

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**DANIEL PACHECO ALVES**

**COMISSIONAMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO DE UMA GRANJA DE  
SUÍNOS DO TIPO TERMINAÇÃO.**

Uberlândia

2024

**DANIEL PACHECO ALVES**

COMISSIONAMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO DE UMA GRANJA DE  
SUÍNOS DO TIPO TERMINAÇÃO.

Relatório do Projeto de Fim de Curso  
apresentado como requisito parcial do curso  
de Engenharia Mecânica da Universidade  
Federal de Uberlândia.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Heleno  
Pontes Antunes.

---

Assinatura do Orientador

Uberlândia

2024

Dedico este trabalho À Deus primeiramente e à minha família, amigos, professores e à Universidade Federal de Uberlândia. Todos foram fundamentais para meu desenvolvimento e aprendizado.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e meu irmão pelo apoio incondicional e amizade em todos os meus passos até o presente momento. À minha esposa Mayara que me deu todo apoio para que este trabalho fosse feito e eu me tornasse o que eu sou.

Aos meus amigos Caio, Dhiogo Lauro e muitos outros pelo companheirismo e amizade durante nossas trajetórias.

Aos meus tutores que desde a infância até a Universidade sempre me incentivaram a buscar o conhecimento e me mostraram a beleza em compartilhá-los com a humanidade.

Ao meu Prof. Dr. Valério Luiz Borges pelo suporte durante o desenvolvimento do trabalho e pela disciplina de Máquinas de Fluxo que ministrou de maneira bastante prática, o que se tornou mais interessante a meu ver. E que mesmo nas dificuldades com o tempo me deu todo o apoio para que esse trabalho fosse feito.

Ao Professor Hércio que foi essencial para meu aprendizado em estruturas metálicas, mostrando realmente a engenharia mecânica na prática.

Ao Professor Doutor Arthur Heleno Pontes Antunes, que se dispôs a me auxiliar no Projeto de Fim de Curso e ministrou a disciplina de Termodinâmica de forma essencial para meu aprendizado.

## RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de aplicar os conhecimentos teóricos aprendidos em engenharia mecânica para calcular a bomba mais adequada para um poço artesiano. Porém esse cálculo foi feito em cima de uma bomba já instalada e foi feito então um comissionamento dessa aplicação. A partir de dados fornecidos pela empresa que instalou a bomba, como profundidade, a bomba utilizada e a quantidade de tubos utilizados, juntamente com as medições das instalações locais foram feitos cálculos para medir a vazão do poço artesiano e comparar com o valor informado pelo instalador da bomba. Foi feita uma tentativa de medir a vazão do sistema através da pressão manométrica do sistema, porém ao plotar a curva da bomba, notou-se que a pressão da bomba varia muito pouco com a vazão do sistema (curva do tipo “flat”), portanto foi necessário medir o nível dinâmico do poço para calcular então a vazão. Mediu-se também a vazão através do horímetro e hidrômetro já instalados no local, o que permitiu fazer uma comparação da vazão calculada através dos dados medidos e obtidos pela instaladora da bomba, e a vazão medida pelo hidrômetro e horímetro. Através dessa comparação foram feitas hipóteses do que resultou a diferença de resultados e foram feitas críticas a respeito da instaladora da bomba e aspectos que se tem a melhorar.

**Palavras-chave:** Comissionamento; Poço artesiano; Bomba;

## ABSTRACT

The present work was developed with the aim of applying the theoretical knowledge learned in mechanical engineering to calculate the most suitable pump for an artesian well. However, this calculation was made based on an already installed pump, and a commissioning of this application was then carried out. Using data provided by the company that installed the pump, such as depth, the pump used, and the quantity of pipes used, together with measurements of the local installations, calculations were made to measure the flow rate of the artesian well and compare it with the value reported by the pump installer. An attempt was made to measure the system flow rate through the system's manometric pressure, but when plotting the pump curve, it was noticed that the pump pressure varies very little with the system flow rate (a "flat" curve type), therefore it was necessary to measure the dynamic level of the well to then calculate the flow rate. The flow rate was also measured through the already installed hour meter and hydrometer on site, which allowed for a comparison of the flow rate calculated using the measured data obtained by the pump installer, and the flow rate measured by the hydrometer and hour meter. Through this comparison, hypotheses were made about what resulted in the difference in results, and criticisms were made regarding the pump installer and aspects that need improvement.

**Keywords:** Commissioning; Artesian well; Pump.

## Sumário

RESUMO .....	5
ABSTRACT .....	6
1. INTRODUÇÃO .....	8
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	8
• Cálculo das Perdas ( $\Delta H_{perdas}$ ) .....	10
3. ESTUDO DE CASO .....	12
• Localização da Granja Palmeiras .....	12
• Descrição da Granja Palmeiras .....	13
4. CONCLUSÃO .....	29
ANEXO I - CÓDIGO DO EES	

## **1. INTRODUÇÃO**

A suinocultura desempenha um papel crucial na economia global, contribuindo significativamente para o suprimento de carne suína, uma fonte essencial de proteína animal na alimentação humana. Para manter e aprimorar a eficiência produtiva dessa indústria, diversos fatores devem ser considerados, e entre eles, destaca-se a disponibilidade e a qualidade da água fornecida aos suínos. A água é um nutriente essencial, sendo vital para diversas funções fisiológicas e metabólicas dos animais, influenciando diretamente em seu bem-estar e desempenho produtivo.

No entanto, apesar da sua relevância incontestável, a gestão adequada da água na suinocultura frequentemente é negligenciada, o que pode resultar em consequências adversas para a saúde dos animais, bem como para a rentabilidade e sustentabilidade do sistema produtivo. O desafio de proporcionar acesso contínuo a água de qualidade aos suínos torna-se ainda mais presente em um contexto global de mudanças climáticas e pressões crescentes sobre os recursos hídricos.

Existem dois tipos de granjas da suinocultura, as granjas do tipo creche e as granjas do tipo terminação. As granjas do tipo creche é onde os leitões nascem e são criados até o término da amamentação. Os leitões são levados então para as granjas de terminação, onde engordam e ficam cerca de 4 meses nessas granjas até o ponto de abate. A granja analisada a seguir é do tipo terminação.

Ao compreender a grande importância dos recursos hídricos na suinocultura, esse presente trabalho teve como objetivo analisar o bombeamento de água de uma granja de suínos, na qual a fonte de recursos hídricos é exclusivamente de poço artesiano, o que requer um estudo da bomba adequada para esse tipo de serviço. As instalações já estão montadas, portanto será feito um comissionamento da bomba utilizada no local.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O princípio da Conservação da Energia Mecânica possibilita a avaliação do sistema de bombeamento. O esquema da Figura 1 representa um sistema de



bombeamento, sendo o Ponto 1 antes da bomba e o Ponto 2 após o bombeamento e as devidas tubulações necessárias.

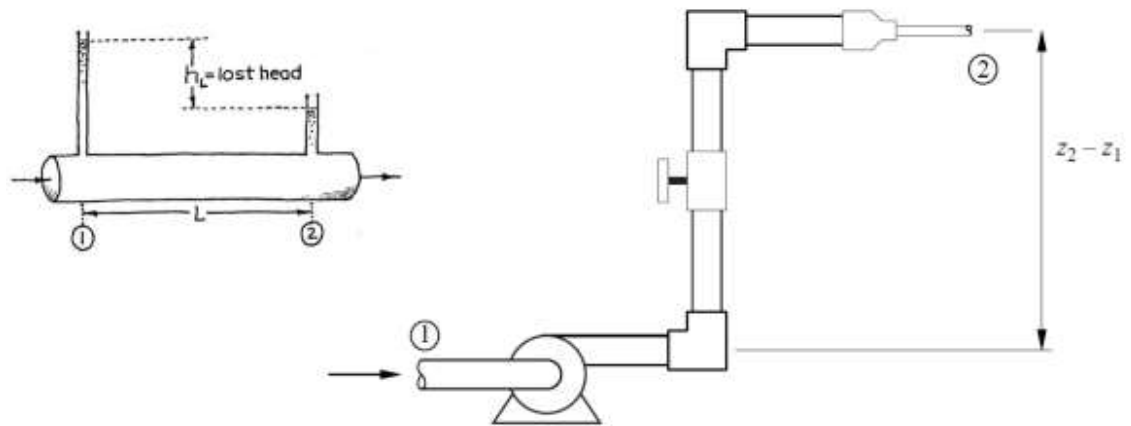


Figura 1 – Esquema geral de um bombeamento.

Segundo a Equação da Conservação da Energia Mecânica de um fluido, têm-se que:

$$H_1 + \Delta H_{ganho} + \Delta H_{perdas} = H_2 \quad (1)$$

Sendo:

$H_1$  – Energia mecânica do fluido no Ponto 1;

$\Delta H_{ganho}$  – Energia de ganho no bombeamento;

$\Delta H_{perdas}$  – Perda de Energia através dos acessórios;

$H_2$  – Energia mecânica do fluido no Ponto 2.

Substituindo a Equação de Bernoulli na Equação (1), têm-se que:

$$\left(P + \frac{\rho V^2}{2} + \rho g z\right)_1 + \Delta H_{ganho} - \Delta H_{perdas} = \left(P + \frac{\rho V^2}{2} + \rho g z\right)_2 \quad (2)$$

Dividindo-se as parcelas por:  $\rho g$ , tem-se que:

$$\left(\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z\right)_1 + \Delta H_{ganho} - \Delta H_{perdas} = \left(\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z\right)_2 \quad (3)$$

Substituindo (4) em (3):

$$H = \frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z \quad (4)$$

$$H_1 + \Delta H_{\text{ganho}} - \Delta H_{\text{perdas}} = H_2 \quad (5) \quad [\text{metros}]$$

- Cálculo das Perdas ( $\Delta H_{\text{perdas}}$ )

Para o cálculo das perdas do sistema utiliza-se da Equação de Darcy, que está representado na Equação (6).

$$\Delta H = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (6)$$

Sendo:

$\Delta H$  – Perda de carga [m];

$f$  – Fator de atrito [ ];

$L$  – Comprimento da tubulação [m];

$D$  – Diâmetro [m];

$V$  – Velocidade [ $m/s$ ];

$g$  – Aceleração da gravidade [ $m/s^2$ ].

Reescrevendo a equação (6) em função da Vazão  $Q$ , temos que:

$$Q = VA \rightarrow V = \frac{Q}{A}$$

$$A_{\text{tubulação}} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$\begin{aligned} \Delta H &= f \frac{L V^2}{D 2g} = f \frac{L}{D} \left[ \frac{\left(\frac{Q}{A}\right)^2}{2g} \right] = f \frac{L}{D} \left[ \frac{\left(\frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}}\right)^2}{2g} \right] = f \frac{L}{D} \left[ \frac{\frac{Q^2}{\frac{\pi^2 D^4}{16}}}{2g} \right] = f \frac{L}{D} \left( \frac{16Q^2}{\pi^2 D^4 2g} \right) = f \frac{L}{D} \left( \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4} \right) \\ \Delta H &= f \frac{L}{D} \left( \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4} \right) \quad (7) \end{aligned}$$

Sendo:

$Q$  – Vazão [ $m^3/s$ ].

O Fator de atrito ( $f$ ) é encontrado através do Diagrama de Moody (Figura 2), que em função do número de Reynolds ( $Re$ ) e da razão entre a rugosidade absoluta da parede do tubo ( $\epsilon$ ) e o diâmetro do tubo ( $D$ ), encontramos no gráfico o valor do fator de atrito.

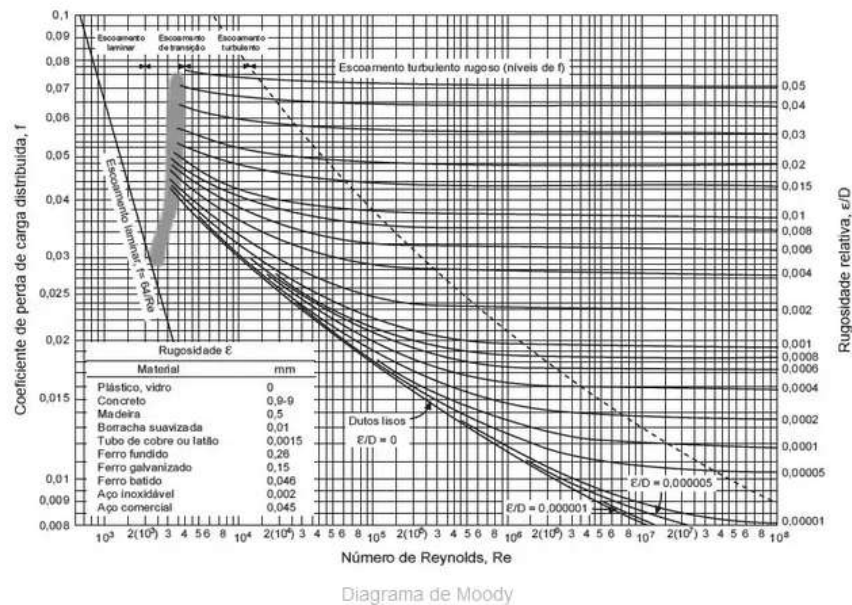


Figura 2 – Diagrama de Moody.

Para tubos circulares, temos que o número de Reynolds é dado por:

$$Re = \frac{4Q}{\pi Dv}$$

Sendo:

$v$  – Viscosidade cinemática [ $m^2/s$ ].

A viscosidade cinemática “ $v$ ” é encontrada na norma ABNT 6400 e o valor da rugosidade absoluta do PVC foi considerado o recomendado pelo Manual Técnico da Tigre®. O valor para a viscosidade cinemática é de  $1,022 \times 10^{-6} m^2/s$  e a rugosidade absoluta é de  $6,0 \times 10^{-5} m$  (Figura 3 e 4).

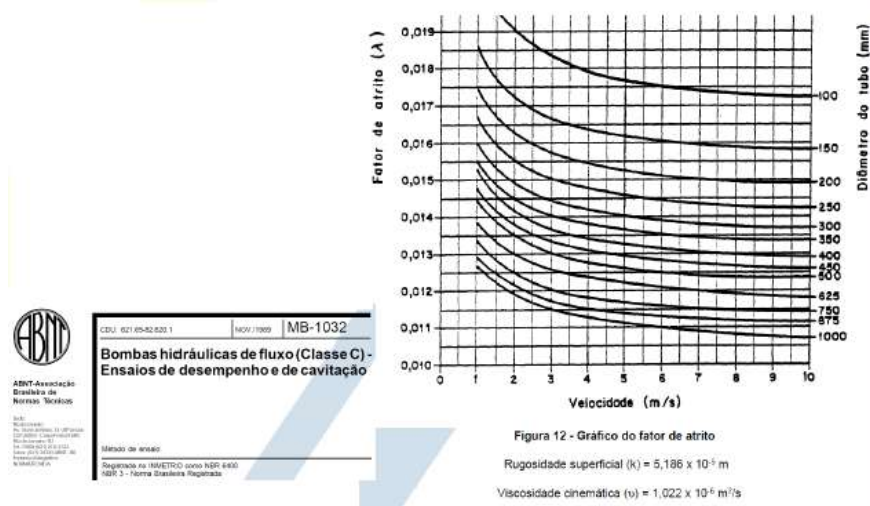


Figura 3 – Norma ABNT 6400.



Figura 4 – Catálogo Técnico da Tigre®.

### 3. ESTUDO DE CASO

- Localização da Granja Palmeiras

A granja analisada está localizada na zona rural de Uberlândia - MG. Ela foi modificada para o manejo de suínos no ano de 2022 e é considerada como uma granja de terminação, que é quando os animais entram com aproximadamente 50 quilogramas de peso vivo e saem até o ponto de abate, que variam conforme demanda do mercado. A Figura 5 representa a foto dos galpões da granja.



Figura 5 – Foto dos galpões da Granja Palmeiras.

- Descrição da Granja Palmeiras

A fazenda em questão possui 4 reservatórios, sendo cada um com capacidade para 15000 litros de água, todos interligados entre si. Por queda natural a água é direcionada para as casas de moradias dos caseiros, para os bebedouros dos bovinos e para os galpões de suínos. Este reservatório é alimentado por meio de um poço artesiano, localizado a 20 metros dos mesmos (Figura 6). O poço artesiano possui em sua instalação um hidrômetro (Figura 7) e um horímetro (Figura 8), que foram utilizados para a medição da vazão.





Figura 6 – Foto dos reservatórios junto com o poço artesiano.



Figura 7 – Hidrômetro da instalação.



Figura 8 – Horímetro da instalação.

A granja possui dois galpões geograficamente localizados em um nível abaixo dos reservatórios, permitindo-se assim que a queda natural atenda o abastecimento dos galpões, dos bebedouros dos bovinos e também as outras instalações da fazenda. Esse abastecimento é auxiliado também por meio de reduções nas tubulações de água. As saídas dos reservatórios são de 75 mm, reduzindo-se para 50 mm nas intermediações dos galpões.

Cada galpão possui 50 baias, sendo 25 em cada lado do galpão e 1 corredor central (Figura 7). Entre os 2 galpões existe um embarcador, que será responsável pela carga e descarga dos animais, e cada galpão existe uma ramificação para o direcionamento dos animais ao embarcador. As Figuras 9, 10, 11, 12 e 13 representam esta instalação.



Figura 9 – Foto da parte interna dos galpões.



Figura 10 – Foto interna do corredor de acesso ao embarcador.





Figura 11 – Foto externa do corredor de acesso ao embarcador.



Figura 12 – Foto do final do corredor de acesso ao embarcador.



Figura 13 – Foto do embarcador

Cada galpão possui 3 linhas de tubulações de água, cada uma com sua função específica para o manejo dos suínos. Uma delas é a linha de bebedouros, que possui três ramificações em cada baía, sendo que na ponta possui o bebedouro tipo “chupeta” que está representado na Figura 15. Uma peculiaridade do sistema de bebedouros “chupeta” é que as alturas dos bebedouros são ajustadas todos de uma só vez por meio de um sistema de catracas, como está representado na Figura 14.



Figura 14 – Foto do sistema de catracas para ajuste dos bebedouros do tipo “chupeta”.



Figura 15 – Foto do sistema de bebedouros do tipo “chupeta”.

A segunda linha de tubulação é para a nebulização dos suínos, seja ela para aplicação de medicamentos por via cutânea (*pour on*) ou para o controle térmico dos animais. Os sistemas de bebedouros e de nebulização possuem sistemas de misturadores no início da linha, de modo que permite a mistura dos medicamentos necessários para tratamentos do lote de animais (Figura 16). E por fim, a terceira linha de tubulação é para o abastecimento das lâminas d’água, que possui um registro de esfera manual em cada baia, afinal só é utilizada no momento que se esgota as lâminas d’água e é feita a limpeza manual das baias (Figura 17).



Figura 16 – Sistema de misturadores.





Figura 17 – Sistema de abastecimento das lâminas d'água.

As lâminas de água localizadas dentro dos galpões de suínos são utilizadas para o descarte da matéria orgânica produzida pelos suínos, estas são descartadas nas várias caixas de passagens menores (Figura 18), localizadas ao longo das laterais dos galpões, através de encanamentos de esgoto de tamanho 100 mm. Estas caixas de passagens são interligadas por meio de um encanamento de tamanho 150, que é direcionado até uma caixa de passagem maior (Figura 19) na lateral do galpão, localizado na metade do comprimento do galpão. Então estes dejetos são direcionados para a primeira das quatro lagoas de decantação.



Figura 18 – Caixas de passagem menores.



Figura 19 – Caixa de passagem central.

São quatro lagoas de decantação, que são localizadas logo abaixo dos galpões. Três destas lagoas são utilizadas para a decantação dos dejetos mais pesados, para que o resíduo final possa ser utilizado para a fertirrigação. A quarta lagoa foi feita para acumular a água da chuva para que possa ser reaproveitada, de forma a promover um reaproveitamento da água da chuva, porém esse sistema ainda é um projeto futuro, segundo o responsável pela granja. A Figura 20 representa a foto real das lagoas de decantação.



Figura 20 – Foto das lagoas de decantação.

E por fim o resíduo acumulado na última lagoa é bombeado para as terras de pastagens como forma de fertilizante, no qual já foi feita uma fermentação natural, de modo que possam ser pulverizados nos pastos sem causar danos nos cascos das criações. A bomba utilizada (Figura 21) está localizada geograficamente entre as 4 lagoas e a tubulação de recalque é feita de forma aparente sobre o solo e os aspersores são mudados de forma manual conforme a demanda de cada pasto. O layout geral simplificado da granja está representado na Figura 22.



Figura 21 – Bomba de dejetos.

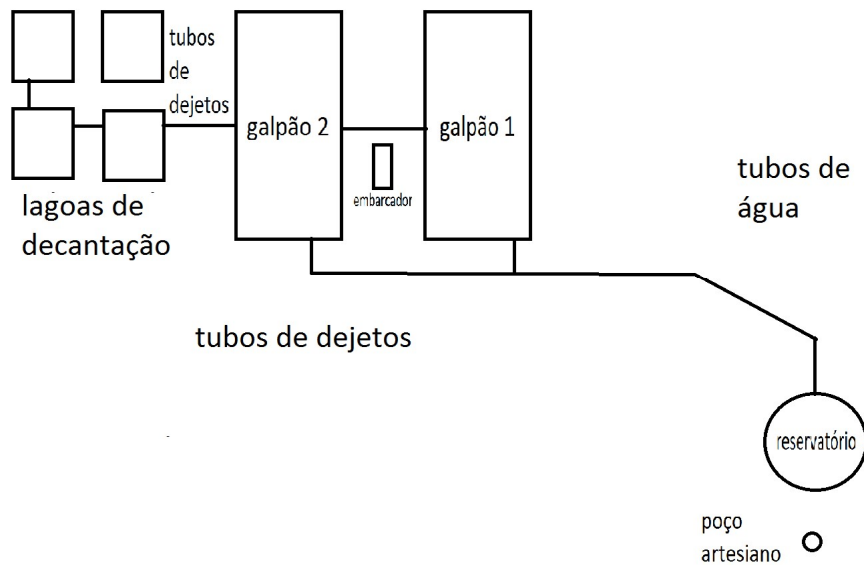


Figura 22 – Layout geral simplificado da Granja Palmeiras.

- Esquema do poço

Foi feito o esquema do layout do poço e do reservatório para que facilite a análise da situação do poço.

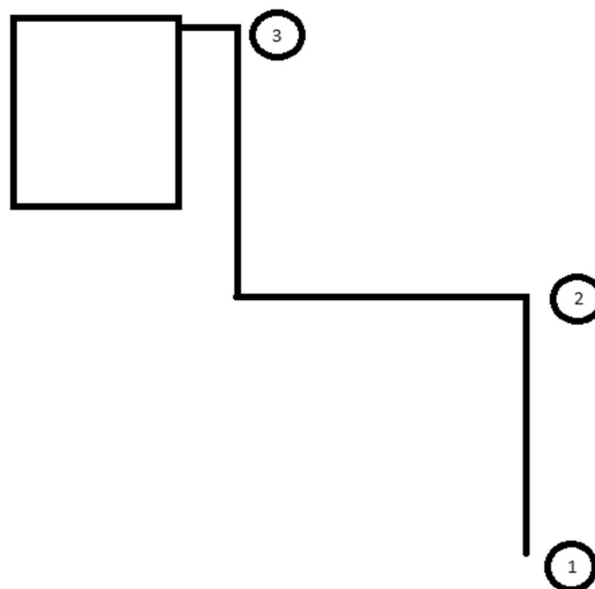


Figura 23 – Simplificação do problema por meio do esquema.







TABELA PARA SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS				VAZÃO E ALTURA ELEVATÓRIA									
MODELO	Nº EST.	POTÊNCIA		0	1,5	2	3	4	5	6	6,5	7	m <sup>3</sup> /h
		HP	kW										
1B025X154H2	15	2,5	1,86	117	114	112	105	92	80	65	53	38	

Figura 25 – Informações da MOTO BOMBA JVP 4H2-15 2,5HP + PN STANDART.

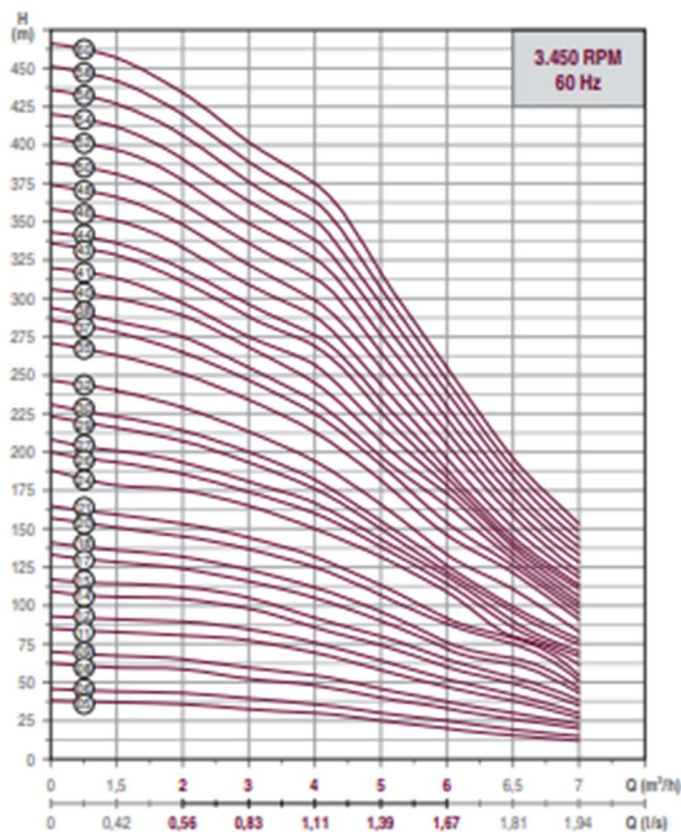


Figura 26 – Curva da Bomba fornecida pelo fabricante.

A bomba do poço artesiano está localizada a uma profundidade de 104 metros abaixo do nível do solo local, através da MOTO BOMBA JVP 4H2-15 2,5HP + PN STANDART, através de tubos EDUTOR GEO 1,1/2" STD 6". Os dados fornecidos pelo instalador da bomba estão representados na Figura 24.

A partir dos dados da bomba foi encontrado no site da JVP a curva da bomba, que está representado na Figura 26 pela curva de número 15, e a tabela com as informações da bomba representado pela Figura 25. O tubo utilizado do poço ao reservatório foi o tubo EDUTOR GEO EMAR PARA POÇOS 1 1/2" segundo informações fornecidas na Figura 24. Foi então pesquisado no site do fabricante o diâmetro de referência é 1 1/2" e a espessura do tubo é de 6 mm, portanto o diâmetro interno do tubo é de 26,1 mm.

- Análise dos dados pelo programa EES

Foi feita a interpolação da curva da bomba, através dos dados da tabela da Figura 25, para uma curva polinomial de 2 grau. Através do software EES encontramos a curva da Pressão pela vazão do sistema e encontramos a curva representada pela Figura 27.

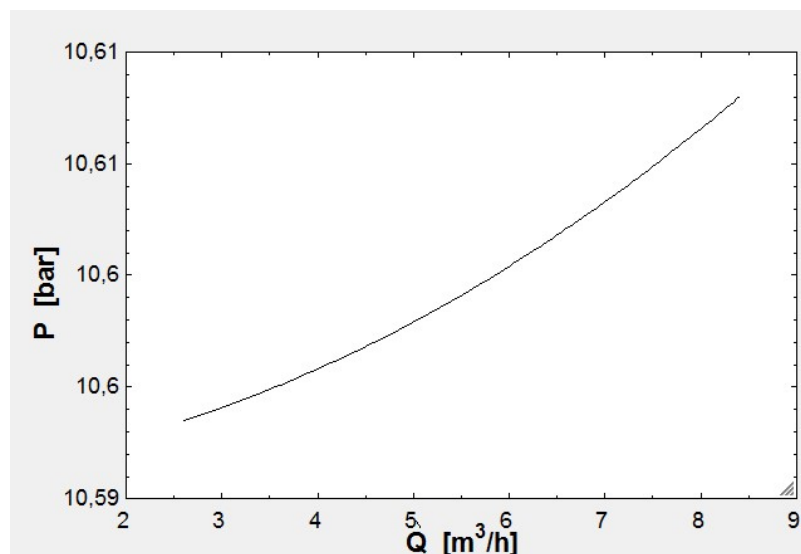


Figura 27 – Curva da Pressão versus a vazão do sistema analisado.

Analisando a curva encontrada, notamos que a pressão do sistema varia muito pouco em relação à variação da vazão do sistema, o que caracteriza a curva da bomba como o tipo “flat” (Figura 25). Portanto não é possível realizar a medição da vazão por meio da pressão manométrica do sistema. Desta maneira têm-se que encontrar o nível dinâmico do sistema através da medição do nível dinâmico do sistema.

- Medição do nível dinâmico

O nível dinâmico do poço artesiano pode ser medido de forma simplificada por meio de um multímetro, na qual ajusta a medição para medir a condutividade elétrica e deve-se adaptar um fio de extensão suficiente para atingir a superfície da água. No momento que os polos do multímetro atingirem a superfície da água, o multímetro conseguirá fazer uma leitura da condutividade da água, que nos informará o momento que os polos tocam a superfície da água. Então é possível saber o nível medindo o comprimento do fio utilizado para tocar a superfície da água.

Essa medição já tinha sido realizada por um técnico que o dono da fazenda já tinha pago para fazer essa medição. A altura medida pelo técnico foi de 37 metros, que significa que a altura da superfície do solo até a superfície da água é de 37 metros. Portanto o nível dinâmico do poço é  $104 - 37 = 67$  metros.

Foram feitas medições através do hidrômetro e do horímetro contido no sistema, e os dados foram organizados em uma tabela representado pela Tabela 1. A partir desses dados é possível calcular a vazão do sistema e comparar com a vazão calculada a partir dos dados coletados.

Tabela 1 – Dados coletados do Hidrômetro e Horímetro do sistema

Data da medição	Medição do Hidrômetro (m <sup>3</sup> )	Medição do horímetro (Horas)
Julho/2023	18631,45	2731,02
Agosto/2023	18939,42	2776,15

- Código no Programa EES

Foram feitos os cálculos pelo programa EES através da Conservação da Energia Mecânica, considerando o nível dinâmico fornecido foi feito o código representado na Figura 28. E os resultados obtidos foram apresentados na Figura 29.

```

"bomba JVP 4H2-15 2.5cv"
n=9
Duplicate i=1;n
  x[i]=Lookup("Lookup 1";i;'vazao')/3600
  y[i]=Lookup("Lookup 1";i;'recalque')
End

Call CURVEFIT1D("Polynomial2";x[1..n];y[1..n];a[1..3])

e=0,06e-03          "rugosidade superficial do PVC"
nu=1,022e-06       "viscosidade cinemática da água"

H[1]=104-37        "Nível dinâmico da bomba"
H[3]=108

L[1]=104          "Comprimento do tubo desde a bomba até a superfície"
L[2]=24          "Comprimento do tubo desde a superfície até o reservatório"

D[1]=26,1e-03    "Diâmetro dos tubos"
D[2]=26,1e-03

f[1]=moodychart((4*Q[1])/(pi#*D[1]*nu); e/D[1])  "Cálculos dos fatores de atrito por meio do diagrama de Moody"
f[2]=moodychart((4*Q[2])/(pi#*D[2]*nu); e/D[2])

H[1]+a[3]*Q[1]^2+a[2]*Q[1]+a[1]-f[1]*(L[1]/D[1])*(8*Q[1]^2)/(pi#^2*g#*D[1]^4)=H[2]  "Conservação da energia mecânica"
H[2]-f[2]*(L[2]/D[2])*(8*Q[2]^2)/(pi#^2*g#*D[2]^4)=H[3]

Q[1]=Q[2]  "Vazão é a mesma para todo o sistema"

Q_hat=Q[1]*3600

H[2]=(P*convert(bar,Pa))/(1000*g#) +104

Q_medido = (18939,42-18631,45)/(2776,15-2731,02)

```

Figura 28 – Código do Programa EES do sistema analisado.

**Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg**

e = 0,00006      n = 9      v = 0,000001022      P = 1,161 [bar]       $\hat{Q}$  = 4,801 [m<sup>3</sup>/h]      Q<sub>medido</sub> = 6,824

[Click on this line to see the array variables in the Arrays Table window](#)

2 potential unit problems were detected.

**Check Units**

EES suggested units (shown in purple) for a[1] H[1] H[2] x[1] x[2] x[3] .

Calculation time = ,1 sec.

Figura 29 – Resultados obtidos no programa EES.

- Análise dos resultados

Os resultados obtidos nos cálculos do programa EES foram divergentes, pois a vazão calculada a partir da medição do nível dinâmico foi de 4,801 m<sup>3</sup>/h, segundo a Figura 29, e a vazão calculada a partir da leitura do hidrômetro e do horímetro foi de 6,824 m<sup>3</sup>/h. Além disso a empresa que perfurou o poço e instalou a bomba, forneceu uma vazão do poço de 4 m<sup>3</sup>/h, o que permite concluir que algum dado coletado estava equivocado.

As medições do hidrômetro e do horímetro foram coletados a partir de uma tabela instalada no local, de maneira que são anotadas todo mês, para controle do consumo de água local. A vazão calculada de 6,824 m<sup>3</sup>/h foram obtidos a partir destas anotações, que pode ter sido uma fonte de erro.

As medições das dimensões do local, como a distância do poço ao reservatório e a altura da caixa d'água foram medidas através de trenas de metragem menores (5 metros), o que demanda uma medição por partes, que pode gerar erros de medições. Outra fonte de erro pode ser os dados obtidos pelo instalador da bomba utilizada, pois não presenciei pessoalmente para verificar se realmente foi utilizado a bomba JVP 4H2-15 2.5cv, a profundidade do poço foi fornecida por essa empresa, que pode ter tido alguma variação.

Outro aspecto foi o cálculo do nível dinâmico do poço, que o dono da fazenda tinha pago uma empresa especializada para realizar a medição. Essa medição não foi acompanhada para verificar se realmente a bomba estava ligada para medir o nível dinâmico do poço, se os equipamentos utilizados para realizar essa medição estavam adequados, o que pode ser outra fonte de erro nesses cálculos.

Portanto, seria necessária uma avaliação mais aprofundada dos dados desse poço artesiano, e realizar os cálculos novamente. Porém, de imediato já atestamos que o instalador da bomba, não realizou esses cálculos para medir a vazão da bomba, pois já informou uma vazão sem nem ao menos considerar as perdas de carga até o reservatório.

#### **4. CONCLUSÃO**

O presente trabalho foi bem fundamentado com as equações clássicas da conservação da energia mecânica, abordando as perdas de carga do sistema, o que permitiu calcular a vazão efetiva do sistema. O software “EES” também foi utilizado, que é uma ferramenta flexível e poderosa, que permite efetuar cálculos de diversas aplicações de bombeamento. Essas ferramentas de cálculos permitiram calcular a vazão efetiva do sistema, porém os dados informados não foram coletados de forma adequada, afinal a vazão medida que seria a mais confiável divergiu significativamente das vazões calculadas e da informada pelo instalador. Portanto é possível concluir que

a empresa de instalação da bomba não foi adequada para informar a vazão do poço, pois não fizeram os cálculos necessários para calcular a perda de carga do sistema e informar um dado mais preciso.

O nível dinâmico não foi mensurado de forma adequada, as medições de distâncias ocorreram erros devido a limitação dos sistemas de medição utilizados e dados do instalador da bomba podem ter tido equívocos ao documentá-los, o que ocasionou todos estes erros de cálculo. Apesar disso, a empresa mostrou claramente não se preocupar com as perdas de carga até o reservatório em questão.

Logo se a diferença entre a demanda hídrica e a vazão de projeto fossem menor, poderia faltar água na granja e causar problemas na produção. Também pode-se dizer que os cuidados com a confiabilidade dos dados coletados são de extrema importância, afinal pode ocorrer divergências significantes, como ocorreu no presente trabalho. Então sempre devemos desconfiar de medidas que não presenciemos a aferição.

## 5. REFERÊNCIAS

DE CASTRO, FABRÍCIO FALEIROS. **Zootecnia I (Suínos)**. Jaboticabal, SP: UNESP, 30 março 2016. 108 slides. Disponível em: “[https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/edneypereiradasilva/aula-2\\_prof\\_fabricio.pdf](https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/edneypereiradasilva/aula-2_prof_fabricio.pdf)”. Acesso em: 30 mai. 2024.

ÇENGEL, Y.A. e CIMBALA, J.M. 2007. **Mecânica dos Fluidos - Fundamentos e Aplicações**, McGraw-Hill Interamericana do Brasil Ltda, 819 p.

**ABNT NBR 6400:1989**. Bombas hidráulicas de fluxo (Classe C) – Ensaios de desempenho e de cavitação.

TIGRE S/A – TUBOS E CONEXÕES. **Linha de irrigação – Catálogo técnico e produtos**. Joinville – SC. 70 folhas. Disponível em: “<https://tigresite.s3.amazonaws.com/2024/04/Catalogo-Irrigacao-2023-compactado.pdf>”. Acesso em 03 jun. 2024.

BOMBAS JVP LTDA. **Curva 4H2**. Monte Azul Paulista – SP. 2 folhas. Disponível em: “ [https://bombasjvp.com.br/wp-content/uploads/2023/01/CURVA\\_4H2.pdf](https://bombasjvp.com.br/wp-content/uploads/2023/01/CURVA_4H2.pdf) ”. Acesso em: 03 jun. 2024.

## ANEXO I – Código do EES

"bomba JVP 4H2-15 2.5cv"

n=9

Duplicate i=1;n

x[i]=Lookup('Lookup 1';i;'vazao')/3600

y[i]=Lookup('Lookup 1';i;'recalque')

End

Call CURVEFIT1D('Polynomial2';x[1..n];y[1..n]:a[1..3])

e=0,06e-03

"rugosidade superficial do PVC"

nu=1,022e-06

"viscosidade cinemática da água"

H[1]=104-37

"Nível dinâmico da bomba"

H[3]=108

L[1]=104

"Comprimento do tubo desde a bomba até a superfície"

L[2]=24

"Comprimento do tubo desde a superfície até o reservatório"

D[1]=26,1e-03

"Diâmetro dos tubos"

D[2]=26,1e-03

f[1]=moodychart((4\*Q[1])/(pi#\*D[1]\*nu); e/D[1]) "Cálculos dos fatores de atrito por meio do diagrama de Moody"

f[2]=moodychart((4\*Q[2])/(pi#\*D[2]\*nu); e/D[2])

H[1]+a[3]\*Q[1]^2+a[2]\*Q[1]+a[1]-f[1]\*(L[1]/D[1])\*(8\*Q[1]^2)/(pi#^2\*g#\*D[1]^4)=H[2]  
"Conservação da energia mecânica"

H[2]-f[2]\*(L[2]/D[2])\*(8\*Q[2]^2)/(pi#^2\*g#\*D[2]^4)=H[3]

Q[1]=Q[2] " Vazão é a mesma para todo o sistema"

Q\_hat=Q[1]\*3600

H[2]=(P\*convert(bar;Pa))/(1000\*g#) +104

Q\_medido = (18939,42-18631,45)/(2776,15-2731,02)

