

**UNIRV – UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

VERIFICAÇÃO DO EFEITO VENA CONTRACTA EM JATOS LIVRES

PAULO ROGÉRIO VIEIRA

Orientador: Prof. Msc. Alex Anderson de Oliveira Moura

Co-orientador: Prof. Msc. José Marcos Anselmo de Macedo

RIO VERDE – GOIÁS

2014

**UNIRV – UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

VERIFICAÇÃO DO EFEITO VENA CONTRACTA EM JATOS LIVRES

PAULO ROGÉRIO VIEIRA

Orientador: Prof. Msc. Alex Anderson de Oliveira Moura

Co-orientador: Prof. Msc. José Marcos Anselmo de Macedo

Monografia apresentado à Faculdade de Engenharia Mecânica da UniRV – Universidade de Rio Verde – como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

RIO VERDE – GOIÁS

2014

Vieira, Paulo Rogério.
Verificação do Efeito Vena Contracta em Jatos Livres.
Paulo Rogério Vieira – Rio Verde Goiás: [s.n.], 2014.
50f.: il.

Monografia apresentada à UNIRV – Universidade de Rio Verde como parte dos requisitos exigidos para a conclusão do Curso de Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Msc. Alex Anderson de Oliveira Moura

Co-orientador: Prof. Msc. José Marcos Anselmo de Mace

1. Escoamento 2. Fluido 3. Jato 4. Mecânica 5. Orifício.
Verificação do Efeito Vena Contracta em Jatos Livres
Vieira, Paulo Rogério. (Alex Anderson de Oliveira Moura)



UNIVERSIDADE DE RIO VERDE

CRENCIADA PELO DECRETO Nº 5.971 DE 02 DE JULHO DE 2004

Fazenda Fontes do Saber
Campus Universitário
Rio Verde - Goiás

Cx. Postal 104 - CEP 75901-970
CNPJ 01.815.216/0001-78
I. E. 10.210.819-6 / I.M. 021.407

Fone (64) 3620-2200
e-mail fesurv@fesurv.br
www.fesurv.br

**UNIRV – UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**VERIFICAÇÃO DO EFEITO VENA CONTRACTA EM JATOS
LIVRES**

PAULO ROGÉRIO VIEIRA

Esta monografia foi julgada adequada para obtenção do grau de **BACHAREL EM ENGENHARIA MECÂNICA** e aprovada em sua forma final.

Prof. Ms. ALEX ANDERSON DE OLIVEIRA MOURA
Orientador

Prof. Ms. Nattácia R. de Araújo Felipe
Examinador

Prof. Esp. Ronaldo Lourenço Ferreira
Examinador

Prof. Ms. João Pires de Moraes
Dir. da Faculdade de Eng. Mecânica

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia primeiramente a Deus, por me proporciona esta conquista, concedendo saúde e também a superação dos obstáculos. Aos meus pais, Pedro Antônio Vieira e Maria Irene Vieira, aos meus irmãos, Pedro Antônio Vieira Júnior e Daniela Cristina Vieira, a minha sobrinha, Anna Luysa Vieira Lourenço, a minha namorada Beatriz Ferreira Gomes, aos meus avós, Antônio Martins de Oliveira e Raimunda Maria de Oliveira, que são pessoas de extrema importância na minha vida, que me ensinaram a nunca desistir, por mais difícil que seja a jornada, pois no final, quando vencer as dificuldades sentirei vitorioso, como estou me sentindo agora. Também agradeço a meus avós, Benedito Antônio Vieira e Maria Rosa da Silva (In memória), que embora não estejam mais entre nós, sei que, onde quer que estejam, estão torcendo por mim.

Vocês são muito especiais para mim. Obrigado por existirem. Amo muito todos vocês!

AGRADECIMENTOS

Ao Sr. Deus, por me conceder a oportunidade de vir a esse mundo e demonstrar minha capacidade.

Aos professores da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde, que transmitiram um enorme conhecimento e experiências durante esses cinco anos de graduação e são responsáveis diretos pelo profissional que serei.

Ao co-orientador José Marcos Anselmo de Macedo, pelo tempo dedicado à orientação deste trabalho, pelas palavras de incentivo e apoio nas dificuldades ao decorrer do projeto.

Ao meu orientador Alex Anderson de Oliveira Moura, por ter disponibilizado tempo e não medir esforços para que este projeto chegasse até sua conclusão final.

Ao professor Paulo Henrique Neves Pimenta, por não medido esforço deixando a sua parcela de contribuição até o presente momento.

Ao meu colega Lucas Fernandes Silva, pelo apoio em todas as fases do projeto.

Aos meus amigos e colegas de graduação da Universidade Rio Verde, Arthur Viana, Evandro Nunes, Florêncio Nunes, Helgner, Marcelo Luiz e Marcos Flávio e Wesclei pela amizade, solidariedade e dedicação em todo tempo.

Aos meus outros colegas que não foram citados nomes meus sinceros agradecimentos.

Aos meus pais, Pedro Antônio Vieira e Maria Irene Vieira, aos meus irmãos, Pedro Antônio Vieira Júnior e Daniela Cristina Vieira Lourenço, e a minha sobrinha, Ana Luysa Vieira Lourenço, à minha namorada Beatriz Ferreira Gomes, que me apoiaram em todas as horas difíceis, nunca me permitiram abaixar a cabeça, sempre compreenderam quando na minha falta de tempo pela a dedicação para desenvolver meus trabalhos, muitas das vezes pela minha impaciência e até mesmo por deixar algo a desejar. A todos vocês estendo a minha eterna gratidão.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho elevo os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

VIEIRA, P. R. **VERIFICAÇÃO DO EFEITO VENA CONTRACTA EM JATOS LIVRES**. 2014. 72f. Monografia¹ (Graduação em Engenharia Mecânica) – UNIRV – Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2014.

O presente trabalho analisou o efeito vena contracta em um sistema de reservatório com vários canais, por meio de: estreitamento, vazão, velocidade dos fluidos e geometrias dos orifícios (retangular, quadrado, triângulo e circular). O sistema contém bombeamento com bomba de efeito por gravidade. Para assegurar maior entendimento, foi adotada a comparação dos dados teóricos com a prática. Todas as informações foram extraídas com base em pesquisa bibliográfica. Além de terem sido efetuados cálculos analisando todas as geometrias, e também o sistema de bombeamento com a representação do dimensionamento.

PALAVRAS-CHAVE

Escoamento, fluido, jato, mecânica, orifício.

¹**Orientador:** Prof.Ms. Alex Moura. Banca: Prof^a.Msc. Nattácia R. de A. F. Rocha; Prof. Ronaldo Lourenço Ferreira

ABSTRACT

VIEIRA, P.R. **CHECKING THE EFFECT ON JETS VENA CONTRACTA FREE**. 2014 75f. Monografia¹ (GraduateMechanicalEngineering) - UNIRV –Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2014.

This study examined the vena contracta effect on a reservoir system with multiple channels, through: narrowing, flow, velocity of fluid and geometry of the holes (rectangular, square, triangle and circle). The system includes pumping with gravity acting pump. To ensure greater understanding, was adopted to compare the theoretical data with practice. All their formation is drawn on the basis of literature. In addition calculation have been made considering all geometries, and also the pumping system with a representation of scaling.

KEYWORDS

Flow, fluid, jet, mechanics, hole.

LISTA DE FIGURAS

TABELA 1 Vazão do Orifício Retangular I.....	33
TABELA 2 - Velocidade do Orifício Retangular I.....	33
TABELA 3 - Coeficiente de contração	34
TABELA 4 - Vazão do Orifício Retangular II.....	34
TABELA 5 - Velocidade do Orifício Retangular II.....	35
TABELA 6 - Coeficiente de contração	35
TABELA 7 - Vazão do Orifício Retangular III.....	35
TABELA 8 - Velocidade do Orifício Retangular III.....	36
TABELA 9 - Coeficiente de contração	36
TABELA 10 - Vazão do Orifício Quadrado I.....	37
TABELA 11 - Velocidade do Orifício Quadrado II.....	37
TABELA 12 - Coeficiente de contração	37
TABELA 13 - Vazão do Orifício quadrado II.....	38
TABELA 14 - Velocidade do Orifício quadrado II.....	38
TABELA 15 - Coeficiente de contração	39
TABELA 16 - Vazão do Orifício quadrado III	39
TABELA 17 - Velocidade do Orifício quadrado III	40
Tabela 18 - Coeficiente de contração	40
TABELA 19 - Vazão de Orifício Triangular I.....	40
TABELA 20 - Velocidade para orifício triangulo I	41
TABELA 21 - Coeficiente de contração	41
TABELA 22 - Vazão de Orifício Triangular II.....	41
TABELA 23 - Velocidade de Orifício Triangular II.....	42
TABELA 24 - Coeficiente de contração	42
TABELA 25 - Vazão de Orifício Triangular III	43
TABELA 26 - Velocidade de Orifício Triangular III	43
TABELA 27 - Coeficiente de contração	43
TABELA 28- Vazão de Orifício Circular I.....	44
TABELA 29 - Velocidade Orifício Circular I.....	44

TABELA 30 - Vazão de Orifício Circular II.....	45
TABELA 31 - Velocidade Orifício Circular II	45
TABELA 32 - Coeficiente de contração	45
TABELA 33 - Vazão do Orifício Circular III	46
TABELA 34 - Velocidade Orifício Circular III	46
TABELA 35 - Coeficiente de contração	46

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Dimensões do orifício	16
FIGURA 2 - Orifício de descarga livre e afogado	17
FIGURA 3 - Orifício de parede espessa ou delgada	17
FIGURA 4 - Escoamento vertical no bocal de um taque.	21
FIGURA 5 - Escoamento horizontal no bocal de um taque	21
FIGURA 6 - Efeito vena contracta num orificio de borda pontuda	22
FIGURA 7- Formato de linhas de corrente e coeficiente de contração para várias configurações de descarga	22
FIGURA 8 - Reservatório para verificação do efeito vena contracta em jato livre.	24
FIGURA 9 - Bancada para demonstração do efeito vena contracta em jato livre.....	25
FIGURA 10 - Processo de corte tubo retangular.....	26
FIGURA 11 - Processo de corte da chapa.....	27
FIGURA 12 - Processo de união da peça	27
FIGURA 13 - Reservatório (A) com as geometrias dos furos	28
FIGURA 14 - Reservatório (B) sucção	28
FIGURA 15 - Sistema de bombeamento	29
FIGURA 16 - Drenagem do reservatório	29
FIGURA 17 - Sistema para manter o fluido constante (Ladrão).....	30
FIGURA 18 - Layout sistema elétrico.....	30
FIGURA 19 - Conferência massa específica da água.	31

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

P	Pressão $\left[\frac{N}{m^2} = Pa\right]$
ρ	Massa específica $[kg/m^3]$
ϑ	Volume $[m^3]$
γ	Peso específico do fluido $[N/m^2]$
g	Acelerao da gravidade $[m/s^2]$
z	Altura $[m]$
V	Velocidade de escoamento $[m/s]$
d	Altura do orifício
h	Altura relativa do centro de gravidade do orifício
Q	Vazão $\left[\frac{m^3}{s}\right]$
A	rea $[m^2]$
e	Espessura da parede do reservatório $[mm]$
N	Potência $[w]$
L	Comprimento $[m]$
T	Tempo $[s]$
a	Medida do furo $[m]$
b	Medida do furo $[m]$
Cc	Coefficiente de contrao

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Introdução.....	15
CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFIA.....	16
2.1 Vena contracta.....	16
2.2 Equação de Bernoulli.....	18
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
3.1 Construção da bancada.....	24
3.2 Método Analítico.....	31
3.2.1 Análise das vazões e velocidades dos jatos.....	31
3.2.2 Método para desenvolvimento dos cálculos.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 Orifício retangular I.....	33
4.2 Orifício retangular II.....	34
4.3 Orifício retangular III.....	35
4.4 Orifício Quadrado I.....	37
4.5 Orifício Quadrado II.....	38
4.6 Orifício Quadrado III.....	39

4.8 Orifício Triangular II.....	41
4.9 Orifício Triangular III.....	43
4.10 Orifício Circular I.....	44
4.12 Orifício Circular II.....	45
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO.....	48
CAPÍTULO 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXOS	50

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

De uma maneira genérica, vena contracta corresponde à redução da área oferecida à passagem de um fluido em escoamento. Neste trabalho, a atenção será restringida aos efeitos de vena contracta em escoamento de líquido através de várias geometrias de orifício em reservatório de parede vertical plana.

Com a dificuldade das partículas de um fluido realizar movimentos em curvas de 90° surge um estreitamento entre as linhas de corrente do fluido após a saída pelo orifício. Esse estreitamento súbito provoca perda de pressão, aumento da velocidade e perda de carga na área de contração. Nas indústrias, podem-se observar algumas situações em que ocorre o efeito vena contracta: válvulas, medidores de vazão, tubo de Venturi, tubulações com flanges, etc.

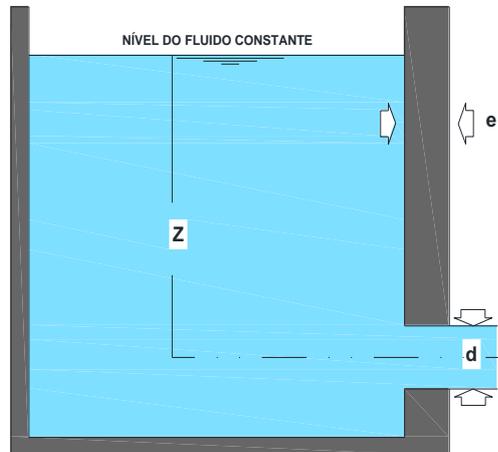
Diante do que foi apresentado, o presente trabalho tem por objetivo, demonstrar o efeito vena contracta em jatos livres, comparando dados da teoria por meio da equação de Bernoulli com dados obtidos de forma prática.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFIA

2.1 Vena contracta

Os orifícios e bocais, segundo Carvalho e Silva (2006), são perfurações com diversas formas geométricas feitas abaixo da superfície livre do líquido em paredes de reservatórios, tanques, canais ou tubulações, para a medição de vazão do líquido, podendo ser retangular, quadrado, triangular, circular, e etc.

A figura 1 ilustra medidas a serem consideradas: d = altura do orifício, e = espessura da parede do reservatório e z = altura relativa ao centro de gravidade do orifício.



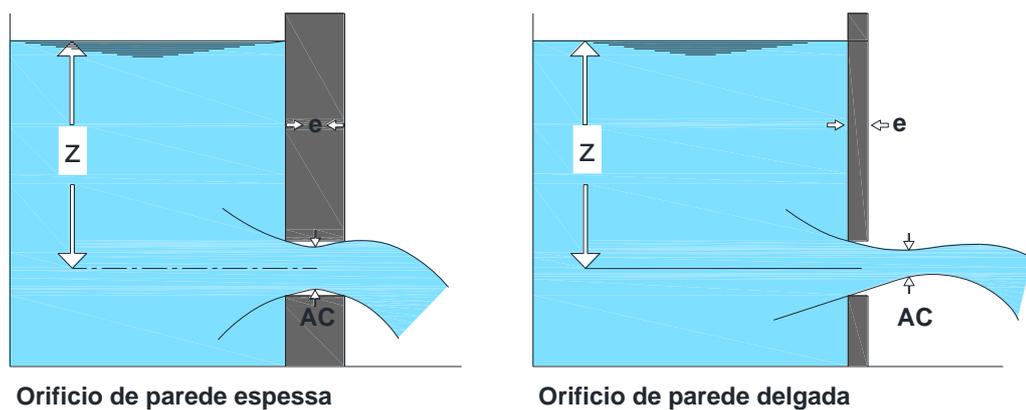
Fonte: Próprio autor (2014).
FIGURA 1 - Dimensões do orifício

Com relação ao escoamento, conforme a figura 2, pode-se adotar orifícios de descarga livre ou afogado e com contrações completa ou incompleta da veia.



Fonte: Próprio autor (2014).
 FIGURA 2 - Orifício de descarga livre e afogado

A FIGURA 3 demonstra aos tipos de reservatórios. Segundo Carvalho e Silva (2006), os reservatórios de líquidos são classificados de pequeno ou grande porte. Na prática, pequeno se $d \leq z/3$ ou grande se $d > z/3$. Os orifícios pelos quais será realizado o escoamento do líquido possuem dimensões relativas que permitirão classificar as paredes do reservatório como delgadas ou espessas. Caso $e < d$, paredes delgadas, onde a veia líquida mantém contato apenas com a face interna da parede do reservatório. Caso $e \geq d$, paredes espessas em que a veia líquida toca praticamente toda superfície interna da parede do reservatório. Nos orifícios afogados de pequenas dimensões em paredes delgadas, possivelmente todas as partículas que atravessam o bocal terão a mesma velocidade.



Fonte: Próprio autor (2014).
 FIGURA 3 - Orifício de parede espessa ou delgada

2.2 Equação de Bernoulli

Em sua concepção, a equação de Bernoulli fundamentou-se nas leis da termodinâmica. A primeira e segunda lei da termodinâmica considerando o processo com regime permanente em escoamento simples (VAN WYLEN 2008).

Em Van Wylen (2008), encontra-se a forma de obtenção da equação de Bernoulli. O processo com regime permanente em escoamento simples implica na realização de trabalho num processo adiabático e regime permanente. O processo adiabático trata-se de um sistema em que não há troca de calor com outro ambiente e o regime permanente envolve uma única entrada e única saída do volume de controle.

Uma forma de se expressar a primeira lei da termodinâmica:

$$\frac{de}{dt} = Q - \dot{W} + \sum \dot{m}_e \cdot \left(h_e + \frac{1}{2} V_e^2 + g \cdot Z_e \right) - \sum \dot{m}_s \cdot \left(h_s + \frac{1}{2} V_s^2 + g \cdot Z_s \right) \quad (1)$$

Com a simplificação devida ao regime permanente e ao escoamento simples obtém-se.

$$0 = \dot{Q} - \dot{W} + \dot{m}_e \cdot \left(h_e + \frac{1}{2} V_e^2 + g \cdot Z_e \right) - \dot{m}_s \cdot \left(h_s + \frac{1}{2} V_s^2 + g \cdot Z_s \right) \quad (2)$$

Sendo ainda, que.

$$\dot{m}_e = \dot{m}_s.$$

A seguir se divide pelo fluxo de massa (\dot{m}) para obter o trabalho e calor específico e substitui-se pelo fluxo de massa

$$0 = q - \omega + h_e + \frac{1}{2} V_e^2 + g \cdot Z_e - h_s - \frac{1}{2} V_s^2 - g \cdot Z_s \quad (a)$$

Já a expressão da segunda lei da termodinâmica para um sistema:

$$dS = \frac{\delta Q}{T} + \delta S_{ger} \quad (3)$$

$$dS = \frac{\delta Q}{T} + \delta S_{ger} \quad (4)$$

será dividida pela massa:

$$ds = \frac{\delta q}{T} + \delta s_{ger} \quad (5)$$

com

$$\delta q = Tds - T\delta s_{ger} \quad (6)$$

como

$$Tds = dh - vdP \quad (7)$$

e integrando-se:

$$\int_e^s \delta q = \int_e^s dh - \int_e^s vdP - \int_e^s T\delta s_{ger} \quad (8)$$

obtem-se

$$q = h_s - h_e - \int_e^s vdP - \int_e^s T\delta s_{ger} \quad (9)$$

Substituída na equação (a):

$$\omega = h_s - h_e - \int_e^s vdP - \int_e^s T\delta s_{ger} + h_e + \frac{V_e^2}{2} + g \cdot Z_e - h_s - \frac{V_s^2}{2} - g \cdot Z_s \quad (10)$$

Cancelando-se as entalpias, tem-se que:

$$\omega = - \int_e^s vdP - \int_e^s T\delta s_{ger} + \frac{V_e^2}{2} - \frac{V_s^2}{2} + g \cdot Z_e - g \cdot Z_s \quad (11)$$

Com os cancelamentos devidos a não realização de trabalho, visto ser um escoamento onde não há máquinas, a não existência de entropia gerada, além de v constante por ser incompressível:

$$0 = -v \int_e^s dP + \frac{V_e^2}{2} - \frac{V_s^2}{2} + g \cdot Z_e - g \cdot Z_s \quad (12)$$

Integrando-se

$$0 = -v \cdot (P_s - P_e) + \frac{V_e^2}{2} - \frac{V_s^2}{2} + g \cdot Z_e - g \cdot Z_s \quad (13)$$

e reorganizando-se

$$vP_s + \frac{V_s^2}{2} + g \cdot Z_s = vP_e + \frac{V_e^2}{2} + g \cdot Z_e \quad (14)$$

Como

$$v = \frac{1}{\rho} \quad (15)$$

passa-se a ter

$$\frac{P_s}{\rho} + \frac{V_s^2}{2} + g \cdot Z_s = \frac{P_e}{\rho} + \frac{V_e^2}{2} + g \cdot Z_e \quad (16)$$

Multiplica-se pela massa específica e como $\rho \cdot g = \gamma$

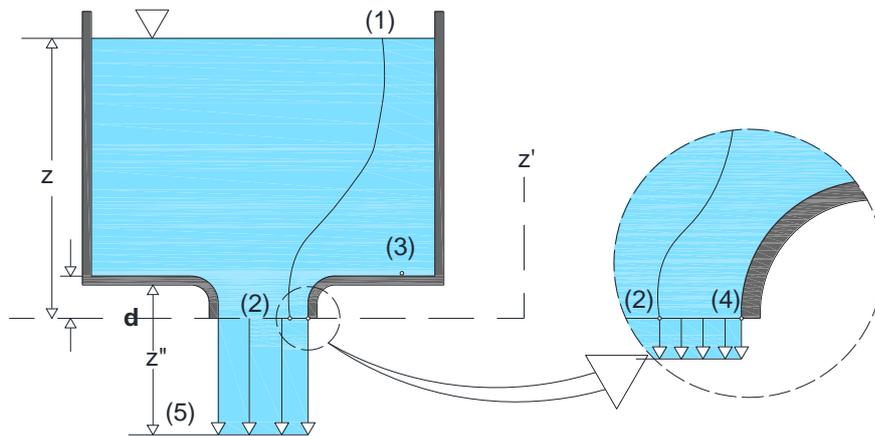
$$P_s + \frac{\rho V_s^2}{2} + \gamma Z_s = P_e + \frac{\rho V_e^2}{2} + \gamma Z_e \quad (17)$$

Que é uma expressão usual da equação de Bernoulli.

Conforme Muson, Young e Okiishi (2004), a equação de Bernoulli pode ser aplicada no caso de descarga vertical de líquido de um grande reservatório. A FIGURA 4 mostra uma linha de corrente entre os pontos 1 e 2. Do tanque sai um jato líquido com diâmetro d , que escoava no bocal com velocidade V .

$$\gamma h = \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (18)$$

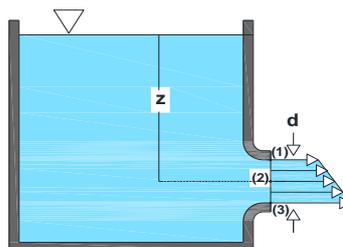
$$V = \sqrt{\frac{2\gamma g}{\rho}} = \sqrt{2gh} \quad (19)$$



Fonte: Próprio autor (2014).

FIGURA 4 - Escoamento vertical no bocal de um tanque.

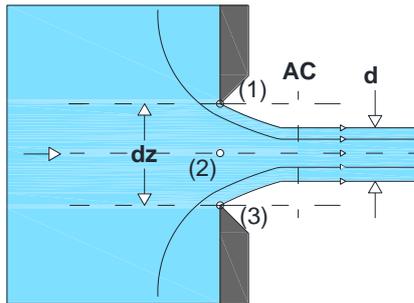
Também aplica-se a equação de Bernoulli no caso de um escoamento horizontal. Na FIGURA 5 o bocal de saída do tanque possui bordas suaves e o fluido mantém contato com toda a sua superfície.



Fonte: Próprio autor (2014).

FIGURA 5 - Escoamento horizontal no bocal de um tanque

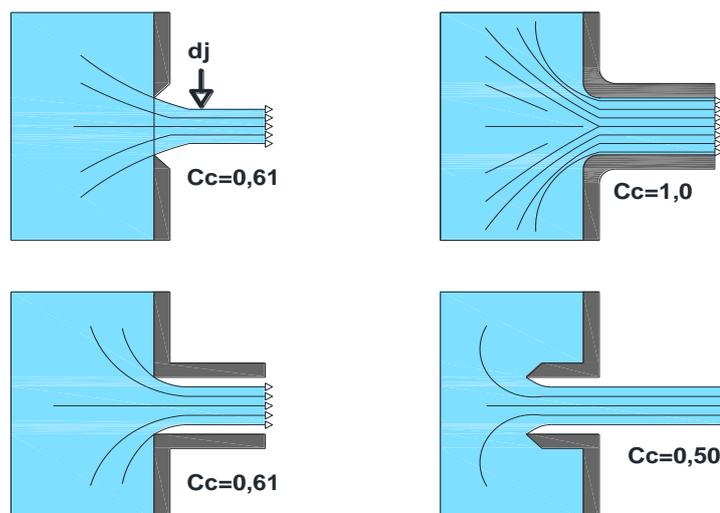
A FIGURA 6 mostra a descarga do tanque sendo efetuada através de um orifício com bordas vivas. Segundo Muson, Young e Okiishi (2004) , é visível o efeito vena contracta neste caso, uma vez que ocorre uma redução na área do jato que abandona o tanque pela forma que o fluido sai bruscamente do orifício, não havendo contato constante como no caso do bocal anterior.



Fonte: Próprio autor (2014).

FIGURA 6 - Efeito vena contracta num orifício de borda pontuda

A diminuição da área do jato gera uma medida que é o coeficiente de contração (C_c). A FIGURA 7 ilustra formatos das linhas de corrente e coeficientes de contração para várias configurações de descarga. Em todos os casos, a seção transversal na descarga é circular (MUSON; YOUNG; OKIISHI, 2004).



Fonte: Próprio autor (2014).

FIGURA 7- Formato de linhas de corrente e coeficiente de contração para várias configurações de descarga (a seção transversal de descarga circular).

2.3 Equação da vazão

Define-se vazão (Q) pelo volume de líquido (Δv) que escoar através de uma secção de área (A) em determinada unidade de tempo.

$$Q = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (20)$$

No caso de escoamento uniforme em deslocamento de comprimento (L):

$$\Delta v = A \cdot L \quad (21)$$

Como a velocidade (V) corresponde a

$$V = \frac{L}{\Delta t} \quad (22)$$

ou

$$L = V \cdot \Delta t \quad (23)$$

substituí na equação (21) tem-se que:

$$\Delta v = [A \cdot (V \cdot \Delta t)] \quad (24)$$

Considerando a variação do volume e da área obtém-se:

$$Q = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{A \cdot V \cdot \Delta t}{\Delta t} \quad (25)$$

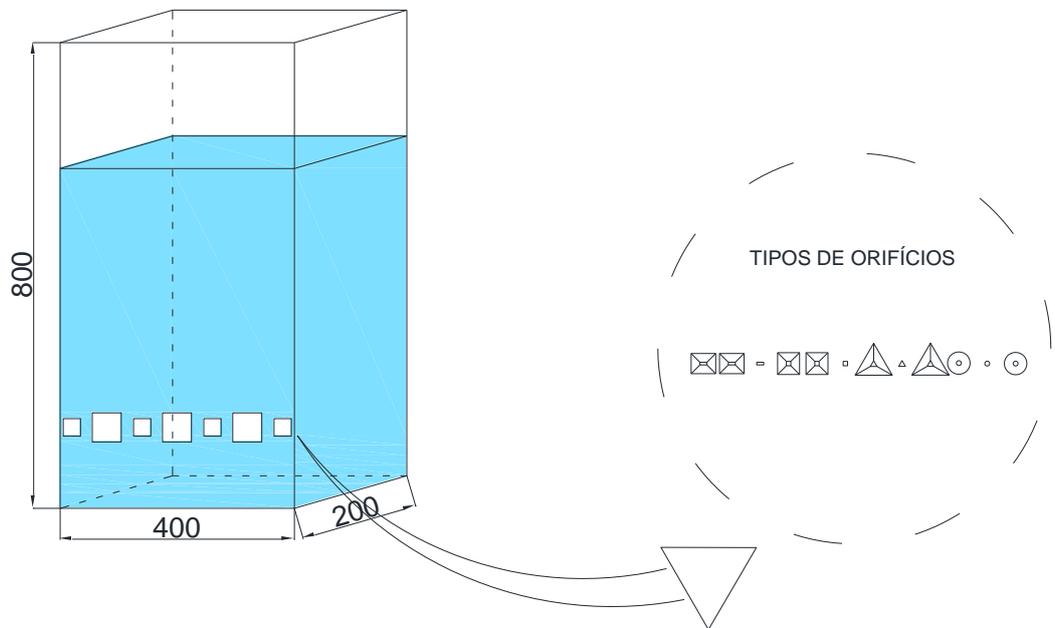
Obtemos a equação da vazão.

$$Q = A \cdot v \quad (26)$$

CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Construção da bancada

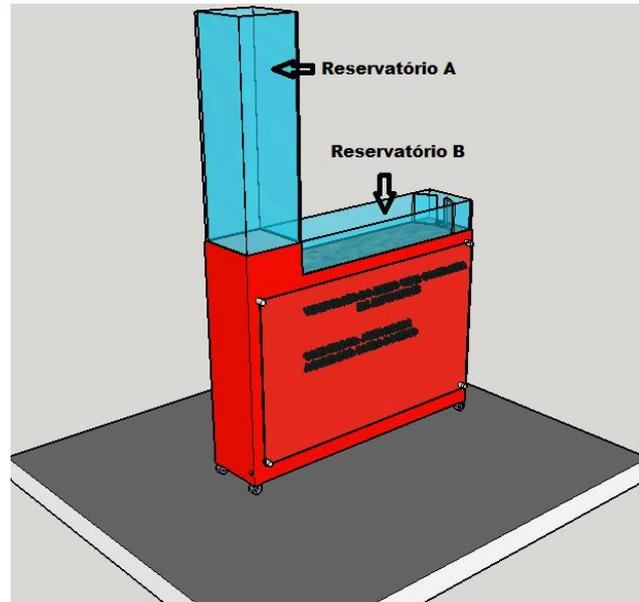
A verificação do efeito vena contracta no escoamento será demonstrado através de orifícios de acordo com a FIGURA 8, onde serão desenvolvidos geometrias de modelos retângular, quadrado, triângular e circular em sua parede frontal do reservatório.



Fonte: Próprio autor (2014).

FIGURA 8 - Reservatório para verificação do efeito vena contracta em jato livre.

A FIGURA 9 a seguir, mostra o desenvolvimento do layout da bancada, referenciando a ideia primária do projeto, visando praticidade, qualidade, e a eficiência na a demonstração do efeito vena contracta em jatos livres.



Fonte: Próprio autor (2014).
FIGURA 9 - Bancada para demonstração do efeito vena contracta em jato livre

Abaixo segue informações com especificações dos materiais construtivos da bancada para o desenvolvimento da bancada.

- **Estrutura metálica**
 - Chapa lamina a frio SAE 1020 n° 20
 - Cantoneira de 1"
 - Metalon 20 x 30 mm
 - folha de Zinco
 - Roldana Ø 3"

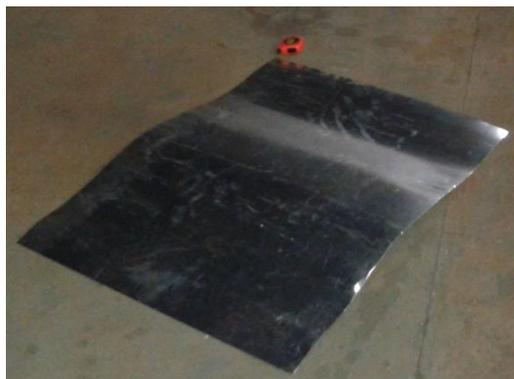
- **Parte hidráulica**
 - Tubo PVC Ø 20 mm
 - Joelho 90° PVC Ø 25mm
 - Joelho 90° PVC Ø 40mm

- Válvula PVC Ø 25 mm
 - União Soldável PVC Ø 25 mm
 - Abraçadeira Ø 25 mm
 - Registro esfera Ø 25 mm
- **Dados da Bomba**
 - Diâmetro de sucção Ø 40mm
 - Diâmetro de recalque Ø 25mm
 - Nome do fabricante da bomba: Askoll Brasil Ltda.
 - Potência: 0,0463CV
- **Componente elétrico**
 - Cabos duas vias 3mm
 - Disjuntor 3 interruptor
 - Disjuntor 2 interruptor e uma entrada de alimentação
 - Soquete
 - Lâmpada 7 Watts

Para confecção da bancada foram utilizados, tubos metálicos SAE 1010. No seu desenvolvimento foram utilizados equipamentos fundamentais para o desenvolvimento do projeto como trena, esquadro, lixadeira, máquina de solda e grampo fixador (Sargento Tipo C), conforme demonstrados na FIGURA 10. Foi utilizada também uma chapa, SAE 1020, para o revestimento do assoalho da bancada, conforme menciona na FIGURA 11.



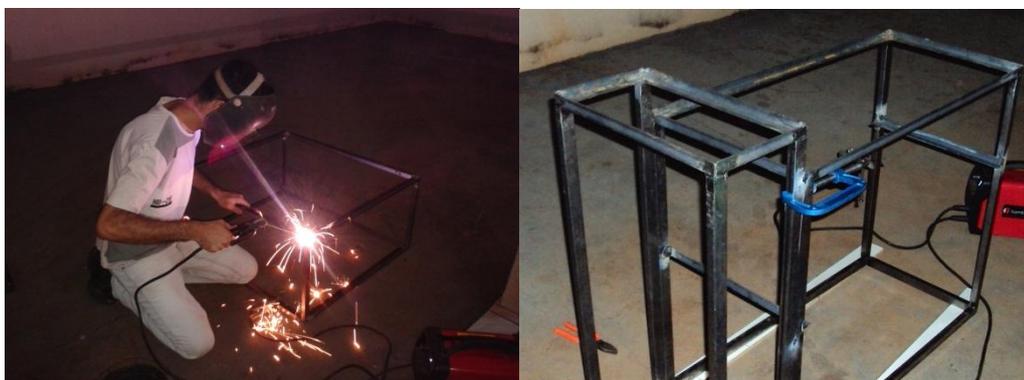
Fonte: Próprio autor (2014).
FIGURA 10 - Processo de corte tubo retangular



Fonte: Próprio autor (2014)

FIGURA 11 - Processo de corte da chapa.

A montagem da bancada utilizou-se um tubo retangular de aço SAE 1010 de comprimento 30 x 20mm barra de 6m. O processo de fabricação teve como elementos complementares uma máquina de solda esquadro e fixador de bancada sendo utilizado para união das peças eletrodos E60102,5mm com anperagem 45. Na parte superior da bancada foi utilizado cantoneira de uma polegada para o apoio dos reservatórios conforme FIGURA 12 que disponibiliza o processo de montagem.



Fonte: Próprio autor (2014).

FIGURA 12 - Processo de união da peça

O reservatório “A” especificado na FIGURA 9 foi construído com uma de chapa de acrílico de espessura de 10 mm em toda a sua área e com dimensões de 400 x 200 x 800 mm. O processo de fabricação contou com o apoio preciso de uma máquina de Centro de Usinagem CNC, disponibilizando cortes exatos feitos a laser. Na junção das placas foi utilizado cola “S - 330”, e para vedação do recipiente silicone em pasta frio. A criação dos furos apresentou geometrias retangular, quadrada, triangular e circular. A capacidade total

para este reservatório é de $0,06032 \text{ m}^3$. A FIGURA 13 a seguir ilustra o reservatório e os tipos de orifícios.



Fonte: Próprio autor (2014).

FIGURA 13 - Reservatório (A) com as geometrias dos furos

Já o reservatório B, ilustrado na FIGURA 14, foi desenvolvido como reservatório para sucção, onde foi construído com chapa de folha de zinco com dimensões de $900 \times 500 \times 400 \text{ mm}$. Para o processo de fabricação deste, foi utilizado um esquadro, uma trena, um marcador, uma lixadeira e a solda com acetileno, quanto a vedação do reservatório foi calafetado com a veda calha, por apresentar bons resultados. Esse reservatório comporta em sua capacidade $0,082 \text{ m}^3$ de fluído.



Fonte: Próprio autor (2014).

FIGURA 14 - Reservatório (B) sucção

O sistema hidráulico de bombeamento utilizou-se uma válvula de lavatório PVC 40mm, joelho soldavel de 90° , tubo de 40mm em que ligado na bomba. A saída da bomba, tubo soldavel 20mm, valvula de 25mm, joelho de 90° na direção vertical para o reservatório e

uma união soldável para separação do tubo e mais dois joelho 90° para a mudança de direção do fluido, demonstrado na FIGURA 15.



Fonte: Próprio autor (2014).
FIGURA 15 - Sistema de bombeamento

A montagem sistema hidráulico para drenagem fluido foi construído com válvula de lavatório PVC 20mm com joelho de 90° e tubo de 20mm e válvula esférica de 25mm, de acordo com a FIGURA16 abaixo.



Fonte: Próprio autor (2014).
FIGURA 16 - Drenagem do reservatório

O sistema hidráulico para ladrão foi desenvolvido com tubo PVC 20mm com união soldável 25mm e joelho de 90°. A função específica dos ladrões foi de manter o nível constante do fluido no reservatório “A” e obter dois pontos de referência para os cálculos em diferente pressões, demonstrado na FIGURA 17.

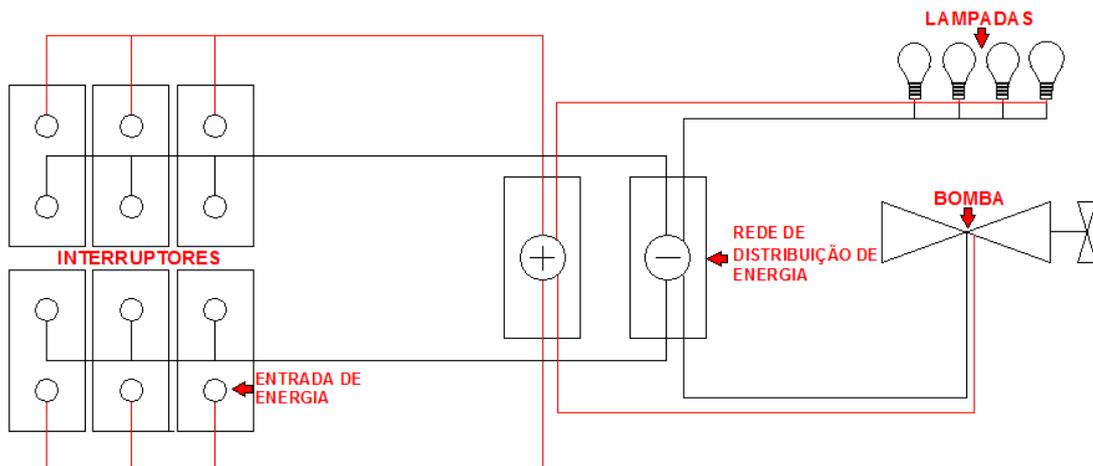


Fonte: Próprio autor (2014).

FIGURA 17 - Sistema para manter o fluido constante (Ladrão)

O sistema elétrico foi desenvolvido para o uso de energia com tensão 220 V, conectados por cabos de duas vias e interruptores para ativar e desativar o circuito elétrico da bomba de fluídos e das lâmpadas de indicação dos tipos furos utilizados no projeto.

LAYOUT SISTEMA ELÉTRICO



Fonte: Próprio autor Auto- Cad. (2014).

FIGURA 18 - Layout sistema elétrico

3.2 Método Analítico

3.2.1 Análise das vazões e velocidades dos jatos

Para verificar a medição de vazão e velocidade foi utilizada a equação de Bernoulli apresentada no capítulo 2 deste trabalho. Para o cálculo, utilizou-se o valor da aceleração da gravidade de 9.7850 m/s^2 conforme o ANEXO A e B, considerando a altitude e latitude de Santa Helena em relação ao nível do mar, ou seja, aceleração da gravidade do local onde foram realizados os experimentos. O cálculo da latitude foi utilizado o método da interpolação entre a latitude de 10° a 20° para encontrarmos o valor de 17° , Conforme mencionado no ANEXO B.

O valor da massa específica de $981,62 \text{ kg/m}^3$ foi obtido através de alguns testes realizado no laboratório da Universidade de Rio Verde UniRV, onde se utilizou de uma balança de precisão e uma proveta, conferindo o volume do recipiente em que estava realizando os testes.

A FIGURA19 mostra o desenvolvimento dos testes para se obter a massa específica, a realização deste teste foi desenvolvida para termos uma massa específica consideravelmente real a situação proposta.



Fonte: Próprio autor laboratório UNIRV (2014).
FIGURA 19 - Conferência massa específica da água.

3.2.2 Método para desenvolvimento dos cálculos.

Os cálculos foram analisados com os 12 orifícios e subdivididos em 4 geometrias sendo eles retângulo, quadrado, triângulo e circular, todos eles com 3 tipos de orifícios diferente, sendo 2 com ângulo de 45° e o outro com o furo normal sem ângulo. Os orifícios foram criados para compararmos resultados dos canais com bordas vivas e parede normal do reservatório 10mm de espessura. No primeiro caso, o orifício de borda viva está um voltado para parede externa do reservatório deixando o fluido com menor atrito e na outra situação, o ângulo voltado para parede interna. Na terceira hipótese foi utilizado o método com maior atrito, com uma maior perda de carga na saída do jato devido oferecer uma passagem em toda a estrutura da parede. Com base nestes dados comparou-se os dados teóricos com os reais obtidos nos experimentos. Na teoria utilizou-se a equação de Bernoulli para determinar a velocidade dos fluidos na saída do reservatório onde se considerou o ponto (2) para base de cálculos, juntamente com a equação da vazão para título de comparação com a prática.

Para verificação dos modelos matemáticos utilizou-se equação (17) apresentada no capítulo 2 deste trabalho, sendo o ponto (1) referente ao nível do reservatório e ponto (2) a secção dos orifícios. Os dados foram representados considerando as pressões constantes, por se tratar de um recipiente aberto em contato com a atmosfera, velocidade ponto (1) foi considerada nula, pelo fato de ter um reservatório grande em relação à abertura dos orifícios. A altura ponto (1) considerou-se o centro dos furos até a altura do nível máximo do fluido. Velocidade ponto (2) foi determinada, e a altura ponto (2) considerou-se como sendo um ponto horizontal de referência, ou seja, nula.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Orifício retangular I

Conforme ANEXO C, onde são apresentados todos os cálculos referentes a parte teóricas e práticas, as TABELA 1, 2 e 3 a seguir mostram os resultados de vazões e velocidades tanto teóricos como práticos, obtidos em experimentos e também calculando o coeficiente de contração utilizando as diferentes geometrias de orifícios.

Os valores abaixo mostram-se os valores referente a vazão comparando dados teóricos com os capturados na prática, utilizando o tempo em segundos.

TEMPO [s]	VAZÃO (TEÓRICA) [ml/s]	VAZÃO (PRÁTICA) [ml/s]
1	139,155	94,0144
5,31833	740,0722	500

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 1 Vazão do Orifício Retangular I.

Analisando a TABELA 1, pode-se notar uma variação de aproximadamente 32%, comparando os valores teórico com os práticos, esta variação pode estar relacionada a algumas situações que foram desconsideradas para os cálculos práticos, como a perda de carga, temperatura ambiente e ar atmosférico, pois todos esses parâmetros podem influenciar na aproximação dos cálculos.

Na determinação da velocidade, pode-se analisar as variações conforme TABELA 2 abaixo:

VELOCIDADE TEÓRICA [m/s]	VELOCIDADE PRÁTICA [m/s]
3,5939	2,4280

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 2 - Velocidade do Orifício Retangular I.

Analisando a TABELA 2, obteve-se que os valores teóricos em relação aos valores na prática teve uma variação em torno de 17,8%. Analogamente à vazão, esta variação pode estar relacionada com os parâmetros (perda de carga, temperatura, entre outros) que não foram considerados.

O valor abaixo mostra o coeficiente de contração “Efeito vena contracta” comparando dados teóricos e práticos, utilizando o método da vazão.

COEFICIENTE DE CONTRAÇÃO
0,675609212

Fonte: Próprio Autor (2014).

TABELA 3 - Coeficiente de contração

Conforme Muson, Young e Okiishi (2004), o coeficiente de contração varia de 0,5 a 1,0, portanto o valor obtido na TABELA 3 está dentro do esperado.

4.2 Orifício retangular II

Conforme ANEXO C, onde são apresentados todos os cálculos referentes a parte teóricas e práticas, as TABELA 4 e 5 a seguir expõem os resultados de vazões e velocidades tanto teóricos como práticos, obtidos em experimentos, utilizando uma geometria retangular diferente.

A TABELA 4 abaixo refere-se aos valores de vazão comparando dados teóricos com os capturados na prática, utilizando o tempo em segundos.

TEMPO [s]	VAZÃO (TEÓRICA) [ml/s]	VAZÃO (PRÁTICA) [ml/s]
1	140,737	115,651
4,32333	608,4482121	500

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 4 - Vazão do Orifício Retangular II

Analisando a TABELA 4, os valores teórico obtiveram uma variação cerca de 17,8% em relação ao valor prático, podendo esta variação estar relacionada a algumas situações que foram desconsideradas para os cálculos práticos já citadas.

Já para a velocidade, pode-se analisar as variações demonstradas na TABELA 5 abaixo:

VELOCIDADE TEÓRICA [m/s]	VELOCIDADE PRÁTICA [m/s]
3,5939	2,9533

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 5 - Velocidade do Orifício Retangular II

Analisando a TABELA 5, os valores teóricos teve uma variação de 17,8% em relação á prática, estas variações tem a mesma relação da vazão.

A TABELA 6 mostra o coeficiente de contração “Efeito vena contracta” comparando dados teóricos e práticos, utilizando o método da vazão.

COEFICIENTE DE CONTRAÇÃO
0,82175263

Fonte: Próprio Autor (2014).

TABELA 6 - Coeficiente de contração

Segundo Muson, Young e Okiishi (2004), o formato de linhas de corrente e coeficiente de contração pode haver uma variação na linha de descarga de 0,5 a 1,0 sendo assim o valor encontrado na TABELA 6 está dentro do esperado.

4.3 Orifício retangular III

A TABELA 7 abaixo mostram os valores referente a vazão comparando dados teóricos com os capturados na prática, utilizando o tempo em segundos.

TEMPO [s]	VAZÃO (TEÓRICA) [ml/s]	VAZÃO (PRÁTICA) [ml/s]
1	143,899	128,976
3,87667	557,8489363	500

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 7 - Vazão do Orifício Retangular III

Analisando a TABELA 7, os valores teórico teve uma variação cerca de 10,37% em relação ao valor prático, corroborando com os resultados analisados nas TABELAS 1 e 3.

Já para velocidade, pode-se analisar as variações da velocidade conforme TABELA 8 abaixo:

VELOCIDADE TEÓRICA [m/s]	VELOCIDADE PRÁTICA [m/s]
3,5939	3,2212

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 8 - Velocidade do Orifício Retangular III

Analisando a TABELA 8, os valores teóricos teve uma variação de 10,37% em relação a prática, estas variações tem a mesma relação da vazão.

O valor abaixo mostra o coeficiente de contração “Efeito vena contracta” comparando dados teóricos e práticos, utilizando o método da vazão.

COEFICIENTE DE CONTRAÇÃO
0,896295318

Fonte: Próprio Autor (2014).

TABELA 9 - Coeficiente de contração

Conforme Muson, Young e Okiishi (2004), o coeficiente de contração varia de 0,5 a 1,0, portando o valor obtido na TABELA 9 está dentro do esperado.

4.4 Orifício Quadrado I

As TABELA 10 e 11 a seguir mostram os resultados de vazões e velocidades utilizando as diferentes geometrias de orifícios para o tipo “Quadrado I”.

A TABELA 10 mostra os valores referente a vazão comparando dados teóricos com os capturados na prática, utilizando o tempo em segundos.

TEMPO [s]	VAZÃO (TEÓRICA) [ml/s]	VAZÃO (PRÁTICA) [ml/s]
1	133,899	91,855
5,44333	727,9310776	500

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 10 - Vazão do Orifício Quadrado I

Analisando a TABELA 10, os valores teórico teve uma variação cerca de 31,39% em relação ao valor prático, esta variação pode estar relacionada a algumas situações que foram desconsideradas para os cálculos práticos, mostrando que todos os resultados estão seguindo uma mesma diretriz.

Analisando a velocidade para geometria Quadrado I, pode-se analisar as variações da velocidade conforme TABELA 11 abaixo:

VELOCIDADE TEÓRICA [m/s]	VELOCIDADE PRÁTICA [m/s]
3,5939	2,4686

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 11 - Velocidade do Orifício Quadrado II

Analisando a TABELA 11, os valores teóricos obtiveram uma variação de 31,39% em relação a prática, corroborando com os valores de velocidades analisados a outras geometrias anteriores.

O valor abaixo mostra o coeficiente de contração “Efeito vena contracta” comparando dados teóricos e práticos, utilizando o método da vazão.

COEFICIENTE DE CONTRAÇÃO
0,686002135

Fonte: Próprio Autor (2014).

TABELA 12 - Coeficiente de contração

Segundo Muson, Young e Okiishi (2004), o coeficiente de contração varia de 0,5 a 1,0, portando o valor obtido na TABELA 12 está dentro do esperado.

4.5 Orifício Quadrado II

As TABELA 13 e 14 mostram os resultados de vazões e velocidades tanto teóricos como práticos, obtidos analogamente à experimentos anteriores.

A TABELA 13 expõe os valores referente a vazão comparando dados teóricos com os capturados na prática, utilizando o tempo em segundos.

TEMPO [s]	VAZÃO (TEÓRICA) [ml/s]	VAZÃO (PRÁTICA) [ml/s]
1	129,38	105,5593908
4,73667	612,8303646	500

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 13 - Vazão do Orifício quadrado II

Analisando a TABELA 13, os valores teórico teve uma variação cerca de 18,41% em relação ao valor prático, mostrando novamente que teve uma variação considerável e esta pode ter relação com parâmetros que não foram considerados. Para velocidade, pode-se analisar as variações da velocidade conforme TABELA 14 abaixo:

VELOCIDADE TEÓRICA [m/s]	VELOCIDADE PRÁTICA [m/s]
3,5939	2,9322

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 14 - Velocidade do Orifício quadrado II

Analisando a TABELA 14, os valores teóricos teve uma variação de 18,41% em relação a prática, estas variações tem a mesma relação da vazão.

O valor abaixo mostra o coeficiente de contração “Efeito vena contracta” comparando dados teóricos e práticos, utilizando o método da vazão.

COEFICIENTE DE CONTRAÇÃO
0,815886464

Fonte: Próprio Autor (2014).

TABELA 15 - Coeficiente de contração

De acordo com Muson, Young e Okiishi (2004), o coeficiente de contração varia de 0,5 a 1,0, portando o valor obtido na TABELA 15 está dentro do esperado.

4.6 Orifício Quadrado III

Conforme ANEXO C, onde são apresentados todos os cálculos referentes a parte teóricas e práticas, as TABELA 16 a seguir mostram os resultados de vazões e velocidades tanto teóricos como práticos, obtidos em experimentos, utilizando as diferentes geometrias de orifícios.

Os valores abaixo mostram-se os valores referente a vazão comparando dados teóricos com os capturados na prática, utilizando o tempo em segundos.

TEMPO [s]	VAZÃO (TEÓRICA) [ml/s]	VAZÃO (PRÁTICA) [ml/s]
1	129,38	101,3855347
4,93167	638,0594646	500

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 16 - Vazão do Orifício quadrado III

Analisando a TABELA 16, os valores teórico teve uma variação cerca de 21,6% em relação ao valor prático, esta variação pode estar relacionada a algumas situações que foram desconsideradas para os cálculos práticos, a perda de carga, temperatura ambiente e ar atmosférico, pois todos esses dados influenciam na aproximação dos cálculos.

Já para velocidade, pode-se analisar as variações da velocidade conforme TABELA 17 abaixo:

VELOCIDADE TEÓRICA [m/s]	VELOCIDADE PRÁTICA [m/s]
3,5939	2,8162

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 17 - Velocidade do Orifício quadrado III

Analisando a TABELA 17, os valores teóricos teve uma variação de 18,41% em relação a prática, estas variações tem a mesma relação da vazão.

O valor abaixo mostra o coeficiente de contração “Efeito vena contracta” comparando dados teóricos e práticos, utilizando o método da vazão.

COEFICIENTE DE CONTRAÇÃO
0,82175263

Fonte: Próprio Autor (2014).

Tabela 18 - Coeficiente de contração

Nesse sentido, Muson, Young e Okiishi (2004) diz que o coeficiente de contração varia de 0,5 a 1,0, portando o valor obtido na TABELA 18 está dentro do esperado.

4.7 Orifício Triangular I

As TABELA 19 a 20 que se segue, mostram os resultados de vazões e velocidades tanto teóricos como práticos, obtidos em experimentos, utilizando as diferentes geometrias de orifícios, como foi realizado em experimentos com orifícios anteriores.

A TABELA 19 mostra os valores referente a vazão comparando dados teóricos com os capturados na prática, utilizando o tempo em segundos, para orifício triangular I.

TEMPO [s]	VAZÃO (TEÓRICA) [ml/s]	VAZÃO (PRÁTICA) [ml/s]
1	107,206	95,419844733
5,24	561,759444	500

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 19 - Vazão de Orifício Triangular I

Analisando a TABELA 19, os valores teórico teve uma variação cerca de 10,99% em relação ao valor prático. Para velocidade, pode-se analisar as variações da velocidade conforme TABELA 20 abaixo:

VELOCIDADE TEÓRICA [m/s]	VELOCIDADE PRÁTICA [m/s]
3,5939	3,1988

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 20 - Velocidade para orifício triangulo I

O valor abaixo mostra o coeficiente de contração “Efeito vena contracta” comparando dados teóricos e práticos, utilizando o método da vazão.

COEFICIENTE DE CONTRAÇÃO
0,890060675

Fonte: Próprio Autor (2014).

TABELA 21 - Coeficiente de contração

Conforme Muson, Young e Okiishi (2004), o coeficiente de contração varia de 0,5 a 1,0, portando o valor obtido na TABELA 21 está dentro do esperado.

4.8 Orifício Triangular II

A TABELA 22 mostra os valores referente a vazão comparando dados teóricos com os capturados na prática, utilizando o tempo em segundos, para orifício triangular II.

TEMPO [s]	VAZÃO (TEÓRICA) [ml/s]	VAZÃO (PRÁTICA) [ml/s]
1	115,94	98,74922421
5,06333	582,75890	500

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 22 - Vazão de Orifício Triangular II

De acordo com a TABELA 22, os valores teóricos tiveram uma variação cerca de 14,83% em relação ao valor prático. Para velocidade, pode-se analisar as variações da velocidade conforme TABELA 23 abaixo:

VELOCIDADE TEÓRICA	VELOCIDADE PRÁTICA
[m/s]	[m/s]
3,5939	3,08347268

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 23 - Velocidade de Orifício Triangular II

A TABELA 23 mostra que os valores teóricos teve uma variação de 14,20% em relação a prática.

O valor abaixo mostra o coeficiente de contração “Efeito vena contracta” comparando dados teóricos e práticos, utilizando o método da vazão.

COEFICIENTE DE CONTRAÇÃO
0,851726964

Fonte: Próprio Autor (2014).

TABELA 24 - Coeficiente de contração

Muson, Young e Okiishi (2004) aponta para essa relação entre a variação do coeficiente de contração varia de 0,5 a 1,0, portando o valor obtido na TABELA 24 está dentro do esperado.

4.9 Orifício Triangular III

A TABELA 25 expõe os valores referente a vazão comparando dados teóricos com os capturados na prática, com o tempo sendo utilizado em segundos, para um orifício triangular III.

TEMPO [s]	VAZÃO (TEÓRICA) [ml/s]	VAZÃO (PRÁTICA) [ml/s]
1	112,435	99,37059

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 25 - Vazão de Orifício Triangular III

A TABELA 25, mostra que os valores teóricos tiveram uma variação cerca de 11,62% em relação ao valor prático. Para velocidade, pode-se analisar as variações da velocidade conforme TABELA 26 abaixo:

VELOCIDADE TEÓRICA [m/s]	VELOCIDADE PRÁTICA [m/s]
3,5939	3,1763

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 26 - Velocidade de Orifício Triangular III

Analisando a TABELA 26, os valores teóricos teve uma variação de 11,62% em relação aos valores obtidos na prática.

O valor abaixo mostra o coeficiente de contração “Efeito vena contracta” comparando dados teóricos e práticos, utilizando o método da vazão.

COEFICIENTE DE CONTRAÇÃO
0,883804776

Fonte: Próprio Autor (2014).

TABELA 27 - Coeficiente de contração

Conforme Muson, Young e Okiishi (2004), o coeficiente de contração varia de 0,5 a 1,0, portando o valor obtido na TABELA 27 está dentro do esperado.

4.10 Orifício Circular I

A TABELA 28 expõe os valores utilizando a geometria de orifício Circular I para o parâmetro vazão comparando dados teóricos com os capturados na prática, com o tempo sendo utilizado em segundos.

TEMPO [s]	VAZÃO (TEÓRICA) [ml/s]	VAZÃO (PRÁTICA) [ml/s]
1	126,708	82,44023083
6,06500	768,48402	500

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 28- Vazão de Orifício Circular I

A TABELA 28, mostra que os valores teóricos tiveram uma variação cerca de 34,94% em relação ao valor prático. Para velocidade, pode-se analisar as variações da velocidade conforme TABELA 29 abaixo:

VELOCIDADE TEÓRICA [m/s]	VELOCIDADE PRÁTICA [m/s]
3,5939	2,3383

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 29 - Velocidade Orifício Circular I

Analisando a TABELA 29, os valores teóricos teve uma variação de 34,94% em relação a prática, estas variações tem a mesma relação da vazão.

O valor abaixo mostra o coeficiente de contração “Efeito vena contracta” comparando dados teóricos e práticos, utilizando o método da vazão.

COEFICIENTE DE CONTRAÇÃO
0,650631616

Fonte: Próprio Autor (2014).

TABELA 30 - Coeficiente de contração

Na concepção de Muson, Young e Okiishi (2004), o coeficiente de contração varia de 0,5 a 1,0, portando o valor obtido na TABELA 30 está dentro do esperado.

4.12 Orifício Circular II

A TABELA 30 mostra os valores utilizando a geometria de orifício Circular II para o parâmetro vazão comparando dados teóricos com os capturados na prática, com o tempo sendo utilizado em segundos.

TEMPO [s]	VAZÃO (TEÓRICA) [ml/s]	VAZÃO (PRÁTICA) [ml/s]
1	122,954	97,5292953
5,12667	630,3445832	500

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 30 - Vazão de Orifício Circular II

A TABELA 30, mostra que os valores teóricos tiveram uma variação cerca de 20,68% comparando ao valor prático. Para velocidade, pode-se analisar as variações da velocidade conforme TABELA 31 abaixo:

VELOCIDADE TEÓRICA [m/s]	VELOCIDADE PRÁTICA [m/s]
3,5939	2,85081393

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 31 - Velocidade Orifício Circular II

Analisando a TABELA 31, os valores teóricos teve uma variação de 20,68% em relação a prática.

O valor abaixo mostra o coeficiente de contração “Efeito vena contracta” comparando dados teóricos e práticos, utilizando o método da vazão.

COEFICIENTE DE CONTRAÇÃO
0,79321775

Fonte: Próprio Autor (2014).

TABELA 32 - Coeficiente de contração

Conforme proposto por Muson, Young e Okiishi (2004), o coeficiente de contração varia de 0,5 a 1,0, portando o valor obtido na TABELA 32 está dentro do esperado.

4.13 Orifício Circular III

A TABELA 33 mostra os valores utilizando a geometria de orifício Circular III para o parâmetro vazão comparando dados teóricos com os capturados na prática, com o tempo sendo utilizado em segundos.

TEMPO [s]	VAZÃO (TEÓRICA) [ml/s]	VAZÃO (PRÁTICA) [ml/s]
1	122,03	97,65625
5,12	573,5936	500

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 33 - Vazão do Orifício Circular III

A TABELA 33, mostra que os valores teóricos tiveram uma variação cerca de 19,97% comparando ao valor prático, utilizando a geometria de orifício circular III. Para velocidade, pode-se analisar as variações da velocidade conforme TABELA 34 abaixo:

VELOCIDADE TEÓRICA [m/s]	VELOCIDADE PRÁTICA [m/s]
3,5939	3,1324

Fonte: Próprio autor (2014).

TABELA 34 - Velocidade Orifício Circular III

Analisando a TABELA 34, os valores teóricos teve uma variação de 20,68% em relação a prática, estas variações tem a mesma relação da vazão.

O valor abaixo mostra o coeficiente de contração “Efeito vena contracta” comparando dados teóricos e práticos, utilizando o método da vazão.

COEFICIENTE DE CONTRAÇÃO
0,800264279

Fonte: Próprio Autor (2014).

TABELA 35 - Coeficiente de contração

Conforme Muson, Young e Okiishi (2004), o coeficiente de contração varia de 0,5 a 1,0, portando o valor obtido na TABELA 35 está dentro do esperado.

Os resultados referentes a todos experimentos, independente da geometria do orifício, obtiveram uma variação significativa entre os valores de vazão e velocidade. Salientando que estas variações podem estar relacionadas com os parâmetros que não foram considerados, como perda de carga, temperatura do fluido, entre outros parâmetros que de alguma forma influenciam nos resultados comparativos.

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÃO

Portanto este projeto nos levou a uma visão dos efeitos de vena contracta em escoamento líquido através de várias geometrias de orifícios em reservatório de parede plana demonstrado em jatos livres, viu-se também onde estes efeitos ocorrem dentro das indústrias.

Este trabalho foi concluído com experiências práticas realizadas e comparadas com os dados da teoria da equação de Bernoulli onde foi verificado que houve uma variação nas vazão, velocidade e coeficiente de contração.

CAPÍTULO 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGNAKKE, C; SONTAG, R. E. **Fundamentos da Termodinâmica**. 7 .ed. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

BRASIL, C. Município de Santa Helena. **Altitude de Santa Helena**, Santa Helena, v.1, n.75920, novembro de 2012. Disponível em:
<<http://www.cidade-brasil.com.br/municipio-santa-helena-de-goias.html>>. Acesso em 28/11/2014.

CARVALHO, Daniel Fonseca; SILVA, Leonardo Duarte Batista. **Fundamentos de Hidráulica**. Outubro 2006.

Munson, B.R.; Young, D.F.; Okiishi, T.H.**Fundamentos da Mecânica dos Fluidos**. 4ª ed. São Paulo – SP: Editora Edgard Blücher, 2004. 584p.

PORDEUS, Roberto Vieira. **Jato Livre**. Mossoró: Ufersa19p. Apostila.

WEB, C. Aceleração da Gravidade. **Variação da Gravidade com a Latitude**, 2007/2014. Disponível em:
<<http://www.colegioweb.com.br/trabalhos-escolares/fisica/movimento-vertical-do-projetil-sob-acao-da-gravidade/acceleracao-da-gravidade.html>>. Acesso em 28/11/2014.

UBIRAELSON, D. L. R. Escamento de Água como Atividade Matemática na Abordagem LCP, Santarém, 26-49, 2013.

ANEXOS

ANEXO A – Altitude de Santa Helena de Goiás.

TERRITÓRIO DE SANTA HELENA DE GOIÁS	
Superfície de Santa Helena de Goiás	114 133 hectares 1141,33 km ² (440,67 sq mi)
Altitude de Santa Helena de Goiás	575 metros de altitude
Coordenadas geográficas decimais	Latitude: -17.823 Longitude: -50.5883
Coordenadas geográficas sexagesimais	Latitude: 17° 49' 23" Sul Longitude: 50° 35' 18" Oeste
Fuso horário	UTC -3:00 (America/Sao_Paulo) Horário de verão : UTC -3:00 Horário de inverno : UTC -2:00
Hora local	

Fonte – Cidades Brasil (2012/2014).

ANEXO B – variação da gravidade a latitude, ao nível do mar, superfície da terra.

Latitude	$g(m/s^2)$
0°	9,78030
10°	9,78186
20°	9,78634
30°	9,79321
40°	9,80166
50°	9,81066
60°	9,81914
70°	9,82606
80°	9,83058
90°	9,83216

Fonte -Colégio Web (2007/2014).

ANEXO C – Tabela com dados práticos considerando o nível máximo do reservatório 52,32litros.

DADOS COM REPRESENTAÇÃO COM O VOLUME DE ÁGUA 52,32 LITROS										
GEOMETRIAS DOS FUROS	RESULTADOS DAS VAZÕES EM CADA ORIFÍCIO (PRÁTICA)							VAZÃO DA BOMBA (L / m)	VAZÃO NO LADRÃO MEDIANTE FUROS (L / m)	COEFICIENTE DE CONTRAÇÃO (Cc)
	F U R O S	ÁREA DOS ORIFÍCIOS	VAZÃO (ml)	MÉDIAS DE TEMPO (seg)	LITROS / MINUTOS 1000 ml (L / m)	LITROS / HORAS 1000 ml (L / h)	JATO DE ÁGUA (mm)			
FUROS RETANGULARES	I	38,72mm	500	5,31833	5,6409	338,451896	680	7,594	1,953135067	0,675609212
	II	39,16mm	500	4,32333	6,9391	416,3454125	660	7,594	0,654909792	0,82175263
	III	40,04mm	500	3,87667	7,7386	464,316423	590	7,594	-0,144607051	0,896295318
FUROS QUADRADOS	FUROS		VAZÃO	MÉDIAS	LITROS / MINUTOS	LITROS / HORAS	JATO	VAZÃO BOMBA	VAZÃO LADRÃO	
	I	37,21mm	500	5,44333	5,5113	330,6797306	655	7,594	2,082671157	0,686002135
	II	35,70mm	500	4,73667	6,3336	380,0140746	665	7,594	1,26043209	0,815886464
	III	32,70mm	500	4,93167	6,0831	364,9881717	630	7,594	1,510863805	0,82175263
FUROS TRIÂNGULAR	FUROS		VAZÃO	MÉDIAS	LITROS / MINUTOS	LITROS / HORAS	JATO	VAZÃO BOMBA	VAZÃO LADRÃO	
	I	35,28mm	500	5,24000	5,7252	343,5114504	660	7,594	1,86880916	0,890060675
	II	28,54mm	500	4,16000	7,2115	432,6923077	660	7,594	0,382461538	0,851726964
	III	28,41mm	500	5,03167	5,9622	357,7343491	640	7,594	1,631760848	0,883804776
FUROS CIRCULAR	FUROS		VAZÃO	MÉDIAS	LITROS / MINUTOS	LITROS / HORAS	JATO	VAZÃO BOMBA	VAZÃO LADRÃO	
	I	35,26mm	500	6,06500	4,9464	296,784831	675	7,594	2,64758615	0,650631616
	II	34,21mm	500	5,12667	5,8518	351,1053316	670	7,594	1,742244473	0,79321775
	III	31,17mm	500	5,12	5,8594	351,5625	650	7,594	1,734625	0,800264279

Fonte – Próprio autor (2014).

Desenvolvimento dos Cálculos - ANEXO C.

Cálculos demonstra-se Massa específica:

$$\rho = \frac{\text{peso específico}}{\text{volume}}$$

$$\rho = \frac{490,81}{500} * 1000$$

$$\rho = 981,62 \text{kg/m}$$

Equação de Bernoulli (Prática):

$$P_s + \frac{\rho V_s^2}{2} + \gamma Z_s = P_e + \frac{\rho V_e^2}{2} + \gamma Z_e$$

$$\gamma Z_e = \frac{1 \gamma V_e^2 * 2}{\rho}$$

$$V_e = \sqrt{\frac{\gamma * Z_s * 2}{\rho}}$$

$$V_e = \frac{\sqrt{9605,053538 * 0,66 * 2}}{981,62}$$

$$V_e = 3,5939 \text{m/s}$$

Para o cálculo da área foi utilizado as medidas seguintes medidas:

- $a = 0,008\text{m}$
- $b = 0,004\text{m}$

Para desenvolvimento do cálculo utilizamos a formula da área:

$$A = a * b$$

$$A = 0,0088 * 0,0044$$

$$A = 0,00003872\text{m}^2$$

Calcul a-se vazão (teórica):

$$Q = V * A$$

$$Q = 3,5939 * 0,00003872$$

$$Q = 0,000139155\text{m}^3/\text{s}$$

Convertendo a vazão de m^3/s para ml/s tem-se:

$$Q = 0,000139155 * 1000^2$$

$$Q = 139,155\text{ml}/\text{s}$$

Multiplicação da vazão pela tempo gasto para preenche um reservatório de 500ml:

$$Q = 139,155 * 5,31833$$

$$Q = 740,0722\text{ml}/\text{s}$$

DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

Vazão com dados prático:

$$Q = \frac{500\text{ml} * 1\text{litro}}{5,31833\text{seg} * 1000\text{ml}}$$

$$Q = 0,094014474 \text{ litros/s}$$

Transformando as unidades de litros/s para m³/s tem-se:

$$Q = 0,000094014 \text{ m}^3/\text{s}$$

Converção para valor em ml/s:

$$Q = 0,000094014 * 1000^2$$

$$Q = 94,014 \text{ ml/s}$$

Calculo da velocidade:

$$V = \frac{Q}{A_{\text{FURO}}}$$

$$V = \frac{0,00009414}{0,00003872}$$

$$V = 2,428047521 \text{ m/s}$$

Orifício retangular II

DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Para calcularmos a área do furo foram utilizadas as seguintes medidas:

- a = 0,0089m
- b = 0,0044m

Para desenvolvimento do cálculo utilizamos a formula da área:

$$A = a * b$$

$$A = 0,0089 * 0,0044$$

$$A = 0,00003916\text{m}^2$$

Calcul a-se vazão (teórica):

$$Q = V * A$$

$$Q = 3,5939 * 0,00003916$$

$$Q = 0,000140737\text{m}^3/\text{s}$$

Convertendo a vazão de m³/s para ml/s tem-se:

$$Q = 140,737\text{ml/s}$$

Multiplicação da vazão pela tempo gasto para preenche um reservatório de 500ml:

$$Q = 140,737 * 4,3233$$

$$Q = 608,4482721\text{m/s}$$

DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

Vazão com dados prático:

$$Q = \frac{500\text{ml} * 1 \text{ litro}}{4,32333\text{seg} * 1000\text{ml}}$$

$$Q = 0,115651592 \text{ l/s}$$

Transformando as unidades de litros/s para m³/s tem-se:

$$Q = 0,000115651\text{m}^3/\text{s}$$

Converção para valor em ml/s:

$$Q = 0,000115651 * 1000^2$$

$$Q = 115,651\text{ml/s}$$

Calculo da velocidade:

$$V = \frac{Q}{A_{\text{FURO}}}$$

$$V = \frac{0,000115651}{0,00003916}$$

$$V = 2,9533\text{m/s}$$

Orifício retangular III

DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Para calcularmos a área do terceiro orifício foram utilizadas as seguintes medidas:

- a = 0,0091m
- b = 0,0044m

Para desenvolvimento do cálculo utilizamos a formula da área:

$$A = a * b$$

$$A = 0,0091 * 0,0044$$

$$A = 0,00004004\text{m}^2$$

Calcul a-se vazão (teórica):

$$Q = V * A$$

$$Q = 3,5939 * 0,00004004$$

$$Q = 0,000143899\text{m}^3/\text{s}$$

Convertendo a vazão de m³/s para ml/s tem-se:

$$Q = 143,899\text{ml/s}$$

Multiplicação da vazão pela tempo gasto para preenche um reservatório de 500ml:

$$Q = 143,899\text{ml/s}$$

✚ DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

Vazão com dados prático:

$$Q = 143,899 * 3,87667$$

$$Q = 557,8489363\text{m/s}$$

Transformando as unidades de litros/s para m³/s tem-se:

$$Q = \frac{500\text{ml} * 1 \text{ litro}}{3,8767\text{seg} * 1000\text{ml}}$$

$$Q = 0,128976673 \text{ l/s}$$

$$Q = 0,000128976\text{m}^3/\text{s}$$

Converção para valor em ml/s:

$$Q = 0,000128976 * 1000^2$$

$$Q = 128,976\text{ml/s}$$

Calculo da velocidade:

$$V = \frac{Q}{A_{\text{FURO}}}$$

$$V = \frac{0,000128976}{0,00004004}$$

$$V = 3,2212\text{m/s}$$

Orifício quadrado I

DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Para desenvolvermos o cálculo de área foi utilizada a medida de:

- $a = 0,0061\text{m}$

Para desenvolvimento do cálculo utilizamos a formula da área:

$$A = a^2$$

$$A = 0,0061^2$$

$$A = 0,00003721\text{m}^2$$

Calcula-se vazão (teórica):

$$Q = V * A$$

$$Q = 3,5939 * 0,0000372$$

$$Q = 0,000133729\text{m}^3/\text{s}$$

Convertendo a vazão de m^3/s para ml/s tem-se:

$$Q = 133,729\text{ml}/\text{s}$$

DESENVOLVIMENTO PRÁTICO



Vazão com dados prático:

$$Q = 133,729 * 5,44333$$

$$Q = 727,9310776\text{ml}/\text{s}$$

Transformando as unidades de litros/s para m³/s tem-se:

$$Q = 0,000091855\text{m}^3/\text{s}$$

Converção para valor em ml/s:

$$Q = 0,000091855 * 1000^2$$

$$Q = 91,855\text{ml}/\text{s}$$

Calculo da velocidade:

$$V = \frac{Q}{A_{\text{FURO}}}$$

$$V = \frac{0,000091855}{0,000043721}$$

$$V = 2,4686\text{m}/\text{s}$$

Orifício quadrado II

DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Para desenvolvermos o cálculo da área vai ser utilizado à medida de:

- $a = 0,0060\text{m}$

Para desenvolvimento do cálculo utilizamos a formula da área:

$$A = a^2$$

$$A = 0,0060^2$$

$$A = 0,000036\text{m}^2$$

Calcul a-se vazão (teórica):

$$Q = V * A$$

$$Q = 3,5939 * 0,000036$$

$$Q = 0,00012938\text{m}^3/\text{s}$$

Convertendo a vazão de m³/s para ml/s tem-se:

$$Q = 129,38\text{ml/s}$$

Multiplicação da vazão pela tempo gasto para preenche um reservatório de 500ml:

$$Q = 129,38 * 4,73667$$

$$Q = 612,8303646\text{ml/s}$$

DESENVOLVIMENTO PRÁTICO



Vazão com dados prático:

$$Q = \frac{500\text{ml} * 1 \text{ litro}}{4,73667\text{seg} * 1000\text{ml}}$$

$$Q = 0,10555939 \text{ l/s}$$

Transformando as unidades de litros/s para m³/s tem-se:

$$Q = 0,000105559\text{m}^3/\text{s}$$

Converção para valor em ml/s:

$$Q = 0,000105559 * 1000^2$$

$$Q = 105,55939 \text{ ml/s}$$

Calculo da velocidade:

$$V = \frac{Q}{A_{\text{FURO}}}$$

$$V = \frac{0,000105559}{0,000036}$$

$$V = 2,92194444$$

$$V = 2,9322\text{m/s}$$

Orifício quadrado III

✚ DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Para desenvolvermos o cálculo da área vai ser utilizado à medida de:

- $a = 0,0060\text{m}$

Para desenvolvimento do cálculo utilizamos a formula da área:

$$A = a^2$$

$$A = 0,0060^2$$

$$A = 0,000036\text{m}^2$$

Calcula-se vazão (teórica):

$$Q = V * A$$

$$Q = 3,5939 * 0,000036$$

$$Q = 0,00012938\text{m}^3/\text{s}$$

Convertendo a vazão de m^3/s para ml/s tem-se:

$$Q = 129,38\text{ml/s}$$

Multiplicação da vazão pela tempo gasto para preenche um reservatório de 500ml:

$$Q = 129,38 * 4,93167$$

$$Q = 638,0594646\text{ml/s}$$

✚ DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

Vazão com dados prático:

$$Q = \frac{500\text{ml} * 1 \text{ litro}}{4,93167\text{seg} * 1000\text{ml}}$$

$$Q = 0,101385534 \text{ l/s}$$

Transformando as unidades de litros/s para m³/s tem-se:

$$Q = 0,000101385\text{m}^3/\text{s}$$

Converção para valor em ml/s:

$$Q = 0,000101385\text{m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,000101385 * 1000^2$$

$$Q = 101,385\text{ml/s}$$

Calculo da velocidade:

$$V = \frac{Q}{A_{\text{FURO}}}$$

$$V = \frac{0,000101385}{0,000036}$$

$$V = 2,81625\text{m/s}$$

Orifício triangular I

DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Medidas para desenvolvimento dos cálculos:

$$a = 0,0083\text{m}$$

Calcula-se vazão (teórica):

$$Q = V * A$$

$$Q = 3,5939 * 0,00002983$$

$$Q = 0,000107206\text{m}^3/\text{s}$$

Para desenvolvimento do cálculo utilizamos a formula da área:

$$A = \frac{a^2}{4} * \sqrt{3}$$

$$A = \frac{0,0083^2}{4} * \sqrt{3}$$

$$A = 0,00002983\text{m}^2$$

Convertendo a vazão de m³/s para ml/s tem-se:

$$Q = 107,206\text{ml/s}$$

Multiplicação da vazão pela tempo gasto para preenche um reservatório de 500ml:

$$Q = 107,206 * 5,24$$

$$Q = 561,75944\text{ml/s}$$

✚ DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

Vazão com dados prático:

$$Q = \frac{500\text{ml} * 1 \text{ litro}}{5,24\text{seg} * 1000\text{ml}}$$

$$Q = 0,095419847 \text{ l/s}$$

Transformando as unidades de litros/s para m³/s tem-se:

$$Q = 0,0000954119\text{m}^3/\text{s}$$

Converção para valor em ml/s:

$$Q = 0,0000954119 * 1000^2$$

$$Q = 95,4119\text{ml/s}$$

Calculo da velocidade:

$$V = \frac{Q}{A_{\text{FURO}}}$$

$$V = \frac{0,0000954119}{0,00002983}$$

$$V = 3,198495349\text{m/s}$$

4.3.9 Orifício triangular II

✚ DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Medidas para calcular a área do triângulo:

$$a = 0,0086\text{m}$$

Para desenvolvimento do cálculo utilizamos a formula da área:

$$A = \frac{a^2}{4} * \sqrt{3}$$

$$A = \frac{0,0086^2}{4} * \sqrt{3}$$

$$A = 0,000032025\text{m}^2$$

Calcula-se vazão (teórica):

$$Q = V * A$$

$$Q = 3,5939 * 0,000032025$$

$$Q = 0,0000115095\text{m}^3/\text{s}$$

Convertendo a vazão de m³/s para ml/s tem-se:

$$Q = 115,095\text{ml/s}$$

Multiplicação da vazão pela tempo gasto para preenche um reservatório de 500ml:

$$Q = 115,095 * 5,06333$$

$$Q = 582,763966\text{ml/s}$$

DESENVOLVIMENTO PRÁTICO



Vazão com dados prático:

$$Q = \frac{500\text{ml} * 1 \text{ litro}}{5,06333\text{seg} * 1000\text{ml}}$$

$$Q = 0,098749242\text{l/s}$$

Transformando as unidades de litros/s para m³/s tem-se:

$$Q = 0,000098749\text{m}^3/\text{s}$$

Converção para valor em ml/s:

$$Q = 0,000098749 * 1000^2$$

$$Q = 98,74922421\text{ml/s}$$

Calculo da velocidade:

$$V = \frac{Q}{A_{\text{FURO}}}$$

$$V = \frac{0,000098749}{0,000032025}$$

$$V = 3,083497268\text{m/s}$$

Orifício triangular III

DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Medidas para calcular a área do triângulo:

$$a = 0,0085\text{m}$$

Para desenvolvimento do cálculo utilizamos a formula da área:

$$A = \frac{a^2}{4} * \sqrt{3}$$

$$A = \frac{0,0085^2}{4} * \sqrt{3}$$

$$A = 0,000031285\text{m}^2$$

Calcula-se vazão (teórica):

$$Q = V * A$$

$$Q = 3,5939 * 0,000031285$$

$$Q = 0,0000112435\text{m}^3/\text{s}$$

Convertendo a vazão de m^3/s para ml/s tem-se:

$$Q = 112,435\text{ml}/\text{s}$$

Multiplicação da vazão pela tempo gasto para preenche um reservatório de 500ml:

$$Q = 112,435 * 5,06333$$

$$Q = 569,2955086\text{ml}/\text{s}$$

DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

Vazão com dados prático:

$$Q = \frac{500\text{ml} * 1 \text{ litro}}{5,03167\text{seg} * 1000\text{ml}}$$

$$Q = 0,099370586/\text{s}$$

Transformando as unidades de litros/s para m^3/s tem-se:

$$Q = 0,00009937\text{m}^3/\text{s}$$

Converção para valor em ml/s :

$$Q = 0,00009937 * 1000^2$$

$$Q = 99,37 \text{ l/s}$$

Calculo da velocidade:

$$V = \frac{Q}{A_{\text{FURO}}}$$

$$V = \frac{0,00009937}{0,000031285}$$

$$V = 3,176282564 \text{ m/s}$$

Orifício circular I

DESENVOLVIMENTO TEÓRICO.

Medidas para calcular a área do círculo:

- $a = 0,0067 \text{ m}$

Para desenvolvimento do cálculo utilizamos a formula da área:

$$A = \frac{\pi}{4} (d^2)$$

$$A = \frac{\pi}{4} * 0,0067^2$$

$$A = 0,000035256 \text{ m}^2$$

Calcula-se vazão (teórica):

$$Q = V * A$$

$$Q = 3,176282564 * 0,000035256$$

$$Q = 0,000126708 \text{ m}^3/\text{s}$$

Convertendo a vazão de m^3/s para ml/s tem-se:

$$Q = 126,708 \text{ ml/s}$$

Multiplicação da vazão pela tempo gasto para preenche um reservatório de 500ml:

$$Q = 126,708 * 6,06500$$

$$Q = 768,48402 \text{ ml/s}$$

DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

Vazão com dados prático:

$$Q = \frac{500 \text{ ml} * 1 \text{ litro}}{6,06500 \text{ seg} * 1000 \text{ ml}}$$

$$Q = 0,08244023 \text{ l/s}$$

Transformando as unidades de litros/s para m³/s tem-se:

$$Q = 0,00008244 \text{ m}^3/\text{s}$$

Converção para valor em ml/s:

$$Q = 0,00008244 * 1000^2$$

$$Q = 82,44 \text{ l/s}$$

Calculo da velocidade:

$$V = \frac{Q}{A_{\text{FURO}}}$$

$$V = \frac{0,00008244}{0,000035256}$$

$$V = 2,3383 \text{ m/s}$$

Orifício circular II

DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Para calcularmos a área do círculo foi utilizado o diâmetro

:

- $a = 0,0066\text{m}$

Para desenvolvimento do cálculo utilizamos a formula da área:

$$A = \frac{\pi}{4}(d^2)$$

$$A = \frac{\pi}{4} * 0,0066^2$$

$$A = 0,00034211\text{m}^2$$

Calcula-se vazão (teórica):

$$Q = V * A$$

$$Q = 3,5939 * 0,000034211$$

$$Q = 0,000122954\text{m}^3/\text{s}$$

Convertendo a vazão de m^3/s para ml/s tem-se:

$$Q = 122,954\text{ml}/\text{s}$$

Multiplicação da vazão pela tempo gasto para preenche um reservatório de 500ml:

$$Q = 122,954 * 5,12667$$

$$Q = 630,3445832\text{ml}/\text{s}$$

✚ DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

Vazão com dados prático:

$$Q = \frac{500\text{ml} * 1 \text{ litro}}{5,12667\text{seg} * 1000\text{ml}}$$

$$Q = 0,097529195 \text{ l/s}$$

Transformando as unidades de litros/s para m³/s tem-se:

$$Q = 0,000097529\text{m}^3/\text{s}$$

Converção para valor em ml/s:

$$Q = 0,000097529 * 1000^2$$

$$Q = 97,529 \text{ ml/s}$$

Calculo da velocidade:

$$V = \frac{Q}{A_{\text{FURO}}}$$

$$V = \frac{0,000097529}{0,000034211}$$

$$V = 2,85081393 \text{ ml/s}$$

Orifício circular III

✚ DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Para calcularmos a área do círculo foi utilizado o diâmetro:

$$a = 0,0063\text{m}$$

Para desenvolvimento do cálculo utilizamos a formula da área:

$$A = \frac{\pi}{4} (d^2)$$

$$A = \frac{\pi}{4} * 0,0063^2$$

$$A = 0,000031172\text{m}^2$$

Calcula-se vazão (teórica):

$$Q = V * A$$

$$Q = 3,5939 * 0,000031172$$

$$Q = 0,00011203\text{m}^3/\text{s}$$

Convertendo a vazão de m³/s para ml/s tem-se:

$$Q = 112,03\text{ml/s}$$

Multiplicação da vazão pela tempo gasto para preenche um reservatório de 500ml:

$$Q = 122,954 * 5,12667$$

$$Q = 630,3445832\text{ml/s}$$

DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

Vazão com dados prático:

$$Q = \frac{500\text{ml} * 1 \text{ litro}}{5,12\text{seg} * 1000\text{ml}}$$

$$Q = 0,09765625 \text{ l/s}$$

Transformando as unidades de litros/s para m³/s tem-se:

$$Q = 0,000097656\text{m}^3/\text{s}$$

Converção para valor em ml/s:

$$Q = 0,000097656 * 1000^2$$

$$Q = 97,656 \text{ ml/s}$$

Calculo da velocidade:

$$V = \frac{Q}{A_{\text{FURO}}}$$

$$V = \frac{0,000097656}{0,000031176}$$

$$V = 3,1324\text{m/s}$$