

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CAMPUS II
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

ESTÁGIO SUPERVISIONADO

**TÍTULO: DESENVOLVIMENTO E AFERIÇÃO DE EQUIPAMENTOS USADOS
NA MEDIÇÃO DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

ESTAGIÁRIO: ROGER LUIZ DA SILVA ALMEIDA

MATRICULA: 8621169.1

ORIENTADORES: PROFESSOR DR.º JOSÉ DANTAS NETO

**PROFESSOR DR.º CARLOS ALBERTO VIEIRA
AZEVEDO**

PERÍODO DE REALIZAÇÃO DO ESTÁGIO:

15/10/94 até 15/1/95

AGRICULTURA, UMA DAS SAÍDAS PARA UM PAÍS EM CRISE.



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

ÍNDICE

I- INTRODUÇÃO	01
II- OBJETIVOS	02
III- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
IV- MATÉRIAS E MÉTODOS	08
V- RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	12
VI- CONCLUSÃO	22
VII- BIBLIOGRAFIA	23
VIII- ANEXO.....	25

I-TABELAS

Tabela 1. Dados para traçar vazão « versus» altura de carga da calha 1, e encontrar a equação de regressão.

Tabela 2. Dados para traçar vazão « versus » altura de carga da calha 2, e encontra a equação de regressão.

Tabela 3. Comportamento da bomba em um poço simulado

Tabela 4. Vazão (l/s) «versus» Altura de carga (cm), Calha 1.
Utilizando-se a equação de regressão.

Tabela 5. Vazão (l/s) «versus» Altura de carga (cm), Calha 2.
Utilizando-se a equação de regressão.

Tabela 6. Comportamento da bomba manual em um poço simulado usando a equação de regressão linear.

II- FIGURAS

Figura 1. WSC Flume (calha).

Figura 2. Planta e corte do WSC Flume.

Figura 3. Característica do funcionamento do WSC Flume.

Figura 4. Bomba Manual já existente para extração de água de poços

Figura 5. Bomba Manual para extração de água de poços.

Figura 6. Curva de calibração da calha 1.

Figura 7. Curva de calibração da calha 2.

Figura 8. Comportamento da Bomba em um poço simulado

I- INTRODUÇÃO

Em virtude de se ter equipamentos que ainda não tenham sido testados e pela necessidade de se desenvolver novos equipamentos para os laboratórios da Universidade Federal da Paraíba, venho através destes laboratórios começar este trabalho com a esperança que seja de grande utilidade para os colegas que venham á ter acesso, e a quem mais se fazer interessado no seu conteúdo.

Segundo BERNARDO (1986), Observando-se os conhecimentos atuais das, relações solo-água-clima e planta, é possível e desejável que os sistemas de irrigação sejam calculados de modo a aplicar quantidades necessárias d'água. para tanto, é preciso que se tenham meio para medição desta água.

Existem vários métodos para medição de vazão, uns exigem equipamentos caros e sofisticados, outros são simples e baratos. o melhor método para cada condição dependerá do volume d'água a ser medido, das condições onde serão realizadas estas medidas e da precisão desejada

Para TODD (1959), Um poço d'água é um furo ou cava, geralmente vertical, escavado no terreno para trazer á água subterrânea até a superfície. Ocasionalmente, estes poços servem a outras finalidades tais como observação e exploração do subsolo, reabastecimento artificial e para depósito de resíduos industriais e de esgotos.

Em poços rasos, onde se necessita de apenas pequenas vazões, podem ser instaladas bombas de jarro manuais, bombas a turbina, bombas de engrenagem e bombas centrifugas, para extração de sua água.

II-OBJETIVOS

- 1-Traçado da curva vazão x altura.
- 2- Analisar o comportamento da bomba manual em um poço simulado.
- 3- Encontrar a equação de regressão que melhor se ajusta as calhas e ao rebaixamento do poço

III- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo BERNADO (1986), Medidor wsc flume é um novo tipo de medidor, que se adapta muito bem para a medição d'água em sulcos ou canais.

Ele foi desenvolvido em Washington State College, Washington-USA, adaptando o princípio do venturi para medição de vazões em canais. Existem em três tamanhos: pequeno, médio e grande. Sendo que o wsc-flume de pequeno tamanho, é o que melhor se adapta para medição de vazão em sulcos e em pequenos canais e o grande somente em canais.

Podem ser construídos de folhas de metal e também de cimento ou madeira.

Eles são constituídos basicamente em quatro seções: seção de entrada, seção convergente, seção contraída e seção divergente, figura 1.

A figura 2 mostra o modelo de um flume com sua planta baixa. Os outros modelos são semelhantes só variando o suas dimensões.

Este tipo de medidor deverá ser instalado dentro do sulco, de modo que o seu fundo permaneça na horizontal, quer longitudinalmente, quer transversalmente.

Seu fundo deve ficar no mesmo nível do fundo do sulco. Ele estará corretamente instalado quando a altura d'água na saída for menor que na entrada, o que normalmente acontece. Quando a água apresentar a mesma altura ao longo do flume, este deverá ser elevado um pouco, até que as características, de lâmina d'água ao longo dele, sejam semelhantes às da figura 3.

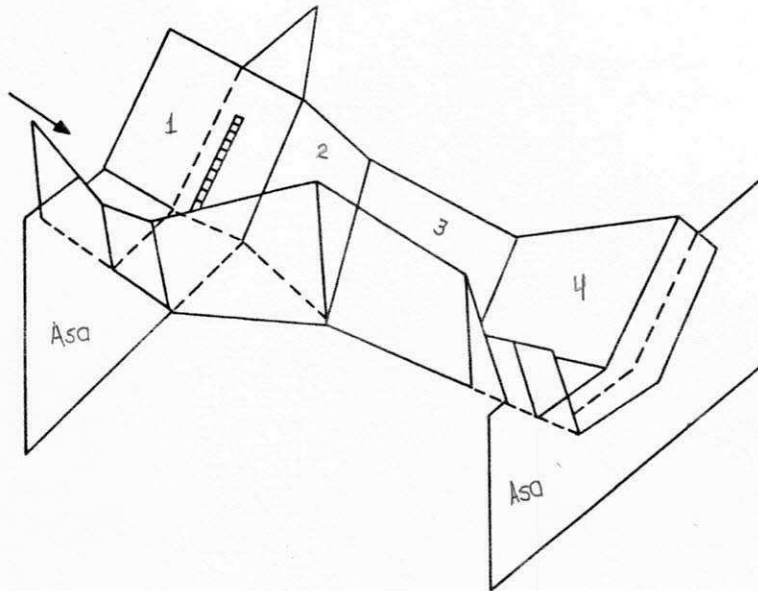
Quando o flume for construído de cimento ou madeira, as duas asas figura 1, cuja finalidade é evitar a infiltração d'água por baixo dele, poderão ser de pedaços de borracha (câmara de ar).

Para medição de vazão, somente uma leitura na régua graduada em milímetros é necessária.

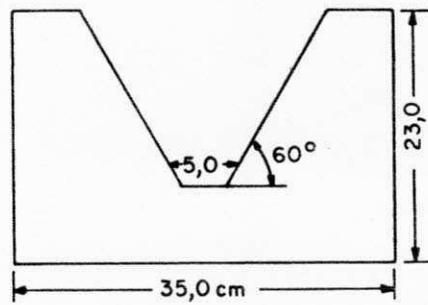
Esta régua deve ser encostada na parede lateral de entrada. A leitura (em centímetros) é convertida em vazão (litros/segundo).

BOMBA MANUAL PARA EXTRAÇÃO DE ÁGUA DE POÇOS

Como este tipo de bomba manual é uma nova adaptação, conseqüentemente não se dispõe de bibliografia que se trate do assunto. O modelo que mais se assemelha é o encontrado na figura 4, segundo MILLAR (1978).



DESENHO EM PERSPECTIVA



VISTA DE FRENTE

FIG. I - WSC FLUME (Colho)

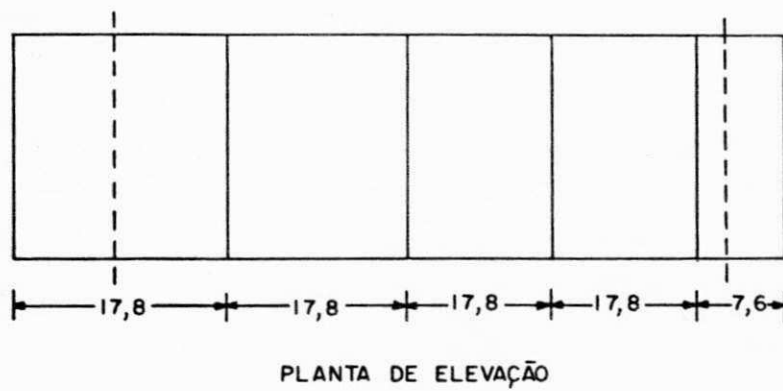
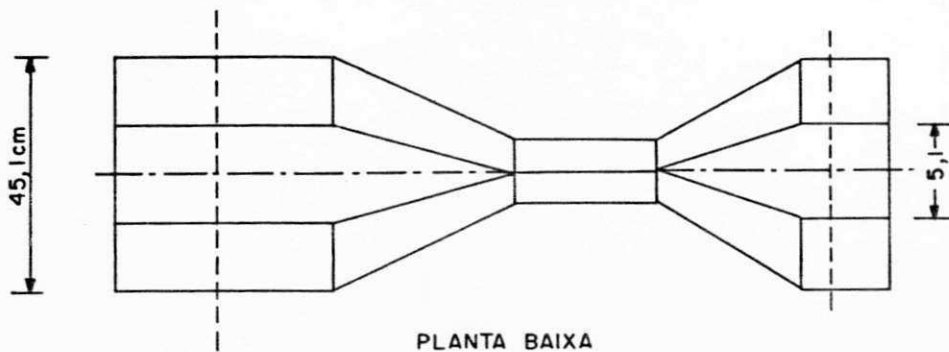


FIG. 2 - Planta e corte do WSC FLUME.

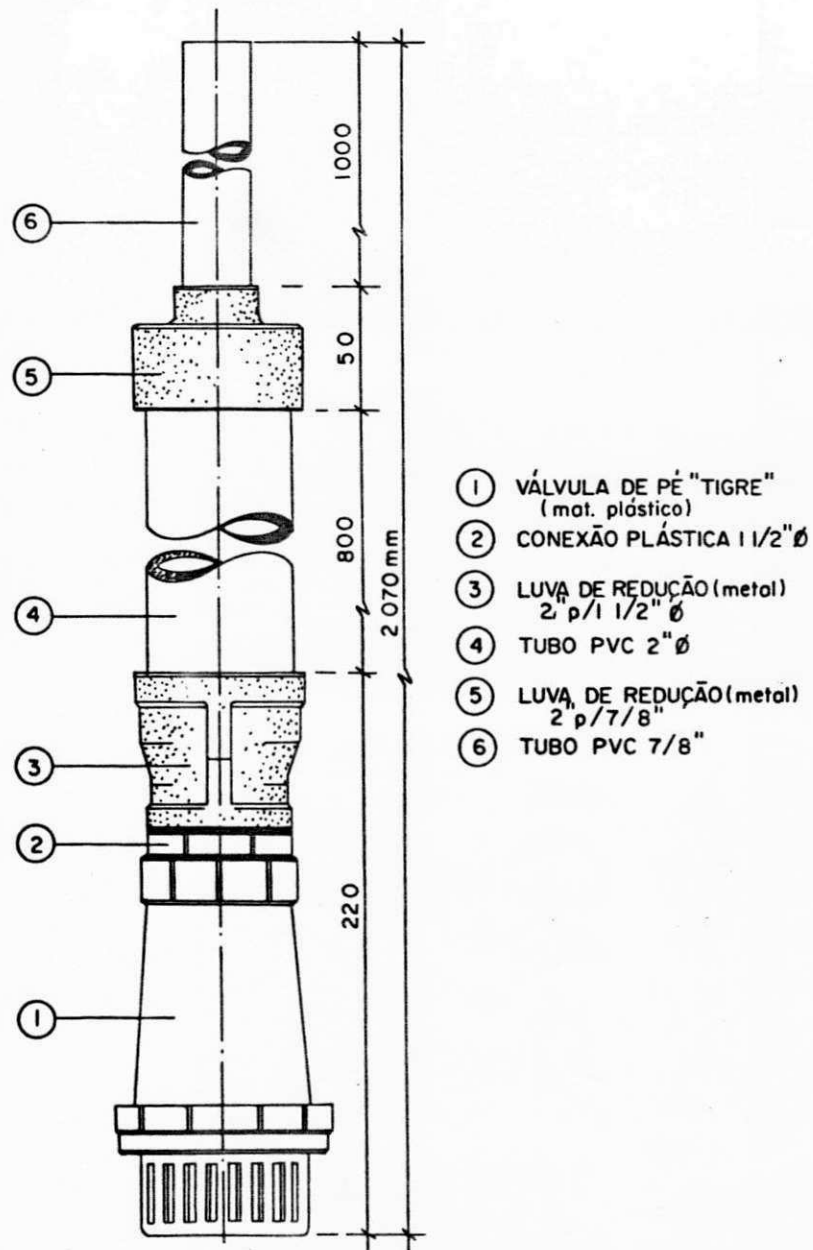


FIG. 4 - Bombo manual para a extração da água dos poços.

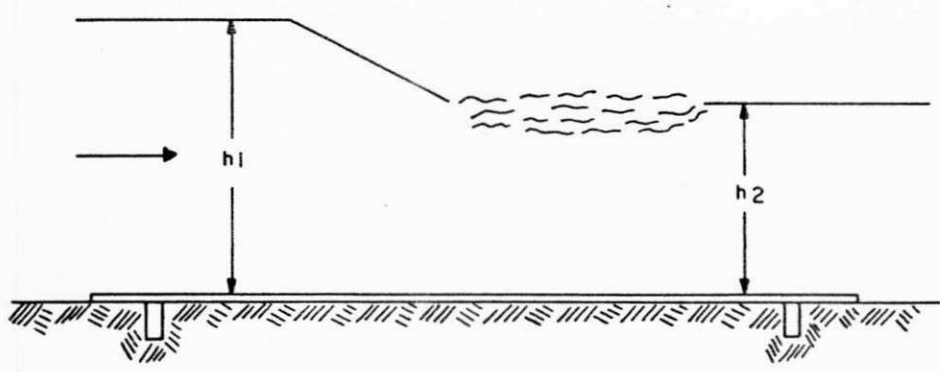


FIG. 3 - Características do funcionamento do WSC FLUME .

IV- MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estágio supervisionado realizado no Laboratório de Hidráulica pertencente ao Departamento de Engenharia Civil e no Laboratório de Engenharia de Irrigação pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola, no qual foram utilizados os seguintes materiais e aplicado as seguintes metodologias:

MATERIAIS

Os materiais utilizados na calibração do medidor de vazão foram:

1- Uma calha de madeira (grande)

cor (azul)

sem referência

2- Uma calha de madeira (media)

cor (laranja)

armifild

cat. ref-h2 b-1 b-7332/

serial n° até 3464 a-1921

inspected by cnb

3-cronômetro

4- recipientes graduados

5-regua graduada (cm)

6-canal de fundo móvel , de secção transversal retangular

Os materiais utilizados na confecção e no comportamento da bomba em um poço foram:

1- tubo 1

tubo com 1,22m de comprimento

diâmetro externo (32 mm)

diâmetro interno (27 mm)

disco com ângulo 45° e furo de 10mm

disco interno micro furado com (3,0mm) de diâmetro

esfera de plástico ou vidro de 13mm de diâmetro

2- tubo 2

tubo com 1,29m de comprimento

diâmetro externo (28mm)
diâmetro interno (21mm)
disco com ângulo de 45° e furo de 10mm
disco interno micro furado com (3,0mm) de diâmetro

- 3- Um T conexão plástica de pvc rosca
- 4- Complementos de tubos plásticos de 3/4" .
- 5- Cola
- 6- Cilindro de metal
- 7- Mangueira

MÉTODOS

MÉTODO EMPREGADO NA CALIBRAÇÃO DAS CALHAS

Utilizando-se do canal de fundo móvel existente no Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal da Paraíba ,Campus II .Dentro do qual se colocou a calha a ser calibrada, em seguida ligou-se a bomba com um mínimo de volume possível o canal foi abastecido ,esperou-se então que o nível de água se estabiliza-se. Quando se obteve a estabilização do nível d'água obteve-se uma leitura na régua graduada (mm) da calha que corresponde a altura de carga sobre esta calha.

A medição deste volume se procedeu logo em seguida ,fixou-se um tempo de dez segundos e recolheu este volume em recipiente graduado mediu-se então o referido volume . Repetiu-se este procedimento três vezes para que puder-se ter um resultado mais preciso . Tirou-se a média destas leituras obtendo-se um volume mais aproximado do real e assim podemos finalmente calcular a vazão , que nos dá o primeiro ponto da curva de calibração .

Repetiu-se este procedimento dez vezes ,sempre é claro com um aumento gradual de volume consegui-se assim obter os pontos necessários para que puder-se traçar a curva de calibração desta referida calha .

Para a segunda calha utilizou-se o mesmo procedimento.

MÉTODO DA ADAPTAÇÃO E EXPERIMENTAÇÃO DA BOMBA

Procurou-se dimensionar esta bomba para que atendesse aos critérios de melhor manuseio, maior produtividade no seu uso e o custo saísse o mais barato possível. Para tanto tomou-se tubos de pvc com diâmetros internos e externos diferentes , promovendo através do uso de serra o comprimento de 1.22(m) para o tubo menor, e 1.29(m) para o tubo maior . Em seguida foi promovida a utilização de dois discos microfurados no interior de cada tubo , logo após utilizou-se dois discos não mais microfurados nas extremidades de cada tubo com um furo de 10 (mm), para vedar estes discos utilizou-se uma esfera de plástico com 13 (mm), de diâmetro. Utilizou-se um T conexão plástica de pvc rosca na extremidade

do tubo de maior comprimento .

Fez-se os devidos reparos e utilizou-se cola para maior aderência das conexões plásticas. O desenho da bomba se encontra na figura 5.

Após o desenvolvimento da bomba partiu-se para a sua análise onde o procedimento foi o seguinte:

1- Medição do rebaixamento de um poço simulado.

Simulou-se um poço , em um cilindro de metal com as seguintes características:

Raio do cilindro(13,5 cm), comprimento (72 cm) e volume (41,2 l).

Colocou-se a bomba no poço simulado, com volume máximo de água ,que corresponde a primeira leitura na régua graduada , em seguida foi dado 10 golpes com a referida bomba ,provocando um decréscimo do nível d'água , obtendo-se uma nova leitura (cm), calculando-se assim este novo volume ,esta diferença entre o volume inicial e o novo volume calculado resultou no rebaixamento neste ponto, prosseguiu-se o experimento, com um total de 200 golpes alcançou-se o completo rebaixamento do poço simulado. Foram feitas várias seções obtendo-se assim para cada ponto várias leituras , tirou-se a media dessas leituras tendo-se assim uma medida mais precisa para cada ponto finalmente conseguiu-se elaborar a curva de rebaixamento do poço .

2- Medição do tempo gasto para se conseguir um abastecimento mínimo para consumo humano.

(Considerar um consumo de 80 l diários para 2 pessoas)

Simulou-se um poço em um recipiente com volume igual á 12 l ,no qual mediu-se o tempo gasto quando houve um completo esvaziamento do referido poço.

A partir dai procurou-se relacionar este poço simulado com poços de volumes variados e calcular o tempo ,utilizando-se a bomba, para se conseguir um abastecimento de água diário que atende-se as mínimas necessidades diárias de uma família que estive-se trabalhando em uma propriedade rural.

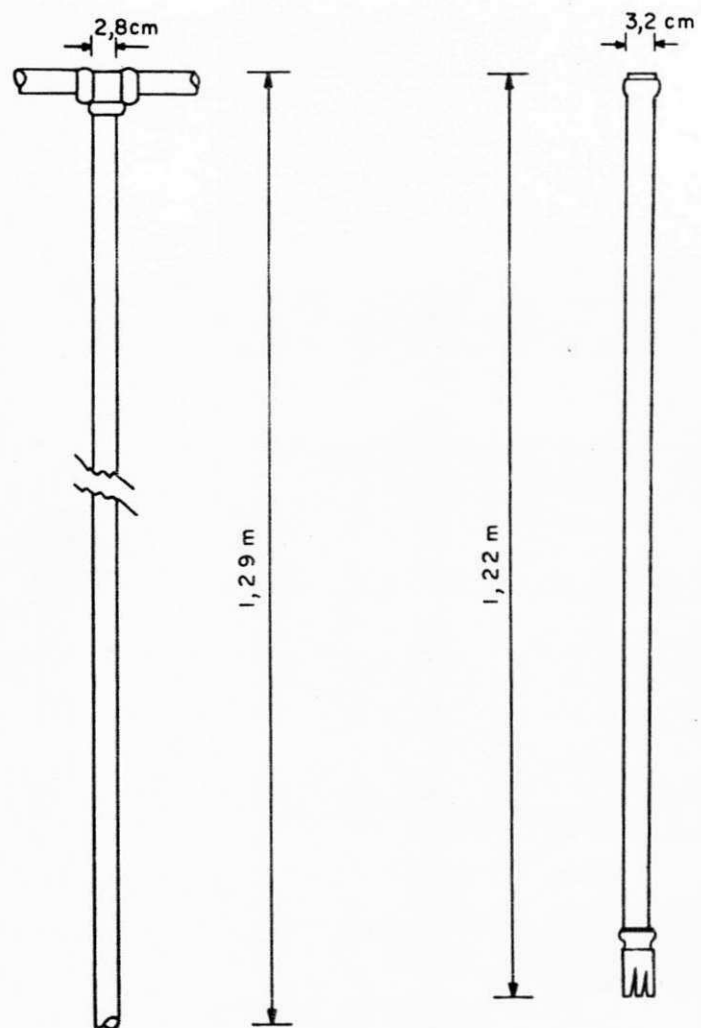


FIG. 5 - Bombo manual para extração de água de poços Bo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, os resultados são apresentados sob dois aspectos visando atender os objetivos propostos no presente estudo sendo eles:

a) RESULTADOS OBTIDOS NA CALIBRAÇÃO DAS CALHAS

Nas tabelas 1 e 2 encontram-se os resultados obtidos pela calibração em laboratório das calhas conforme memorial de cálculo em anexo. Utilizando-se destas tabelas traçamos as devidas curvas de calibração para as calhas 1 e 2, como mostra as figuras 6 e 7.

Ao fazermos a análise de regressão para a primeira calha encontramos o maior coeficiente de determinação na regressão potencial. $R^2=0,9970$. Multiplicamos o valor de R^2 por cem, a proporção se converte em percentagem. Segundo os dados observados 99% da variação da altura de carga se deve a relação potencial que existe entre a altura de carga de água no interior da calha e a vazão fornecida.

A equação da regressão potencial é do tipo : $Y=AX^B$

Onde: Y= Altura ou Carga (mm)

X=Vazão (l/s)

A,B=Constantes A=77,3677 B=0,3916

Então temos : $Y=77,3677 X^{0,3916}$, que é a equação de regressão procurada.

Com a equação em nossas mãos podemos encontrar vazões correspondentes para varias alturas que se venha á desejar como esta expresso na tabela 4.

A curva de calibração nos mostra um aumento gradual ,potencialmente uniforme ,da vazão até cinco litros e meio a partir dai houve um aumento quase que linear.

Ao fazermos a análise de regressão para a segunda calha encontramos o maior coeficiente de determinação também na regressão potencial. $R^2=0,9989$. Multiplicamos este o valor de R^2 por cem, a proporção se converte em percentagem. Segundo os dados observados 99% da variação da altura de carga se deve a relação potencial que existe entre a altura de carga de água no interior da calha e a vazão fornecida.

A equação de regressão potencial é do tipo : $Y=AX^B$

Onde: Y=Altura ou Carga (mm)

X=Vazão (l/s)

A,B=Constantes A=72,2710 B=0,6377

Então temos: $Y=72,2710 X^{0,6377}$, que é a equação de regressão procurada.

Com esta equação podemos encontrar valores de vazões associadas a alturas, para esta calha como mostra a tabela 5.

TABELA1: Dados para traçar vazão «versus» altura de carga da calha 1, e encontrar a equação de regressão.

PONTOS	ALTURA (mm)	VAZÃO (l/s)
1	51	0,35
2	70	0,83
3	89	1,39
4	99	1,83
5	112	2,39
6	125	3,19
7	135	4,09
8	145	5,38
9	155	6,14
10	162	6,62

TABELA 2: Dados para traçar vazão «versus» altura de carga da calha 2, e encontrar a equação de regressão.

PONTOS	ALTURA (mm)	VAZÃO (l/s)
1	30	0,26
2	45	0,48
3	65	0,81
4	80	1,16
5	100	1,72
6	130	2,39
7	144	2,87
8	163	3,58
9	182	4,30
10	205	5,38

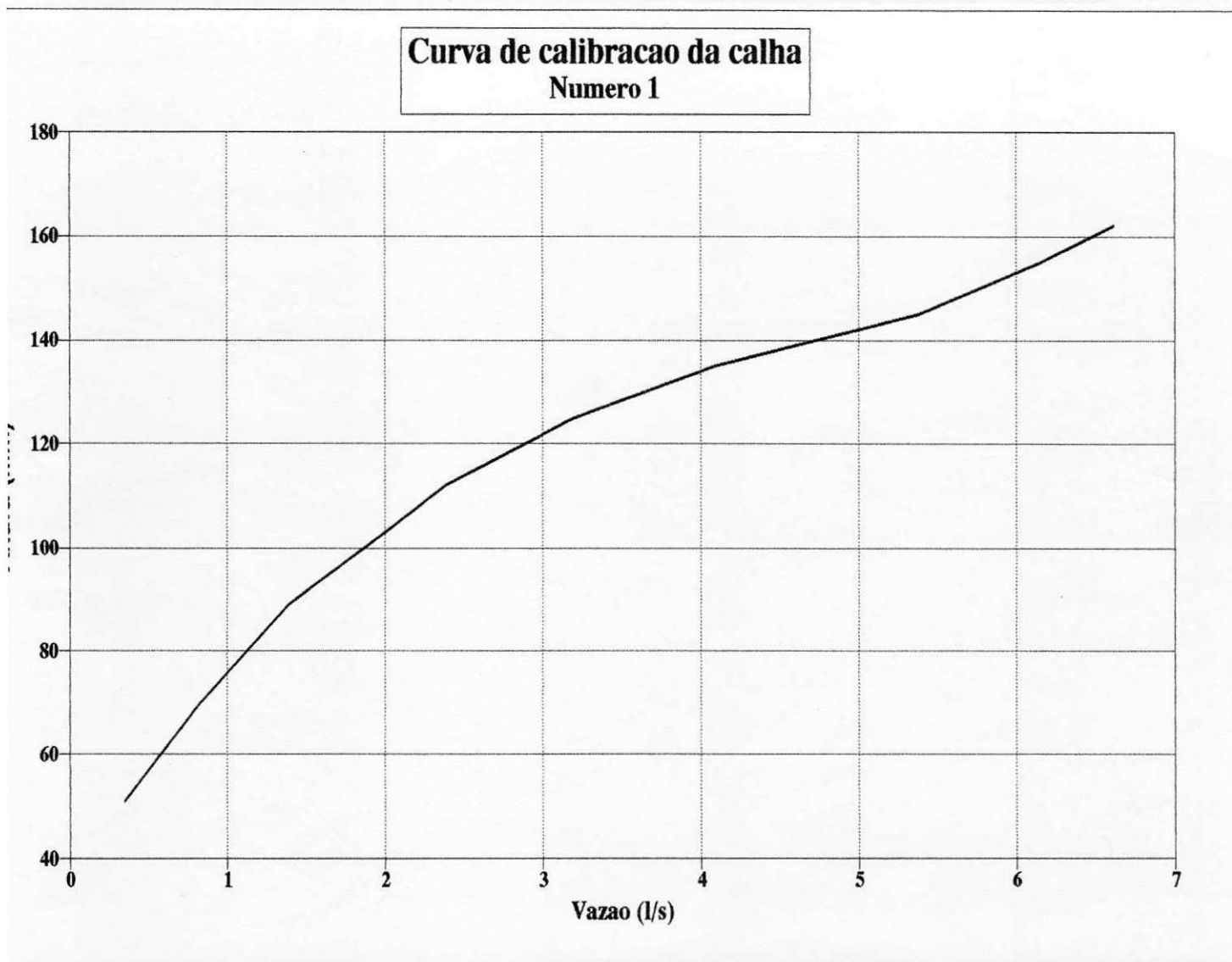


FIG. 6 - Curva de calibraco da calha n 1.

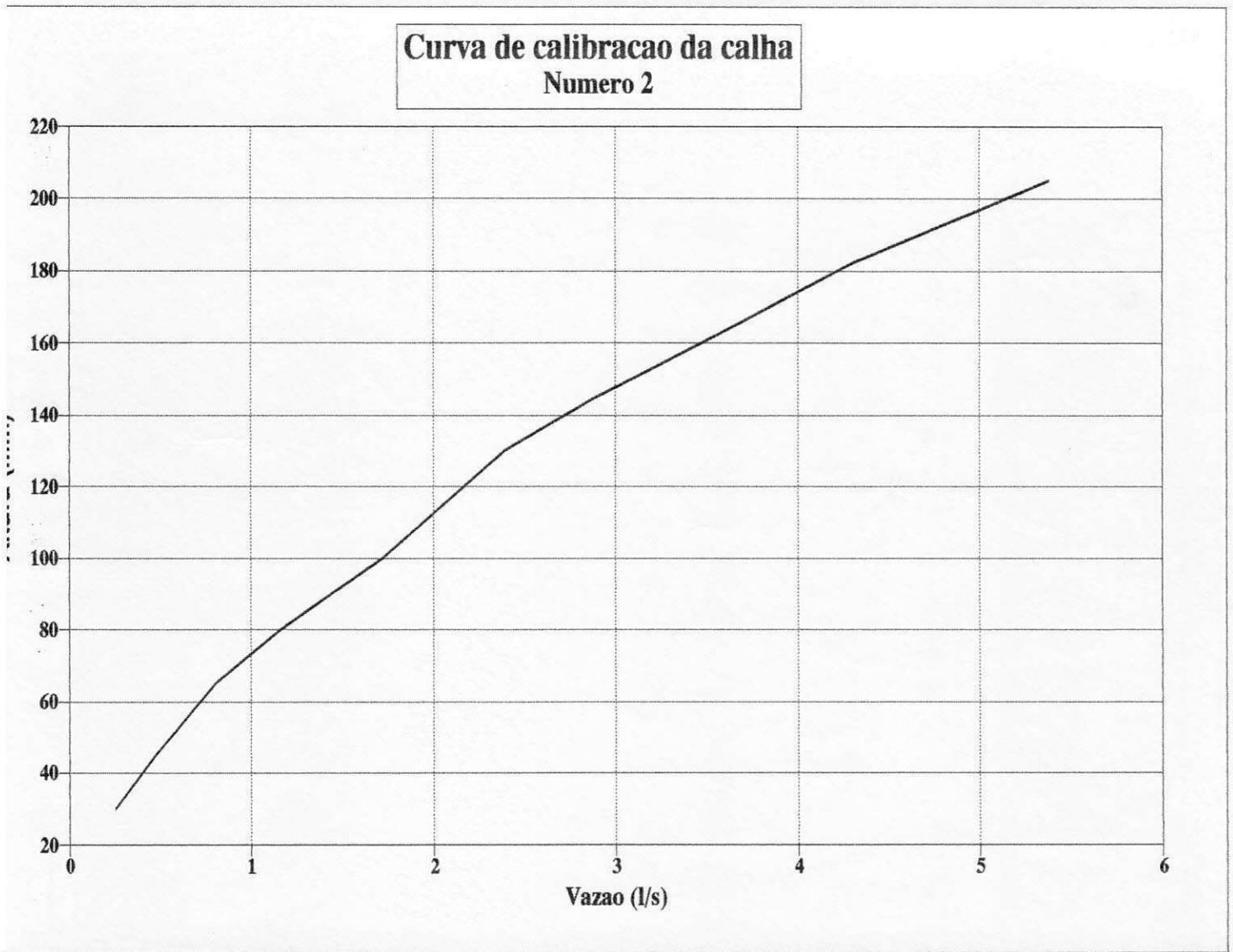


FIG. 7 - Curva de calibraco da calha n 2.

TABELA 4: Vazão (l/s), « versus » altura de carga (cm) do WSC FLUME 1.

Utilizando a equação de regressão potencial $Y=77,3677X^{0,3916}$

ALTURA	,0	,4	,8
(cm)	VAZÃO (l/s)		
1	0,005	0,013	0,024
2	0,032	0,050	0,075
3	0,085	0,125	0,163
4	0,185	0,236	0,296
5	0,328	0,399	0,479
6	0,522	0,616	0,719
7	0,774	0,893	1,021
8	1,089	1,234	1,389
9	1,471	1,644	1,828
10	1,925	2,129	2,344
11	2,456	2,691	2,938
12	3,067	3,335	3,617
13	3,763	4,066	4,383
14	4,547	4,886	5,240
15	5,423	5,800	6,192
16	6,395	6,811	7,243
17	7,465	7,922	8,396
18	8,638	9,137	9,653

Esta tabela foi construída de tal maneira que a altura de carga é apresentada com a parte inteira na primeira coluna e com a parte decimal na primeira linha estando a vazão no encontro das duas.

TABELA 5: Vazão (l/s), « versus » altura de carga (cm) do WSC FLUME 2.

Utilizando equação de regressão potencial $Y=72,2710X^{0,6377}$

ALTURA	,0	,4	,8
(cm)	VAZÃO (l/s)		
1	0,045	0,076	0,113
2	0,133	0,177	0,226
3	0,251	0,306	0,364
4	0,395	0,459	0,526
5	0,561	0,633	0,708
6	0,747	0,826	0,908
7	0,951	1,038	1,127
8	1,173	1,266	1,362
9	1,411	1,510	1,612
10	1,664	1,769	1,877
11	1,932	2,044	2,157
12	2,214	2,332	2,451
13	2,511	2,332	2,757
14	2,820	2,948	3,077
15	3,143	3,275	3,409
16	3,477	3,614	3,754
17	3,824	3,966	4,110
18	4,183	4,329	4,478
19	4,553	4,704	4,857
20	4,934	5,089	5,247

Esta tabela foi construída de tal maneira que a altura de carga é apresentada com a parte inteira na primeira coluna e com a parte decimal na primeira linha estando a vazão no encontro das duas.

A curva de calibração numero dois nos mostra que houve uma maior tendência a permanecer potencialmente uniforme sem haver quase que nenhuma mudança em seu traçado.

b) RESULTADOS OBTIDOS COM A BOMBA MANUAL

1º TESTE

Na tabela 3, encontram-se os resultados obtidos ao se utilizar a bomba em um poço simulado para se avaliar o comportamento desta, bem como na figura 8 encontra-se o gráfico do rebaixamento obtido da tabela 3, de um poço simulado. conforme memorial de calculo em anexo.

Para o rebaixamento do poço simulado provocado pela bomba, o maior coeficiente de determinação encontrado, foi na regressão linear $R^2=0,9983$, isto significa dizer que Multiplicando o valor de R^2 por cem, a proporção se converte em percentagem. Segundo os dados observados 99% da variação do volume de água retirado do poço se deve a relação linear que existe entre o volume retirado e o numero de golpes aplicados.

A equação de regressão linear é do tipo: $Y=AX + B$.

Onde: $Y=$ Volume (l)

$X=$ Golpes

$A, B=$ Constantes $A=-0,1802$ $B=40,4913$

Então temos : $Y= -0,1802 X + 40,4913$

Com esta equação podemos encontrar valores de volumes mais aproximados um do outro como mostra a tabela 6.

2º TESTE

Calculou-se o tempo necessário para se conseguir um volume mínimo de água, os resultados estão no anexo.

TABELA 3: Comportamento da bomba em um poço simulado.

Nº Golpes	Volume (l)
0	41,2
10	39,6
20	37,0
30	35,7
40	33,5
50	31,5
60	29,1
70	27,5
80	25,2
90	23,5
100	21,9
110	20,3
120	18,6
130	16,9
140	15,2
150	13,5
160	11,6
170	9,9
180	8,0
190	6,4
200	4,6
210	2,9
220	2,1

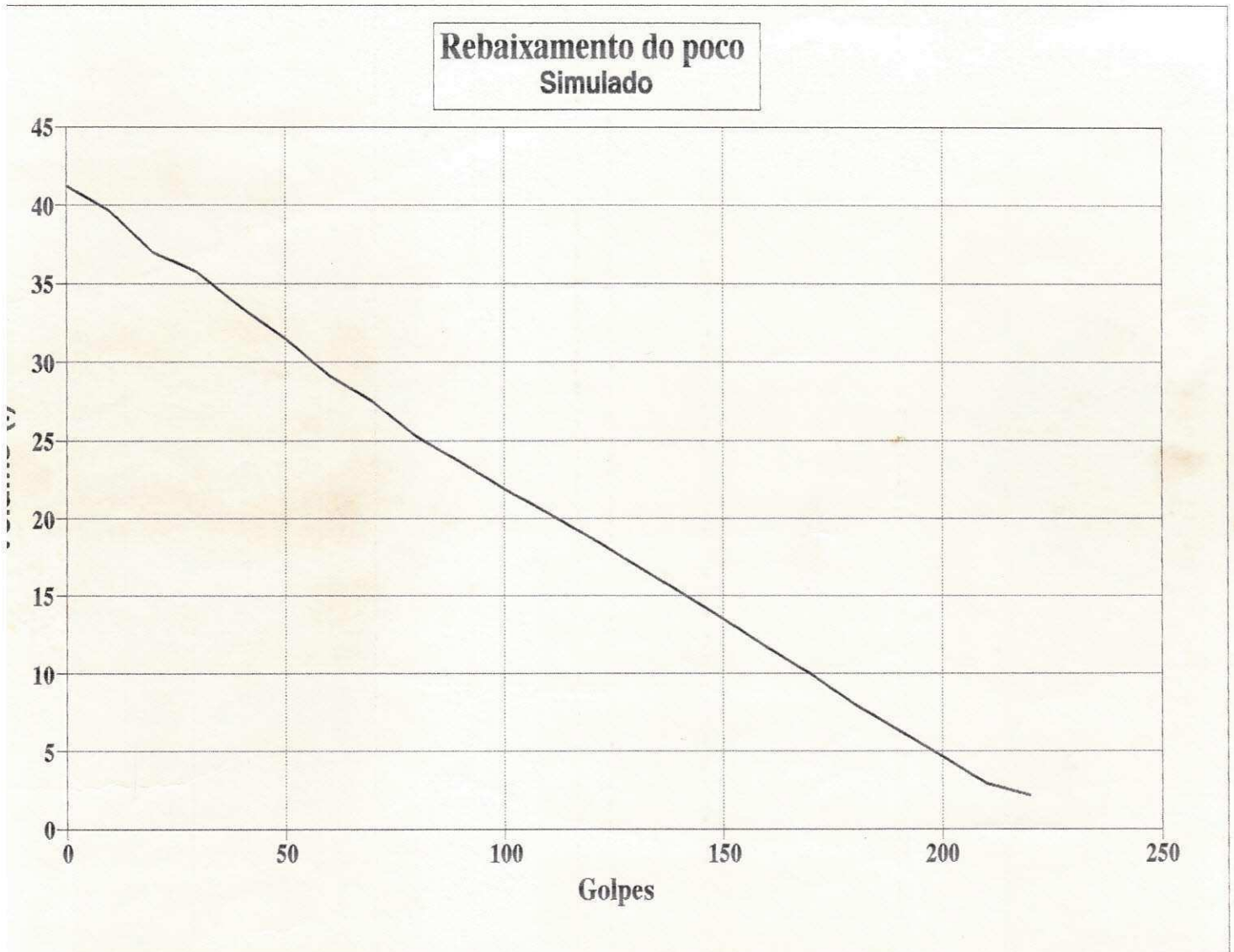


FIG.8 - Comportamento da bomba em um poço simulado.

TABELA 6: Comportamento da bomba em um poço simulado usando a equação de regressão linear $Y = -0,1802 X + 40,4913$.

GOLPES	VOLUME(L)	GOLPES	VOLUME(L)
0	40,5	54	30,7
4	39,8	58	30
8	39,0	60	29,7
10	38,7	64	28,9
14	38,0	68	28,2
18	37,2	70	27,9
20	36,9	74	27,1
24	36,2	78	26,4
28	35,4	80	26,1
30	35,1	84	25,3
34	34,4	88	24,6
38	33,6	90	24,3
40	33,3	94	23,5
44	32,6	98	22,8
48	31,8	100	22,4
50	31,5	104	21,7

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através das curvas de calibração bem como do comportamento da bomba manual em um poço simulado, nos permite as seguintes conclusões:

1- Através das curvas de calibração, bem como dos quadros 1 e 2 elaborados pelas respectivas equações de regressão Potencial é possível utilizar estas calhas com o objetivo de determinação de vazão.

2- As calhas podem ser utilizadas em qualquer projeto seja ele hidráulico (calha grande), ou agrícola (calha media e pequena), no intuito de se obter a vazão calculada para o projeto.

3- Em um projeto de irrigação superficial por sulco, pode-se simplesmente verificar o nível de água sobre a calha, que será a altura de carga e relaciona-lo a vazão, caso não seja encontrado o valor desejado altera-se este nível de água, até obter o valor da vazão que se deseje.

4- O rebaixamento do poço simulado mostra que quanto maior o numero de golpes com a bomba manual, maior será o rebaixamento e conseqüentemente maior será o volume de água colhido.

5- O tempo gasto para se conseguir um volume apreciável de água é muito pequeno. Isto nos permite afirmar que esta bomba é de grande utilidade para quem requer um volume diário de água que atenda as necessidades básicas para higiene pessoal e consumo.

BIBLIOGRAFIA

MILLAR, A. A. Drenagem de Terras Agrícolas: bases agronômicas. São Paulo:

MCGRAW HILL do Brasil, 1978. 278 pg.

BERNARDO, SALASSIER. Manual de Irrigação. Viçosa :

UFV, impr. univ, 1986. 488 pg.

TODD, DAVID KEITH. Hidrologia de Águas Subterrâneas. São Paulo:

EDGARD BLUCHER LTDA, 1959. 319 pg.

AZEVEDO NETTO, JOSÉ M. Manual de Hidráulica. São Paulo:

EDGARD BLUCHER LTDA, 1985. 724 pg.

AGRADECIMENTOS

Aos professores José Dantas Neto e Carlos Minor meus sinceros agradecimentos pela orientação que me foi dada e pela amizade que demonstraram para comigo, aos colegas Evandro Cassimiro de Oliveira e Antônio Barreto Filho que se transformaram em bons parceiros de estudos durante o decorrer do curso.

Gostaria de poder ter citado o nome de todas as pessoas que durante o tempo de minha vida acadêmica aqui nesta instituição me incentivaram e me deram apoio, não importando a categoria a que pertence seja: aluno, funcionário ou professor estas pessoas estarão sempre em minha mente.

VIII-ANEXO

MEMORIAL DE CALCULO

Variáveis : Q (vazão l/s) t (tempo s) V (volume l)

Coleta de dados

CALHA 1 (azul) Recipiente 1(cm)= 165,4(ml) +772(ml)

Primeiro Ponto

t=10s

1ª leitura =16,2 (cm)

2ª leitura=16,4(cm) Média = (16,2+16,4+16,4)/3=16,3 (cm)

3ª leitura=16,4(cm)

V=16,3 cm x 165,4ml +772ml = 3468,02ml

Q= 3,468 l/10s = 0,3468 l/s Altura = 51mm

Segundo Ponto

t=5s

1ª leitura = 20,4 (cm)

2ª leitura = 20,0 (cm) Média = (20,4+20+20,5)/3= 20,3(cm)

3ª leitura = 20,5 (cm)

V= 20,3 cm x 165,4ml +772ml = 4129,62ml

Q= 4,12962 l/5s = 0,8259 l/s Altura= 70 mm

Terceiro Ponto

V= 86 l

1ª leitura = 62 s

2ª leitura = 62 s

Média = (62+ 62 + 62)/3 = 62 s

3ª leitura = 62s

Q=86l/62s= 1,3870 l/s

Altura= 89 mm

Quarto Ponto

V=86 l

1ª leitura= 47s

2ª leitura =47s

Média = (47+ 47+ 47)/3= 47 s

3ª leitura = 47s

Q= 86 l/47s= 1,8298 l/s

Altura = 99mm

Quinto Ponto

V=86 l

1ª leitura = 36 s

2ª leitura = 36 s

3ª leitura = 36 s

$Q = 86 \text{ l} / 36 \text{ s} = 2,3888 \text{ l/s}$

Média = $(36+36+36)/3 = 36 \text{ s}$

Altura = 122 mm

Sexto Ponto

V = 86 l

1ª leitura = 27 s

2ª leitura = 27 s

3ª leitura = 27 s

$Q = 86 \text{ l} / 27 \text{ s} = 3,1852 \text{ l/s}$

Média = $(27+27+27)/3 = 27 \text{ s}$

Altura = 125 mm

Sétimo Ponto

V = 86 l

1ª leitura = 21 s

2ª leitura = 21 s

3ª leitura = 21 s

$Q = 86 \text{ l} / 21 \text{ s} = 4,0952 \text{ l/s}$

Média = $(21+21+21)/3 = 21 \text{ s}$

Altura = 135 mm

Oitavo Ponto

V = 86 l

1ª leitura = 16 s

2ª leitura = 16 s

3ª leitura = 16 s

$Q = 86 \text{ l} / 16 \text{ s} = 5,375 \text{ l/s}$

Média = $(16+16+16)/3 = 16 \text{ s}$

Altura = 145 mm

Nono Ponto

V = 86 l

1ª leitura = 14 s

2ª leitura = 14 s

3ª leitura = 14 s

$Q = 86 \text{ l} / 14 \text{ s} = 6,1428 \text{ l/s}$

Média = $(14+14+14)/3 = 14 \text{ s}$

Altura = 155 mm

Decimo Ponto

V = 86 l

1ª leitura = 13 s

2ª leitura = 13 s

3ª leitura = 13 s

$Q = 86 \text{ l} / 13 \text{ s} = 6,6154 \text{ l/s}$

Média = $(13+13+13)/3 = 13 \text{ s}$

Altura = 162 mm

CALHA 2 (laranja)

Primeiro Ponto

t = 15 s

1ª leitura = 19,1 cm

2ª leitura = 18,9 cm

Média = $(19,1 + 18,9 + 18,9)/3 = 18,9 \text{ cm}$

$$3^{\text{a}} \text{ leitura} = 18,9 \text{ cm}$$

$$V = 18,9 \text{ cm} \times 165,4 \text{ ml} + 772 \text{ ml} = 3,89806 \text{ l}$$

$$Q = 3,898 \text{ l} / 15 \text{ s} = 0,2598 \text{ l/s} \quad \text{Altura} = 30 \text{ mm}$$

Segundo Ponto

$$t=10 \text{ s} \quad 1^{\text{a}} \text{ leitura} = 24,3 \text{ cm}$$

$$2^{\text{a}} \text{ leitura} = 24 \text{ cm} \quad \text{Média} = (24,3+24+24)/3 = 24,1 \text{ cm}$$

$$3^{\text{a}} \text{ leitura} = 24 \text{ cm}$$

$$V = 24,1 \text{ (cm)} \times 165,4 \text{ ml} + 772 \text{ ml} = 4,75814 \text{ l}$$

$$Q = 4,75814 \text{ l} / 10 \text{ s} = 0,4758 \text{ l/s} \quad \text{Altura} = 45 \text{ mm}$$

Terceiro Ponto

$$V = 86 \text{ l} \quad 1^{\text{a}} \text{ leitura} = 106 \text{ s}$$

$$2^{\text{a}} \text{ leitura} = 106 \text{ s} \quad \text{Média} = (106+106+106)/3 = 106 \text{ s}$$

$$3^{\text{a}} \text{ leitura} = 106 \text{ s}$$

$$Q = 86 \text{ l} / 106 \text{ s} = 0,81132 \text{ l/s} \quad \text{Altura} = 65 \text{ mm}$$

Quarto Ponto

$$V = 86 \text{ l} \quad 1^{\text{a}} \text{ leitura} = 74 \text{ s}$$

$$2^{\text{a}} \text{ leitura} = 74 \text{ s} \quad \text{Média} = (74+74+74)/3 = 74 \text{ s}$$

$$3^{\text{a}} \text{ leitura} = 74 \text{ s}$$

$$Q = 86 \text{ l} / 74 \text{ s} = 1,16216 \text{ l/s} \quad \text{Altura} = 80 \text{ mm}$$

Quinto Ponto

$$V = 86 \text{ l} \quad 1^{\text{a}} \text{ leitura} = 50 \text{ s}$$

$$2^{\text{a}} \text{ leitura} = 50 \text{ s} \quad \text{Média} = (50+50+50)/3 = 50$$

$$3^{\text{a}} \text{ leitura} = 50 \text{ s}$$

$$Q = 86 \text{ l} / 50 \text{ s} = 1,72 \text{ l/s} \quad \text{Altura} = 100 \text{ mm}$$

Sexto Ponto

$$V = 86 \text{ l} \quad \text{leitura} = 36 \text{ s}$$

$$2^{\text{a}} \text{ leitura} = 36 \text{ s} \quad \text{Média} = (36+36+36)/3 = 36 \text{ s}$$

$$3^{\text{a}} \text{ leitura} = 36 \text{ s}$$

$$Q = 86 \text{ l} / 36 \text{ s} = 2,3888 \text{ l/s} \quad \text{Altura} = 130 \text{ mm}$$

Sétimo Ponto

$$V = 86 \text{ l} \quad 1^{\text{a}} \text{ leitura} = 30 \text{ s}$$

$$2^{\text{a}} \text{ leitura} = 30 \text{ s} \quad \text{Média} = (30+30+30)/3 = 30 \text{ s}$$

3ª leitura = 30 s

$$Q = 86 \text{ l} / 30 \text{ s} = 2,8666 \text{ l/s} \quad \text{Altura} = 144 \text{ mm}$$

Oitavo Ponto

V= 86 l

1ª leitura = 24 s

2ª leitura = 24 s

$$\text{Média} = (24+24+24)/3 = 24 \text{ s}$$

3ª leitura = 24 s

$$Q = 86 \text{ l} / 24 \text{ s} = 3,5833 \text{ l/s} \quad \text{Altura} = 163 \text{ mm}$$

Nono Ponto

V=86 l

1ª leitura = 20 s

2ª leitura = 20 s

$$\text{Média} = (20+20+20)/3 = 20 \text{ s}$$

3ª leitura = 20 s

$$Q = 86 \text{ l} / 20 \text{ s} = 4,3 \text{ l/s} \quad \text{Altura} = 182 \text{ mm}$$

Décimo Ponto

V= 86 l

1ª leitura = 16 s

2ª leitura = 16 s

$$\text{Média} = (16+16+16)/3 = 16 \text{ s}$$

3ª leitura = 16 s

$$Q = 86 \text{ l} / 16 \text{ s} = 5,375 \text{ l/s} \quad \text{Altura} = 205 \text{ mm}$$

Os coeficientes de determinação para os vários ajustes da primeira calha foram:

Regressão Linear

$$R^2 = 0,9356$$

Regressão Exponencial	$R^2=0.8369$
Regressão Logaritmica	$R^2=0.9786$
Regressão Potencial	$R^2=0.9970$

Os coeficientes de determinação para os vários ajustes da segunda calha foram:

Regressão linear	$R^2=0.9745$
Regressão Exponencial	$R^2=0.8456$
Regressão potencial	$R^2=0.9460$
Regressão Potencial	$R^2=0.9989$

RESULTADOS OBTIDOS COM Á BOMBA MANUAL

1º TESTE

REBAIXAMENTO DO POÇO

Volume (l) Leituras (cm) Raio do Cilindro (13,5 cm)

Volume do cilindro ($V=\pi r^2 h$)

Nº Golpes=0

1ª leitura= 72

2ª leitura=72

Média= 72 (cm)

3ª leitura=72

$V= \pi (13,5)^2 \times 72 = 41223,98 \text{ (cm}^3\text{)}$

$V= 41,21$

Nº Golpes =10

1ª leitura = 69,4

2ª leitura= 68,9

Média= 69,1(cm)

3ª leitura= 69,0

$V= \pi (13,5)^2 \times 69,1 = 39563,56 \text{ (cm}^3\text{)}$

$V= 39,61$

Nº Golpes = 20

1ª leitura= 66	
2ª leitura= 64,0	Média= 64,7 (cm)
3ª leitura = 64,2	$V = \pi (13,5)^2 \times 64,7 = 37044,33(\text{cm}^3)$
	V=37,0 l
Nº Golpes= 30	
1ª leitura= 63	
2ª leitura= 61,2	Média= 62,3 (cm)
3ª leitura= 61	$V = \pi (13,5)^2 \times 62,3 = 35670,19 (\text{cm}^3)$
	V=35,7 l
Nº Golpes= 40	
1ª leitura= 60,2	
2ª leitura= 58,3	Média= 58,5 (cm)
3ª leitura= 57,0	$V = \pi (13,5)^2 \times 58,5 = 33494,46 (\text{cm}^3)$
	V=33,5 l
Nº Golpes = 50	
1ª leitura= 57,1	
2ª leitura = 54,2	Média = 55 (cm)
3ª leitura= 53,9	$V = \pi(13,5)^2 \times 55 = 31490,54 (\text{cm}^3)$
	V=31,5 l
Nº Golpes= 60	
1ª leitura= 54,2	
2ª leitura= 49,7	Média= 50,8 (cm)
3ª leitura= 48,6	$V = \pi(13,5)^2 \times 50,8 = 29085,81 (\text{cm}^3)$
	V=29,1 l
Nº Golpes = 70	
1ª leitura= 50,7	
2ª leitura= 47,3	Média= 48,0 (cm)
3ª leitura= 46,1	$V = \pi(13,5)^2 \times 48 = 27482,65 (\text{cm}^3)$
	V=27,5 l
Nº Golpes= 80	
leitura= 47,5	
2ª leitura= 43,3	Média=44,0 (cm)
3ª leitura= 41,4	$V = \pi(13,5)^2 \times 44 = 25192,43 (\text{cm}^3)$

	$V=25,2 \text{ l}$
Nº Golpes =90	
1ª leitura= 44,5	
2ª leitura = 40,0	Média= 41,1(cm)
3ª leitura= 38,9	$V=\pi(13,5)^2 \times 41,1 = 23532,43 \text{ (cm}^3\text{)}$
	$V=23,5 \text{ l}$
Nº Golpes = 100	
1ª leitura= 42,0	
2ª leitura= 36,9	Média= 38,2 (cm)
3ª leitura=35,7	$V=\pi(13,5)^2 \times 38,2 = 21871,62 \text{ (cm}^3\text{)}$
	$V=21,8 \text{ l}$
Nº Golpes=110	
1ª leitura= 39,8	
2ª leitura=33,8	Média = 35,5 (cm)
3ª leitura=32,9	$V=\pi(13,5)^2 \times 35,5 = 20325,71 \text{ (cm}^3\text{)}$
	$V=20,3 \text{ l}$
Nº Golpes= 120	
1ª leitura= 37,3	
2ª leitura= 30,2	Média= 32,4 (cm)
3ª leitura= 29,7	$V=\pi(13,5)^2 \times 32,4 = 18550,79 \text{ (cm}^3\text{)}$
	$V=18,6 \text{ l}$
Nº Golpes = 130	
1ª leitura= 35	
2ª leitura=27,3	Média=29,5 (cm)
3ª leitura= 26,1	$V=\pi(13,5)^2 \times 29,5 = 16890,38 \text{ (cm}^3\text{)}$
	$V= 16,9 \text{ l}$
Nº Golpes=140	
1ª leitura= 32	
2ª leitura= 24,5	Média= 26,6 (cm)
3ª leitura= 23,3	$V=\pi(13,5)^2 \times 26,6 = 15229,97 \text{ (cm}^3\text{)}$
	$V= 15,2 \text{ l}$
Nº Golpes= 150	

1ª leitura= 29,3	
2ª leitura= 21,5	Média= 23,6 (cm)
3ª leitura= 20,0	$V=\pi(13,5)^2 \times 23,6 = 13512,32 \text{ (cm}^3\text{)}$
	$V=13,5 \quad 1$
Nº Golpes = 160	
1ª leitura= 27,2	
2ª leitura= 17,2	Média= 20,3 (cm)
3ª leitura= 16,4	$V=\pi(13,5)^2 \times 20,3 = 11622,87 \text{ (cm}^3\text{)}$
	$V=11,6 \quad 1$
Nº Golpes= 170	
1ª leitura = 24,5	
2ª leitura= 14,2	Média= 17,3 (cm)
3ª leitura = 13,1	$V=\pi(13,5)^2 \times 17,3 = 9905,21 \text{ (cm}^3\text{)}$
	$V=9,9 \quad 1$
Nº Golpes = 180	
1ª leitura= 22	
2ª leitura= 10,7	Média= 14,0 (cm)
1ª leitura= 9,2	$V=\pi(13,5)^2 \times 14,0 = 8015,77 \text{ (cm}^3\text{)}$
	$V=8,02 \quad 1$
Nº Golpes= 190	
1ª leitura= 19,1	
2ª leitura = 7,3	Média= 11,1 (cm)
3ª leitura= 6,8	$V=\pi(13,5)^2 \times 11,1 = 6355,36 \text{ (cm}^3\text{)}$
	$V=6,4 \quad 1$
Nº Golpes = 200	
1ª leitura= 17,0	
2ª leitura= 4,2	Média= 8,0 (cm)
3ª leitura= 3,0	$V=\pi(13,5)^2 \times 8,0 = 4580,4 \text{ (cm}^3\text{)}$
	$V=4,6$
Nº golpes =210	
1ª leitura=14,0	
2ª leitura= 1,6	Média= 5,2 (cm)
3ª leitura= 0,9	$V=\pi(13,5)^2 \times 5,2 = 2977,28 \text{ (cm}^3\text{)}$

	$V=2,9 \text{ l}$
Nº Golpes=220	1ª leitura= 10,0
1ª leitura= 10,0	
2ª leitura=0,8	Média= 3,6 (cm)
3ª leitura=0,0	$V=\pi(13,5)^2 \times 3,6 = 2061,19 \text{ (cm}^3\text{)}$
	$V=2,1 \text{ l}$

Os coeficientes de determinação para os vários ajustes do rebaixamento do poço simulado foram:

Regressão linear $R^2=0,9983$

Regressão Exponencial $R^2=0,8845$

Regressão Logarítmica $R^2= 0,0000$

Regressão Potencial $R^2= 0,0000$

2º TESTE

TEMPO DE Esvaziamento

Tempo que se esvaziou o poço simulado (12 l)	1ª leitura = 110 s	
	2ª leitura= 111 s	Média = 110 s
	3ª leitura= 110 s	

Tempo para se conseguir um volume de 80 l em um poço de 8000 l

12 l 110 s

80 l X $X= 733,3s$

Tempo para se conseguir um volume de 80 l em um poço de 1000 l

12 l 110 s

80 l X $X=733,3 \text{ s}$