DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE DOIS INJETORES DE FERTILIZANTES TIPO VENTURI

RICARDO NICOLÁS ZÁRATE ROJAS

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. TARLEI ARRIEL BOTREL

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Abril - 1995

Ficha catalográfica preparada pela Secção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

Zárate Rojas, Ricardo Nicolás
Z36d Desenvolvimento e avaliação de dois injetores de
fertilizantes tipo venturi. Piracicaba, 1995.
67p. ilustr.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Fertirrigação 2. Injetor - Desenvolvimento I. Es
cola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 631.7

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE DOIS INJETORES DE FERTILIZANTES TIPO VENTURI

RICARDO NICOLÁS ZÁRATE ROJAS

Aprovado em : 4.05.95

Comissão julgadora

Prof. Dr. José Antônio Frizzone

ESALQ/USP.

Prof. Dr. Tarlei Arriel Botrel

ESALQ/USP.

Prof. Dr. Reges Eduardo Franco Teodoro

UFU.

Prof. Dr. Tarlei Arriel Botrel.

Aos meus pais, Dario e Noelia e a
todos os meus familiares.

OFEREÇO.

À minha esposa Verónica e ao nosso
filho Nicolás.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela fé e perseverança concedidas em todos os momentos.

À Universidade Nacional de Asunción pela oportunidade oferecida e concessão de recursos financieros, para a realização deste curso de mestrado.

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", por intermédio do Departamento de Engenharia Rural, pela acolhida e efetivo apoio concedidos.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela contribuição financeira durante a realização do curso.

Ao Professor Dr. Tarlei Arriel Botrel, pela orientação e desinteressada amizade no decorrer do curso.

Ao Professor Dr. José Antônio Frizzzone, pelas valiosas sugestões e colaborações apresentadas.

À bibliotecária Kátia Maria de Andrade Ferraz, por suas valiosas contribuições.

Aos colegas Andrés Lai Reyes, Luis Fernando Servín Villalba e Julio Renán Paniagua Alcaraz, pelo apoio incondicional e desinteressado.

Enfim a todos aqueles que, direta ou indiretamente, tenham contribuído para o êxito deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE QUADROS	xv
LISTA DE SÍMBOLOS	xvi
RESUMO.....	xviii
SUMMARY	xx
1.INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1.Dimensionamento.....	5
2.2. Rendimento	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Material	13
3.1.1. Bombas Centrífugas	13
3.1.2. Injetores.....	14
3.1.3. Medidores de Vazão	15
3.1.4. Medidores de Pressão	15
3.2. Métodos	21
3.2.1. Esquema de montagem dos equipamentos	21
3.2.2. Parâmetros de desempenho	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5. CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Dimensões do injetor Venturi desenvolvido por DENÍCULI <i>et al.</i> (1992).....	7
Figura 2 Variação dos coeficientes μ e δ para os diversos valores de m.	9
Figura 3 Corte longitudinal de um injetor.....	9
Figura 4 Bocal convergente do injetor de 3/4".....	16
Figura 5 Bocal divergente do injetor de 3/4".....	16
Figura 6 Bocal convergente do injetor de 1".....	17
Figura 7 Bocal divergente do injetor de 1".....	17
Figura 8 Vista geral do injetor de 1".....	18
Figura 9 Vista geral do injetor de 3/4".....	18
Figura 10 Vista das partes do injetor de 1".....	19
Figura 11 Vista das partes do injetor de 3/4".....	19
Figura 12 Vista dos bocais convergente (esquerda), e divergente (direita) do injetor de 1"	20
Figura 13 Vista mostrando o detalhe do interior do injetor de 1"	20
Figura 14 Vista da montagem dos equipamentos.....	21
Figura 15 Curva de vazão vs tensão de sucção para o injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 10 m.c.a.	28

Página

Figura 16	Curva de tensão de sucção vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 10 m.c.a.	29
Figura 17	Curva de vazão vs tensão de sucção para o injetor de 3/4", sob pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferencial de pressão de 15 m.c.a.	30
Figura 18	Curva de tensão de sucção vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferencial de pressão de 15 m.c.a.	30
Figura 19	Curva de vazão vs tensão de sucção para o injetor de 1" sob pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 10 m.c.a.	32
Figura 20	Curva da tensão de sucção vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 20 m.c.a., e diferencial de pressão de 10 m.c.a.	32
Figura 21	Curva de vazão vs tensão de sucção para o injetor de 1" sob pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferencial de pressão de 15 m.c.a.	34
Figura 22	Curva da tensão de sucção vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferencial de pressão de 15 m.c.a.	34
Figura 23	Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 3/4" sob 40 m.c.a. de pressão de alimentação.....	36

Página

Figura 24	Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 40 m.c.a.	36
Figura 25	Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 3/4" sob 35 m.c.a de pressão de alimentação.....	38
Figura 26	Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 35 m.c.a.	38
Figura 27	Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 3/4" sob 30 m.c.a. de pressão de alimentação.....	40
Figura 28	Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 30 m.c.a.	40
Figura 29	Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 3/4" sob 25 m.c.a de pressão de alimentação.....	42
Figura 30	Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 25 m.c.a.	42
Figura 31	Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 3/4" sob 20 m.c.a. de pressão de alimentação.....	44
Figura 32	Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 20 m.c.a.	44

Figura 33	Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 3/4" sob 15.m.c.a. de pressão de alimentação.....	46
Figura 34	Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 15 m.c.a.	46
Figura 35	Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 3/4" sob 10 m.c.a. de pressão de alimentação.....	48
Figura 36	Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 10 m.c.a.	48
Figura 37	Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 1" sob 40 m.c.a. de pressão de alimentação.....	50
Figura 38	Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 40 m.c.a.....	50
Figura 39	Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 1" sob 35 m.c.a.de pressão de alimentação.....	52
Figura 40	Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 35 m.c.a.....	52
Figura 41	Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 1" sob 30 m.c.a. de pressão de alimentação.....	54
Figura 42	Diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 35 m.c.a.	54
Figura 43	Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 1" sob 25 m.c.a. de pressão de alimentação.....	56

Página

Figura 44	Diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 25 m.c.a.	56
Figura 45	Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 1" sob 20 m.c.a. de pressão de alimentação.....	58
Figura 46	Diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 20 m.c.a.	58
Figura 47	Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 1" sob 15 m.c.a. de pressão de alimentação.....	60
Figura 48	Diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 15 m.c.a.	60
Figura 49	Vazão de sucção vs diferencial de pressão sob 10 m.c.a de pressão de alimentação.....	62
Figura 50	Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 10 m.c.a.....	62

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1	Tensão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento para o injetor de 3/4", succionando água, à pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferencial de pressão relativo de 10 m.c.a. 28
Tabela 2	Tensão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento para o injetor de 3/4", succionando água, à pressão de alimentação de 30 m.c.a., e diferencial de pressão de 15 m.c.a. 29
Tabela 3	Tensão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento para o injetor de 1", succionando água, à pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 10 m.c.a. 31
Tabela 4	Tensão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação, e rendimento para o injetor de 1", succionando água, à pressão de alimentação de 30 m.c.a., e diferencial de pressão de 15 m.c.a. 33
Tabela 5	Pressão à jusante, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento para o injetor de 3/4", succionando água, à pressão de alimentação de 40 m.c.a., sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a. 35

Página

Tabela 6	Pressão à jusante, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento para o injetor de 3/4", succionando água, à pressão de alimentação de 40 m.c.a. e sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.....	37
Tabela 7	Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor de 3/4", succionando água, à pressão de alimentação de 30 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.	39
Tabela 8	Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor de 3/4", à pressão de alimentação de 25 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.....	41
Tabela 9	Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor de 3/4", succionando água, à pressão de alimentação de 10 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.	43
Tabela10	Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 3/4", succionando água, à pressão de alimentação de 15 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.	45

Página

Tabela11	Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de alimentação e rendimento do injetor de 3/4", succionando água, à pressão de alimentação de 10 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.....	47
Tabela12	Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de alimentação, e rendimento do injetor de 1", succionando água, à pressão de alimentação de 40 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.....	49
Tabela13	Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de alimentação e rendimento do injetor de 1", succionando água, à pressão de alimentação de 35 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.....	51
Tabela14	Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação, e rendimento do injetor de 1", succionando água, à pressão de alimentação de 30 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.....	53
Tabela15	Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor de 1", succionando água, à pressão de alimentação de 25 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.	55

Página

Tabela16	Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor de 1", succionando água, à pressão de alimentação de 20 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.	57
Tabela17	Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor de 1", succionando água, à pressão de alimentação de 15 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.	59
Tabela18	Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação, e rendimento do injetor de 1" succio-nando água, à pressão de alimentação de 10 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.	61

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1	Características das bombas centrífugas 13
Quadro 2	Equações de regressão da vazão em função da tensão de sucção 24
Quadro 3	Equações de regressão da vazão em função do diferencial de pressão para o injetor de 3/4" 26
Quadro 4	Equações de regressão da vazão em função do diferencial de pressão para o injetor de 1" 27

LISTA DE SÍMBOLOS

d_1	diâmetro do bocal convergente [mm].
d_2	diâmetro do bocal divergente[mm].
C_d	coeficiente de descarga [-].
μ	H/h [-].
δ	Q_2/Q_1 [-].
η	rendimento do injetor ($\mu.\delta$) [-].
Q_2	vazão de elevação [l/h].
Q_1	vazão motriz [l/h].
Q'_3	vazão útil [l/h].
H	altura líquida de elevação [m].
h	altura líquida motriz [m].
ρ	massa específica [kg/m ³].
ρ_2	massa específica do líquido succionado [kg/m ³].
ρ_1	massa específica do líquido motriz [kg/m ³].
$E_{\text{útil}}$	Energia útil [joule].
E_1	Energia à montante referente à vazão motriz [joule].
E'_3	Energia à jusante referente à vazão útil [joule].
E''_3	Energia à jusante referente à vazão motriz [joule].
E_2	Energia de sucção [joule].
$E_{\text{acionamento}}$	Energia de acionamento [joule].
m	relação de áreas (s/S) ou diâmetros (d_1/d_2). É uma característica do injetor ($m < 1$) [-].

Inf.	inferior [-].
Sup.	superior [-].
s	área do bocal convergente [m ²].
S	área do bocal divergente [m ²].
V	velocidade do fluído [m/s].
P	pressão [N/m ²].
θ	volume [m ³].
ΔT	energia por unidade de tempo [-].
m.c.a.	metros de coluna de água [m].
vs.	versus [-].
"	polegada
kPa	quilo Pascal

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE DOIS INJETORES DE FERTILIZANTES TIPO VENTURI

Autor : RICARDO NICOLÁS ZÁRATE ROJAS

Orientador: PROF. DR. TARLEI ARRIEL BOTREL

RESUMO

No presente trabalho apresentam-se as metodologias de desenvolvimento e avaliação de dois injetores tipo Venturi, de 1" e 3/4".

Também apresentam-se os desenhos dos protótipos e as avaliações a que foram submetidos. As avaliações foram feitas no Laboratório de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP.

Os parâmetros de desempenho analisados foram: (1) vazão de sucção vs. tensão de sucção, (2) rendimento vs. tensão de sucção, (3) vazão de sucção vs. diferencial de pressão, e (4) rendimento vs. diferencial de pressão.

O maior rendimento obtido para o injetor de 1" foi 10,46% sob pressão de alimentação de 10 m.c.a., e para o de 3/4" foi de 8,21% sob a mesma pressão de alimentação.

Os injetores diminuem a sua vazão de sucção, com o aumento da tensão de sucção. Ambos os injetores, nas pressões de alimentação de 40,

35, 30, 25 e 20 m.c.a., possuem limites, a partir dos quais, mesmo que se aumente o diferencial de pressão, não aumenta a vazão de sucção. Já nas pressões de alimentação de 15 e 10 m.c.a., não foram encontrados tais limites e manteve-se linear a relação entre vazão de sucção e diferencial de pressão.

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF TWO INJECTOR FERTILIZER VENTURI TYPE

Author: RICARDO NICOLÁS ZÁRATE ROJAS

Adviser: PROF. DR. TARLEI ARRIEL BOTREL

SUMMARY

The aims of this study were to develop and evaluate two injectors fertilizer Venturi type of 1" and 3/4".

The evaluation was done in the Irrigation Laboratory of Rural Engineering Department at ESALQ - University of São Paulo.

The parameters analyzed were: (1) suction flow vs. suction pressure, (2) efficiency vs. suction pressure, (3) suction flow vs. differential pressure, and (4) efficiency vs. differential pressure. Different range of pressure and flow were used.

The major efficiency obtained for the 1" injector was 10.46% under 100 kPa pressure, and 8.21% for the 3/4" injector at the same pressure.

The suction flow of both injectors decreased as the suction pressure increased. The pressures head before the injector apparatus were 400, 350, 300, 250, 200 kPa. Each pressure has its own limit on the differential

pressure, at pressures ranging from 100 to 150 kPa no limits were found, a linear relation between suction flow and differential pressure was detected.

1.INTRODUÇÃO

A aplicação de fertilizantes, via água de irrigação, é vantajosa, quando se usa irrigação de alta frequência, pois possibilita a aplicação da quantidade exata de fertilizante que o vegetal demanda para seu ciclo vegetativo.

De acordo com SNE (1988), a injeção de fertilizante, através da água de irrigação, pode executar-se por diversos métodos. Leve-se em conta o princípio de que, em sistemas de irrigação pressurizados, a solução de fertilizante injetada tem que superar a pressão interna da rede. Os métodos mais comuns para a injeção de fertilizante em sistemas de irrigação são: elevação da pressão da solução fertilizante por bombeamento, sucção pela pressão negativa, e diferencial de pressão.

A sucção pela pressão negativa é obtida através do injetor Venturi. FRIZZONE *et al.* (1994) definem o injetor Venturi como um dispositivo metálico, ou de PVC, com uma seção convergente, seguida de um estrangulamento e de uma seção divergente gradual, para diâmetro igual ao da tubulação a ele conectada. O princípio de funcionamento baseia-se na transformação da energia de pressão da água na tubulação em energia cinética, quando a água passa pela seção estrangulada do Venturi, que novamente se transforma em energia de pressão, ao voltar à tubulação principal. O Venturi aumenta a velocidade da água na seção estrangulada, provocando queda de

pressão. Devidamente dimensionado, ocasiona a sucção do fertilizante colocado num reservatório aberto, injetando-o na rede de irrigação.

SHANI & SAPIR (1986) citam, como vantagens, o mecanismo ser simples, e não apresentar partes móveis. A solução é contida em um tanque aberto feito de plástico; sob condições operacionais estáveis, a taxa de diluição é constante. Uma ampla variedade de modelos é possível e os custos são baixos, em comparação aos equipamentos alternativos. Como limitações, têm-se uma grande perda na pressão de bombeamento, na maioria dos modelos (no mínimo um terço da pressão de entrada) e sensibilidade a variações de pressão e vazão; além disso, variação nas condições de operação pode ocasionar uma grande variação na taxa de mistura.

Procurando dar subsídios aos irrigantes, apresenta-se uma metodologia para a construção de dois tamanhos de injetores de fertilizante tipo Venturi (3/4 e 1") em PVC, modelados em torno. Apresentam-se também as avaliações a que foram submetidos no laboratório de Irrigação da ESALQ/USP.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Inicialmente, os Tubos de Venturi só eram utilizados para se fazerem medições de vazão. Segundo DELMÉE (1983), o primeiro trabalho desenvolvido sobre tais medidores foi realizado por G.B. Venturi, em 1797, em suas pesquisas experimentais sobre o princípio de comunicação lateral do movimento nos fluidos, aplicado à interpretação de diferentes fenômenos hidráulicos. Somente 90 anos depois, Clemens Herschel desenvolveu o tubo de Venturi.

Os aparelhos a jato valem-se do princípio de Venturi e eles são definidos, segundo TROSKOLANSKI (1977), como dispositivos apropriados para, simultaneamente, aspirar e recalcar um fluido (líquido, gás ou vapor) ou uma mistura fluido-sólido, por aplicação prática do fenômeno de Venturi. Para tanto, utiliza-se um órgão de restrição seccional à passagem de corrente fluida, alimentado por um outro fluido qualquer, denominado fluido primário ou fluido motor. O citado autor divide os aparelhos a jato em dois grupos, ejetores e injetores. Os ejetores prestam-se a aspirar um fluido de um local, sob pressão qualquer, e recalca-lo para outro local, sujeito à pressão atmosférica ou ligeiramente superior a ela. Já os injetores são empregados para recalcar um fluido para um local sujeito a uma pressão sempre superior à pressão atmosférica.

De acordo com FEITOSA FILHO & ARRUDA (1994), no Brasil só se dispõe de injetores importados, fabricados em PVC, polietileno ou acrílico, e, por isso, só recomendados para uso em sistema de irrigação de baixa pressão. O trabalho desses autores teve como objetivo divulgar um protótipo de um injetor "Tipo Venturi", fabricado com tubos e chapa metálica, e a metodologia para sua construção e dimensionamento, o qual apresenta potencial para ser utilizado tanto na irrigação de baixa pressão, quanto na de média e alta pressão.

Ainda, segundo os autores citados, os parâmetros que se devem conhecer, para o dimensionamento do injetor, são: vazão total do sistema de irrigação (ou vazão que deve passar pelo injetor se instalado em paralelo à linha de irrigação), pressão de serviço no local próximo ao início da seção convergente do injetor, altura em que deve ser instalado o equipamento em relação ao recipiente contendo a solução e uma pressão negativa na seção estrangulada do injetor a ser atribuída.

Segundo HERNÁNDEZ *et al.* (1987), o fluxo de fertilizante injetado na rede terá uma relação direta com a pressão da água na entrada do mecanismo, com uma pressão mínima em torno de 15 m.c.a.. Nos modelos usuais, tal vazão situa-se entre 50 e 3.000 l/h. A vazão mínima a passar pelo aparelho depende da sua capacidade e varia desde 1 m³/h, para os modelos de 1" (uma polegada), a mais de 20 m³/h, para alguns de 2", de alta capacidade de sucção. O mesmo autor explica que, nos catálogos comerciais, a capacidade de sucção do Venturi refere-se à água pura. Essa capacidade será reduzida na medida em que a densidade da solução fertilizante aumentar.

De acordo com PIZARRO (1990), anos atrás, era freqüente intercalar o injetor Venturi, não em paralelo, mas na própria rede, com o

inconveniente de ocasionar perdas de carga em torno de 30 % da pressão. Para se instalar o injetor Venturi, deve-se coloca-lo em paralelo com a tubulação de irrigação. Nesta, uma válvula produz um diferencial de pressão, que dirige parte da água ao circuito do injetor. Essa válvula pode ser evitada, aproveitando qualquer elemento do cabeçal que crie perdas de pressão (reguladores, filtros, etc.).

FEITOSA FILHO (1990), necessitando trabalhar com um desses instrumentos e não o encontrando no mercado, aproveitou parte das recomendações citadas por DELMÉE (1983), para a construção do medidor de vazão "Tipo Venturi", e construiu alguns desses injetores utilizando tubos e chapas metálicas.

FERREIRA (1994), estudando dois injetores Venturi, chegou às seguintes conclusões: a vazão de sucção aumenta com o aumento do diferencial de pressão, sendo constante a pressão de alimentação; a vazão de sucção diminui com o acréscimo da pressão de alimentação, mantendo-se constante o diferencial de pressão, e a vazão de sucção aumenta com o aumento da pressão relativa de sucção, para todos os casos por ele estudados.

2.1.Dimensionamento

De acordo com URQUHART (1950), o ângulo de convergência do venturímetro é de 21° , o diâmetro da garganta, entre a metade e um quarto do diâmetro da tubulação de entrada e o ângulo de divergência, entre 5° e 7° .

Para BALLOFETT *et al.* (1955), nos medidores Venturi, o diâmetro da garganta é geralmente $1/3$ do diâmetro da tubulação na qual está

instalado. A seção convergente pode ter um comprimento de 2,5 vezes o diâmetro da tubulação, o qual corresponde a um ângulo de 15° enquanto o divergente, um comprimento de 7,5 diâmetros, com o que se obtém um ângulo ótimo de 5° .

Segundo CARLIER (1968), o rendimento do bocal divergente jamais alcança o valor unitário e permanece compreendido entre 0,7 e 0,85 (70 a 85%).

De acordo com RUSSELL (1971), no desenho original de Herschel, a porção convergente do medidor varia de 2 a 2,5 vezes o diâmetro da tubulação. A porção divergente tem um ângulo central de 5° , e a relação entre d_1 e d_2 é de 3:1. Essas proporções para o dispositivo já não seguem o padrão de Herschel e a relação entre d_1 e d_2 varia de 1,5 a 4,0, sendo 2,0 a relação mais freqüente.

Para VENNARD & STREET (1978), um medidor Venturi consiste de um cone de entrada lisa, com ângulo em torno de 20° , um cilindro de seção curta, e um cone difusor, com ângulo entre 5° e 7° , com a finalidade de minimizar a perda de carga. Segundo AZEVEDO NETTO & ALVAREZ (1988), nos bocais convergentes, a descarga é máxima para um ângulo igual a $13^\circ 30'$ com um $C_d = 0,94$. As experiências de Venturi demonstram que um ângulo de divergência de 5° , combinado com um comprimento de tubo igual a cerca de nove vezes o diâmetro da seção estrangulada, permite os mais altos coeficientes de descarga.

Na Figura 1, apresenta-se o injetor Venturi desenvolvido por DENÍCULI *et al.* (1992), para a aplicação de potássio na água de irrigação. O injetor foi construído com base nas dimensões do venturímetro clássico. Com

relação à estrutura, os bocais convergente e divergente, junto à garganta, formam um corpo único.

FEITOSA FILHO & ARRUDA (1994) adotaram ângulo convergente de 21° e divergente de 11° , sendo que DELMÉE (1983) recomenda o mesmo ângulo convergente ($\pm 1^\circ$) e um ângulo divergente entre 7 e 15° . É importante destacar que as medidas propostas por DELMÉE (1983) aplicam-se, para um tubo de Venturi clássico, isto é, com o objetivo específico de "medir vazões".

Figura 1 - Dimensões do injetor Venturi desenvolvido por DENÍCULI *et al.* (1992).

2.2. Rendimento

Segundo FLÜGEL¹, citado por HIRSCHMANN (1958), qualquer ejetor de água tem como valor característico o quociente μ , dado por:

¹FLÜGEL, G. Berechnung Von Strahlapparaten, VDI - Zeitschrift Bd. 83, Nr. 38.

$$\mu = \frac{P_s - P_a}{P_e - P_s} \quad (1)$$

o mesmo autor, define também o coeficiente δ , dado por

$$\delta = \frac{Q_2}{Q_1} \quad (2)$$

e, o rendimento η dado por:

$$\eta = \mu \cdot \delta \quad (3)$$

CARLIER (1968) chega à mesma expressão de Flügel para o rendimento global do ejedor, admitindo comuns o fluído motor e o de sucção, sendo:

$$\eta = \frac{Q_2 \cdot H}{Q_1 \cdot h} = \mu \cdot \delta \quad (4)$$

O autor assume que as curvas características de H (Q_2) e η (Q_2), sob uma carga motriz (h) constante, são semelhantes àquelas das bombas centrífugas, assim como também o rendimento é sempre pequeno, no máximo 0,3. Para um dado ejedor, o rendimento máximo é obtido para o valor máximo do produto $\mu \cdot \delta$, isto é, para $\mu = \mu_0 / 2$ e $\delta = \delta_0 / 2$, sendo μ_0 o valor de μ para $\delta = 0$ e δ_0 o valor de δ para $\mu = 0$.

Também para o citado autor, a razão $m = s/S$ é um parâmetro característico do ejedor e apresenta um gráfico (Figura 2) de μ (δ) e η (δ) para

quatro valores de m , que se mantiveram constantes. De acordo com o gráfico, o valor de $m = 0,25$ é o que fornece maior rendimento.

Figura 2 - Variação dos coeficientes μ e δ para os diversos valores de m .

Segundo FUCHSLOCHER (1954), o rendimento nos ejetores pequenos é da ordem de 0,1 a 0,15, nos maiores é de 0,22 e, nos muitos grandes até 0,25, no máximo.

OLIVEIRA (1993) apresenta uma metodologia para a avaliação dos injetores, de acordo com o seguinte esquema:

Figura 3 - Corte longitudinal de um injetor

Onde:

- 1 é ponto de alimentação do injetor;
- 2 é ponto de sucção de ar ou água e
- 3 é ponto de descarga de água .

A partir da Figura 3, e pela lei da conservação da energia, tem-se:

$$E1 + E'2 = E3 \quad (5)$$

sendo,

E1 a energia total em 1;

E'2 a energia total em 2 e

E3 a energia total em 3.

Em se tratando do processo isotérmico, as formas de energia envolvidas são: a cinética; a piezométrica e a geométrica, sendo que a posição do injetor, na horizontal, iguala a energia de posição nos três pontos.

Como o objetivo principal é a avaliação da sucção realizada pelo injetor, e considerando E'2 como energia útil (energia para sucção), e E1 como energia total de acionamento, o rendimento será:

$$\eta = E'2 / E1 \quad (6)$$

ou ainda,

$$\eta = \frac{Ec_2 + Ep_2}{Ec_1 + Ep_1} \quad (7)$$

onde,

Ec é a energia cinética = $1/2 m' \cdot V^2$ e

Ep é a energia piezométrica = $P \cdot \theta$

Considerando a energia por unidade de tempo (ΔT), tem-se:

$$\frac{Ec}{\Delta T} = \frac{m' \cdot V^2}{2 \cdot \Delta T} \quad (8)$$

$$\frac{Ep}{\Delta T} = \frac{P \cdot \theta}{\Delta T} \quad (9)$$

Considerando que $m = \rho \cdot \theta$, obtém-se

$$\frac{Ec}{\Delta T} = \frac{\rho \cdot \theta \cdot V^2}{2 \cdot \Delta T} \quad (10)$$

Dado que o volume por unidade de tempo $\theta/\Delta T$ é a vazão (Q),
tem-se

$$\frac{Ec}{\Delta T} = \frac{\rho \cdot Q \cdot V^2}{2} \quad (11)$$

Assim como também

$$\frac{Ep}{\Delta T} = P \cdot Q \quad (12)$$

²Os índices sob as variáveis indicam as posições conforme a figura 3.

A partir das equações 7, 11 e 12 pode-se definir o rendimento como

$$\eta = \frac{\rho_2 \cdot \frac{Q_2 \cdot V_2^2}{2} + P_2 \cdot Q_2}{\rho_1 \cdot \frac{Q_1 \cdot V_1^2}{2} + P_1 \cdot Q_1} \quad (13)$$

Sendo que $V = Q/A$ chega-se a

$$\eta = \frac{\rho_2 \cdot \frac{Q_2^3}{2 \cdot A_2^2} + P_2 \cdot Q_2}{\rho_1 \cdot \frac{Q_1^3}{2 \cdot A_1^2} + P_1 \cdot Q_1} \quad (14)$$

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os injetores foram construídos por um torneiro da cidade de Piracicaba. Os ensaios dos mesmos foram conduzidos no Laboratório de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, localizada no Município de Piracicaba, Estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são: latitude 22°42'30"S, longitude 47°30'00"W e altitude média de 576 m.

3.1. Material

3.1.1. Bombas Centrífugas

Foram utilizadas duas bombas centrífugas de eixo horizontal, para a obtenção das pressões pré-estabelecidas, cujas características são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Características das bombas centrífugas

Especificação	Bomba A	Bomba B
Potência (CV)	10	4
Rotação (rpm)	3500	3490
Vazão (m ³ /h)	30	20
Altura manométrica (m.c.a.)	80	33

3.1.2. Injetores

Foram construídos dois injetores de fertilizantes tipo Venturi de 3/4 e 1" respectivamente. O material utilizado foi o PVC.

A metodologia de cálculo para o dimensionamento dos bocais foi a seguinte:

Para o injetor de 3/4", partiu-se da suposição de que haveria necessidade de um diferencial de pressão mínimo de 36 mca, e de uma vazão motriz de 1100 l/h. Sendo que $Q = cd \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$, e adotando-se um cd de 0,9, pode-se obter a incógnita s (área do bocal convergente), cujo valor é $1,28 \cdot 10^{-5} m^2$. A partir da formula $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$, obteve-se o valor do diâmetro do bocal convergente, $d1 = 4,04$ mm.

Uma vez conhecido o valor $d1$, adotou-se o valor de $m = 0,95$, para, dessa maneira, obter-se $d2$, a partir da relação $m = \frac{s}{S} = \frac{d1^2}{d2^2}$, resultando o valor de $d2 = 4,14$ mm.

Para o dimensionamento dos bocais do injetor de 1", seguiu-se a mesma metodologia do de 3/4". Só foi modificada a vazão motriz, adotando-se 3860 l/h. Foram obtidos os diâmetros $d1 = 7,6$ mm e $d2 = 7,8$ mm.

Foi utilizado um ângulo convergente de 15° , para o injetor de 3/4", e de 14° , para o de 1". O ângulo divergente do injetor de 3/4" foi de 14° , e, para o de 1", foi de 12° . Tais ângulos foram estabelecidos em função da facilidade na construção dos bocais.

Adotou-se uma distância entre bocais, para ambos os casos, de 1,1 D. Os detalhes construtivos podem ser apreciados nas Figuras 4, 5, 6 e 7.

A montagem dos bocais foi feita em conexões tipo "T" soldáveis, e adaptaram-se uniões solda-rosca de acordo com as Figuras 9, 10, 11, 12, 13 e 14.

3.1.3. Medidores de Vazão

Para medir a vazão motriz, foi utilizado um medidor de vazão magnético indutivo (CONAUT - 462), com limite máximo de medição de $8 \text{ m}^3/\text{h}$. Ele opera com um conversor de sinais CONAUT - 474 ($K = 404$).

O princípio de funcionamento baseia-se na lei de FARADAY, que consiste na geração de um campo magnético, pela passagem de uma corrente elétrica entre duas bobinas; o condutor é o fluido de medição, e o diâmetro do tubo, igual ao comprimento.

O medidor apresenta precisão de 0,1 %, comprovada em ensaios realizados no Laboratório de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP.

3.1.4. Medidores de Pressão

A pressão de alimentação foi medida através do transdutor de pressão No. 726, com capacidade de 5 kgf/cm^2 , conectado ao aparelho conversor interface No. 843 (indicador digital microprocessado).

Para medir a pressão de recalque, foi utilizado o transdutor de pressão No. 664, com capacidade de 10 kgf/cm^2 , conectado ao aparelho conversor interface No. 193 (indicador digital microprocessado). Ambos os

medidores tem uma precisão de 0,1 % e foram calibrados antes de começar os ensaios.

A pressão de sucção foi medida, utilizando-se um vacuômetro de coluna de mercúrio.

Figura 4 - Bocal convergente do injetor de 3/4"

Figura 5 - Bocal divergente do injetor de 3/4"

Figura 6 - Bocal convergente do injetor de 1"

Figura 7 - Bocal divergente do injetor de 1"

Figura 8 - Vista geral do injetor de 1"

Figura 9 - Vista geral do injetor de 3/4"

Figura 10 - Vista das partes do injetor de 1"

Figura 11 - Vista das partes do injetor de 3/4"

Figura 12 - Vista dos bocais convergente (esquerda), e divergente (direita) do injetor de 1".

Figura 13 - Vista mostrando o detalhe do interior do injetor de 1".

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Esquemas de montagem dos equipamentos

LEGENDA:

1- Reservatório de água	6- Medidor de pressão digital micro processado
2- Conjunto moto - bomba	7- Injetor Venturi
3- Válvula de gaveta	8- Recipiente com água e mangueira de sucção
4- Medidor de vazão magnético indutivo	9 - Vacuômetro de coluna de mercúrio
5- Transdutor de pressão	

Figura 14 - Vista da montagem dos equipamentos.

3.2.2. Parâmetros de desempenho

Foi avaliada a relação entre a vazão de sucção e a tensão de sucção dos dois injetores, sob pressão de alimentação de 20 e 30 m.c.a., e diferencial de pressão de 10 e 15 m.c.a., respectivamente. Com os mesmos parâmetros citados, foi avaliada a razão entre tensão de sucção e rendimento .

Também foram avaliadas as relações entre vazão de sucção e rendimento e diferencial de pressão, para as pressões de alimentação de 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 m.c.a.

Para o cálculo do rendimento, foi feita uma modificação na expressão apresentada por OLIVEIRA (1993), pois, devido a objetivos diferentes (escorva de bombas centrífugas), os conceitos de energia útil e energia de acionamento foram redefinidos, conforme segue:

$$E_{util} = E'_3 - E_2 \quad (15)$$

e

$$E_{acionamento} = E_1 - E'_3 \quad (16)$$

então

$$\eta = \frac{E_{util}}{E_{acionamento}} \quad (17)$$

substituindo-se $E_{\text{útil}}$ e $E_{\text{acionamento}}$ tem-se,

$$\eta = \frac{E_3' - E_2}{E_1 - E_3''} \quad (18)$$

e também

$$\eta = \frac{P_3 \cdot Q_3' - P_2 \cdot Q_2}{P_1 \cdot Q_1 - P_3 \cdot Q_1} \quad (19)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a metodologia descrita no capítulo anterior, foram feitos os ensaios cujos resultados são apresentados em forma de Tabelas e Figuras, discutidas a seguir.

Nas Figuras 15, 17, 19 e 21 apresentam -se as curvas de vazão versus tensão de sucção, para os injetores de 1" e 3/4", sob diferentes condições de funcionamento, onde se pode observar a diminuição da vazão de sucção com o aumento da tensão de sucção, para ambos os injetores, com diferenciais de pressão constantes. Ajustou-se o modelo linear, obtendo-se as equações de regressão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Equações de regressão da vazão em função da tensão de sucção.

Figura	Pressão de alimentação (m.c.a.)	Diferencial de pressão (m.c.a.)	Equação	R ²
15	20	10	$Y = 64,76251516 - 38,92721758 X$	0,994
17	30	15	$Y = 75,58041765 - 35,6992821 X$	0,997
19	20	10	$Y = 280,4326727 - 73,60368409 X$	0,999
21	30	15	$Y = 387,832863 - 89,430833491 X$	0,996

X = Tensão de sucção (m.c.a.)

Y = Vazão de sucção (l/h)

Quanto à relação entre tensão de sucção e rendimento, mantendo-se constantes os diferenciais de pressão, foram obtidos os gráficos apresentados nas Figuras 16, 18, 20 e 22. Observa-se que o rendimento diminui com o aumento da tensão de sucção. Os diferenciais de pressão testados foram 10 e 15 m.c.a.

As Figuras 23, 25, 27, 29 e 31, correspondem à relação entre vazão de sucção e diferencial de pressão, para o injetor de 3/4", sob pressões de alimentação de 40, 35, 30, 25, e 20 m.c.a., respectivamente. Observando tais Figuras, percebe-se que existe uma tendência de aumento linear crescente da vazão, com o diferencial de pressão, até certo ponto (diferente para todos). Após tal ponto, a vazão tem uma tendência a estabilizar-se, com o aumento do diferencial de pressão. Os valores do diferencial de pressão, onde se inicia a sucção, têm tendência de se reduzir, com a diminuição da pressão de alimentação.

Procurou-se ajustar equações lineares, para representar a relação entre vazão de sucção e diferencial de pressão, porém apenas no segmento crescente dos gráficos. Os valores de diferencial de pressão, entre os quais foram realizadas as regressões para o injetor de 3/4", são os seguintes: sob pressão de alimentação de 40 m.c.a. (Figura 23) entre 16,61 e 27,33 m.c.a.; sob pressão de alimentação de 35 m.c.a (Figura 25) entre 14,87 e 25,13 m.c.a. ; sob pressão de alimentação de 30 m.c.a.(Figura 27) entre 12,90 e 22,92 m.c.a.; sob pressão de alimentação de 25 m.c.a.(Figura 29) entre 10,70 e 18,85 m.c.a. e sob pressão de alimentação de 20 m.c.a. (Figura 31) entre 8,49 e 16,65 m.c.a. Sob pressão de alimentação de 15 m.c.a. e 10 m.c.a. (Figura 33 e 35) manteve-se a relação linear na faixa estudada.

Os valores das equações de regressão são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Equações de regressão da vazão em função do diferencial de pressão para o injetor de 3/4".

Figura correspondente	Pressão de alimentação (m.c.a.)	Equação	R ²	Limites de validade(m.c.a.)	
				Inf.	Sup.
23	40	$Y = -322,752244 + 19,231027 X$	0,999	16,61	27,33
25	35	$Y = -308,345846 + 20,514695 X$	0,999	14,87	25,13
27	30	$Y = -300,277162 + 23,012993 X$	0,999	12,90	22,92
29	25	$Y = -263,510147 + 24,735118 X$	0,999	10,70	18,85
31	20	$Y = -244,816505 + 28,472615 X$	0,999	8,49	16,65
33	15	$Y = -256,643344 + 35,658454 X$	0,997	6,99	13,75
35	10	$Y = -239,761507 + 49,254002 X$	0,995	4,79	8,51

X = Diferencial de pressão (m.c.a.) Y = Vazão de sucção (l/h)

Nas Figuras 24, 26, 28, 30, 32, 34 e 36, são apresentados os diferenciais de pressão versus rendimento para o injetor de 3/4", sob pressão de alimentação de 40, 35, 30, 25, 20, 15 e 10 m.c.a., respectivamente. Observa-se que o rendimento aumenta com o aumento do diferencial de pressão, até certo ponto, a partir do qual começa a decrescer, com o aumento do diferencial de pressão.

Com relação ao injetor de 1", obteve-se comportamento igual ao de 3/4", em relação ao aumento da vazão de sucção, com a elevação do diferencial de pressão, mantendo uma relação linear até um ponto (o qual difere em cada pressão de alimentação), para estabilizar, mesmo elevando o diferencial de pressão. Os valores utilizados para o cálculo das regressões podem ser vistos na Tabela 12, e a validade da equação está entre 13,58 e 18,94 m.c.a. de diferencial de pressão para o injetor de 1", submetido a pressão de

alimentação de 40 m.c.a. Para pressão de alimentação de 35 m.c.a. entre 11,84 e 18,14 m.c.a (Tabela 13), para pressão de alimentação de 30 m.c.a. (Tabela 14) entre 10,34 e 16,40; para pressão de alimentação de 25 m.c.a. (Tabela 15) entre 9,30 e 15,59 m.c.a., e para pressão de alimentação de 20 m.c.a. (Tabela 16) entre 7,10 e 13,15 m.c.a.

Nas Figuras 47 e 49, observa-se a relação linear entre o diferencial de pressão e a vazão de sucção, no injetor de 1", sob pressão de alimentação de 15 m.c.a. e 10 m.c.a.

As equações de regressão encontradas são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Equações de regressão da vazão, em função do diferencial de pressão para o injetor de 1".

Figura correspondente	Pressão de alimentação (m.c.a.)	Equação	R ²	Limites de validade (mca)	
				Inf.	Sup.
37	40	$Y = -881,0606567 + 67,14603334 X$	0,992	13,58	18,94
39	35	$Y = -720,0689512 + 63,2443512 X$	0,995	11,84	18,14
41	30	$Y = -12,28512758 + 1,226705387 X$	0,992	10,34	16,40
43	25	$Y = -627,3216677 + 71,40728547 X$	0,994	9,30	15,59
45	20	$Y = -548,0096826 + 80,09944011 X$	0,998	7,10	13,15
47	15	$Y = -649,5230344 + 101,5305997 X$	0,998	6,52	12,58
49	10	$Y = -655,6676235 + 157,8110767 X$	0,998	4,09	8,05

X = Diferencial de pressão (m.c.a.) Y = Vazão de sucção (l/h)

Também na relação entre diferencial de pressão e rendimento, o injetor de 1" tem um comportamento similar ao de 3/4": sendo que o rendimento aumenta, com o aumento da pressão, até um ponto quando começa a diminuir, mesmo aumentando o diferencial de pressão (Figuras 38, 40, 42, 44, 46, 48 e 50).

Tabela 1. Tensão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento para o Injetor de 3/4", succionando água, à pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 10 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Tensão de sucção (m.c.a.)	Rendimento (%)
951,51	63,98	0,02	6,74
957,42	57,84	0,14	6,13
957,42	53,71	0,28	5,77
963,33	45,82	0,42	4,96
975,15	41,48	0,66	4,53
981,06	34,26	0,81	3,78
986,97	27,78	0,99	3,09
992,88	22,61	1,16	2,54
998,79	18,00	1,23	2,02
998,79	15,78	1,29	1,78
1004,70	10,90	1,33	1,23
1016,52	0,00	1,56	0,00

Figura 15. Curva de vazão vs tensão de sucção para o injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 10 m.c.a.

Figura 16. Curva da tensão de sucção vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 20 m.c.a e diferencial de pressão de 10 m.c.a.

Tabela 2. Tensão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento para o Injetor de 3/4", succionando água, à pressão de alimentação de 30 m.c.a., e diferencial de pressão de 15 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Tensão de sucção (m.c.a.)	Rendimento (%)
1158,36	70,99	0,13	6,18
1158,36	68,65	0,27	6,03
1170,18	60,95	0,45	5,37
1176,09	55,69	0,54	4,91
1176,09	48,27	0,71	4,30
1187,91	39,68	0,92	3,55
1193,82	36,30	1,07	3,26
1199,73	29,72	1,27	2,69
1199,73	25,15	1,43	2,30
1211,55	17,68	1,71	1,63
1217,46	7,03	1,91	0,65
1229,28	0,00	2,11	0,00

Figura 17. Curva de vazão vs tensão de sucção para o injetor de 3/4", sob pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferencial de pressão de 15 m.c.a.

Figura 18. Curva de tensão de sucção vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferencial de pressão de 15 m.c.a.

Tabela 3. Tensão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento para o Injetor de 1", succionando água, à pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 10 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Tensão de sucção (m.c.a.)	Rendimento (%)
3226,85	263,35	0,27	8,38
3209,13	250,07	0,45	8,14
3274,14	239,33	0,59	7,74
3291,87	226,27	0,73	7,38
3315,51	223,81	0,82	7,30
3333,24	212,27	0,93	6,96
3345,06	200,45	1,05	6,62
3386,43	189,40	1,25	6,29
3410,07	170,75	1,46	5,74
3451,44	151,94	1,71	5,15
3480,99	136,90	1,87	4,66
3516,45	120,72	2,11	4,15
3546,00	113,46	2,24	3,92
3575,55	99,81	2,42	3,47
3593,28	85,92	2,58	3,01
3622,83	79,91	2,78	2,82
3664,20	56,75	3,10	2,03
3705,57	35,23	3,41	1,28
3758,76	6,16	3,75	0,23
3758,76	0,00	3,79	0,00

Figura 19. Curva de vazão vs tensão de sucção para o injetor de 1" sob pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 10 m.c.a.

Figura 20. Curva da tensão de sucção vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 20 m.c.a., e diferencial de pressão de 10 m.c.a.

Tabela 4. Tensão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação, e rendimento para o ejetor de 1", succionando água, à pressão de alimentação de 30 m.c.a., e diferencial de pressão de 15 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Tensão de sucção (m.c.a.)	Rendimento (%)
3983,34	373,65	0,13	9,46
3995,16	356,85	0,27	9,09
4001,07	342,09	0,43	8,80
4042,44	326,61	0,65	8,43
4066,08	311,53	0,82	8,08
4101,54	286,79	1,11	7,51
4137,00	263,28	1,36	6,94
4178,37	246,74	1,70	6,57
4213,83	224,73	1,95	6,03
4249,29	192,17	2,33	5,23
4314,30	150,59	2,78	4,14
4379,31	107,18	3,28	2,98
4426,59	63,08	3,68	1,78
4467,96	28,79	3,92	0,81
4479,78	0,00	4,03	0,00

Figura 21. Curva de vazão vs tensão de sucção para o injetor de 1" sob pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferencial de pressão de 15 m.c.a.

Figura 22. Curva da tensão de sucção vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferencial de pressão de 15 m.c.a.

Tabela 5. Pressão à jusante, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento para o injetor de 3/4", succionando água, à pressão de alimentação de 40 m.c.a. e sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Diferencial de pressão (m.c.a.)	Pressão à jusante (m.c.a.)	Rendimento (%)
1359,30	220,05	38,75	1,25	0,73
1359,30	221,13	37,12	2,88	1,48
1353,39	224,79	35,48	4,52	2,35
1353,39	224,45	33,85	6,15	3,26
1347,48	222,84	32,22	7,78	4,25
1347,48	222,48	30,59	9,41	5,35
1347,48	219,44	28,96	11,04	6,49
1353,39	205,68	27,33	12,67	7,32
1347,48	174,47	25,70	14,30	7,46
1347,48	139,07	24,07	15,93	7,05
1347,48	110,35	22,67	17,33	6,44
1347,48	85,89	21,50	18,50	5,63
1347,48	65,65	20,34	19,66	4,83
1347,48	41,19	18,94	21,06	3,48
1347,48	20,58	17,78	22,22	1,95
1347,48	6,96	17,08	22,92	0,71
1347,48	0,00	16,61	23,39	0,00

Figura 23. Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 3/4" sob 40 m.c.a.de pressão de alimentação

Figura 24. Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 40 m.c.a.

Tabela 6. Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor de 3/4", succionando água, à pressão de alimentação de 35 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Diferencial de pressão (m.c.a.)	Pressão à jusante (m.c.a.)	Rendimento (%)
1270,65	220,23	33,51	1,49	1,03
1264,74	220,52	32,35	2,65	1,70
1264,74	218,98	31,18	3,82	2,40
1264,74	220,36	30,02	4,98	3,18
1264,74	218,58	28,85	6,15	3,98
1264,74	220,29	27,69	7,31	4,91
1264,74	215,15	26,29	8,71	5,96
1264,74	205,87	25,13	9,87	6,72
1264,74	184,81	23,96	11,04	7,04
1258,83	163,38	23,03	11,97	7,03
1264,74	135,73	21,63	13,37	6,88
1258,83	112,19	20,47	14,53	6,54
1264,74	87,09	19,30	15,70	5,78
1264,74	62,38	17,90	17,10	4,85
1258,83	31,11	16,74	18,26	2,77
1258,83	8,20	15,57	19,43	0,83
1252,92	0,00	14,87	20,13	0,00

Figura 25. Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 3/4" sob 35 m.c.a. de pressão de alimentação.

Figura 26. Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 35 m.c.a.

Tabela 7. Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor de 3/4", succionando água, à pressão de alimentação de 30 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Diferencial de pressão (m.c.a.)	Pressão à jusante (m.c.a.)	Rendimento (%)
1170,18	232,41	28,75	1,25	1,21
1176,09	230,35	27,81	2,19	1,90
1176,09	233,29	26,88	3,12	2,67
1170,18	231,82	25,72	4,28	3,68
1170,18	231,70	25,02	4,98	4,34
1170,18	230,92	24,09	5,91	5,25
1170,18	222,94	22,92	7,08	6,30
1170,18	209,28	21,99	8,01	6,92
1170,18	179,20	20,59	9,41	7,37
1170,18	153,33	19,66	10,34	7,23
1170,18	126,49	18,73	11,27	6,79
1164,27	109,05	17,80	12,20	6,68
1170,18	79,30	16,63	13,37	5,65
1170,18	55,65	15,47	14,53	4,62
1170,18	27,11	14,30	15,70	2,63
1164,27	0,00	12,90	17,10	0,00

Figura 27. Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 3/4" sob 30 m.c.a. de pressão de alimentação.

Figura 28. Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 30 m.c.a.

Tabela 8. Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor de 3/4", à pressão de alimentação de 25 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Diferencial de pressão (m.c.a.)	Pressão à jusante (m.c.a.)	Rendimento (%)
1081,53	234,29	23,75	1,25	1,60
1081,53	234,46	23,05	1,95	2,30
1081,53	229,91	21,65	3,35	3,78
1081,53	226,14	20,95	4,05	4,54
1081,53	221,77	20,25	4,75	5,32
1075,62	217,28	19,55	5,45	6,15
1081,53	204,56	18,85	6,15	6,67
1081,53	185,02	18,15	6,85	6,93
1075,62	170,34	17,46	7,54	7,29
1075,62	147,16	16,76	8,24	7,14
1075,62	133,89	16,06	8,94	7,32
1075,62	110,34	15,13	9,87	7,03
1075,62	88,22	14,43	10,57	6,29
1081,53	67,47	13,49	11,51	5,55
1075,62	50,50	12,56	12,44	4,84
1075,62	14,36	11,16	13,84	1,71
1081,53	0,00	10,70	14,30	0,00

Figura 29. Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 3/4" sob 25 m.c.a. de pressão de alimentação

Figura 30. Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 25 m.c.a.

Tabela 9. Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor de 3/4", succionando água, à pressão de alimentação de 10 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Diferencial de pressão (m.c.a.)	Pressão à jusante (m.c.a.)	Rendimento (%)
992,88	239,86	18,75	1,25	2.26
986,97	239,23	18,05	1,95	3.30
986,97	237,90	17,35	2,65	4.38
981,06	232,81	16,65	3,35	5.49
986,97	205,58	15,95	4,05	5.94
981,06	188,66	15,25	4,75	6.62
986,97	172,00	14,55	5,45	7.13
981,06	151,18	13,85	6,15	7.40
981,06	127,72	13,15	6,85	7.28
981,06	111,53	12,46	7,54	7.34
981,06	85,22	11,76	8,24	6.46
986,97	68,55	11,06	8,94	5.93
986,97	46,00	10,13	9,87	4.77
981,06	28,72	9,66	10,34	3.29
981,06	16,25	9,19	10,81	2.04
981,06	0,00	8,49	11,51	0.00

Figura 31. Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 3/4" sob 20 m.c.a. de pressão de alimentação

Figura 32. Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 20 m.c.a.

Tabela 10. Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 3/4", succionando água, à pressão de alimentação de 15 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Diferencial de pressão (m.c.a.)	Pressão à jusante (m.c.a.)	Rendimento (%)
833,31	237,75	13,75	1,25	3.63
833,31	227,95	13,51	1,49	4.03
830,36	218,67	13,28	1,72	4.40
827,40	212,37	13,05	1,95	4.82
827,40	205,24	12,81	2,19	5.21
827,40	195,67	12,58	2,42	5.49
824,45	183,29	12,35	2,65	5.67
827,40	177,06	12,12	2,88	5.97
821,49	172,24	11,88	3,12	6.39
821,49	152,47	11,65	3,35	6.13
818,54	142,35	11,42	3,58	6.21
818,54	136,56	11,18	3,82	6.45
818,54	118,32	10,72	4,28	6.45
818,54	100,15	10,25	4,75	6.27
818,54	85,01	9,79	5,21	6.06
818,54	64,48	9,09	5,91	5.56
821,50	38,67	8,15	6,85	4.25
818,54	24,39	7,69	7,31	3.03
818,54	0,00	6,99	8,01	0.00

Figura 33. Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor 3/4" sob 15 m.c.a. de pressão de alimentação.

Figura 34. Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 15 m.c.a.

Tabela 11. Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de alimentação e rendimento do injetor de 3/4", succionando água, à pressão de alimentação de 10 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Diferencial de pressão (m.c.a.)	Pressão à jusante (m.c.a.)	Rendimento (%)
679,65	181,58	8,51	1,49	6,25
679,65	170,59	8,28	1,72	6,73
676,70	162,92	8,05	1,95	7,33
676,70	145,57	7,81	2,19	7,41
676,70	133,34	7,58	2,42	7,59
679,65	117,47	7,12	2,88	8,21
673,74	90,31	6,88	3,12	7,05
673,74	80,30	6,65	3,35	6,90
676,70	67,16	6,42	3,58	6,31
679,65	62,16	6,18	3,82	6,39
670,79	44,98	5,95	4,05	5,13
682,61	32,25	5,48	4,52	4,33
679,65	27,64	5,25	4,75	4,07
682,61	10,23	5,02	4,98	1,64
673,74	0,00	4,79	5,21	0,00

Figura 35. Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 3/4" sob 10 m.c.a. de pressão de alimentação.

Figura 36. Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 3/4" sob pressão de alimentação de 10 m.c.a.

Tabela 12. Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de alimentação, e rendimento do injetor de 1", succionando água, à pressão de alimentação de 40 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Diferencial de pressão (m.c.a.)	Pressão à jusante (m.c.a.)	Rendimento (%)
4586,16	425,260	35,95	4,05	1,17
4597,98	422,470	34,55	5,45	1,58
4597,98	421,450	33,15	6,85	2,03
4586,16	419,720	31,76	8,24	2,52
4603,89	420,91	30,36	9,64	3,05
4597,98	417,49	28,96	11,04	3,62
4586,16	417,61	27,56	12,44	4,28
4615,71	420,99	26,16	13,84	5,00
4603,89	416,45	24,77	15,23	5,74
4615,71	418,14	23,37	16,63	6,64
4615,71	415,42	21,97	18,03	7,59
4615,71	412,12	21,04	18,96	8,26
4609,80	403,49	20,34	19,66	8,68
4609,80	392,38	19,64	20,36	9,04
4603,89	374,12	18,94	21,06	9,25
4609,80	328,65	18,01	21,99	8,90
4603,89	285,70	17,31	22,69	8,31
4603,89	243,88	16,61	23,39	7,62
4603,89	174,44	15,68	24,32	6,00
4597,98	145,37	14,98	25,02	5,39
4597,98	87,38	14,28	25,72	3,49
4597,98	0,00	13,58	26,42	0,00

Figura 37. Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 1" sob 40 m.c.a. de pressão de alimentação.

Figura 38. Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 40 m.c.a.

Tabela 13. Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de alimentação e rendimento do injetor de 1", succionando água, à pressão de alimentação de 35 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Diferencial de pressão (m.c.a.)	Pressão à jusante (m.c.a.)	Rendimento (%)
4314,30	440,33	31,18	3,82	1,41
4332,03	443,10	30,25	4,75	1,78
4320,21	438,64	29,32	5,68	2,14
4326,12	440,34	28,39	6,61	2,55
4320,21	443,49	27,46	7,54	3,01
4326,12	440,05	26,52	8,48	3,44
4326,12	439,70	25,59	9,41	3,94
4320,21	440,22	24,66	10,34	4,48
4320,21	439,10	23,26	11,74	5,35
4255,20	437,45	21,86	13,14	6,42
4196,10	436,15	20,47	14,53	7,63
4137,00	427,90	19,07	15,93	8,91
4196,10	412,88	18,14	16,86	9,42
4314,30	365,97	17,20	17,80	9,03
4320,21	310,06	16,27	18,73	8,48
4320,21	261,48	15,34	19,66	7,95
4314,30	202,60	14,41	20,59	6,87
4314,30	138,87	13,48	21,520	5,26
4314,30	113,13	13,01	21,99	4,53
4314,30	77,19	12,54	22,46	3,28
4314,30	0,00	11,84	23,16	0,00

Figura 39. Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 1" sob 35 m.c.a. de pressão de alimentação.

Figura 40. Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 35 m.c.a.

Tabela 14. Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação, e rendimento do injetor de 1", succionando água, à pressão de alimentação de 30 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Diferencial de pressão (m.c.a.)	Pressão à jusante (m.c.a.)	Rendimento (%)
4006,98	466,54	26,65	3,35	1,68
4001,07	467,02	25,72	4,28	2,17
3995,16	469,71	24,79	5,21	2,71
3995,16	467,74	23,85	6,15	3,26
3995,16	467,56	22,92	7,08	3,87
3995,16	467,20	21,99	8,01	4,53
3995,16	468,34	21,06	8,94	5,26
3989,25	466,74	20,13	9,87	6,03
3995,16	463,46	19,19	10,81	6,84
3995,16	457,30	18,26	11,74	7,67
3989,25	452,36	17,33	12,67	8,62
3995,16	430,60	16,40	13,60	9,27
3983,34	391,46	15,47	14,53	9,55
3995,16	329,47	14,53	15,47	9,06
4001,07	268,76	13,60	16,40	8,35
3989,25	191,44	12,67	17,33	6,75
3989,25	121,32	11,74	18,26	4,86
3989,25	66,87	10,81	19,19	3,05
3983,34	0,00	10,34	19,66	0,00

Figura 41. Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 1" sob 30 m.c.a. de pressão de alimentação

Figura 42. Diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 35 m.c.a.

Tabela 15. Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor de 1", succionando água, à pressão de alimentação de 25 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Diferencial de pressão (m.c.a.)	Pressão à jusante (m.c.a.)	Rendimento (%)
3676,02	500,49	22,58	2,42	1,76
3676,02	495,04	21,88	3,12	2,23
3664,20	500,02	21,18	3,82	2,78
3658,29	495,32	20,48	4,52	3,32
3658,29	498,79	19,79	5,22	3,94
3664,20	494,05	19,09	5,91	4,53
3658,29	492,30	18,39	6,61	5,21
3658,29	489,73	17,69	7,31	5,91
3664,20	483,82	16,99	8,01	6,61
3652,38	488,87	16,29	8,71	7,57
3658,29	469,50	15,59	9,41	8,16
3658,29	433,28	14,89	10,11	8,44
3652,38	385,18	14,19	10,81	8,40
3646,47	338,52	13,49	11,51	8,26
3640,56	304,92	12,79	12,21	8,32
3646,47	240,68	12,09	12,90	7,31
3640,56	192,24	11,39	13,60	6,53
3646,47	145,87	10,69	14,30	5,53
3634,65	103,24	10,00	15,00	4,40
3664,20	0,00	9,30	15,70	0,00

Figura 43. Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 1" sob 25 m.c.a. de pressão de alimentação.

Figura 44. Diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 25 m.c.a.

Tabela 16. Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor de 1", succionando água, à pressão de alimentação de 20 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Diferencial de pressão (m.c.a.)	Pressão à jusante (m.c.a.)	Rendimento (%)
3268,23	544,97	17,35	2,65	3.03
3274,14	538,37	15,95	4,05	4.69
3280,05	532,71	15,25	4,75	5.59
3280,05	532,99	14,55	5,45	6.65
3280,05	525,17	13,85	6,15	7.69
3268,23	505,53	13,15	6,85	8.65
3262,32	457,09	12,46	7,54	9.04
3256,41	385,20	11,76	8,24	8.79
3262,32	330,86	11,06	8,94	8.66
3250,50	282,56	10,36	9,64	8.51
3256,41	223,87	9,66	10,34	7.72
3250,50	174,69	8,96	11,04	6.92
3244,59	129,11	8,26	11,74	5.90
3226,86	67,37	7,56	12,44	3.57
3220,95	0,00	7,10	12,90	0.00

Figura 45. Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 1" sob 20 m.c.a. de pressão de alimentação.

Figura 46. Diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 20 m.c.a.

Tabela 17. Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor de 1", succionando água, à pressão de alimentação de 15 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Diferencial de pressão (m.c.a.)	Pressão à jusante (m.c.a.)	Rendimento (%)
2712,69	608,22	12,58	2,42	5,20
2721,56	601,83	12,35	2,65	5,64
2715,65	595,78	12,12	2,88	6,12
2709,74	585,13	11,88	3,12	6,58
2715,65	542,88	11,65	3,35	6,61
2706,78	512,63	11,42	3,58	6,77
2700,87	485,91	11,18	3,82	6,95
2706,78	452,46	10,95	4,05	6,95
2706,78	422,32	10,72	4,28	6,96
2706,78	404,42	10,48	4,52	7,16
2700,87	392,69	10,25	4,75	7,45
2703,83	348,71	10,02	4,98	7,05
2697,92	337,64	9,79	5,21	7,30
2697,92	330,33	9,55	5,45	7,63
2697,92	302,29	9,32	5,68	7,43
2694,96	266,13	9,09	5,91	6,96
2694,96	256,90	8,85	6,15	7,16
2692,01	229,97	8,62	6,38	6,82
2689,05	197,42	8,39	6,61	6,22
2689,05	161,97	7,92	7,08	5,77
2686,01	121,55	7,46	7,54	4,88
2686,01	62,92	6,99	8,01	2,85
2674,28	0,00	6,52	8,48	0,00

Figura 47. Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 1" sob 15 m.c.a de pressão de alimentação.

Figura 48. Diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 15 m.c.a.

Tabela 18. Pressão à jusante, diferencial de pressão, vazão de sucção, vazão de alimentação, e rendimento do injetor de 1" succionando água, à pressão de alimentação de 10 m.c.a. sob tensão de sucção de 0,5 m.c.a.

Vazão de alimentação (l/h)	Vazão de sucção (l/h)	Diferencial de pressão (m.c.a.)	Pressão à jusante (m.c.a.)	Rendimento (%)
2251,71	624,00	8,05	1,95	8,43
2242,85	579,43	7,81	2,19	8,90
2233,98	556,82	7,58	2,42	9,60
2228,07	514,95	7,35	2,65	9,91
2219,21	451,48	7,12	2,88	9,66
2254,67	448,23	6,88	3,12	10,46
2213,30	361,82	6,65	3,35	9,46
2168,97	352,53	6,42	3,58	10,33
2160,11	303,66	6,18	3,82	9,83
2239,89	287,71	5,95	4,05	9,82
2160,11	241,37	5,72	4,28	9,34
2174,88	201,58	5,48	4,52	8,49
2183,75	167,59	5,25	4,75	7,67
2228,07	137,95	5,02	4,98	6,76
2154,20	111,16	4,79	5,21	6,15
2204,43	31,75	4,32	5,68	2,06
2163,06	0,00	4,09	5,91	0,00

Figura 49. Vazão de sucção vs diferencial de pressão do injetor de 1" sob 10 m.c.a de pressão de alimentação.

Figura 50. Curva do diferencial de pressão vs rendimento do injetor de 1" sob pressão de alimentação de 10 m.c.a.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, para as condições nas quais foram conduzidos os experimentos, pode-se concluir que:

- O maior rendimento obtido com o injetor de 3/4" foi de 8,21 %, sob pressão de alimentação de 10 m.c.a, tensão de sucção de 0,5 m.c.a., diferencial de pressão de 7,12 m.c.a., vazão de sucção de 117,47 l/h e vazão de alimentação de 679,65 l/h.
- O maior rendimento obtido para o injetor de 1" foi de 10,46 %, sob pressão de alimentação de 10 m.c.a., tensão de sucção, de 0,5 m.c.a., diferencial de pressão de 6,88 m.c.a., vazão de sucção de 448,23 l/h e vazão de alimentação de 2254,67 l/h.
- Ambos os injetores diminuem a sua vazão de sucção, com o aumento da tensão de sucção.
- Ambos os injetores, nas pressões de alimentação de 40, 35, 30, 25 e 20 m.c.a., possuem limites, a partir dos quais, mesmo que se aumente o diferencial de pressão, não aumenta a vazão de sucção. Já nas pressões de alimentação de 15 e 10 m.c.a., não foram encontrados tais limites e manteve-se linear a relação entre vazão de sucção e diferencial de pressão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO NETTO, J.M. & ALVAREZ, G.A. *Estudos dos Bocais*. In:_____.
Manual de hidráulica. 2.ed. São Paulo, Edgar Blucher, 1988. v.1, cap. 7, p.
67 - 71.
- BALLOFET, A.; GOTELLI, L.M.;MEOLI, G.A. *Escorrimento en cañeria*.
In:_____. *Hidraulica* . 2.ed. Buenos Aires, Ediar, 1955. v.2, cap. 7, p.
41-57. (Biblioteca Ediar de Ingenieria)
- CARLIER , M. *Machines hydrauliques*. Paris, Imprimerie Louis-Jean, 1968.
- DELMÉE, G.J. *Manual de medição de vazão*. 2.ed. São Paulo, Edgard
Blucher, 1983. 476p.
- DENÍCULI, W.; FEITOSA FILHO, J.C.;TORRES LOUREIRO, B.; AMARAL, F.
*Desempenho do injetor de fertilizante Venturi na fertirrigação por
microaspersão*. Revista Ceres, Viçosa, **39** (226) : 554 - 63, nov./dez.
1992

FEITOSA FILHO, J.C. *Uniformidade de distribuição de fertilizantes via água de irrigação por microaspersão, com uso dos injetores tipo venturi e tanque de derivação*, Viçosa, 1990. 77p. (M.S. - Universidade Federal de Viçosa).

FEITOSA FILHO, J.C. & ARRUDA, N.T. Protótipo, dimensionamento e metodologia de construção de um injetor de produtos químicos "Tipo Venturi", metálico, para uso na quimigação. Trabalho apresentado no 23o. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Campinas, 1994.

FERREIRA, J. O. P. *Caracterização hidráulica de dois injetores de fertilizantes do tipo venturi*. Piracicaba, 1994. 76 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" / USP).

FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A.; DOURADO NETO, D. *Aplicação de fertilizantes via água de irrigação*. Piracicaba, ESALQ / Departamento de Engenharia Rural, 1994. 35p.

FUCHSLOCHER, E. *Bombas de chorro de agua y de vapor*. In:_____. *Bombas; manual para escuelas de ingenieros*. 8 Ed. Barcelona, Labor, 1954. cap. 4, p.203 - 8.

HERNÁNDEZ ABRÉU, J.M.; RODRIGO LÓPEZ, J.; PÉREZ REGALADO, A.; GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, J.F. *Fertilizadores tipo Venturi*. In:_____. *El riego localizado - Curso internacional de riego localizado Tenerife.(España)*. Madrid, INIA. 1987. p.67-8.

HIRSCHMANN, R.J. *Características de los distintos tipos de bombas*. In:_____. *Bombas; características y aplicación*. Santiago de Chile, Universitaria, 1958. cap. 4, p.85 - 139.

OLIVEIRA, E.F. Análise do desempenho de hidro-ejetores funcionando como bomba de vácuo, Piracicaba, 1993, 64p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP)

PIZARRO CABELLO, F. *Inyector Venturi*. In:_____. *Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación*. 2.ed. Madrid, Mundi-Prensa, 1990. p.316-8.

RUSSELL, G.E. *El medidor Venturi*. In:_____. *Hidraulica*. Mexico, Compañía Editorial Continental, 1971, p.298-303.

SHANI, M. & SAPIR, E. Fertilization in irrigation. Netanya, CINADCO, 1986. 44p.

SNE, M. *Fertigation*. Netanya, CINADCO, 1988. 10p.

TROSKOLÁNSKI, A.T. *Dispositifs d'appareils a jet*. In:_____. *Les turbopompes; théorie, tracé et construction*. Paris, Eyrolles, 1977, cap. 16, p.329-33.

URQUHART, L.C. *Civil engineering handbook*. 3.ed. New York, Mc Graw-Hill, 1950.

VENNARD, J.K. & STREET, R.L. *Medidor Venturi*. In:_____. *Elementos de mecânica dos fluidos*. 5.ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1978, p.516-8