



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS MESTRADO NACIONAL
PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**MANUAL DE CONSTRUÇÃO, INSTALAÇÃO E UTILIZAÇÃO DO
MEDIDOR DE VAZÃO**

CLENES DOS SANTOS RIBEIRO

MARABÁ

2022

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	
1. INTRODUÇÃO	
CAPÍTULO 2	
2. MATERIAIS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO ..	
CAPÍTULO 3	
3. LAYOUT DO MEDIDOR DE VAZÃO	
CAPÍTULO 4	
4. CONSTRUÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO	
CAPÍTULO 5	
5. INSTALAÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO	
CAPÍTULO 6	
6. UTILIZAÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO	
CAPÍTULO 7	
7. FUNCIONAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO	
CAPÍTULO 8	
8. APLICAÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO	
CAPÍTULO 9	
9. DESMONTAGEM DO MEDIDOR DE VAZÃO	
CAPÍTULO 10	
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

O presente manual apresenta os materiais necessários para a construção de um sistema experimental mecânico chamado de roda d'água utilizado na agricultura e na produção de potência para diversos trabalhos, pois há a possibilidade de aproveitamento de quedas de água por consequência das vazões. O medidor de vazão (roda d'água) investigado tem como princípio de funcionamento a diferença do nível de água e o efeito do momento causado pelo peso da água. Desta forma, a depender da altura da queda d'água, da vazão e da velocidade angular, a energia hidráulica pode ser convertida em energia mecânica. Assim, a roda d'água poderá ser utilizada como ferramenta facilitadora do processo ensino aprendizagem. O manual também traz informações a respeito da construção, instalação, utilização, desmontagem, layout e aplicação do medidor de vazão. É recomendável que os estudantes possam realizar todas as etapas, mas sempre com o auxílio e supervisão do docente para que acidentes e/ou situações adversas possam ser evitadas eles interajam entre si e assim haja uma consonância cognitiva do que será feito e medido. Outra interessante recomendação é que antes de todas etapas relacionadas com o produto educacional e as aulas expositivas dos conceitos que envolvem hidrodinâmica.

CAPÍTULO 2

MATERIAIS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO

A tabela 1 mostra os materiais utilizados para a produção do medidor de vazão.

Tabela 1: Materiais utilizados na produção do medidor de vazão.

Quantidade	Tamanho/especificações
01 caneleta chapa 18 zinco	2,20m de largura, 12,0 cm e altura
16 palhetas de chapa 20 galvanizadas	largura - 11,0 cm, comprimento - 16,0 cm
01 roda raiada de bicicleta	aro 20 nova ou usada
01 medidor de velocidade de bicicleta	digital de bicicleta novo ou usado
02 barras chatas de aço carbono de 1' por 1/8	70,0 cm de comprimento cada
02 baldes	30 litros cada
3. joelhos	Policloreto de Vinila (PVC) de 50'
05 flanges	01 de 50', 01 de 32', 03 de 25'
05 registros	01 de 50', 01 de 32', 03 de 25'
01 bomba d'água	0,5 CV com vazão de 30 litros/min
01 mangueira	3/4' de 6m de comprimento

CAPÍTULO 3

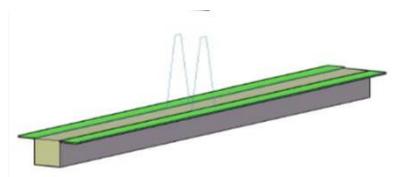
1 LAYOUT DO MEDIDOR DE VAZÃO

A Figura 1 mostra os layouts das três principais peças que formam o medidor de vazão obtidos a partir da utilizando o software corel draw.

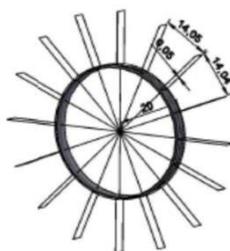
Figura 1: Layout das três principais peças que formam o medidor de vazão. Em (a) base de apoio do medidor de vazão. Em (b) caneleta de apoio do medidor de vazão. Em (c) roda do medidor de vazão.



(a) Base de apoio do medidor de vazão.



(b) Caneleta do medidor de vazão.



(c) Roda do medidor de vazão.

Fonte: Autor, 2019.

Para a montagem do medidor de vazão certificar-se de que todas as peças estão fixas, assim como os baldes e canaletas, uma vez que pode causar acidentes como:

- Palhetas terem partes cortantes;
- Machucar por queda do produto nos pés e provocar choques mecânicos provocando danos físicos à saúde do usuário.

Não ligar a bomba d'água a tomada, antes de verificar se não há nenhuma parteda fiação elétrica descascada.

A não observação e não os cumprimentos dessas instruções podem resultar em acidentes aos seus usuários.

CAPÍTULO 4

2 CONSTRUÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO

A construção da roda foi realizada considerando um local com determinado desnível para proporcionar a entrada da água na parte superior da roda. Inicialmente, deve-se soldar dois suportes feito da barra chata em forma de V a 80 cm de uma das pontas da caneleta, para receber a roda de bicicleta. Em seguida, solda-se as 16 palhetas na roda de bicicleta equidistantes de $22,5^\circ$ uma da outra, medidos pelo transferidor. A terceira etapa é soldar no suporte o pino central da roda já com as palhetas presas. Fechar com uma chapa a parte inicial da caneleta para evitar o retorno da água. Colocar os três flanges 50', 32' e 25' na base do balde juntamente com os respectivos registros, assim como as conexões de joelhos. Colocar um flange de 25' na base do segundo balde juntamente com os respectivos registros e conexões. Prender o medidor de velocidade digital na roda.

CAPÍTULO 5

3 INSTALAÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO

Para instalação do medidor de vazão é necessário ter uma bancada com um desnível de no mínimo 20 cm de diferença para que se possa colocar um dos baldes. Essa bancada pode ser montada à critério caso não haja um laboratório específico na unidade escolar. Colocar o Kit caneleta e roda sobre a bancada. Abaixo da bancada colocar o balde que receberá a água da caneleta, posicionando de forma adequada. Colocar o segundo balde com as conexões no nível superior ao da bancada em que está a caneleta. Conectar o balde inferior na entrada da bomba d'água de 0,5 CV. Conectar na saída da bomba a mangueira até a boca do balde superior (fixada à critério). Posicionar a saída de 50' sobre a parte final da caneleta.

CAPÍTULO 6

4 UTILIZAÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO

Na utilização do produto educacional é necessário que se formem grupos com 5 alunos para cada vez que o produto for utilizado, sendo que os mesmos tenham a disposição os seguintes materiais: cronômetro, lápis ou caneta e uma tabela fornecida previamente pelo professor. Encher o balde superior até a borda (30 litros). Montar grupo de 5 alunos que deverão preencher a tabela fornecida pelo professor obedecendo a seguinte ordem: o primeiro aluno irá abrir a torneira de 50' do balde superior; o segundo aluno irá visualizar a velocidade no sensor digital; o terceiro aluno irá medir a altura da coluna de líquido que correrá na caneleta; o quarto aluno irá anotar as informações repassadas do segundo e terceiro aluno respectivamente; o quinto aluno irá ligar e/ou desligar a bomba do retorno da água do balde inferior para a o balde superior.

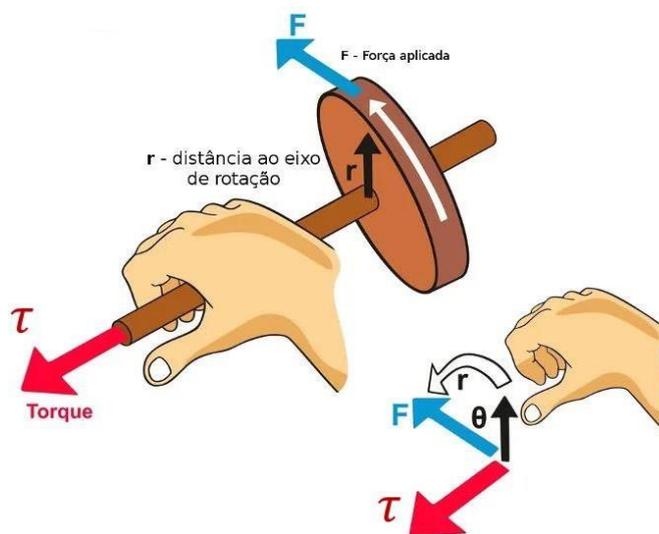
CAPÍTULO 7

5 FUNCIONAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO

A roda d'água pode funcionar apenas com o peso da água, ou com a velocidade do fluxo de água ou ainda com uma combinação dos dois processos (FAPEPE, 2007).

A Figura 2 mostra que o giro da roda d'água é provocado pelo torque e tem sua componente vetorial definida pela regra da mão direita.

Figura 2: Componente vetorial para o torque.



Fonte: Adaptada de R. Nave, Georgia State University.

A partir da Figura 2 é possível observar que a aplicação da força (F) a uma distância (d) do ponto P, produz um torque, que pode ser expresso pela seguinte equação:

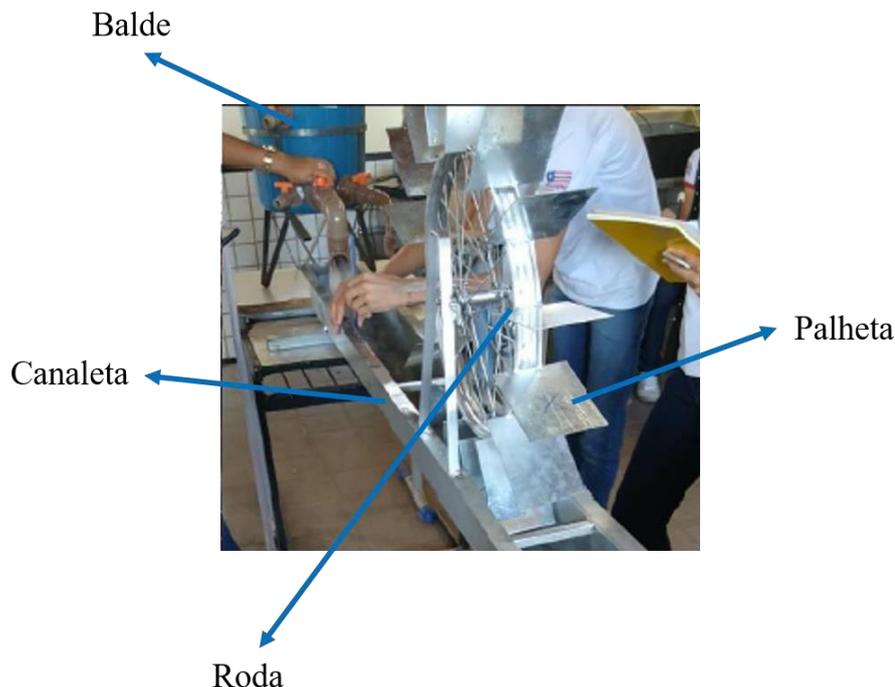
$$\tau = F.d \quad (1)$$

onde, τ é o torque dado em newton por metro (N.m) ou quilograma força por metro (kgf.m), F é a força em newton (N), e d é o parâmetro que descreve o raio da circunferência em metros (m).

A Figura 3 mostra o medidor de vazão construído onde o acúmulo da água nas palhetas devido à ação da gravidade resulta em uma força peso (P), e que está sendo aplicada a uma distância do eixo, igual ao raio da roda, assim quanto maior o raio da roda, maior serão torque. No decorrer do funcionamento da roda d'água, várias palhetas armazenam água sucessivamente, as palhetas são projetadas para que elas se mantenham o maior tempo

possível, aumentando a força peso e o torque durante o giro da roda. A massa de água acumulada varia para cada palheta, contribuindo individualmente com a força peso no valor do torque total da roda.

Figura 3: Medidor de vazão.



Fonte: Autor, 2019.

A partir desse sistema mecânico é possível calcular a potência mecânica produzida durante o movimento da roda da seguinte forma:

$$P = \tau \cdot N \quad (2)$$

onde, P é o parâmetro da potência mecânica dada em W, τ é o torque em N.m e N é a velocidade de rotação em rpm.

A velocidade de rotação pode ser descrita da seguinte maneira:

$$N = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (3)$$

$$N = \frac{2\pi}{T} \quad (4)$$

$$N = 2\pi f \quad (5)$$

onde, T é o período de rotação (tempo gasto para dar uma volta), f é a frequência em Hz.

A medida que a palheta desce despeja água e diminui seu peso. Em contra partida a palheta que passa pela corrente de água na parte de cima da roda fica mais pesada, e esse

ciclo faz com que a roda gire, enquanto existir água (MACINTYRE, 1983). A roda permanece em uma rotação constante em uma única direção. Ao aumentar ainda mais a vazão, pode-se desestabilizar a rotação constante. Então o movimento torna-se complexo, a roda pode girar em uma direção por algumas voltas, então quando algumas palhetas ficam muito cheias e a roda não tem inércia suficiente para carregá-las por cima, de modo que a roda diminui a velocidade e pode até reverter sua direção de rotação. Então ele gira para o outro lado por um tempo. As características ideais para que uma roda da água funcione são[51]: ausência de vazamento pelas bordas dos baldes; torque de atrito do eixo proporcional à velocidade de rotação da roda; massa da água presente nas palhetas; massa total da água na roda; taxa de variação de massa da água através da torneira (no balde); distância do centro da roda a cada um dos eixos sobre os quais as palhetas giram; velocidade angular da roda da água; momento de inércia da roda vazia; parâmetro de atrito do eixo da roda; momento de inércia da água; momento de inércia total da roda.

CAPÍTULO 8

6 APLICAÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO

A Figura 4 mostra as etapas de montagem das peças que compõem o produto (medidor de vazão), o mesmo foi fabricado sob medidas adequadas, para que se pudesse chegar aos resultados com o máximo de precisão no momento da aplicação com os alunos.

Figura 4: Produto educacional: etapa de montagem e fabricação.



Fonte: Autor, 2022.

Em 1, é possível observar a caneleta de apoio do medidor de vazão. Em 2, a roda do medidor de vazão. Em 3, a montagem do medidor de vazão sendo iniciada com os seguintes materiais: balde, roda etc. Em 4, o balde já conectado ao motor (bomba). Para a execução da montagem e execução do experimento, o professor realizou com antecedência uma aula para mostrar como era o funcionamento de um medidor de vazão, bem como ele estava inserido em algumas áreas profissionais, além disto foi feito todo aporte teórico, mostrando assim como a hidrodinâmica estava associada ao produto (medidor de vazão), na oportunidade os estudantes fizeram perguntas a respeito do assunto, proporcionando assim a interação entre os estudantes e o professor.

A seguir na Figura 5 temos o produto completamente montado, onde foram realizados os testes prévios para assim, haver máxima eficiência no momento da execução do mesmo.

Figura 5: Equipamento montado - medidor de vazão.



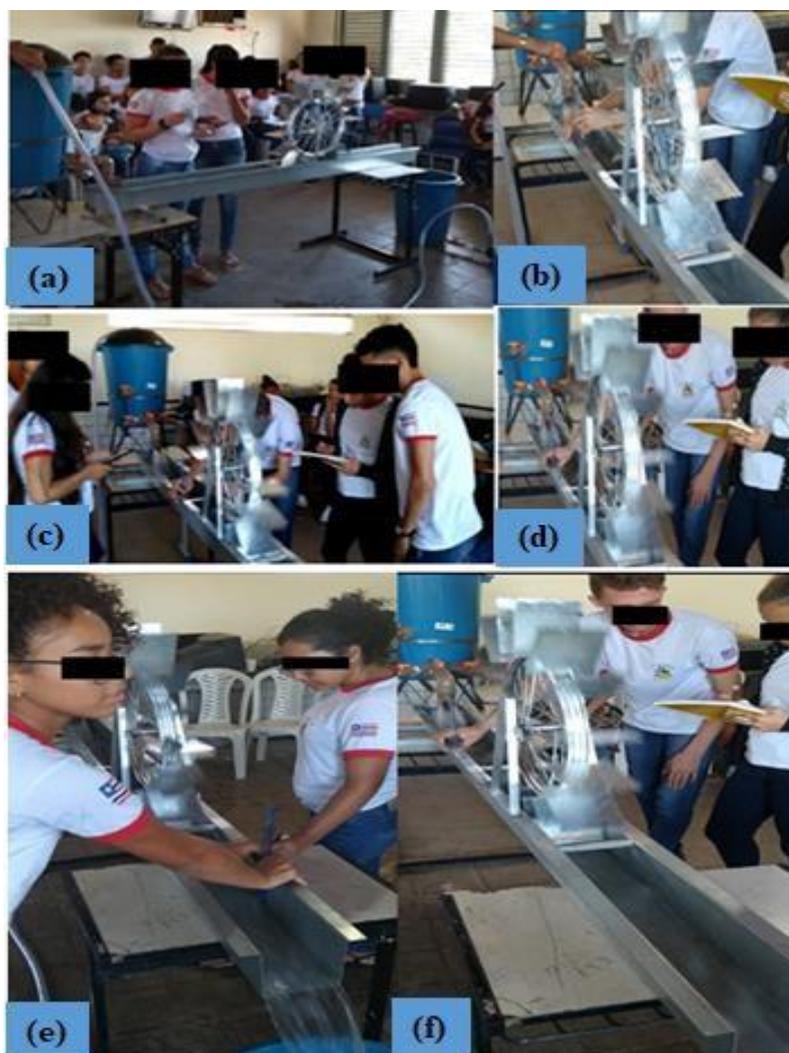
Fonte: Autor, 2022.

Os recursos financeiros para compra dos materiais e fabricação do medidor de vazão foram financiados pelo autor do presente trabalho, não sendo necessário pedir colaboração de nenhum aluno da turma. A aplicação do produto educacional se deu na 3ª aula de acordo com a sequência didática apresentada, na ocasião o professor dividiu a turma em 2 equipes de vinte alunos cada uma. No primeiro momento a equipe 1 apenas observou enquanto que a equipe 2 manipulou o produto e executou o experimento, após a primeira equipe 2 foi a vez da equipe 1 fazer o mesmo trabalho. No trabalho de manipulação os alunos checavam as informações mais importantes como: a velocidade média, o tempo, o nível de vazão da água, a altura e a área, essas informações ao longo da execução foram importantes para que no final o professor pudesse realizar um comparativo entre os dados obtidos pelas duas equipes e explicar as principais divergências.

A Figura 6.(a) mostra o momento de apresentação do medidor de vazão, nesse

momento o professor mostrou como foi montado o medidor de vazão e o que cada elemento significava e um estudante ligou o sistema (medidor de vazão). A Figura 6.(b) mostra os estudantes ligando e realizando a calibração do aparato. Na Figura 6.(c) é possível observar que os estudantes iniciaram as medidas dos tempo utilizando o cronômetro do celular. Na Figura 6.(d) é possível observar uma estudante anotando os tempos medidos. A Figura 6.(e) mostra um estudante realizando medida de altura. Na Figura 6.(f) uma estudante anotava os dados relacionados a velocidade, tempo, altura, área, vazão etc., na tabela (ver tabela 2).

Figura 6: Etapas da aplicação do produto em uma turma do 2^o ano.



Fonte: Autor, 2022.

A tabela 2 mostra os parâmetros calculados pelos estudantes no momento da aplicação do produto. O objetivo era utilizar os valores da velocidade, tempo, altura e área medidos para calcular a vazão média da água através da caneleta.

Tabela 2: Modelo de tabela utilizada pelos estudantes no momento da aplicação do produto.

TABELA - VAZÃO

COMPONENTES:

NOME: *Lucas Miguel nº 31*

NOME: *Bruno do Costa nº 16*

NOME: *Kayque Lima nº 26*

NOME: *Waldinei Jr. nº 39*

NOME: *Francisco Robson nº 33*

OBJETIVO: CALCULAR A VAZÃO MÉDIA DA ÁGUA ATRAVÉS DA CANELETA

DADO : largura L da caneleta = 12,5 cm.

TABELA

VELOCIDADE		TEMPO	ALTURA		AREA	VAZÃO		Erro	Erro ²
v(km/h)	v(m/s)	Δt(s)	h(cm)	h(m)	A(m ²)	Φ(l/s)	Φ(m ³ /s)	Φ(m ³ /s)	Φ(m ³ /s)
3,0	0,83	6,36	1,0	0,01	0,00125	1,03	0,00103	0,00035	0,0000001225
3,6	1,0	6,36	1,5	0,015	0,001875	1,87	0,00187	0,00049	0,0000002401
3,4	0,94	6,36	1,0	0,01	0,00125	1,11	0,001175	0,00021	0,0000000441
3,0	0,8	6,30	1,0	0,01	0,00125	1,00	0,00100	0,00038	0,0000001444
3,8	1,05	6,50	1,5	0,015	0,001875	1,56	0,00156	0,00058	0,0000003364
3,8	1,05	6,50	1,0	0,01	0,00125	1,31	0,00131	0,00047	0,0000000449
2,8	0,77	5,53	1,5	0,015	0,001875	1,44	0,00144	0,0006	0,000000036
3,6	1,0	5,53	1,0	0,01	0,00125	1,25	0,00125	0,0003	0,00000009
3,4	0,94	5,53	1,5	0,015	0,001875	1,76	0,00176	0,00038	0,0000001444
3,2	0,88	5,53	1,0	0,01	0,00125	1,1	0,0011	0,00028	0,0000000784

$$\bar{v} = 1,382 \text{ l/s}$$

$$\bar{\phi} = 0,001382 \text{ m}^3/\text{s}$$

A partir dos dados obtidos foi possível preencher a tabela 2 e realizar o cálculo do erro médio da variância e do desvio padrão. Os estudantes participaram ativamente de todas as etapas da aplicação do produto e da obtenção e tratamento dos dados.

CAPÍTULO 9

10 DESMONTAGEM DO MEDIDOR DE VAZÃO

- Desligar a bomba;
- Desconectar o *plug* da tomada;
- Desconectar a bomba da mangueira e dos baldes;
- Esvaziar os baldes de água;
- Guardar a caneleta com a roda em local adequado e seguro;
- Para montar novamente o produto educacional siga as instruções de instalação.

11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MACINTYRE, A.J. **Máquinas Motrizes Hidráulicas**. Ed. Guanabara Dois, 1983, Rio de Janeiro.

STANO JÚNIOR,. **Hidráulica**/Ângelo Stano Júnior, Valdinéia Aparecida Bitencourt e Geraldo Lúcio Tiago Filho ; organizado por Geraldo Lúcio Tiago Filho; revisão Ângelo Stano Júnior e Adriana Barbosa ; colaboração Camila Rocha Galhardo ; editoração e arte-final de Adriano Silva Bastos. Itajubá, MG: FAPEPE, 2007.