2022

Quadro 22: Avaliação de rendimento para bomba selecionada na situação 2

Situação 2: Parte I: Dimensionamento bomba submersa - recalque (poço)					
Q(m³/s)	Potência bomba (cv)	Hm (m.c.a.)	Rendimento da bomba	Modelo da motobomba	Marca
0,00932	15	83,79	70%	S30-07 710	Leão

Situação 2: Parte II: Dimensionamento bomba afogada - recalque (reservatório)					
Q(m³/s)	Potência bomba (cv)	Hm (m.c.a.)	Rendimento da bomba	Modelo da motobomba	Marca
0,00932	20	83,61	52%	VME-208200	Schneider

- c) Situação 3 - Solução híbrida com bomba submersa e duas bombas não afogadas

A situação 3 também simula um sistema híbrido, no qual uma bomba submersa realiza o recalque do poço até um reservatório primário, seguido por duas motobombas centrífugas não afogadas que impulsiona a água até os reservatórios secundários, conforme ilustra a Figura 22. Nessa situação, os dois reservatórios são abastecidos simultaneamente. Esta configuração foi calculada em três partes no Quadro 23:

Parte I (poço → reservatório primário): nessa primeira parte, repetiu-se as configurações e resultados da parte I da situação 2.

Parte II-I e Parte II-II: (reservatório primário → reservatórios secundários (R2)): para fins de dimensionamento da bomba da segunda parte do sistema, considerou-se a vazão de consumo da zona 1 somada à vazão de consumo da zona 3. Dessa forma, verificou-se uma altura manométrica de 55,64 m, com perda de carga de 4,87 m, para uma vazão de 17,338 m<sup>3</sup>/h (Quadro 23). Para a sucção da motobomba, os cálculos demonstraram NPSH disponível positivo (7,28 m), eliminando o risco de cavitação, de modo a garantir segurança operacional da motobomba instalada acima do nível do reservatório primário. A bomba selecionada para a segunda parte da situação 3 foi o modelo VME 9875 da marca Schneider de potência de 7,5 CV (Figura 23). Assim, aplicando a Equação 8 para relacionar as grandezas de vazão, rendimento e altura manométrica, verificou-se que a bomba selecionada apresenta rendimento de 52% de eficiência (Quadro 24)

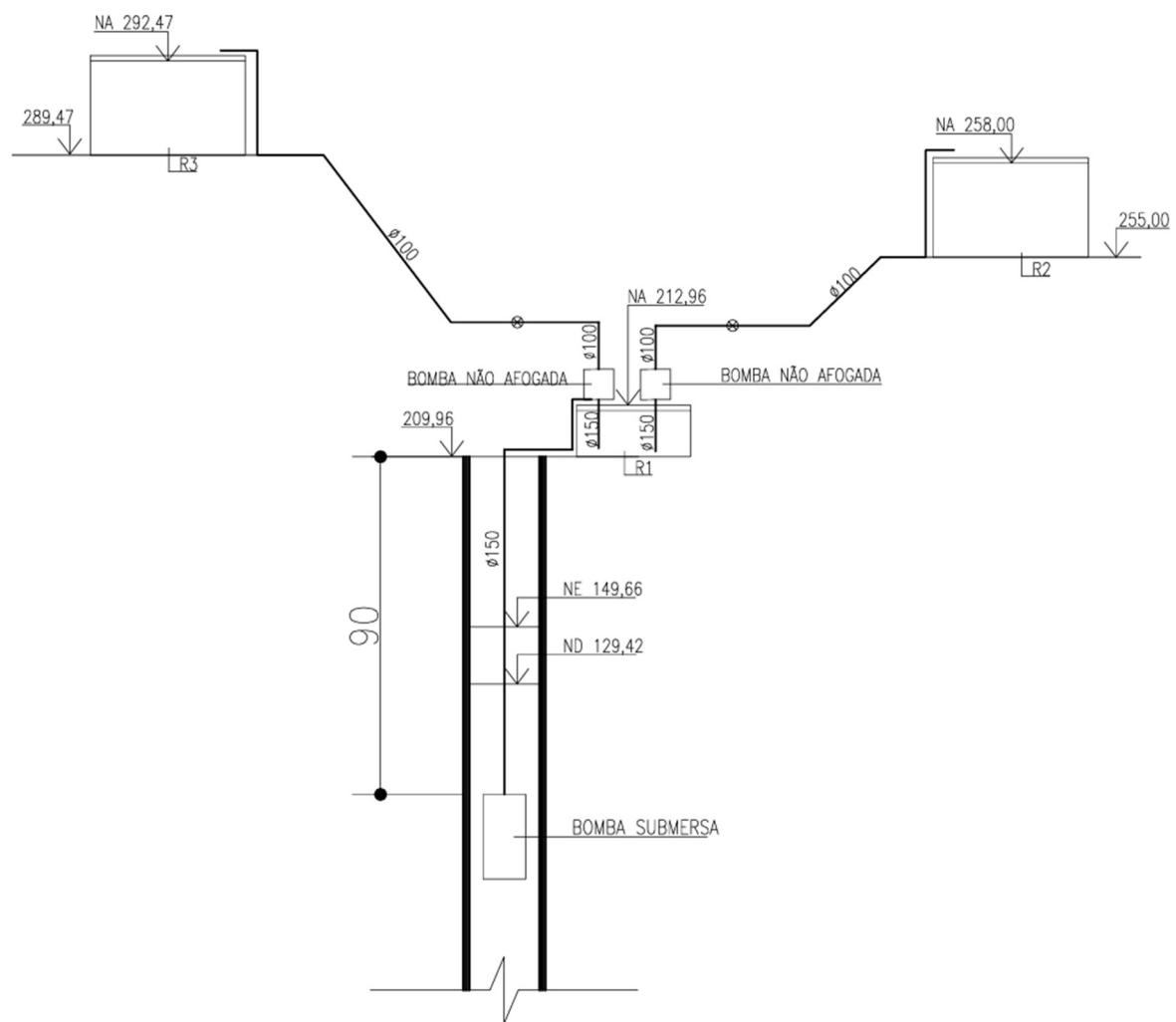
Parte III-I e Parte III-II (reservatório primário → reservatórios secundários (R2)): para fins de dimensionamento da bomba da segunda parte do sistema, considerou-se a vazão de consumo da zona 2. Dessa forma, verificou-se uma altura manométrica de 92,52 m, com perda de carga de 7,28 m, para uma vazão de 16,217 m<sup>3</sup>/h (Quadro 23). Para a sucção da motobomba, os cálculos demonstraram NPSH disponível positivo (7,27 m), eliminando o risco de cavitação, de modo a garantir segurança operacional da motobomba instalada acima do nível do reservatório primário. A bomba selecionada para a segunda parte da situação 3 foi o modelo VME-910100 da marca Schneider de potência de 10 CV (Figura 23). Assim, aplicando a Equação 8 para relacionar as grandezas de vazão, rendimento e altura manométrica,

verificou-se que a bomba selecionada apresenta rendimento de 56% de eficiência (Quadro 24)

A situação 3 é configurada como uma solução também eficiente, uma que também reúne condições técnicas e econômicas viáveis para a operação do sistema. O cálculo do NPSH disponível também aponta que o conjunto elevatório evita o fenômeno da cavitação e também reduz esforços sobre uma única bomba. O diferencial da situação 3 em relação à situação 1 e 2 que os dois reservatórios secundários são abastecidos simultaneamente. Além disso, as bombas não afogadas instaladas no reservatório primário facilitam em termos de manutenção. Outrossim, é que em caso de necessidade de manutenção das bombas não submersas, o abastecimento da área de estudo não é completamente interrompido. Portando, sob essa ótica, percebe-se que situação 3 apresenta maior confiabilidade para o sistema de abastecimento.

Além disso, a separação entre os reservatórios primário e secundários possibilita maior controle do fluxo hídrico, flexibilidade de manutenção, fornecimento hídrico simultâneo e confiabilidade no abastecimento. Esses fatores são fundamentais para o desempenho adequado do sistema para dessedentação animal.

Figura 22: Ilustração da situação 3



Fonte: Acervo pessoal, 2025

Quadro 23: Simulação da situação 3

<b>Situação 3: Parte I: Dimensionamento bomba submersa - recalque (poço) - Zona 4</b>											
Vazão (m³/s)	L(m)	Leq(m)	Ltotal (m)	Hgr (m)	T(operação) (h/dia)	Dr (mm)	DNr (mm)	Rey	f	ΔHs	Hmanr
0,00932	100	41,70	141,70	83,54	20	119,92	150	78567,7	0,018844	0,2524	83,79
<b>Situação 3: Parte II-I: Dimensionamento bomba não afogada - recalque (R2) - Trecho T33 - Zona 1</b>											
Vazão (m³/s)	L(m)	Hgr (m)	T(operação) (h/dia)	Dr (mm)	DNr (mm)	Rey	f	ΔHr	<b>Hman total</b>		
0,00482	1275,47	45,04	20	86,20	100	60894,37	0,01993	4,8720	55,64		
<b>Situação 3: Parte II-II: Dimensionamento bomba não afogada - sucção (R2) - Trecho T33 - Zona 1</b>											
DNs (mm)	L(m)	Leq(m)	Ltotal (m)	Hgs (m)	Rey	f	ΔHs (m)	Hmans	<b>NPSHdisp</b>		
150	3	41,70	44,7	2,7	40596,24	0,021762627	0,02455	2,72	7,28		
<b>Situação 3: Parte III-I: Dimensionamento bomba não afogada - recalque (R3) - Trecho T34 - Zona 2</b>											
Vazão (m³/s)	L(m)	Hgr (m)	T(operação) (h/dia)	Dr (mm)	DNr (mm)	Rey	f	ΔHr	<b>Hman total</b>		
0,00450	2145,86	82,51	20	83,36	100	56957,20	0,02022	7,2766	92,52		
<b>Situação 3: Parte III-II: Dimensionamento bomba não afogada - sucção (R3) - Trecho T34 - Zona 2</b>											
DNs (mm)	L(m)	Leq(m)	Ltotal (m)	Hgs (m)	Rey	f	ΔHs (m)	Hmans	<b>NPSHdisp</b>		
150	3	41,70	44,7	2,7	37971,47	0,033607806	0,03317	2,73	7,27		

Figura 23: Seleção de motobomba não afogada modelos VME-9875 e VME-912100

MODELO	Potência (cv)	Estágios	Infrídio	Ø Sucção (pol.)	Ø Recalque (pol.)	Pressão máxima sem vazão (m.c.a.)	Altura máxima de sucção (m.c.a.)	Ø Rotativo (mm)	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS																																	
									15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190										
(*)VME-3415	1,5	4	x	1	1	65	8	98,5	*	5,9	5,5	5,1	4,7	4,2	3,6	3,0	2,2	1,0																								
(*)VME-3620	2	6	x	1	1	95	8	98,5	*	*	6,0	5,7	5,5	5,2	4,9	4,6	4,3	3,9	3,5	3,1	2,0																					
(*)VME-3830	3	8	x	1	1	129	8	98,5	*	*	*	*	*	*	*	*	5,9	5,7	5,5	5,3	5,1	4,9	4,7	4,2	3,6	3,0	2,2	1,1														
(*)VME-31140	4	11	x	1	1	173	8	98,5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5,9	5,8	5,6	5,5	5,2	4,9	4,5	4,2	3,8	3,3	2,8	2,3	1,5								
(*)VME-31350	5	13	x	1	1	210	8	98,5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5,9	5,7	5,4	5,2	4,9	4,6	4,3	4,0	3,7	3,3	2,9	2,4	1,8								
VME-5630	3	6	x	11/4	11/4	100	8	97	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	8,8	8,4	7,9	7,4	6,8	5,3	3,1															
VME-5840	4	8	x	11/4	11/4	133	8	97	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	8,9	8,6	7,9	7,1	6,1	4,8	3,0														
VME-51050	5	10	x	11/4	11/4	168	8	97	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	8,6	8,0	7,4	6,7	5,8	4,8	3,5	1,8										
VME-51275	7,5	12	x	11/4	11/4	203	8	97	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	8,6	8,1	7,6	7,1	6,4	5,7	4,8	3,7	2,3							
VME-51475	7,5	14	x	11/4	11/4	235	8	97	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	8,9	8,5	8,1	7,7	7,2	6,6	6,0	5,3							
VME-515100	10	15	x	11/4	11/4	254	8	97	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	8,9	8,6	8,2	7,8	7,4	6,9	6,4							
VME-9330	3	3	x	11/2	11/2	51	8	101	17,7	16,8	15,8	14,5	13,0	11,0	7,7																											
VME-9540	4	5	x	11/2	11/2	87	8	101	*	18,1	17,6	17,0	16,5	15,8	15,1	14,4	13,5	12,5	11,2	9,6	2,5																					
VME-9650	5	6	x	11/2	11/2	104	8	101	*	*	*	*	17,8	17,3	16,9	16,4	15,9	15,3	14,6	13,9	13,2	11,2	8,0																			
VME-9875	7,5	8	x	11/2	11/2	138	8	101	*	*	*	*	*	*	17,9	17,5	17,2	16,8	16,5	16,1	15,6	14,7	13,7	12,4	10,7	8,2	3,3															
VME-910100	10	10	x	11/2	11/2	174	8	101	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	18,0	17,7	17,4	17,2	16,9	16,1	15,6	14,9	14,1	13,1	12,0	10,6	8,6	5,4										
VME-912100	10	12	x	11/2	11/2	208	8	101	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	17,9	17,7	17,5	17,0	16,5	16,0	15,4	14,8	14,1	13,4	12,5	11,4	10,2	8,5	5,8									
VME-914150	15	14	x	11/2	11/2	244	8	101	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	18,0	17,6	17,2	16,8	16,4	15,9	15,4	14,9	14,3	13,7	13,0	12,2	11,3						

Motor WEG IP-55 com rolagem de contato angular, 2 polos, 60 Hz.

Bombeador em aço inox

Intermediário, base e flanges de ferro fundido, com pintura a fundo E-COAT.

VME Inox: todos os componentes em contato com o líquido são produzidos em aço inox.

Temperatura máxima do líquido bombeado: 120°C.

(\*) Nos modelos VME-3 de aço inox, considerar sucção e recalque igual a 1 1/4".



Fonte: Schneider Motobombas, 2022

Quadro 24: Avaliação de rendimento para bomba selecionada na situação 3

Situação 3: Parte I: Dimensionamento bomba submersa - recalque (poço)					
Q(m³/s)	Potência bomba (cv)	Hm (m.c.a)	Rendimento da bomba	Modelo da motobomba	Marca
0,00932	15	84,35	70%	S30-07 710	Leão
Situação 3: Parte II: Dimensionamento bomba não afogada - recalque (R2) - Trecho T33 - Zona 1					
Q(m³/s)	Potência bomba (cv)	Hm (m.c.a)	Rendimento da bomba	Modelo da motobomba	Marca
0,00482	7,5	49,94	48%	VME 9875	Schneider
Situação 3: Parte III: Dimensionamento bomba não afogada - recalque (R3) - Trecho T34 - Zona 2					
Q(m³/s)	Potência bomba (cv)	Hm (m.c.a)	Rendimento da bomba	Modelo da motobomba	Marca
0,00450	10	92,52	56%	VME 912100	Schneider

### **4.3. Análise comparativa entre Sistema de Abastecimento Existente e o Sistema Proposto**

A análise comparativa entre o sistema de abastecimento hídrico existente na Fazenda Viamão e o sistema proposto a partir do dimensionamento técnico foi realizada com base em critérios de desempenho hidráulico, adequação topográfica e sustentabilidade operacional. Essa comparação evidencia ganhos significativos em termos de confiabilidade, economia de recursos e adequação à demanda real de consumo hídrico para dessedentação animal.

#### ***4.3.1. Comparativo entre reservatórios***

O sistema de abastecimento hídrico implantado apresenta uma capacidade de armazenamento hídrico igual  $1.500\ m^3$  somado à reserva distribuída nos bebedouros de  $750\ m^3$ , a qual não só atende à demanda atual da propriedade por até 72 horas em caso de interrupção do funcionamento do sistema eletromecânico, como também atenderia à máxima produtividade de 3 UA/hectare na Fazenda Viamão.

O sistema de abastecimento hídrico dimensionado apresenta capacidade de armazenamento otimizada, sendo essa igual a  $2.013,3\ m^3$  somado à reserva de equilíbrio de  $172,34\ m^3$  distribuída nos bebedouros, isto é, um total de 12% de otimização do armazenamento de água.

Esse ponto é importante não só para a ótica do uso dos recursos hídricos, mas também para os componentes da rede de distribuição, uma vez que o volume de água reservado tem impacto na elevação das pressões e, consequentemente, resulta em tubos mais robustos e onerosos. Além disso, considera-se também a economia no processo de implantação do sistema devido à redução das dimensões dos bebedouros.

#### ***4.3.2. Comparativo entre Sistemas Eletromecânicos***

O sistema existente opera com três etapas de bombeamento: uma bomba submersa para captação do poço, uma motobomba afogada para recalque até os reservatórios secundários e uma bomba submersa em um dos reservatórios

secundários para recalque até alguns bebedouros, conforme já descrito neste trabalho. Contudo, a indisponibilidade de dados técnicos detalhados impossibilitou a verificação de parâmetros como altura manométrica, perdas de carga e potência, o que representa uma lacuna importante para a gestão do sistema.

No sistema proposto, foram simuladas três alternativas de arranjo hidráulico. A configuração mais adequada corresponde à situação 3, uma solução híbrida composta por uma bomba submersa e duas motobombas não afogadas, com recalques divididos entre poço, reservatório primário e reservatórios secundários. Para essa configuração, a análise desta apresenta como principais vantagens a ausência do risco de cavitação, abastecimento simultâneo de todas as zonas e segurança operacional, isto é, em caso de manutenção de uma das bombas locadas no reservatório primário, acarreta a interrupção apenas de parte da rede de distribuição.

A locação estratégica dos reservatórios permite a operação simultânea do sistema em dois estágios de bombeamento, o que favorece a redução de esforços sobre os equipamentos e também pode prolongar a vida útil e diminuir os custos com manutenção. Além disso, a bomba não afogada oferece maior praticidade de manutenção, haja vista a locação desta será realizada em local seco e de fácil acesso.

A substituição do sistema existente por uma infraestrutura dimensionada adequadamente promove não apenas a melhoria do desempenho técnico, mas também promove o atendimento da real demanda animal e o controle do uso dos recursos hídricos.

Em síntese, o sistema proposto demonstra maior aderência aos princípios de eficiência técnica, viabilidade e sustentabilidade operacional, configurando-se como uma solução mais adequada às necessidades da propriedade rural e às exigências contemporâneas de gestão hídrica no setor do agronegócio.

#### **4.3.3. Comparativo entre Adutoras**

Dentre os trechos de adução, não foi possível obter informações precisas acerca da tubulação de recalque do poço existente, o que impossibilitou a verificação de desempenho da infraestrutura existente. Já em relação aos trechos de adução que realizam recalque do reservatório primário para os secundários do sistema já

implantado, esses apresentam tubulações compostas por PVC AGROBIAX DEFOFO JEI com diâmetros nominais (DN) de 100 mm e pressão nominal (PN) de 125 mca para transporte de uma vazão de 18,75 m<sup>3</sup>/h. Nesse caso, embora os diâmetros sejam iguais àqueles calculados para o sistema proposto, as classes de pressão dos materiais são diferentes, isto é, as tubulações implantadas apresentam PN superior às dimensionadas. As adutoras dimensionadas apresentam trechos com materiais em PVC TIGRE PBA CLASSE 12 JEI e PVC DEFOFO VINILFER JEI com classes de pressão de 60 mca e 100 mca, respectivamente, para o transporte de uma vazão de 33,555 m<sup>3</sup>/h.

Cabe mencionar, também, que atualmente a fase de reposição hídrica dos reservatórios e bebedouros dura cerca de 120 horas, considerando a inexistência de consumo simultâneo ao enchimento, o que não se aplica, já que o consumo também acontece no momento de abastecimento da reserva hídrica. Dessa forma, entende-se que a adução em apreço tem um papel apenas complementar na dessedentação animal nesta fazenda, visto que a demanda total da área de estudo não é atualmente atendida pelo sistema, indicando ainda a exploração de açudes distribuídos na área de pasto. Nesse cenário, nota-se que não há um controle eficiente do uso dos recursos hídricos.

Em síntese, os trechos de recalque entre os reservatórios do sistema já implantado demonstram compatibilidade em termos de diâmetro nominal com o sistema proposto, porém com classes de pressão superiores, o que indica uma margem de segurança estrutural maior nas instalações existentes. As adutoras propostas, por sua vez, foram dimensionadas para atender a uma vazão superior, com utilização de materiais com classes de pressão adequadas às condições operacionais previstas. Nesse viés, evidencia-se que o novo sistema indica otimização dos recursos, alinhando a segurança hidráulica e a eficiência no transporte de água.

#### **4.3.4. Comparativo entre Redes de Distribuição**

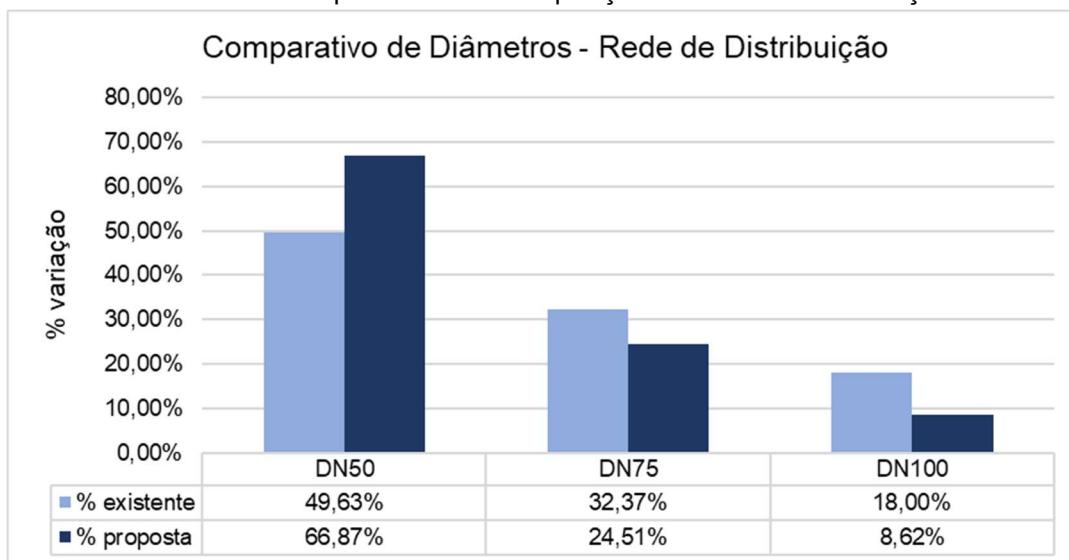
A rede de distribuição existente indica limitações estruturais e operacionais relevantes, como o uso de tubulações com diâmetros não otimizados, ausência de controle preciso de pressão e layout desconsiderando a topografia do terreno. Essa configuração contribuiu para o surgimento de problemas hidráulicos, como a

incapacidade de abastecimento em alguns bebedouros localizados em cotas elevadas, além de risco potencial de perdas por rompimento e desperdício de água.

Em contraste, a rede de distribuição proposta foi dimensionada com base em dados reais de consumo, considerando a especificidade da demanda animal, bem como a variação topográfica da área de estudo. O novo traçado hidráulico distribui trechos e nós de consumo pontual com a adoção estratégica de tubulações de diferentes diâmetros e classes de pressão, priorizando materiais como PVC PBA JEI e PVC DEFoFo JEI, enquanto que na existente o tipo de tubulação é em PVC Irriga Soldável. Desse modo, há diferenças também no tempo de execução dos serviços de implantação da rede, enquanto a execução com tubos de junta elástica integrada é mais rápida, os tubos com juntas soldáveis demandam tempo de cura do adesivo plástico.

A rede de distribuição proposta incorpora o aproveitamento de desníveis naturais para promover escoamento por gravidade, reduzindo a dependência de recalques. Foram definidos limites de pressão mínimos e máximos em conformidade com as propriedades dos materiais utilizados, assegurando desempenho hidráulico eficiente e durabilidade da rede. Ademais, a partir do comparativo entre a composição em termos de diâmetros das redes de distribuição existente e a proposta apresentado no Gráfico 8, conclui-se que a rede de distribuição proposta apresenta maior eficiência nesse requisito, uma vez que o novo traçado aumentou o uso de diâmetros mínimos e reduziu o uso de diâmetros de 75 mm e 100 mm. Reduziu-se também do número de caixas de dissipaçāo de pressão — de quatro para uma — com função dupla, de modo a otimizar a infraestrutura e os custos de manutenção. A caixa de dissipaçāo foi adotada como estratégia para reduzir as pressões na zona 3, considerando que essa é a zona que apresenta pressões mais elevadas quando compara à zona 1 e 2.

Gráfico 10: Comparativo entre composições de redes de distribuição



Fonte: Elaborado pelo autor

Outro ponto importante é o material da tubulação utilizada no sistema existente. Ao comparar a tubulação especificada pela ABNT NBR 5647-1:2019, destinada a sistemas de adução e distribuição de água potável, com as tubulações utilizadas em irrigação agrícola, especificada na ABNT NBR 14654:2001, fica evidente a superioridade técnica e sanitária do primeiro tipo para o abastecimento animal. Enquanto a tubulação de PVC para água potável é projetada para operar de forma contínua, com controle rigoroso de qualidade sanitária, incluindo a não liberação de contaminantes químicos, as tubulações de irrigação são fabricadas com foco em uso intermitente, voltadas apenas ao transporte de água para fins agrícolas, sem exigências de conformidade com a Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde – Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Nesse caso, a NBR 5647-1:2019 recomenda que o composto de PVC empregado na fabricação dos tubos deve preservar o padrão de potabilidade da água no interior da tubulação, sem transmitir sabor e odor, e não pode provocar turvamento ou coloração à água. Os compostos, bem como as concentrações máximas dos seus aditivos, devem estar em conformidade com a legislação em vigor, de maneira a não transmitir para a água potável qualquer elemento que possa alterar suas características, tornando-a imprópria para consumo humano, o que também é aplicável a animais.

Além disso, a NBR 5647-1 exige que o material seja submetido a ensaios de resistência mecânica, estabilidade dimensional e estanqueidade, assegurando a

durabilidade e segurança do sistema de abastecimento animal, enquanto as tubulações de irrigação apresentam limitações estruturais, haja vista que essas apresentam classes de resistência menores, direcionadas a pressões mais baixas e intermitentes. Outrossim, a tubulação de PVC IRR é indicada para sistemas projetados para operação intermitente (irrigação agrícola, pivôs, gotejamento), enquanto que tubulações como PVC PBA sistemas de operação contínua (abastecimento público ou animal).

A água é o nutriente mais importante para o rebanho, representando 60-70% do peso vivo (Schroeder, 2008 *apud* Minho *et al.*, 2023). Os bovinos, principalmente os bezerros recém-desmamados, são sensíveis ao sabor e ao odor da água, e podem não beber água suja ou contaminada (menos palatável). É importante ressaltar, ainda, que há um ganho de peso de até 9% maior em bezerros quando esses fazem a ingestão de água de boa qualidade, quando comparados a animais que fazem a ingestão de águas de lagoas (Lardner *et al.*, 2005 *apud* Minho *et al.*, 2023). É evidente, portanto, que o consumo de água potável de qualidade por animais de produção tem relação direta com o ganho de peso, desempenho zootécnico e saúde geral do rebanho. Além disso, a Portaria GM/MS nº 888/2021, do Ministério da Saúde, reforça os limites de qualidade exigidos para a água potável, visando a proteção da saúde, parâmetros que também devem ser considerados para o abastecimento animal, conforme orientações do Manual de Boas Práticas na Produção Animal (EMBRAPA, 2020).

Mediante o elencado, entende-se que o uso de tubulação com material PVC PBA seria o mais indicado, considerando também que, embora adução do sistema seja intermitente, a rede de distribuição está sujeita a pressão de modo contínuo devido a conexão direta com os reservatórios secundários que a abastecem por meio da gravidade.

#### **4.3.4. Levantamento de Custos em Termos de Tubulação**

A comparação econômica entre sistemas de tubulação destinados à irrigação e ao abastecimento animal não pode ser realizada de forma direta, pois envolve situações com condições operacionais e exigências técnicas distintas, violando o princípio do *ceteris paribus*, amplamente utilizado em análises econômicas. O conceito de *ceteris paribus*, que significa "tudo o mais constante", estabelece que, para comparar duas alternativas de forma justa, todas as demais variáveis envolvidas devem permanecer inalteradas, permitindo que a análise isole o impacto de um único fator (Liberto, 2025). No caso das tubulações, enquanto o sistema de irrigação é dimensionado para uso intermitente, com menor pressão de serviço e sem exigências sanitárias, o sistema para abastecimento animal requer materiais com certificação de potabilidade, resistência a pressões contínuas, maior vazão e maior vida útil, o que implica custos iniciais e operacionais mais elevados, porém justificados pelas condições de uso. Portanto, tentar comparar economicamente os dois sistemas sem ajustar essas variáveis resultaria em uma análise distorcida, desconsiderando os aspectos técnicos e sanitários que justificam a escolha de materiais mais robustos para o abastecimento animal.

Em vista da perspectiva abordada, foi realizado o levantamento de custos sem a finalidade de comparar os dois sistemas, mas sim a intenção de verificar custos de cada situação. Para isso, devido ao Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) não oferecer como base de orçamento uma referência padronizada para os materiais aplicados no sistema existente, foi realizada uma pesquisa de preço em três bases e foi calculada a média dos preços unitários, conforme apresenta o Quadro 25.

Quadro 25: Pesquisa de preço para tubulação de adução e rede de distribuição existente

<b>Pesquisa de Preço Fonte 1</b>				
<b>PN</b>	<b>DN</b>	<b>Material</b>	<b>Base 1</b>	<b>Custo Unitário (R\$/m)</b>
40	50	PVC IRR SOLDÁVEL	Asperbras	R\$ 8,43
40	75	PVC IRR SOLDÁVEL	Asperbras	R\$ 15,49
40	100	PVC IRR SOLDÁVEL	Asperbras	R\$ 26,43
60	50	PVC IRR SOLDÁVEL	Asperbras	R\$ 10,94
60	75	PVC IRR SOLDÁVEL	Asperbras	R\$ 18,23
80	50	PVC IRR SOLDÁVEL	Asperbras	R\$ 12,76
125	100	PVC AGROBIAX DEFOFO JEI	Asperbras	R\$ 55,80
<b>Pesquisa de Preço Fonte 2</b>				
<b>PN</b>	<b>DN</b>	<b>Material</b>	<b>Base 2</b>	<b>Custo Unitário (R\$/m)</b>
40	50	PVC IRR SOLDÁVEL	Casa da Irrigação	R\$ 7,00
40	75	PVC IRR SOLDÁVEL	Casa da Irrigação	R\$ 12,50
40	100	PVC IRR SOLDÁVEL	Casa da Irrigação	R\$ 22,50
60	50	PVC IRR SOLDÁVEL	Casa da Irrigação	R\$ 8,17
60	75	PVC IRR SOLDÁVEL	Casa da Irrigação	R\$ 19,17
80	50	PVC IRR SOLDÁVEL	Casa da Irrigação	R\$ 10,50
125	100	PVC AGROBIAX DEFOFO JEI	Guilore	R\$ 66,67
<b>Pesquisa de Preço Fonte 3</b>				
<b>PN</b>	<b>DN</b>	<b>Material</b>	<b>Base 3</b>	<b>Custo Unitário (R\$/m)</b>
40	50	PVC IRR SOLDÁVEL	Safra Irrigação	R\$ 7,97
40	75	PVC IRR SOLDÁVEL	Safra Irrigação	R\$ 5,30
40	100	PVC IRR SOLDÁVEL	Safra Irrigação	R\$ 20,83
60	50	PVC IRR SOLDÁVEL	Safra Irrigação	R\$ 11,37
60	75	PVC IRR SOLDÁVEL	Safra Irrigação	R\$ 9,92
80	50	PVC IRR SOLDÁVEL	Safra Irrigação	R\$ 7,73
125	100	PVC AGROBIAX DEFOFO JEI	Safra Irrigação	R\$ 56,32
<b>Pesquisa de Preço Média</b>				
<b>PN</b>	<b>DN</b>	<b>Material</b>	<b>Média</b>	
40	50	PVC IRR SOLDÁVEL	R\$ 7,80	
40	75	PVC IRR SOLDÁVEL	R\$ 11,10	
40	100	PVC IRR SOLDÁVEL	R\$ 23,25	
60	50	PVC IRR SOLDÁVEL	R\$ 10,16	
60	75	PVC IRR SOLDÁVEL	R\$ 15,77	
80	50	PVC IRR SOLDÁVEL	R\$ 10,33	
125	100	PVC AGROBIAX DEFOFO JEI	R\$ 59,59	

Posteriormente, utilizando o preço unitário médio, calculou-se o custo em tubos de PVC IRR SOLDÁVEL e PVC AGROBIAX DEFOFO JEI. Junto a isso, calculou-se o custo de adesivo plástico aplicado nas juntas soldáveis, utilizando SINAPI como base de custo e rendimento médio do material indicado pelo fabricante de acordo com o diâmetro da junta. O Quadro 26 apresenta o custo da tubulação de adução empregada no sistema existente e o Quadro 27 o custo da tubulação de rede de distribuição.

Quadro 26: Levantamento de tubulação de adução

<b>PN</b>	<b>DN</b>	<b>Descrição</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Custo Unitário</b>	<b>Custo Total</b>
125	100	PVC AGROBIAX DEFOFO JEI	3498,00	R\$ 59,59	R\$ 208.455,54

Quadro 27: Levantamento de custo de tubulação rede de distribuição existente

<b>PN</b>	<b>DN</b>	<b>Descrição</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Custo Unitário</b>	<b>Custo Total</b>
40	50	PVC IRR SOLD	10457,00	R\$ 7,80	R\$ 81.576,22
40	75	PVC IRR SOLD	5810,00	R\$ 11,10	R\$ 64.481,32
40	100	PVC IRR SOLD	4870,00	R\$ 23,25	R\$ 113.243,73
60	50	PVC IRR SOLD	1733,00	R\$ 10,16	R\$ 17.602,47
60	75	PVC IRR SOLD	2950,00	R\$ 15,77	R\$ 46.519,86
80	50	PVC IRR SOLD	1238,00	R\$ 10,33	R\$ 12.787,16
<b>TOTAL TUBULAÇÃO</b>			27058,00	-	R\$ 336.691,83
<b>Custo Adesivo Plástico</b>					
<b>DN</b>	<b>g/jun ta</b>	<b>Quatidade Juntas</b>	<b>g</b>	<b>Fonte</b>	<b>Custo Unitário (R\$/g)</b>
50	6,2	2238	13875,6	SINAPI	R\$ 0,11
75	14,2	1460	20732	SINAPI	R\$ 0,11
100	20,8	812	16889,6	SINAPI	R\$ 0,11
<b>TOTAL ADESIVO PLÁSTICO P/ PVC</b>					R\$ 5.493,03
<b>TOTAL (PVC IRR SOLD + ADESIVO PLÁSTICO)</b>					R\$ 341.703,80

Para a verificação de custo de tubulação de adução e rede de distribuição proposta, utilizou-se a base de custos SINAPI. O Quadro 28 apresenta o levantamento de custo de tubulação de adução proposta e o Quadro 29 o levantamento de custo de tubulação rede de distribuição.

Quadro 28: Levantamento de custo de tubulação de adução proposta

<b>DN</b>	<b>Descrição</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Unidade</b>	<b>Base</b>	<b>Custo Unitário</b>	<b>Custo Total</b>
100	PVC PBA classe 12 JEI	1275,47	m	SINAPI	R\$ 56,77	R\$ 72.408,43
100	PVC DEFoFo JEI	2.145,86	m	SINAPI	R\$ 47,37	R\$ 101.649,39
150	PVC DEFoFo JEI	106,00	m	SINAPI	R\$ 127,48	R\$ 13.512,88
<b>TOTAL</b>			m	<b>TOTAL</b>		R\$ 187.570,70

Quadro 29: Levantamento de custo de tubulação rede de distribuição proposta

<b>DN</b>	<b>Descrição</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Unid</b>	<b>Base</b>	<b>Custo Unitário</b>	<b>Custo Total</b>
50	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	12.179,00	m	SINAPI	R\$ 16,82	R\$ 204.850,78
75	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	6.413,30	m	SINAPI	R\$ 34,93	R\$ 224.016,57
100	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	2.255,50	m	SINAPI	R\$ 56,77	R\$ 128.044,74
50	PVC Tigre PBA classe 15 JEI	2.318,80	m	SINAPI	R\$ 20,75	R\$ 48.115,10
50	PVC Tigre PBA classe 20 JEI	3.002,80	m	SINAPI	R\$ 25,52	R\$ 76.631,46
<b>TOTAL</b>			m	<b>TOTAL</b>		R\$ 681.658,64

Com base no levantamento realizado, constatou-se que as tubulações aplicadas na rede de adução do sistema existente apresentam um custo unitário maior em relação àquelas aplicadas na rede de adução proposta. Em contraste, as tubulações da rede de distribuição proposta apresentam custos unitários superiores

em relação às tubulações de irrigação aplicadas no sistema existente, o que se justifica pelas maiores exigências técnicas, sanitárias e de durabilidade. Assim, embora economicamente mais onerosas, as tubulações para como PBA JEI e DeFoFo oferecem maior segurança, vida útil e adequação às condições operacionais do sistema, reforçando a importância de utilizar materiais apropriados para cada finalidade.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A otimização das tubulações e do arranjo eletromecânico, aliada ao controle de pressão e aproveitamento do relevo, contribui diretamente para a redução de riscos de perdas por vazamentos e consumo energético. Essas medidas são fundamentais para o fortalecimento da sustentabilidade no contexto agropecuário, com impactos positivos sobre a conservação ambiental e a gestão responsável dos recursos naturais.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho técnico de um sistema de abastecimento hídrico destinado à dessedentação animal em uma fazenda localizada no estado do Maranhão, a partir de uma análise comparativa entre o sistema existente e um sistema proposto com base em critérios técnicos, topográficos e hidráulicos. A análise do sistema existente evidenciou deficiências tanto no dimensionamento da rede de distribuição quanto na configuração do sistema de adução, resultando em falhas operacionais como baixa eficiência hidráulica, desperdício de materiais, além de utilização não otimizada da topografia local. Esses impasses implicam diretamente no desperdício de água e recursos financeiros, comprometendo a sustentabilidade do uso hídrico no setor agropecuário.

O sistema proposto demonstrou maior adequação técnica, promovendo a otimização do uso da água com base no dimensionamento hidráulico detalhado, controle das pressões admissíveis, escolha eficiente dos materiais e melhor aproveitamento das cotas altimétricas para permitir o escoamento por gravidade. O uso de softwares especializados e ferramentas de georreferenciamento garantiu maior precisão e confiabilidade na modelagem do sistema. A adoção de uma configuração híbrida no sistema de bombeamento, com a instalação de uma bomba submersa e de duas motobombas não afogadas, foi fundamental para eliminar riscos como a

cavitação e para garantir mais facilidade em quesitos de manutenção do sistema de abastecimento hídrico. Demonstrou-se, ainda, mais eficiente ao adotar critérios de pressão compatíveis com os materiais utilizados e segmentação hidráulica por zonas, o que acarretou na redução de caixas de dissipação – reduzindo de quatro caixas de dissipação para uma. Ademais, houve também uma otimização no dimensionamento das tubulações, com aumento na proporção de trechos utilizando diâmetros de 50 mm, mais adequados às vazões de projeto, e redução nos trechos com diâmetros de 75 mm e 100 mm, contribuindo para a melhoria do regime de pressões.

É oportuno destacar que a proposta também demonstrou maior racionalidade econômica e técnica: o custo total das tubulações de adução foi reduzido em relação ao sistema existente, totalizando R\$ 187.570,70, enquanto a nova rede de distribuição, embora mais dispendiosa (R\$ 681.658,64), apresenta maior durabilidade, resistência e confiabilidade técnica e sanitária.

Do ponto de vista da sustentabilidade, o trabalho contribui significativamente para a compreensão do papel da Engenharia Civil na gestão dos recursos hídricos no meio rural. A proposta técnica aqui desenvolvida pode servir como base para projetos futuros, auxiliando produtores e gestores na tomada de decisões mais eficazes, dado que a implementação de soluções técnicas eficientes no setor agropecuário não apenas melhora a produtividade, mas também representa um avanço importante na segurança hídrica e na gestão do uso dos recursos hídricos do agronegócio brasileiro.

## 6. REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 5647-1:2019: **Sistemas para adução e distribuição de água – Tubos e conexões de PVC-U 6,3 com junta elástica e com diâmetros nominais até DN 100 – Parte 1: Requisitos gerais para tubos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ABNT. NBR 14654:2001: **Irrigação e drenagem – Tubos agropecuários de PVC rígido com junta soldável PN 60 e PN 80 – Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ANA. Agência Nacional De Águas (Brasil). (2020). **Contas econômicas ambientais da água no Brasil, 2018-2020.** Brasília: ANA, IBGE, SRHQ. CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Disponível: [https://saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2023/06/liv102001\\_informativo.pdf](https://saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2023/06/liv102001_informativo.pdf). Acesso em: 8 de janeiro de 2025.

ARAÚJO, G. G. L. de; PEREIRA, L. G. R. **Captação de água de chuva para agropecuária: consumo animal.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 6., 2007, Belo Horizonte. Anais [...]. Belo Horizonte: UFMG, 2007. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/159171/1/OPB1299.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2025.

AZEVEDO NETTO, A. **Manual de Hidráulica.** 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

BLENINGER, Tobias; KOTSUKA, Luziadne Katiucia. **Conceitos de Água Virtual e Pegada Hídrica: Estudo de Caso da Soja e Óleo de Soja no Brasil.** Revista da Água, [S. I.], v. 36, n. 1-2, p. 1-10, 2014. Disponível em: [https://www.aprh.pt/rh/pdf/rh36\\_n1-2.pdf](https://www.aprh.pt/rh/pdf/rh36_n1-2.pdf). Acesso em: 7 de janeiro de 2025.

GUIMARÃES, Diego Duque; PEREIRA, João Paulo de Oliveira. **Agropecuária e Desenvolvimento Sustentável.** Rio de Janeiro: BNDES, 2018. Disponível em: [https://web.bnDES.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/14158/2/Agropecu%C3%A1ria\\_P\\_BD.pdf](https://web.bnDES.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/14158/2/Agropecu%C3%A1ria_P_BD.pdf). Acesso em: 7 de janeiro de 2025.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de Saneamento.** Brasília: Ministério da Saúde, 2004. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_saneamento\\_3ed\\_rev\\_p1.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_saneamento_3ed_rev_p1.pdf). Acesso em: 8 de janeiro de 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 86, p. 88-90, 7 maio 2021. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888\\_07\\_05\\_2021.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html). Acesso em: 16 jun. 2025

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)**. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snisi>. Acesso em: 9 jul. 2025.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos: Geonetwork**. Brasília: SNIRH, 2024. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/2be06c50-21b3-4d54-9c6c-02a6c9c3cc22>. Acesso em: 7 de janeiro de 2025.

BRUNETTI, Franco. **Mecânica dos Fluidos**. 2. ed. São Paulo: Pearson Universidades, 2008. 448 p. ISBN 978-8576051824.

CASTRO, Cesar Nunes. **Pesquisa Agropecuária Pública Brasileira: Histórico e Perspectivas**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7104/1/BRU\\_n15\\_Pesquisa.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7104/1/BRU_n15_Pesquisa.pdf). Acesso em: 30 de março de 2024.

CASTRO, Cesar Nunes. **Água, Problemas Complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11115/4/Cap.1\\_Historico\\_da\\_acao\\_estatal.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11115/4/Cap.1_Historico_da_acao_estatal.pdf). Acesso em: 30 de março de 2024.

CASTRO, César Nunes. **Histórico da ação estatal em recursos hídricos no Brasil**. In: CASTRO, César Nunes de; OLIVEIRA, José Roberto de Souza (org.). *Segurança hídrica: elementos conceituais*. Brasília: Ipea, 2021. p. 27–61. Disponível em: [https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/216724\\_lv\\_seguranca\\_hidrica\\_cap1.pdf](https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/216724_lv_seguranca_hidrica_cap1.pdf). Acesso em: 1 de junho de 2025.

CLAUDINO, Cinthia Maria de Abreu; DINIZ, Maria Ingridy Lacerda; SILVA, Andresa de Oliveira; SENA, Thiago de Sá. **Sistema de adutoras: uma abordagem quanto a classificação e os aspectos de projeto**. IV Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciência (CONAPESC), 2019. Anais... Paraíba: Editora Realize, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/72732>. Acesso em: 8 de janeiro de 2025

COSTA, J. C. et al. **Análise de Metodologias para Determinação do Diâmetro Econômico de Adutoras**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, [S. l.], v. XX, n. XX, p. 1-10, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbrh/a/mFvzb7vYQT5QvZBvZLCyLSD/?lang=en>. Acesso em: 7 de janeiro de 2025.

EMBRAPA. **Consumo de Água na Produção Animal**. Brasília: Embrapa, 2013. Disponível em:

[https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/971085/1/PROCIJCP\\_P2013.00165.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/971085/1/PROCIJCP_P2013.00165.pdf). Acesso em: 7 de janeiro de 2025.

EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. *Perguntas e respostas: manejo de recursos hídricos*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-manejo-de-recursos-hidricos/perguntas-e-respostas>. Acesso em: 09 jul. 2025

EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Boas práticas agropecuárias: bovinos de corte**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1150571/1/Boas-praticas-agropecuarias-bovinos-2022.pdf>. Acesso em: 16 de junho de 2025.

FAZENDA VIAMÃO. **Projetos Hidráulicos**. Documento técnico – uso interno. Viamão, 2018. Acesso restrito.

FAZENDA VIAMÃO. **Acompanhamento de Crescimento de Rebanho Bovino**. Documento técnico – uso interno. Viamão, 2024. Acesso restrito.

FEITOSA, Fernando A. C.; MANOEL FILHO, João; FEITOSA, Edilton C.; DEMETRIO, José G. A. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM; LABHID–UFPE, 2008. 709 p.

GAMA, C. H. A.; SOUZA, V. C. B.; CALLADO, N. H. **Analysis of methodologies for determination of the economic pipe diameter**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 24, e35, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.241920180148>. Acesso em: 9 de janeiro de 2025

GOMES, Heber Pimentel; CARVALHO, Paulo Sérgio O. de (Orgs.). **Manual de sistemas de bombeamento: eficiência energética**. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2012. 189 p. ISBN 978-85-7745-981-0. Disponível em: [https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/proeesa/pdf/manual\\_sistema\\_s\\_bombeamento\\_procel.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/proeesa/pdf/manual_sistema_s_bombeamento_procel.pdf). Acesso em: 1 de junho de 2025.

MINHO, A. P. GASPAR, E. B. **Água na pecuária: requerimento animal e gerenciamento das fontes**. In: MANEJO da água na pecuária. Brasília, DF: Embrapa, 2023. Cap. 5. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1152759/1/LivroAguanaPecuaria-5.pdf>. Acesso em: 16 de junho de 2025.

LIBERTO, Will. **Ceteris Paribus**. Investopedia, 2025. Disponível em: <https://www.investopedia.com/terms/c/ceterisparibus.asp>. Acesso em: 16 de junho de 2025.

MONTOYA, Marco Antonio; FINAMORE, Eduardo Belisário. **Os Recursos Hídricos no Agronegócio Brasileiro: Uma Análise Insumo-produto do Uso, Consumo,**

**Eficiência e Intensidade.** Revista Brasileira de Economia, [S. I.], v. XX, n. XX, p. 1-20, 2020. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rbe/article/view/79642/78832>. Acesso em: 7 de janeiro de 2025.

NIZZI, Ellynn *et al.* Water quality and weight gain in beef cattle: a meta-analysis. *Journal of Dairy Science Communications*, v. 5, n. 2, p. 123–134, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3168/jdsc.2024-0585>. Acesso em: 15 de junho de 2025.

OLIVEIRA, Ana Paula; MIOTO, Marina. **Carta Boi: Taxa de lotação de pastagens com bovinos no Brasil.** Revista Scot Consultoria. 2023. Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/cartas/56595/carta-boi-taxa-de-lotacao-de-pastagens-com-bovinos-no-brasil.htm>. Acesso em: 25 de maio de 2025.

PALHARES, Julio Cesar Pascale. **Produção Animal e Recursos Hídricos.** Brasília: Embrapa, 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1112245/1/ProducaoAnimalRecursosHidricos.pdf>. Acesso em: 7 de janeiro de 2025.

PECUÁRIA, Pontes. **Escrevendo história no cenário nacional da pecuária há mais de 45 anos.** Recife, 2022. Disponível em: <http://www.pontespucaria.com.br/>. Acesso em: 08 de maio de 2024.

PORTE, R. **Hidráulica Básica.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. CNI – Confederação Nacional da Indústria, IEL/Núcleo Central, & Eletrobrás – Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (2009). **Bombas: guia básico.** (1. ed.). Brasília: IEL/NC. ISBN 978-85-87257-32-1.

SANTOS, P. et al. **Determinação do Diâmetro Econômico de Adutoras e Emissários por Recalque.** Revista DAE, [S. I.], v. 113, p. 259-268, 2023. Disponível em: [https://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_113\\_n\\_259.pdf](https://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_113_n_259.pdf). Acesso em: 7 de janeiro de 2025.

SANTOS, Luiz Carlos Araújo dos Santos. **Reflexões Sobre Água Subterrânea do Estado do Maranhão.** *Águas Subterrâneas*, v. 36, n. 1, p. 1-16, 2010. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/23120/15234/83689>. Acesso em: 16 de junho de 2025.

REALIZE, 2020. **Sistema de Adutoras:** Uma Abordagem Quanto à Classificação e os Aspectos de Projeto. Anais do CONAPESC 2020, [S. I.], p. 1-12, 2020. Disponível em: [https://editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2020/TRABALHO\\_EV138\\_MD1\\_SA\\_ID264\\_29052020101645.pdf](https://editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2020/TRABALHO_EV138_MD1_SA_ID264_29052020101645.pdf). Acesso em: 7 de janeiro de 2025.

TRATA BRASIL. **Estudo sobre as Perdas de Água: Análise de Eficiência.** São Paulo: Trata Brasil, 2024. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2024/06/Estudo-da-GO-Associados-Perdas-de-Aqua-de-2024-V2.pdf>. Acesso em: 7 de janeiro de 2025.

TSUTIYA, M. T.; MATSUMOTO, T. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias.** 6. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

## **APÊNDICES**

Apêndice I – Planilha de Nós

Zona	Nó	Coord. N (m)	Coord. E	Cota Terr. (m)	Cota Nô (m)	P min. (mca)	P max. (mca)	Contorno	Valor
1	N1	9416350,64	389010,07	255	253,5	0	60	Reservatório	255
1	N2	9414675,56	390531,64	220	220	2,5	60	Vazão Pontual	0,366
1	N3	9413724,7	391550,43	210	208,5	2,5	60	Vazão Pontual	0,481
1	N4	9413027,51	392484,78	200	198,5	2,5	60	Vazão Pontual	0,402
1	N5	9414223,73	390091,87	220	218,5	2,5	60	Vazão Pontual	0,346
1	N6	9415811,52	389487,88	236,24	234,743	2,5	60	Vazão Pontual	0,561
1	N7	9413125,45	393523,88	195,45	195,45	2,5	60	Vazão Pontual	1,588
1	N8	9415228,58	388574,15	246,17	244,669	2,5	100	Vazão Pontual	0,423
2	N17	9417914,93	388354,72	249,76	248,265	2,5	60	Vazão Pontual	0,318
2	N18	9418755,68	387394,05	267,57	266,066	2,5	100	Vazão Pontual	0,406
2	N19	9419666,16	388629,75	270,34	268,836	2,5	60	Vazão Pontual	0,324
2	N20	9419286,47	389160,44	268,381	266,881	2,5	60	Vazão Pontual	0,153
2	N21	9419061,06	389983,49	256,4	254,897	2,5	60	Vazão Pontual	0,111
2	N22	9418514,56	390528,67	250	248,5	2,5	60	Vazão Pontual	0,075
2	N23	9417696,91	390944,37	240	238,5	2,5	60	Vazão Pontual	0,198
2	N24	9415614,8	392876,56	211,1	209,604	2,5	60	Vazão Pontual	0,282
2	N25	9414763,79	393824,25	188,19	186,692	2,5	60	Vazão Pontual	0,419
2	N26	9416807,67	391807,8	227,05	225,549	2,5	60	Vazão Pontual	0,042
2	N27	9416166,32	392334,19	225	223,5	2,5	60	Vazão Pontual	0,149
2	N28	9415765,96	391990,72	220	220	2,5	60	Vazão Pontual	0,534
2	N29	9418156,26	390215,08	249,867	249,76	2,5	60	Vazão Pontual	0,126
2	N30	9417400,95	391221,16	240	238,5	2,5	60	Vazão Pontual	0,085
2	N31	9417253,72	391089,46	238,663	237,163	2,5	60	Vazão Pontual	0,182
2	N33	9418421,11	389046,19	247,4	245,896	2,5	60	Vazão Pontual	0,278
3	N34	9418452,22	387435,18	289,47	287,967	0	0	Reservatório	289,47
3	N10	9411647,5	392215,38	110,25	108,75	2,5	100	Vazão Pontual	0,216
3	N11	9411273,97	391878,35	117,55	116,05	2,5	75	Vazão Pontual	0,127
3	N12	9412025,9	393643,48	105,34	103,845	2,5	100	Vazão Pontual	0,19
3	N13	9413125,45	393523,88	198,53	197,028	0	60	Reservatório	198,53
3	N14	9412726,89	393999,6	137,68	137,683	2,5	60	Vazão Pontual	0,091
3	N15	9412585,88	394758,33	115,04	115,04	2,5	100	Vazão Pontual	0,31
3	N16	9413730,92	395231,27	125	125	2,5	75	Vazão Pontual	0,352

Apêndice II – Planilha de Quantitativo

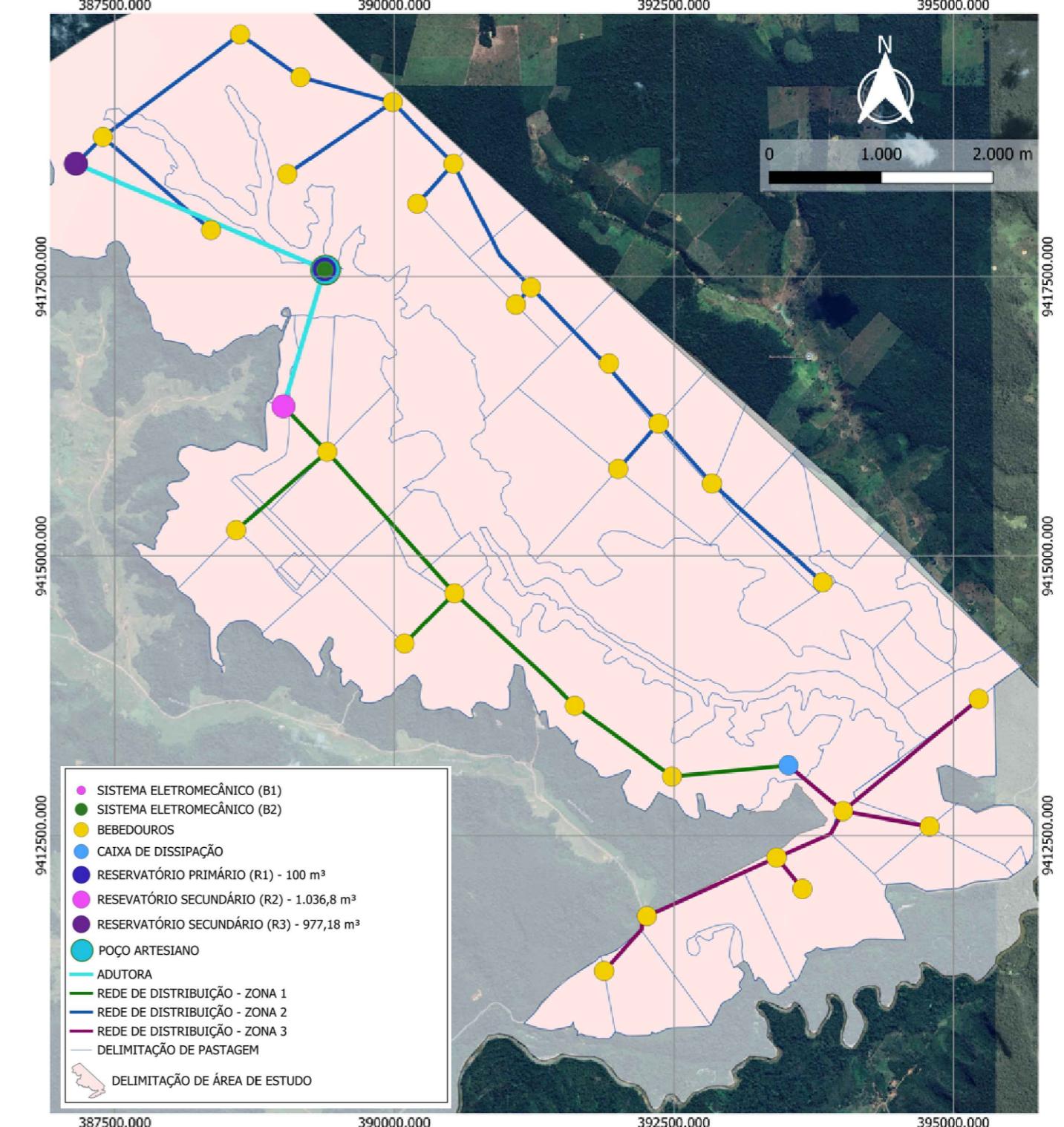
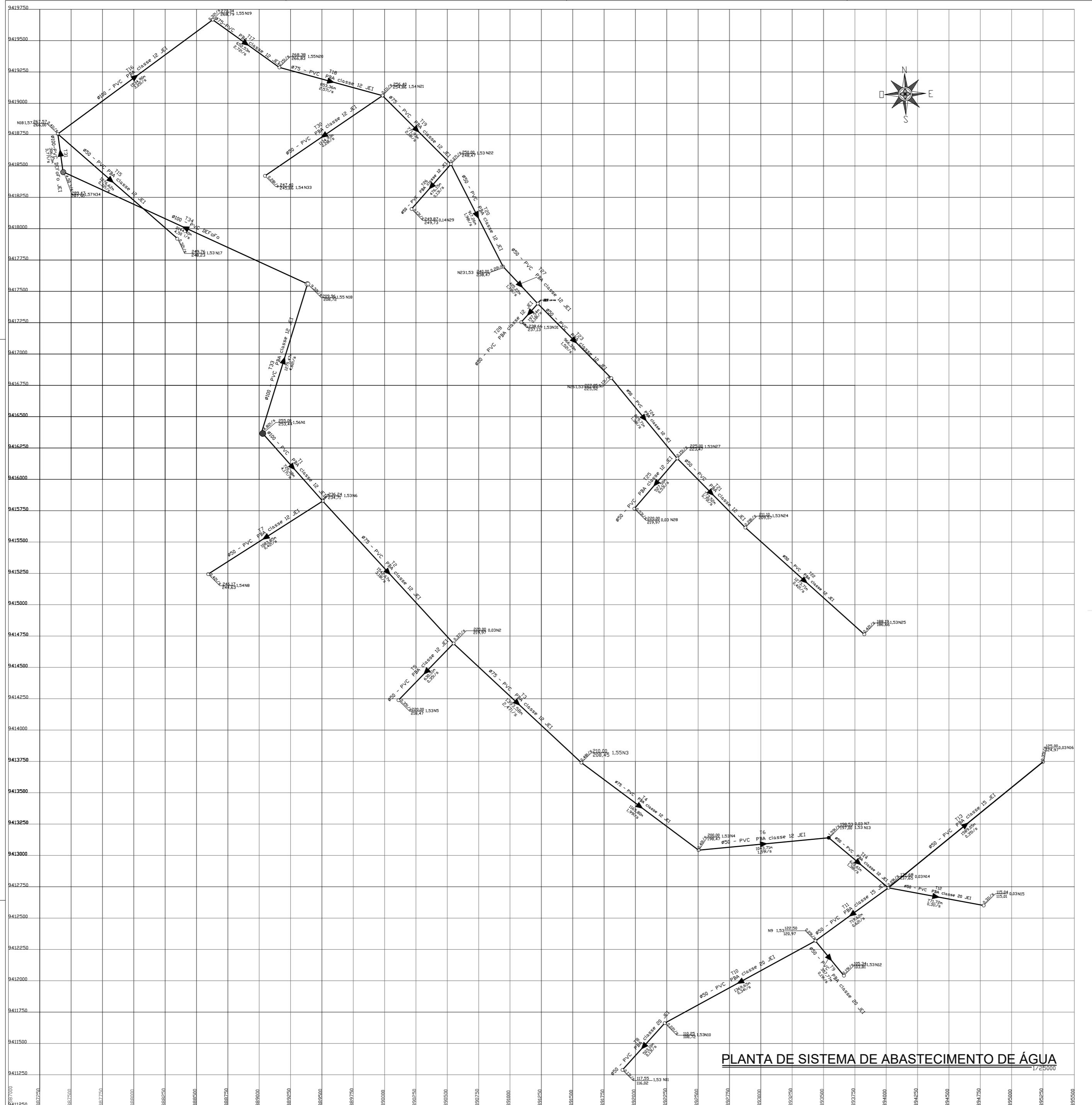
<b>Zona</b>	<b>Nó Inicial</b>	<b>Nó Final</b>	<b>Extensão (m)</b>	<b>Nome do Trecho</b>	<b>Material</b>	<b>Tipo de Superfície</b>	<b>Tipo de Escoamento</b>
1	N6	N2	1560,43	T2	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
1	N2	N3	1409,09	T3	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
1	N3	N4	1165,84	T4	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
1	N2	N5	630,51	T5	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
1	N4	N7	1043,71	T6	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
1	N6	N1	720,63	T1	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
1	N6	N8	1083,89	T7	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
2	N17	N18	1276,74	T15	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
2	N18	N19	1534,91	T16	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
2	N19	N20	652,53	T17	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
2	N20	N21	853,44	T18	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
2	N21	N22	771,93	T19	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
2	N22	N23	917,26	T20	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
2	N27	N24	773,52	T21	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
2	N24	N25	1273,71	T22	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
2	N30	N26	834,44	T23	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
2	N26	N27	829,71	T24	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
2	N27	N28	527,5	T25	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
2	N22	N29	476,15	T26	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
2	N23	N30	405,22	T27	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
2	N30	N31	197,54	T28	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
2	N21	N33	1134,97	T30	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
2	N18	N34	307,02	T31	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete
3	N10	N11	503,16	T8	PVC Tigre PBA classe 20 JEI	Sem revestimento	Pontalete
3	N9	N12	358,2	T9	PVC Tigre PBA classe 20 JEI	Sem revestimento	Pontalete
3	N10	N9	1369,71	T10	PVC Tigre PBA classe 20 JEI	Sem revestimento	Pontalete
3	N9	N14	729,72	T11	PVC Tigre PBA classe 15 JEI	Sem revestimento	Pontalete
3	N14	N15	771,72	T12	PVC Tigre PBA classe 20 JEI	Sem revestimento	Pontalete
3	N14	N16	1589,05	T13	PVC Tigre PBA classe 15 JEI	Sem revestimento	Pontalete
3	N13	N14	623,44	T14	PVC Tigre PBA classe 12 JEI	Sem revestimento	Pontalete

Apêndice III – Planilha de Área de Influência

Zona	Nó	Coord. N (m)	Coord. E (m)	Área (ha)	Área Planta (ha)	Taxa População (hab/ha)	Consumo (l/hab/dia)	k1	k2	Vazão (l/s)
1	N1	9416350,64	389010,07							
1	N2	9414675,56	390531,64	164,874	164,874	3	64	1	1	0,366
1	N3	9413724,7	391550,43	216,556	216,556	3	64	1	1	0,481
1	N4	9413027,51	392484,78	180,949	180,949	3	64	1	1	0,402
1	N5	9414223,73	390091,87	155,683	155,683	3	64	1	1	0,346
1	N6	9415811,52	389487,88	252,528	252,528	3	64	1	1	0,561
1	N7	9413125,45	393523,88	93,534	93,534	3	64	1	1	1,588
1	N8	9415228,58	388574,15	190,179	190,179	3	64	1	1	0,423
2	N17	9417914,93	388354,72	143,015	143,015	3	64	1	1	0,318
2	N18	9418755,68	387394,05	182,793	182,793	3	64	1	1	0,406
2	N19	9419666,16	388629,75	145,839	145,839	3	64	1	1	0,324
2	N20	9419286,47	389160,44	68,977	68,977	3	64	1	1	0,153
2	N21	9419061,06	389983,49	49,818	49,818	3	64	1	1	0,111
2	N22	9418514,56	390528,67	33,678	33,678	3	64	1	1	0,075
2	N23	9417696,91	390944,37	89,317	89,317	3	64	1	1	0,198
2	N24	9415614,8	392876,56	127,078	127,078	3	64	1	1	0,282
2	N25	9414763,79	393824,25	188,439	188,439	3	64	1	1	0,419
2	N26	9416807,67	391807,8	18,743	18,743	3	64	1	1	0,042
2	N27	9416166,32	392334,19	67,009	67,009	3	64	1	1	0,149
2	N28	9415765,96	391990,72	240,294	240,294	3	64	1	1	0,534
2	N29	9418156,26	390215,08	56,754	56,754	3	64	1	1	0,126
2	N30	9417400,95	391221,16	38,129	38,129	3	64	1	1	0,085
2	N31	9417253,72	391089,46	81,774	81,774	3	64	1	1	0,182
2	N33	9418421,11	389046,19	124,942	124,942	3	64	1	1	0,278
2	N34	9418452,22	387435,18							
3	N22	9412303,46	393417,74	41,113	41,113	3	64	1	1	0,091
3	N9	9412303,46	393417,74	41,113	41,113	3	64	1	1	0,091
3	N10	9411647,5	392215,38	97,341	97,341	3	64	1	1	0,216
3	N11	9411273,97	391878,35	57,183	57,183	3	64	1	1	0,127
3	N12	9412025,9	393643,48	85,705	85,705	3	64	1	1	0,19
3	N13	9413125,45	393523,88							
3	N14	9412726,89	393999,6	41,132	41,132	3	64	1	1	0,091
3	N15	9412585,88	394758,33	139,448	139,448	3	64	1	1	0,31
3	N16	9413730,92	395231,27	158,191	158,191	3	64	1	1	0,352

**Apêndice IV – Planilha de Resultados**

Zona	Trecho	Nó mont	Nó jus	Extenção (m)	Vazão (l/s)	DN (mm)	f	Vel (m/s)	P. Carga (m/km)	P. Carga (m)	H disp mont (mca)	H disp jus (mca)	Cota Ter mont (m)	Cota Ter jus (m)	Cota Piez mont (m)	Cota Piez jus (m)	Obs.
1	T2	N6	N2	1542,67	3,18	75	0,023	0,68	7,1	11,079	16,38	21,54	236,24	220	252,62	241,54	Rede Projetada
1	T3	N2	N3	1393,58	2,47	75	0,024	0,53	4,45	6,266	21,38	25,12	220	210	241,38	235,12	Rede Projetada
1	T4	N3	N4	1165,8	1,99	75	0,025	0,4	2,57	3	25,02	32,02	210	200	235,02	232,02	Rede Projetada
1	T5	N2	N5	630,51	0,35	50	0,034	0,15	0,7	0,442	21,38	20,94	220	220	241,38	240,94	Rede Projetada
1	T6	N4	N7	1043,71	1,59	50	0,025	0,68	10,91	11,382	31,98	25,15	200	195,45	231,98	220,6	Rede Projetada
1	T1	N1	N6	720,38	4,17	100	0,023	0,53	3,25	2,342	0	16,42	255	236,24	255	252,66	Rede Projetada
1	T7	N6	N8	1083,85	0,42	50	0,032	0,2	1,24	1,342	16,38	5,11	236,24	246,17	252,62	251,28	Rede Projetada
2	T15	N18	N17	1276,62	0,32	50	0,035	0,14	0,6	0,772	20,86	37,9	267,57	249,76	288,43	287,66	Rede Projetada
2	T16	N18	N19	1534,9	3,05	100	0,024	0,39	1,8	2,757	20,88	15,36	267,57	270,34	288,45	285,7	Rede Projetada
2	T17	N19	N20	652,53	2,72	75	0,024	0,62	6,14	4,007	15,31	13,26	270,34	268,38	285,65	281,64	Rede Projetada
2	T18	N20	N21	853,36	2,57	75	0,024	0,58	5,52	4,709	13,18	20,46	268,38	256,4	281,57	276,86	Rede Projetada
2	T19	N21	N22	771,93	2,18	75	0,025	0,47	3,54	2,734	20,36	24,03	256,4	250	276,76	274,03	Rede Projetada
2	T20	N22	N23	917,26	1,98	50	0,025	0,93	20,6	18,899	23,98	15,08	250	240	273,98	255,08	Rede Projetada
2	T21	N27	N24	773,52	0,7	50	0,029	0,3	2,46	1,9	4,93	16,93	225	211,1	229,93	228,03	Rede Projetada
2	T22	N24	N25	1273,71	0,42	50	0,033	0,18	0,98	1,25	16,89	38,55	211,1	188,19	227,99	226,74	Rede Projetada
2	T23	N30	N26	966,33	1,52	50	0,025	0,71	12,53	10,454	7,73	10,23	240	227,05	247,73	237,28	Rede Projetada
2	T24	N26	N27	829,71	1,38	50	0,026	0,59	8,46	7,021	10	5,03	227,05	225	237,05	230,03	Rede Projetada
2	T25	N27	N28	527,5	0,53	50	0,031	0,23	1,51	0,796	4,93	9,13	225	220	229,93	229,13	Rede Projetada
2	T26	N22	N29	476,15	0,13	50	0,04	0,05	0,11	0,051	23,98	24,06	250	249,87	273,98	273,93	Rede Projetada
2	T27	N23	N30	405,22	1,78	50	0,025	0,83	16,92	6,857	14,73	7,87	240	240	254,73	247,87	Rede Projetada
2	T28	N30	N31	197,54	0,18	50	0,04	0,08	0,23	0,045	7,73	9,02	240	238,66	247,73	247,69	Rede Projetada
2	T30	N21	N33	1134,93	0,28	50	0,036	0,12	0,48	0,542	20,36	28,82	256,4	247,4	276,76	276,22	Rede Projetada
2	T31	N34	N18	306,23	3,77	100	0,023	0,52	3,24	0,995	0	20,9	289,47	267,57	289,47	288,47	Rede Projetada
3	T8	N10	N11	503,1	0,13	50	0,04	0,06	0,12	0,062	79,99	72,62	110,25	117,55	190,24	190,17	Rede Projetada
3	T9	N9	N12	357,77	0,19	50	0,039	0,09	0,33	0,118	69,05	86,09	122,5	105,34	191,55	191,43	Rede Projetada
3	T10	N9	N10	1369,65	0,34	50	0,034	0,17	0,92	1,266	69	79,99	122,5	110,25	191,5	190,24	Rede Projetada
3	T11	N14	N9	719,62	0,62	50	0,03	0,28	2,22	1,624	55,49	69,05	137,68	122,5	193,17	191,55	Rede Projetada
3	T12	N14	N15	771,72	0,31	50	0,035	0,15	0,77	0,596	55,54	77,58	137,68	115,04	193,22	192,62	Rede Projetada
3	T13	N14	N16	1589,05	0,35	50	0,034	0,16	0,8	1,278	55,54	66,94	137,68	125	193,22	191,94	Rede Projetada
3	T14	N13	N14	620,61	1,38	50	0,026	0,59	8,4	5,234	0	55,62	198,53	137,68	198,53	193,3	Rede Projetada



QUADRO QUANTITATIVO		
DN	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE UNIDADE
ø50	PVC PBA classe 12 JEI	12.179,00 m
ø75	PVC PBA classe 12 JEI	6.412,30 m
ø100	PVC PBA classe 12 JEI	3.530,97 m
ø50	PVC PBA classe 15 JEI	2.318,80 m
ø50	PVC PBA classe 20 JEI	3.002,80 m
ø100	PVC DeFoFo JEI	2.145,86 m
ø150	PVC DeFoFo JEI	106,00 m

SIMBOLOGIA	
►	DIREÇÃO DE FLUXO HIDRÍCO
○	PONTO DE CONSUMO (BEBEDOURO)
◎	RESERVATÓRIO R1 / CAPTAÇÃO
●	RESERVATÓRIO R2
◐	RESERVATÓRIO R3
■	CAIXA DE DISSIPAÇÃO
—	GRADE DE COORDENADAS
—	TRAÇADO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO

## UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ CENTRO DE TECNOLOGIA E URBANISMO BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

PROJETO:  
**PROJETO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**  
CLIENTE:  
**FAZENDA VIAMÃO - MARANHÃO**  
OBRA:  
**ARAME - MARANHÃO**  
CONTEÚDO:  
**PLANTA DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**  
PROJETISTA:

**MARIA NAIR DE SOUSA SILVA**

**1 / 1**