

**CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE DOIS INJETORES DE  
FERTILIZANTES DO TIPO VENTURI**

**JOSÉ ORLANDO PIAULINO FERRERA**

Engenheiro Agrônomo

**Orientador: Prof. Dr. José Antonio Frizzone**

Disseertação 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**

**OUTUBRO - 1994**

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

---

Ferreira, José Orlando Piauilino

F383c Caracterização hidráulica de dois injetores de fer-  
tilizantes do tipo Venturi. Piracicaba, 1994.  
76p. ilus.

Diss.(Mestre) - ESALQ  
Bibliografia.

1. Adubo - Injetor - Desempenho 2. Fertirrigação I.  
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piraci-  
caba

CDD 631.7

**CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE DOIS INJETORES DE  
FERTILIZANTES DO TIPO VENTURI**

**JOSÉ ORLANDO PIAULINO FERREIRA**

Aprovado em : 23.11.94

comissão julgadora :

Prof. Dr. Tarlei Arriel Botrel.

ESALQ/USP.

Prof. Dr. José Antônio Frizzone.

ESALQ/USP.

Prof. Dr. Nilson Augusto Vila Nova.

ESALQ/USP.

  
Prof. Dr. José Antônio Frizzone.

À minha mãe Joana Piauilino (in memoriam)  
e a todos os meus familiares.

OFEREÇO.

À minha alma gêmea Alcilene  
e aos nossos rebentos Nayane  
e Pedro Henrique.

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

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

À Universidade Federal do Piauí pela oportunidade oferecida e concessão de recursos financeiros, 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. José Antonio Frizzone, pela orientação e amizade no decorrer do curso e realização deste trabalho.

Ao Professor Dr. Tarlei Arriel Botrel, pelas valiosas sugestões e colaborações apresentadas.

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

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, José Figueiredo (Zezinho), Márcio, Gilmar e Hélio pela ajuda nos trabalhos durante a fase experimental.

Ao colega André Santana por sua colaboração nos momentos de aperreio.

Ao Prof. José Lustosa Elvas Bajurd, pela compreensão da necessidade da realização deste curso e a todos os professores e funcionários do C.A.B.J.

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

## SUMÁRIO

	Página.
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	Xi
RESUMO .....	xv
SUMMARY .....	xxii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Considerações sobre fertirrigação .....	3
2.2. Considerações sobre o injetor Venturi .....	8
2.3. Considerações sobre rendimento .....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	17
3.1. Material .....	17
3.1.1. Bomba centrífuga.....	17
3.1.2. Medidor de vazão.....	17
3.1.3. Medidores de pressão.....	18
3.1.4. Injetores Venturi.....	19
3.2. Métodos .....	21
3.2.1. Esquema de montagem dos equipamentos.....	21
3.2.2. Parâmetros de desempenho.....	23
3.2.3. Curvas de vazão versus pressão de sucção.....	23
3.2.3. Rendimento.....	24

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5. CONCLUSÕES .....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73

## LISTA DE FIGURAS

Figura		página.
1	Esquema do injetor Venturi e seu princípio de funcionamento.....	9
2	Esquema de um injetor Venturi instalado no circuito "by-pass" .....	12
3	Injetor de fertilizante do tipo Venturi .....	20
4	Esquema de montagem dos injetores Venturi ensaiados.....	22
5	Corte longitudinal de um injetor Venturi.....	24
6	Vazão de sucção versus pressão relativa de sucção, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 10 m.c.a. e diferenciais de pressão de 2; 3 e 4 m.c.a.....	32
7	Pressão relativa de sucção versus rendimento, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 10 m.c.a. e diferenciais de pressão de 2, 3 e 4 m.c.a.....	33
8	Vazão de sucção versus pressão relativa de sucção, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 15 m.c.a. e diferenciais de pressão de 4; 5 e 6 m.c.a.....	36
9	Pressão relativa de sucção versus rendimento, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 15 m.c.a. e diferenciais de pressão de 4, 5 e 6 m.c.a.....	37
10	Vazão de sucção versus pressão relativa de sucção, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferenciais de pressão de 4; 5 e 6 m.c.a.....	41



11	Pressão relativa de sucção versus rendimento, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferenciais de pressão de 4, 5 e 6 m.c.a.....	42
12	Vazão de sucção versus pressão relativa de sucção, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 25 m.c.a. e diferenciais de pressão de 6 e 7 m.ca. ....	45
13	Pressão relativa de sucção versus rendimento, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 25 m.c.a. e diferenciais de pressão de 6 e 7 m.c.a.....	46
14	Vazão de sucção versus pressão relativa de sucção, para o injetor 1, pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferenciais de pressão de 7 e 8 m.c.a.....	49
15	Pressão relativa de sucção versus rendimento, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferenciais de pressão de 7 e 8 m.c.a.....	50
16	Vazão de sucção versus pressão relativa de sucção , para o injetor 2, com pressão de alimentação de 10 m.c.a. e diferenciais de pressão de 4 e 5 m.c.a.....	55
17	Pressão relativa de sucção versus rendimento, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 10 m.c.a. e diferenciais de pressão de 4 e 5 m.c.a. ....	56
18	Vazão de sucção versus pressão relativa de sucção, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 15 m.c.a. e diferenciais de pressão de 5 e 6 m.c.a.....	58

19	Pressão relativa de sucção versus rendimento, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 15 m.c.a. e diferenciais de pressão de 5 e 6 m.c.a.....	59
20	Vazão de sucção versus pressão relativa de sucção, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferenciais de pressão de 6 e 7 m.c.a.....	61
21	Pressão relativa de sucção versus rendimento, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferenciais de pressão de 6 e 7 m.c.a.....	62
22	Vazão de sucção versus pressão relativa de sucção, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 25 m.c.a. e diferencial de pressão de 7 m.c.a.....	64
23	Pressão relativa de sucção versus rendimento, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 25 m.c.a. e diferencial de pressão de 7 m.c.a.....	65
24	Vazão de sucção versus pressão relativa de sucção, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferenciais de pressão de 8 e 9 m.c.a.....	67
25	Pressão relativa de sucção versus rendimento, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferenciais de pressão de 8 e 9 m.c.a.....	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela		página.
1	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de 10 m.c.a. e diferencial de pressão de 2 m.c.a.....	30
2	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de 10 m.c.a. e diferencial de pressão de 3 m.c.a.....	30
3	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de 10 m.c.a. e diferencial de pressão de 4 m.c.a.....	31
4	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de 15 m.c.a. e diferencial de pressão de 4 m.c.a.....	34
5	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de 15 m.c.a. e diferencial de pressão de 5 m.c.a.....	34
6	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de 15 m.c.a. e diferencial de pressão de 6 m.c.a.....	35
7	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 4 m.c.a.....	38

8	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 5 m.c.a.....	39
9	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 6 m.c.a.....	40
10	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de 25 m.c.a. e diferencial de pressão de 6 m.c.a.....	43
11	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de 25 m.c.a. e diferencial de pressão de 7 m.c.a.....	44
12	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de 30 m.c.a. e diferencial de pressão de 7 m.c.a.....	47
13	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de 30 m.c.a. e diferencial de pressão de 8 m.c.a.....	48
14	Valores dos parâmetros de ajuste da pressão de sucção versusvazão de sucção para o injetor Venturi 1.....	51
15	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de 10 m.c.a. e diferencial de pressão de 4 m.c.a.....	53

16	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de 10 m.c.a. e diferencial de pressão de 5 m.c.a.....	54
17	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de 15 m.c.a. e diferencial de pressão de 5 m.c.....	57
18	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de 15 m.c.a. e diferencial de pressão de 6 m.c.a.....	57
19	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 6 m.c.a.....	60
20	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 7 m.c.a.....	60
21	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de 25 m.c.a. e diferencial de pressão de 7 m.c.a.....	63
22	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de 30 m.c.a. e diferencial de pressão de 8 m.c.a.....	66

23	Pressão de sucção, vazão na sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de 30 m.c.a. e diferencial de pressão de 9 m.c.a. ....	66
24	Valores dos parâmetros de ajuste da pressão de sucção versus vazão de sucção para o injetor Venturi 2. ....	69

## CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE DOIS INJETORES DE FERTILIZANTES DO TIPO VENTURI.

Autor: José Orlando Piauilino Ferreira.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Frizzonne.

### Resumo:

Este trabalho foi desenvolvido no laboratório de irrigação do Departamento de engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"- ESALQ-USP, com objetivo de avaliar as características de dois injetores de fertilizantes do tipo Venturi. Os injetores ensaiados são feitos de polietileno com formato em Tê ("T"). O injetor 1 (modelo Mazzei 1078) possui 22 cm de comprimento e 19,6 mm de diâmetro interno no trecho normal e 7,6 mm de diâmetro interno no corpo cilíndrico ("garganta"); o injetor 2 (modelo Mazzei 584) possuía 15 cm de comprimento e 11,6 mm de diâmetro interno no trecho normal da tubulação e 4,5 mm de diâmetro interno no corpo cilíndrico.

O injetor 1 (um), foi testado para as pressões de alimentação de 10; 15; 20; 25 e 30 m.c.a. e seus respectivos diferencial de pressão: (2; 3 e 4); (4;5 e 6); (4; 5 e 6); (6e7) e (7 e 8) m.c.a.

O injetor 2 (dois), foi testado para as pressões de alimentação de 10; 15; 20; 25 e 30 m.c.a. com os respectivos diferencial de pressão: (4 e 5); (5 e 6); (6 e 7); (7) e (8 e 9) m.c.a.

Os parâmetros de desempenho analisados foram curvas de vazão de sucção Versus pressão relativa de sucção e rendimento, os pares de valores de vazão de sucção e pressão de sucção foram submetidos à análise estatística de regressão, sendo o modelo linear o que mais adequadamente ajustou esses pares de valores.

Para avaliar o rendimento dos injetores, foi deduzida uma equação utilizando-se do conceito de potência motriz e potência útil, a partir das expressões que definem as energias Piezométrica e cinética.



## HYDRAULICS CHARACTERIZATION OF TWO VENTURI - TYPE INJECTOR FERTILIZERS

Author : JOSÉ ORLANDO PIAULINO FERREIRA

Adviser : PROF. DR. JOSÉ ANTÔNIO FRIZZONE

### SUMMARY

In This work the author evaluates the hydraulics characteristics of two Venturi - Type fertilizers injectors, which were carried out in the Irrigation Laboratory, in the Rural Engineering Department, at "Luiz de Queiroz" Agriculture College, São Paulo University.

The tested injectors are made of polyethylene in a T - shape : The injector number one (Mazzei 1078 Model) with 20 cm length by 19,6 mm inside diameter in the normal pipe passage and 7,6 mm in the cylindric body (throat); the injector number two (Mazzei 584 Model) with 15 cm lenght by 11,6 mm inside diameter in the normal pipe passage and 4,5 mm in the throat.

The injector number one was tested by supply pressure of 10, 15, 20, 25 and 30 m.c.a. and their respective pressure diferentials (2; 3 e 4); ( 4; 5 e 6); (4; 5 e 6); (6 e 7) e (7 e 8) m.c.a.

The injector number two was tested by supply pressure of 10,15, 20, 25 and 30 m.c.a. and their respective pressure diferentials (4 e 5); (5 e 6); (6 e 7); (7) e (8 e 9) m.c.a.

The performance parameters analysed were suction - flow curves versus suction - pressure and efficiency.

The pairs of values suction - flow and suction - pressure were submitted to regression statistic analysis and the linear model was the best for them.

With the purpose of evaluating injectors efficiency, an equation was deduced, based on motor and useful power concept from the expressions that define kinetic and piezometric energies.

## 1. INTRODUÇÃO

As áreas irrigadas com os sistemas de irrigação localizada têm se expandido nos últimos anos, tais sistemas possuem grandes possibilidades de difusão notadamente em culturas de maior valor comercial desenvolvidas em solos pobres de regiões áridas, que por consequência disso necessitam de um controle rigoroso na aplicação de água e nutrientes às plantas. Pequenas doses de nutrientes (aplicados via fertirrigação) e de água em irrigações frequentes e à baixa pressão, além de reduzir o consumo de energia satisfazem adequadamente as exigências das plantas propiciando altas produtividades.

Os métodos de irrigação localizada caracterizam - se pela economia e eficiência na aplicação de água. Concomitantemente ao desenvolvimento dos sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão, que fazem parte desse método, surgiram os injetores de fertilizantes, os quais se constituem numa das maiores vantagens desses sistemas de irrigação, por aplicarem fertilizantes dissolvidos via água de irrigação economizando tempo, reduzindo gastos com mão - de - obra e permitindo um rigoroso controle da quantidade de fertilizante aplicada .

A aplicação de produtos químicos por via líquida, através de sistemas de irrigação sob pressão, vem se consolidando nos último anos. segundo JOHNSON *at al* (1986), a área quimigada nos Estados Unidos em 1985 foi de 5,2 milhões de hectare.

Quimigação é o termo genérico para designar a aplicação de produtos químicos à água de irrigação, tais como fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas, nematicidas e reguladores de crescimento; muitos são os dispositivos utilizados para a aplicação de produtos químicos via água de irrigação, sendo os principais : Bomba injetora que utiliza o método de injeção com pressão efetiva positiva; Tanque de derivação de fluxo que emprega o método de injeção por diferencial de pressão e o injetor Venturi o qual utiliza pressão efetiva negativa como método de injeção de fertilizantes.

O injetor de fertilizantes do tipo Venturi é um dispositivo que provoca grandes perdas de carga quando é utilizado para injetar fertilizantes à linha de irrigação, mas devido à sua simplicidade de operação, facilidade de uso e alta eficiência sua utilização pode vir a ser bastante difundida.

Os objetivos deste trabalho são :

- \* Estudar o desempenho de dois injetores de fertilizantes do tipo Venturi.
- \* Verificar as faixas em que esses injetores de fertilizantes operam com menor perda de carga.
- \* Fornecer subsídios para melhor utilização desses aparelhos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE FERTIRRIGAÇÃO

Os aparelhos utilizados para adicionar produtos químicos - fertilizantes, fungicidas, herbicidas, inseticidas, nematicidas e reguladores de crescimento - à água de irrigação, são uma parte importante dos sistemas de irrigação, principalmente dos que operam sob pressão como pivô - central, microaspersão e gotejamento.

O uso da irrigação localizada associada com a fertirrigação é muito difundido nas regiões áridas devido à substancial economia de água e nutrientes e tem especial vantagem em solos arenosos, em que um controle rigoroso do fornecimento de água e nutrientes, ao volume de solo que contem o sistema radicular das plantas, é crítico, devido à baixa capacidade desses solos em reter água e nutrientes, BAR - YOSEF (1977).

Segundo BERNARDO (1989), a fertirrigação é uma das maneiras mais eficientes e econômicas de se aplicar fertilizantes às plantas, principalmente em regiões de climas áridos e semi - áridos. Pois a aplicação de fertilizantes em pequenas doses e com maior frequência, torna - se possível manter um nível uniforme de nutrientes no solo durante o ciclo vegetativo da cultura, aumentando a eficiência de uso dos nutrientes pelas plantas e, como consequência, sua produtividade.

Os métodos de irrigação pressurizados são os que melhor se prestam à quimigação, visto que, nos sistemas de irrigação por aspersão, microaspersão e gotejamento, a água é conduzida e aplicada através de condutos fechados e sob pressão, permitindo um melhor controle das aplicações, COSTA & BRITO (1988).

A quimigação através de métodos de irrigação por superfície é praticamente limitada, devido à distribuição desuniforme da água de irrigação, característica inerente da maioria dos sistemas que usam esse método, a qual resulta na distribuição desuniforme do produto químico, que pode causar danos ambientais por ocasião do escoamento superficial (run-off); um sistema de reuso desse escoamento pode ser utilizado para evitar poluição ambiental, THREADGILL *et al* (1990).

A fertilização via água de irrigação pode ser definida em duas categorias : Fertigação e Fertirrigação. Sendo a fertigação técnica que visa a aplicação exclusiva da solução fertilizante e deve ser empregada em épocas chuvosas; enquanto a fertirrigação é a técnica que visa a aplicação concomitante da solução fertilizante e da água de irrigação e é recomendada para épocas secas. DOURADO NETO (1993)<sup>1</sup>.

HOWELL *et al* (1983), classificam os métodos de injeção de produtos químicos, na água de irrigação, em três grupos : 1. Método de injeção por diferencial de pressão ( Tanque de derivação de fluxo); 2. Método de injeção utilizando vácuo ou pressão efetiva negativa (Injetor Venturi) e 3. Método de injeção por pressão efetiva positiva ( Bombas Injetoras). Os mesmos autores recomendam que todos os sistemas de aplicação de produtos químicos devem ser equipados com válvulas de retenção,

---

<sup>1</sup> DOURADO NETO, D. (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Departamento de Agricultura), quimigação; apostila de aula.

colocadas à jusante do ponto de injeção, com o intuito de prevenir a contaminação da fonte de suprimento de água, devido ao retorno do fluxo em caso de falhas no sistema de bombeamento.

Os critérios mais importantes para a seleção de um aplicador de fertilizantes são a concentração necessária do fertilizante e a exatidão desejável da concentração, bem como a portabilidade, o custo e método de operação dos mesmos, VERMEIREM & JOBLING (1984).

Segundo JOHNSON *et al* (1986), o irrigante pode reduzir os gastos com capital, com os componentes de um sistema de injeção de produtos químicos, usando uma unidade de quimigação móvel ou portátil que servirá dois ou mais sistemas de irrigação.

BUCKS *et al* (1982); ROLSTSON *et al* (1986), relatam os seguintes critérios que devem ser adotados na escolha dos produtos químicos a serem utilizados na quimigação : a). O produto deve ter baixa capacidade corrosiva e não provocar o amolecimento dos tubos de plástico; b). Deve possuir solubilidade rápida e completa, para evitar o entupimento de qualquer componente do sistema; c). Possuir baixa toxicidade e d). Não reagir incompativelmente com sais e/ou outros produtos químicos existentes na água de irrigação.

YAGÜE (1991), comenta que para se comprovar a compatibilidade do produto a ser incorporado à água de irrigação deve se colocar uma quantidade do produto a ser aplicado em um recipiente com água, em tal proporção que resulte numa concentração ligeiramente superior à que se deve produzir na irrigação; agita - se bem e deixa repousar por 24 horas. O emprego dessa substância não será recomendado quando houver sedimentação no fundo do recipiente ou formação de espuma na superfície.

Um dos principais objetivos da fertirrigação é a distribuição uniforme do fertilizante em todo o campo. Para se alcançar tal uniformidade de distribuição o fertilizante deve ser bastante solúvel em água e eficientemente misturado. Os fertilizantes sólidos como uréia, nitrato de amônio e sulfato de amônio são os mais solúveis em água e são utilizados na fertirrigação sem nenhum problema. Já os fertilizantes potássicos são menos solúveis que os nitrogenados, mas também são largamente utilizados na fertirrigação, nas formas de nitrato de potássio e cloreto de potássio.

Com o advento dos fertilizantes fluidos há uma tendência marcante de que os mesmos venham a dominar o mercado de adubos para fertirrigação, devido às suas características peculiares serem bastantes vantajosas em relação aos adubos sólidos. BOARETO *et al* (1991), definem adubo fluido como sendo todo material fertilizante que pode ser manipulado, armazenado, transportado e aplicado no solo na forma líquida.

THREADGILL *et al* (1990), SHANI *et al* (1986) e MOSHE (1988), comentam sobre as vantagens e limitações da fertirrigação :

Vantagens :

- Prescrição para aplicação do produto químico : a quimigação independe das condições climáticas ou da hora do dia.
- Redução da compactação do solo e de danos mecânicos às plantas.
- Eficiência de uso e economia de fertilizantes : o abastecimento de nutrientes dividido em doses, aumenta a assimilação, limita as perdas em profundidade por lixiviação e permite um aproveitamento mais eficiente dos fertilizantes.
- Possibilita a aplicação eficiente de micronutrientes.
- Potencialidade de redução de riscos ao operador.



#### Limitações :

- Evenenamento e contaminação da fonte de suprimento d'água devido ao retorno do fluxo.

- Corrosão de partes metálicas da rede de irrigação

- Reação do fertilizante na rede de irrigação com alguns fertilizantes, sobretudo os fosforados, que podem formar precipitados e entupir os emissores.

GROBBELAAR & LUORENS (1974)<sup>2</sup>, citados por FRIZZONE (1985), relatam que o ácido fosfórico pode ser aplicado em sistemas de irrigação por gotejamento, desde que tomadas certas precauções, por exemplo, o ácido fosfórico deve ser aplicado, em água com pH elevado, a uma taxa que possibilite a redução do pH a valores inferiores a 6,5 evitando com isso a precipitação química; a redução do pH aumenta o potencial de corrosão de partes metálicas do sistema.

## 2.2. CONSIDERAÇÕES SOBRE O INJETOR VENTURI

De acordo com AZEVEDO NETO (1985), Clemens Herschel em 1881 idealizou o medidor de vazão do tipo Venturi e assim o denominou em homenagem ao italiano G. B. Venturi por ter sido o primeiro hidráulico a realizar experiências com tubos divergentes,

DELMÉE (1989), subdivide o medidor Venturi em três partes importantes :

a. Cone de entrada : Onde ocorre um aumento progressivo da velocidade do fluido.

---

<sup>2</sup> Grobbelaar, D. & Luorens, F. Fertilizer applications with drip irrigation. In : International Dirp Irrigation Congress. Proceedins, San Diego, CA, p. 405 - 410 , 1974.

b. Parte Intermediária cilíndrica ou "Garganta" : Aqui há a formação do vácuo devido ao aumento de velocidade. Nesse ponto faz - se a medição de baixa pressão e em se tratando do injetor de fertilizantes, é por onde a solução fertilizante, contida num recipiente e exposta à pressão atmosférica, é succionada,

c. Cone de saída ou divergente : Aqui velocidade vai sendo progressivamente diminuída, até igualar - se à velocidade de entrada. Tem por finalidade reduzir as perdas de carga, recuperando paulatinamente a velocidade e aumentando, ao máximo possível, a pressão resultante dessa complementar diminuição da velocidade.

O funcionamento do injetor de fertilizantes Venturi, basea - se no princípio da conservação da energia, onde na região intermediária, estrangulada, a energia de pressão transforma - se em energia de velocidade, provocando uma pressão efetiva negativa (vácuo). A Figura 1 mostra o esquema do injetor venturi e seu princípio de funcionamento.

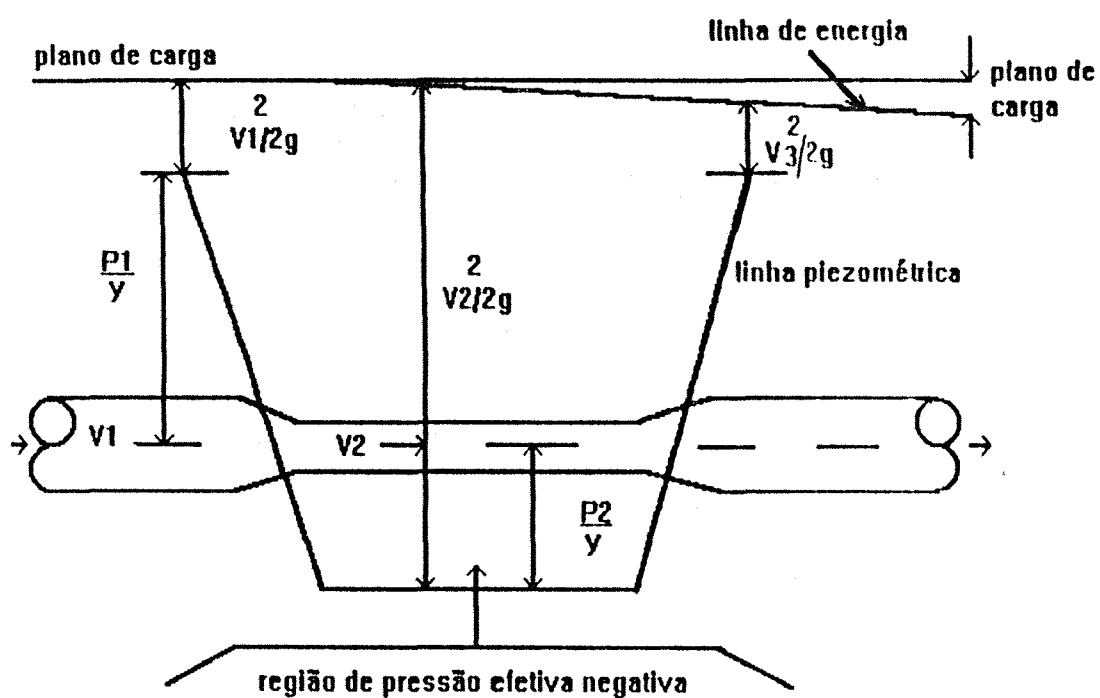


Figura 1: Esquema do injetor venturi e seu principio de funcionamento.

O teorema de BERNOULLI nos mostra que a soma das energias de pressão, de velocidade e de posição, com um fluido perfeito (que não provoca perda de energia), é constante ao longo da tubulação, com isso tem - se :

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + Z = cte.$$

permitindo-se concluir que quanto maior a velocidade de escoamento, menor será a pressão; sendo a recíproca verdadeira.

PIZARRO (1990) e ABRÉU *et al* (1987), advertem que os dados de vazão de sucção do injetor venturil catalogados pelos fabricantes, referem - se à vazão de sucção com água pura e que esta mesma vazão é reduzida à medida que a densidade da solução fertilizante aumenta.

No injetor venturi, a queda de pressão é geralmente expressa como uma percentagem da pressão de entrada, ABRÉU *et al* (1987), DASBERG *et al* (1985).

SHANI *et al* (1986) e PIZARRO (1990), afirmam que a perda de carga através do Venturi é em torno de 30% da pressão de operação.

SHANI *et al* (1986), comentam que alguns modelos desse aplicador de fertilizantes provocam perdas de até 50% da pressão de operação enquanto há outros que funcionam com até 10% da pressão de entrada.

Quando colocado diretamente na linha de irrigação, o injetor Venturi provoca grandes perdas de carga devido ao estreitamento da mesma. Para minimizar tais perdas, a instalação deve ser paralela à linha de irrigação, nesta entre os dois pontos da conexão do circuito do venturi instala - se uma válvula, cuja função consiste em produzir uma diferença de pressão para derivar parte da água ao circuito

do injetor, nesse instala - se mais outras duas válvulas, uma na entrada e outra na saída, para regular a passagem da água e a quantidade de solução fertilizante a ser sucçãoada, ABRÉU *et al* (1986); DASBERG *et al* (1985); PIZARRO (1990) e SHANI *et al* (1986). O sistema "by-pass", acima descrito, além de reduzir consideravelmente as perdas de carga, possibilita a obtenção de aparelhos menores, mais baratos e mais facilmente transportáveis. A Figura 2 mostra o esquema de um injetor Venturi instalado num circuito "by-pass".

SHANI *et al* (1986), classificam os injetores Venturi em três tipos :

1. Venturi simples (único estágio) : Este tipo contém a contração Venturi sem acessórios. Não é recomendado por provocar excessiva perda de carga. Estão disponíveis nos diâmetros de 1" e 2".

2. Venturi Modificado : Nestes as válvulas de retenção e anti - vácuo são componentes essenciais para prevenir o retorno do fluxo quando do rompimento do funcionamento do sistema de irrigação.

3. Venturi Melhorado de Dois Estágios : É constituído de duas partes; a primeira - maior - tem um fluxo de água constante; a menor parte colocada no ponto de sucção da primeira, tem um menor fluxo e sucçãoa a solução fertilizante do tanque. Esta modificação reduz a queda de pressão de 12% a 25% da pressão de entrada, superando por meio disso a principal limitação do Venturi e possibilitando um uso mais amplo do mesmo. Embora por consequência disso, a vazão de sucção seja menor.

Segundo MOSHE (1988), as altas perdas de carga ocorridas no Venturi podem ser reduzidas em 10% a 15% da pressão inicial, com o uso do Venturi de dois estágios.

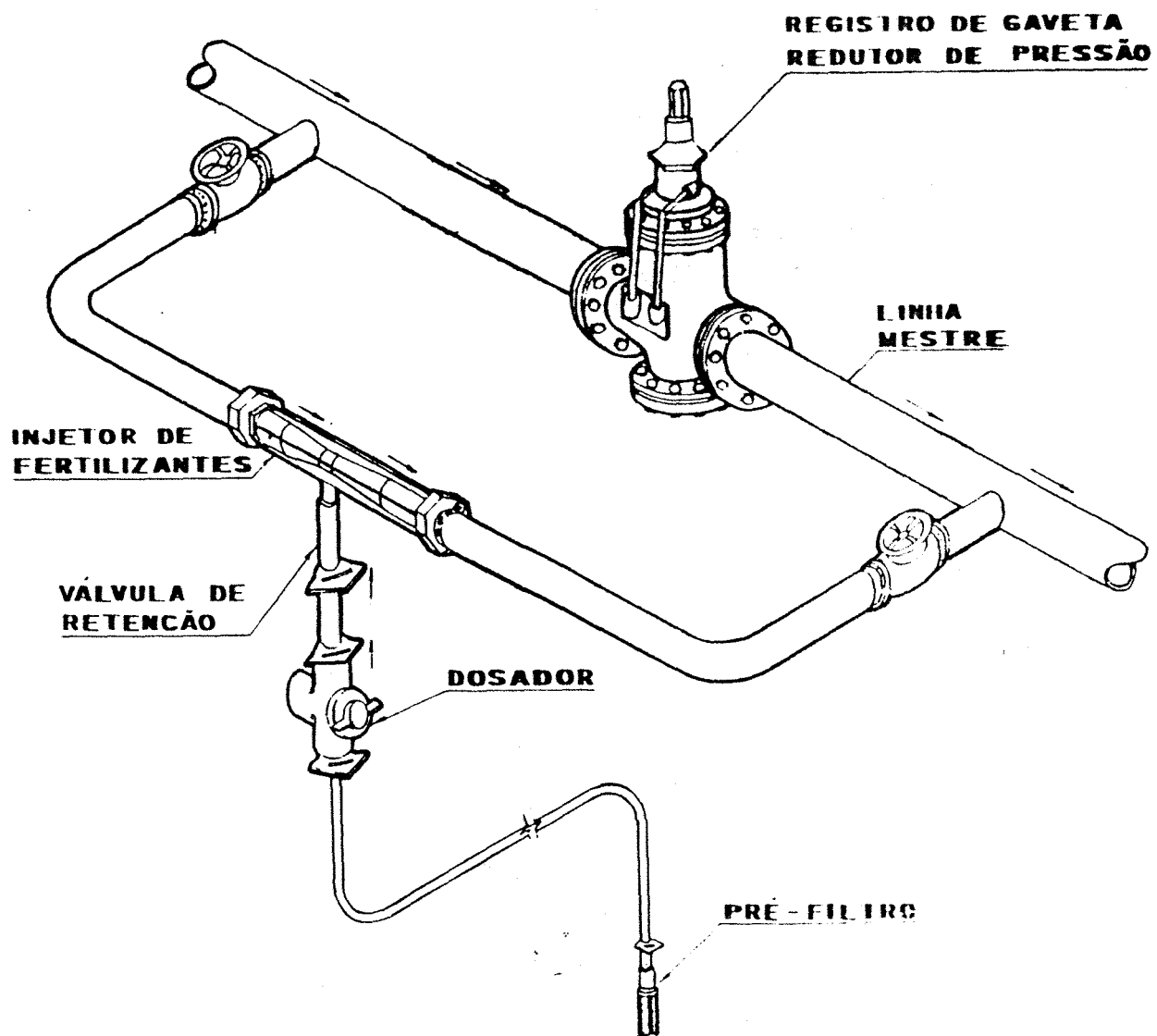


Figura 2: Esquema do injetor venturi instalado num circuito "by - pass"

THREADGILL *et al* (1990), comentam que a taxa de injeção do Venturi depende e varia com o diferencial de pressão e que isto pode criar dificuldades na obtenção rigorosa e consistente das taxas de injeção dos produtos químicos.

FEITOSA FILHO & ARRUDA (1994)<sup>3</sup>, citam os prâmetros que devem ser conhecidos para se dimensionar um injetor de fertilizantes do tipo Venturi : Vazão total do sistema de irrigação ou vazão que deve passar pelo circuito ("by-pass") quando o mesmo é instalado paralelo à linha de irrigação; pressão de serviço num ponto próximo ao início da secção convergente do injetor; altura que deve ser instalado o equipamento em relação ao recipiente contendo a solução química e pressão efetiva negativa pré - estabelecida no corpo cilíndrico ("garganta") do injetor.

As vantagens e as limitações, abaixo relacionadas, foram citadas por FRIZZONE *et al* (1985) :

Vantagens : É um dispositivo simples e não possui peças móveis, não necessitando de manutenção, possui boa durabilidade, é relativamente barato, dispensa fonte de energia extra para funcionar, o uso de um recipiente aberto permite portabilidade e comodidade e, quando opera sob condições estáveis de pressão - vazão, obtém - se uma proporção de diluição constante.

Limitações : Grande perda de carga provocada pelo estrangulamento da tubulação (quando o mesmo é colocado diretamente na linha de irrigação) e

---

<sup>3</sup> 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 23.o Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Campinas - SP, 1994.

limitada margem de operação, ou seja, para uma pequena variação na pressão ou na vazão seu funcionamento é comprometido.

DENÍCULI *et al* (1992), analisaram o desempenho de um injetor Venturi na fertirrigação, numa unidade de irrigação por microaspersão com três linhas laterais de polietileno de 63 metros de comprimento e diâmetro interno de 19,6 mm com 21 microaspersores (DANTAS - MA - 120) cada, sendo a pressão no início das linhas laterais de 15 m.c.a. e concluíram que : Há pouca influência da distância do microaspersor ao local de injeção das massas fertilizantes, distribuídas ao longo das linhas laterais; o tempo de oito minutos pode servir de parâmetro para o planejamento da fertirrigação; o injetor Venturi pode ser utilizado com êxito na fertirrigação por microaspersão e na aplicação de outros produtos químicos solúveis em água.

HAHN *et al* (1983), usaram o coeficiente de variação para avaliar a uniformidade de aplicação de água e de fertilizantes através de uma unidade de irrigação por gotejamento; para a aplicação do fertilizante foram usados o Venturi, o Tanque de derivação de fluxo, o Tanque de corrente direta e uma Bomba injetora. Concluíram que há diferença no desempenho dos injetores em relação à concentração do fertilizante no sistema com o decorrer do tempo. Contudo, a quantidade de fertilizante distribuída por um dado emissor qualquer e a uniformidade de aplicação do fertilizante não variou com o método de injeção. Os mesmos autores concluíram também que a uniformidade de aplicação do fertilizante foi estritamente dependente da uniformidade de aplicação de água e que a posição do emissor e o método de injeção não alteraram esta relação. Tais autores comentam também que a seleção do tipo de injetor deve ser baseada apenas na conveniência, na preferência do agricultor, simplicidade de operação, longevidade, manutenção e servicibilidade e não na uniformidade de aplicação do fertilizante.



### 2.3. CONSIDERAÇÕES SOBRE O RENDIMENTO

De acordo com G. FLÜGEL<sup>4</sup>, citado por HIRSCHMANN (1958), qualquer ejetor de água é caracterizado pelo coeficiente  $\varepsilon$ , expresso por :

$$\varepsilon = \frac{P_{saída} - P_{sucção}}{P_{entrada} - P_{saída}}$$

onde :  $P_{entrada}$  = Pressão na entrada do ejetor (m.c.a.).

$P_{saída}$  = Pressão na saída do ejetor (m.c.a.).

$P_{sucção}$  = Pressão de sucção do ejetor (m.c.a.).

e pelo coeficiente  $\sigma$ , formado pela razão entre a vazão útil "q" (vazão de sucção) e vazão motriz "Q" (vazão de alimentação) :

$$\sigma = \frac{q}{Q}$$

Dado que a diferença entre a pressão de saída e a de sucção corresponde à altura de elevação H, e que a diferença de pressão entre a pressão de entrada e a de saída representa o diferencial de pressão entre a entrada e a saída do ejetor, tem - se :

---

<sup>4</sup>FLÜGEL, G. Berechnung Von Strahlapparaten, VDI - Zeitschrift Bd. 83, Nr. 38.

$$\varepsilon = \frac{H}{h}$$

Segundo CARLIER (1968) e TROSKOLANSKI (1977), o rendimento global de um ejetor de água é dado pelo produto entre  $\varepsilon$  e  $\sigma$  supondo - se que o fluido motor e o de elevação são os mesmos :

$$\eta = \varepsilon \cdot \sigma ;$$

portanto :

$$\eta = \frac{q \cdot H}{Q \cdot h}$$

onde :

$\eta$  = rendimento [ adimensional ],

$Q$  = vazão motriz [  $L^3 \cdot T^{-1}$  ],

$q$  = vazão de sucção [  $L^3 \cdot T^{-1}$  ],

$H$  = altura de elevação [  $L$  ],

$h$  = diferencial de pressão [  $L$  ].

CARLIER (1968), comenta também que as curvas características  $H(Q)$  e  $\eta(Q)$ , são semelhantes às das bombas centífugas, sendo que o rendimento é bastante pequeno e não passa de 0,3.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi desenvolvido no laboratório de irrigação do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ - da Universidade de São Paulo - USP; localizado no município de Piracicaba, estado de São Paulo - Brasil, cujas coordenadas geográficas são : 22° 42' 30" de latitude sul, 47° 30' 00" de longitude leste e altitude média de 576 metros.

#### **3.1. MATERIAL**

##### **3.1.1. Bomba Centrífuga**

As pressões de alimentação pré-estabelecidas, medidas na entrada do Venturi, foram obtidas por meio de uma bomba centrífuga de eixo horizontal, cujas características são : Potência de 4,0 c.v.; rotação de 1750 rpm ; vazão de 20,0 m<sup>3</sup>/h e altura manométrica de 35,0 m.c.a.

##### **3.1.2. Medidor de Vazão**

Para medição da vazão na entrada do Venturi utilizou - se o medidor de vazão magnético indutivo Mag-Flux - 462 (CONAUT) ; cujo princípio de funcionamento basea - se na lei de Faraday. Nesse medidor, um campo magnético é gerado pela

passagem de corrente entre suas bobinas e o condutor é o fluido de medição que tem como comprimento o diâmetro do tubo. O medidor CONAUT - 462 foi instalado entre tubos de PVC de 1" de diâmetro, para assegurar ao sistema condições uniformes de escoamento. Este medidor CONAUT é conectado a um conversor de sinal que fornece o valor da vazão em porcentagem.

### 3.1.3. MEDIDORES DE PRESSÃO

A pressão de alimentação e o diferencial de pressão entre a entrada e a saída do injetor Venturi foram medidos por meio de transdutores de pressão com capacidade de  $5 \text{ kgf/cm}^2$ , acoplados a indicadores digitais microprocessados com precisão de 0,5%. A pressão de sucção foi medida com vacuômetros de coluna líquida, com escala em milímetros, em que o líquido manométrico, para determinadas pressões de alimentação e determinados diferencial de pressão, às vezes foi o mercúrio ( $d = 13,6\text{g/cm}^3$ ) e outras o vermelho de Merrian ( $d = 3,0\text{g/cm}^3$ ), pois a faixa de leitura na escala milimétrica entre a pressão máxima e mínima de sucção varia com a pressão de entrada e o diferencial de pressão, tornando-se necessário usar o líquido manométrico que se adeque a cada situação.

### 3.1.4. INJETOR VENTURI

É um aparelho de polietileno com formato em " T ", formado por um cone convergente e outro divergente interligados por um corpo cilíndrico. Nesse o acréscimo de velocidade provoca uma queda de pressão gerando um vácuo, que como consequência succiona e injeta a solução química na linha de irrigação. Neste experimento foram analisados dois modelos de injetores de fertilizantes do tipo

Venturi, o injetor 1 (modelo mazzei 1078) com 22 cm de comprimento e diâmetro interno de 19,6 mm no trecho normal e 7,6 mm no corpo cilíndrico ("garganta") ; o injtor 2 (modelo mazzei 584) possuía 15 cm de comprimento e diâmetro interno de 11,6 mm no trecho normal e 4,5 mm no corpo cilíndrico. No corpo cilíndrico de cada injetor é conectada uma mangueira transparente que interliga o injetor ao recipiente contendo a solução química, na extremidade dessa mangueira há uma válvula com crivo que tem por finalidade impedir o retorno do fluxo. A figura 3 mostra o injetor de fertilizante do tipo Venturi.

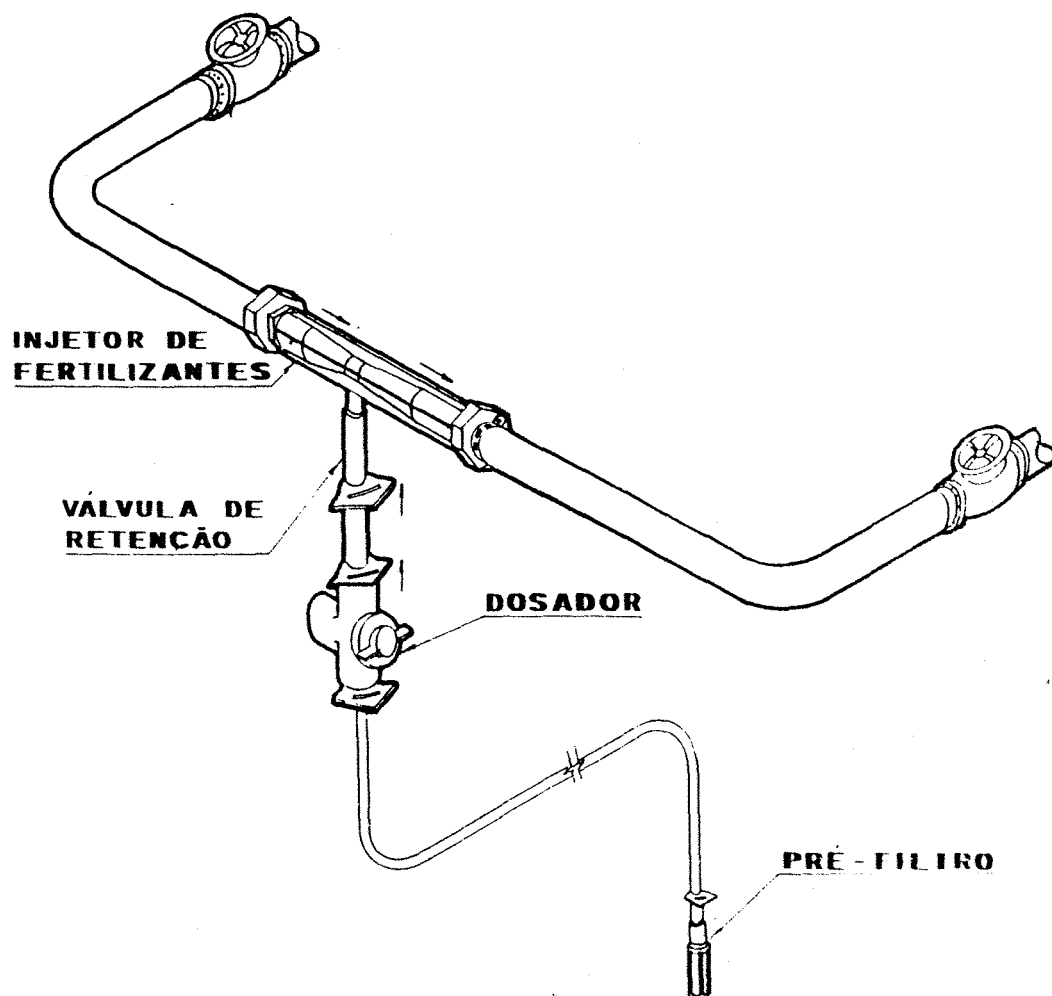


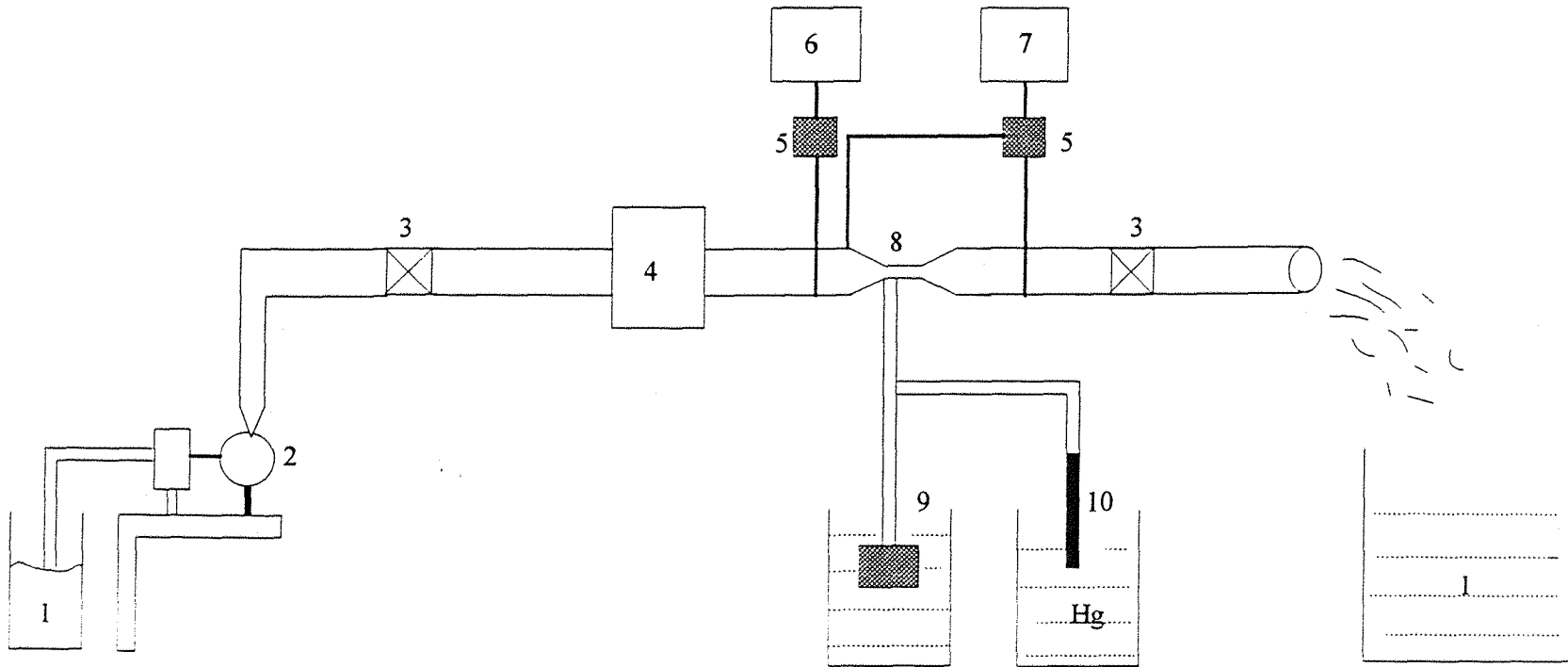
Figura 3: Injetor de fertilizante do tipo Venturi

## 3.2. MÉTODOS

### 3.2.1. ESQUEMA DE MONTAGEN DOS EQUIPAMENTOS

Para a realização dos ensaios os aparelhos foram instalados, horizontalmente, numa bancada e entre a entrada e a saída dos mesmos foram colocadas conexões as quais possuíam pontos de tomada de pressão onde eram conectados os medidores de pressão de alimentação e de diferencial de pressão. A distância do ponto de tomada de pressão para a entrada do aparelho foi de 30 vezes o diâmetro dos mesmos, reduzindo, dessa forma, turbulências e garantindo uma operação satisfatória, VENNARD *et al* (1978). No ponto de sucção do venturi adaptou-se uma conexão para tomada de pressão com o vacuômetro. Logo após esse ponto foi colocado um registro de gaveta que ao ser fechado, paulatinamente, fornecia pressões de sucção com suas respectivas vazões de sucção, mantidos constantes o diferencial de pressão e a pressão de alimentação. As vazões de sucção foram medidas pelo método das pesagens.

Para a realização dos ensaios com o injetor 1 foram adotadas as seguintes pressões de alimentação : 10 ; 15 ; 20 ; 25 ; 30 m.c.a., com seus respectivos diferenciais de pressão : ( 2 ; 3 ; 4 ) ; ( 4 ; 5 ; 6 ) ; ( 4 ; 5 ; 6 ) ; ( 6 ; 7 ) e ( 7 ; 8 ) m.c.a., previamente estabelecidos. Para o injetor 2 as mesmas pressões de alimentação : 10 ; 15 ; 20 ; 25 ; 30 m.c.a. e seus respectivos diferenciais de pressão : ( 4 ; 5 ) ; ( 5 ; 6 ) ; ( 6 ; 7 ) ; ( 7 ) e ( 8 ; 9 ). O ajuste das pressões de alimentação e dos diferencial de pressão foram obtidos por meio de válvulas de gaveta colocadas antes e depois do injetor Venturi e de dois transdutores de pressão com indicador digital microprocesado. A montagem dos equipamentos está esquematizada na Figura 4.



- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Reservatórios de água</li> <li>2. Conjunto moto-bomba</li> <li>3. Valvula de gaveta</li> <li>4. Medidor de vazão magnético-indutivo</li> <li>5. Transdutor de pressão</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>6. Medidor de pressão digital micro processado</li> <li>7. Medidor de diferencial de pressão micro processado</li> <li>8. Injeor de fertilizantes do tipo-venturi</li> <li>9. Recipiente com água e mangueira de sucção</li> <li>10. Vacuômetro com coluna de mercúrio</li> </ul> |
|--|--|

Figura 4: Esquema de montagem dos injetores Venturi ensaiados



### 3.2.2. PARÂMETROS DE DESEMPENHO

Através de realização de treze ensaios com o injetor 1 e nove com o injetor 2, foram avaliadas as relações entre pressão e vazão de sucção, em que para cada ensaio mantinha - se um uma pressão de alimentação e um diferencial de pressão constantes, enquanto que a de sucção modificava - se com o fechamento paulatino do registro colocado próximo ao ponto de tomada da pressão de sucção.

#### 3.2.2.1. CURVAS DE VAZÃO DE SUCÇÃO VERSUS PRESSÃO DE SUCÇÃO

Obtidos os pares de valores, pressão de sucção versus vazão de sucção, correspondentes, foram construídas curvas para demonstrar a interdependência entre esses dois parâmetros. O ajuste das curvas foi realizado através de análise de regressão com o auxílio do programa computacional SANEST. O modelo linear foi o que melhor ajustou aos dados, dando uma equação do tipo :

$$q = a + b.P_s$$

onde :  $q$  = Vazão de sucção (l/h),

$P_s$  = Pressão de sucção (m.c.a.),

$a$  e  $b$  = Parâmetros estatísticos.

### 3.2.2.2. RENDIMENTO

O esquema abaixo ilustra, de maneira didática, conforme OLIVEIRA (1993), como o rendimento energético do injetor Venturi foi avaliado :

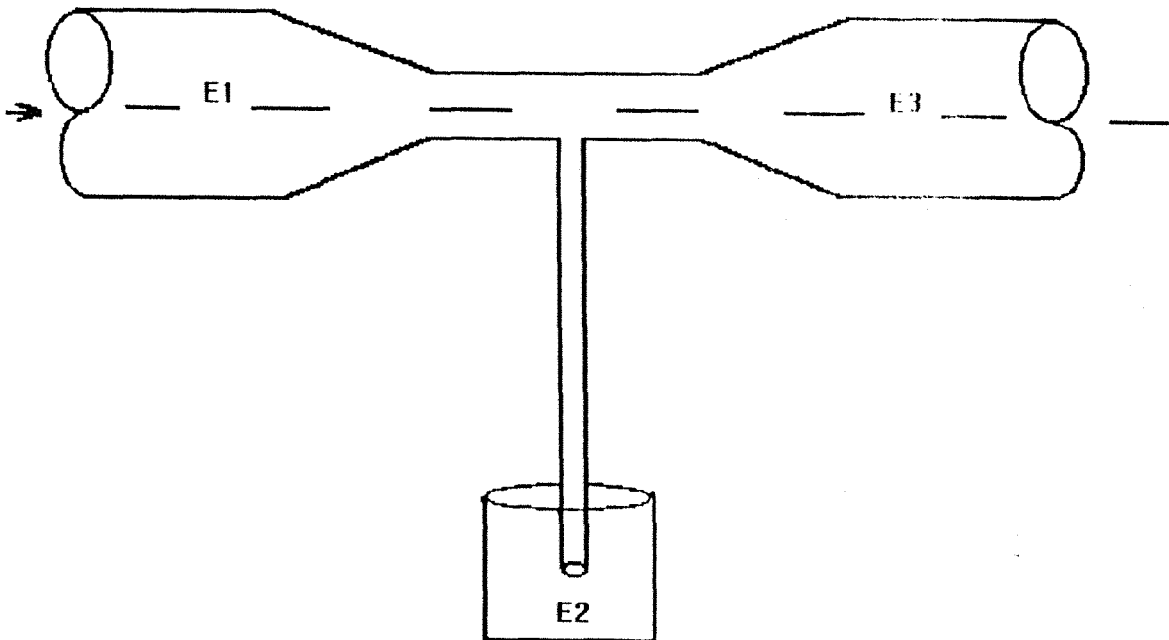


Figura 5: Corte longitudinal do injetor Venturi.

onde :

$E1$  = energia total em 1,

$E2$  = energia total em 2,

$E3$  = energia total em 3.

Por se tratar de um processo isotérmico, as únicas formas de energia envolvidas nesse sistema são : cinética, piezométrica e geométrica; sendo essa última igual nos três pontos, para o injetor instalado horizontalmente.

Como por definição o rendimento total é dado pela razão entre a energia útil e a energia total de acionamento e, considerando  $(E_1 - E_3)$  como a energia total de acionamento gerada pela vazão de alimentação e  $(E_3 - E_2)$  a energia útil, gerada no corpo cônico do Venturi, tem - se que :

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

Visto que a energia total é a soma das energias de velocidade e de pressão tem - se :

$$\eta = \frac{(E_{c_3} + E_{p_3}) - (E_{c_2} + E_{p_2})}{(E_{c_1} + E_{p_1}) - (E_{c_3} + E_{p_3})} \text{ ----- ( 2).}$$

Segundo MACINTYRE (1987), a energia de pressão e a energia de velocidade podem ser expressas como segue :

a. Energia de Pressão :

$$E_p = p' \cdot \frac{P}{\gamma} \text{ -----(3)}$$

que representa o trabalho que o peso  $p'$  de líquido, de peso específico  $\gamma$ , pode realizar quando submetido à pressão  $P$ . Isto significa que, um elemento de

líquido, de peso específico  $\gamma$ , quando submetido à pressão  $P$ , pode elevar-se, no vácuo, a uma cota  $H = P / \gamma$  sob a ação dessa força.

Sabe-se que :

$$p' = m.g \text{ -----(4)}$$

$$m = \rho.\theta \text{ -----(5)}$$

$$\gamma = \rho.g \text{ -----(6)}$$

onde :

$m$  = massa [ M ],

$g$  = aceleração da gravidade [ L.T<sup>-2</sup> ],

$\rho$  = massa específica [ M . L<sup>3</sup> ],

$\gamma$  = peso específico [ F . L<sup>3</sup> ],

$\theta$  = volume [ L<sup>3</sup> ].

Substituindo-se a equação (4) na equação (3), tem-se :

$$E_p = m.g.H \text{ -----(7)}$$

A equação (5) sendo substituída na equação (7) fornece :

$$E_p = \rho.g.\theta.H \text{ -----(8)}$$

Inserindo-se a equação (6) na equação (8), tem-se :

$$E_p = \gamma \cdot \theta \cdot H \text{ -----(9)}$$

Dividindo-se essa energia por unidade de tempo, obtem-se :

$$\frac{E_p}{\Delta t} = \gamma \cdot \frac{\theta}{\Delta t} \cdot H \text{ -----(10)}$$

Como por definição vazão (Q) é o volume por unidade de tempo ( $\theta / \Delta t$ ), verifica-se que :

$$\frac{E_p}{\Delta t} = \gamma \cdot Q \cdot H \text{ -----(11)}$$

b. Energia de velocidade :

$$E_c = p' \cdot \frac{V^2}{2g} \text{ , -----(12)}$$

que representa o trabalho que o peso  $p'$  de líquido, dotado de velocidade  $V$ , é capaz de realizar elevando-se, no vácuo, a uma altura  $H = V^2/2g$ .

De maneira análoga à dedução anterior, obtem-se que :

$$\frac{E_c}{\Delta t} = Q \cdot \gamma \cdot \frac{V^2}{2g} \text{ , -----(13)}$$

No ponto (3) tem - se a vazão  $Q_3$  que é igual á soma das vazões  $Q_1$  e  $Q_2$  . A parcela em (3) representativa da vazão útil é  $Q_2$ , ou seja, aquela succionada

pelo Venturi; com isso tem-se que a energia útil, utilizando - se as equações (11) e (13), é dada por :

$$(E_3 - E_2) = (\gamma \cdot Q_2 \cdot \frac{V_2^2}{2g} + \gamma \cdot Q_2 \cdot H_3) - (\gamma \cdot Q_2 \cdot \frac{V_3^2}{2g} + \gamma \cdot Q_2 \cdot H_2) \dots \dots \dots (14).$$

Por sua vez a parcela em (3) representativa da vazão motriz (vazão de alimentação) é Q1, pois a água flui pelo ponto 1 sob pressão H1 atingindo o ponto (3) sob pressão H3; com isso tem - se que a energia motriz, utilizando - se as equações (11) e (13), é dada por :

$$(E_1 - E_3) = (\gamma \cdot Q_1 \cdot \frac{V_1^2}{2g} + \gamma \cdot Q_1 \cdot H_1) - (\gamma \cdot Q_1 \cdot \frac{V_3^2}{2g} + \gamma \cdot Q_1 \cdot H_3) \dots \dots \dots (15).$$

Substituindo - se as equações (14) e (15) na equação (2) e desprezando - se as energias de velocidade, obtem - se a equação (16) que permite calcular o rendimento para os injetores (1) e (2) :

$$\eta = \frac{Q_2 (H_3 - H_2)}{Q_1 (H_1 - H_3)} \dots \dots \dots (16).$$

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas de 1 a 13 e de 15 a 23 mostram os valores obtidos nos ensaios realizados com os injetores 1 e 2, respectivamente, segundo metodologia descrita no ítem anterior ; nas quais são apresentadas as pressões de sucção, vazões de sucção , vazões de alimentação e rendimento dos injetores 1 e 2. O injetor 1 foi submetido às pressões de alimentação de 10 ; 15 ; 20 ; 25 e 30 m.c.a. com seus respectivos diferenciais de pressão (2 ; 3 ; 4) ; (4 ; 5 ; 6) ; (4 ; 5 ; 6) ; (6 ; 7) e (7 ; 8) m.c.a. . O injetor 2 foi submetido às mesmas pressões de alimentação e aos respectivos diferenciais de pressão : (4 ; 5) ; (5 ; 6) ; (6 ; 7) ; (7) e (8 ; 9) m.c.a..

As Figuras de 6, 8,10, 12 e 14 a de 16, 18, 20, 22 e 24 mostram a correlação entre pressão de sucção e vazão de sucção dos injetores 1 e 2, respectivamente, para as pressões de alimentação e seus respectivos diferenciais de pressão supra citados.

O modelo linear foi o que melhor ajustou aos dados de pressão de sucção versus vazão de sucção, cujos parâmetros estatísticos estão inseridos nas tabelas 14 e 24, respectivamente para os injetores 1 e 2.

As figuras de 7, 9, 11, 13 e 15 a 17,19, 21, 23 e 25, mostram a interdependência entre pressão de sucção e o rendimento dos injetores 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de alimentação de 10 m.c.a. e diferencial de pressão de 2 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-1,43	78,20	2264,17	16,28
-1,55	65,26	2266,56	13,75
-1,67	55,74	2268,16	11,88
-1,79	45,40	2270,16	9,79
-1,91	38,28	2272,15	8,35
-2,03	31,52	2274,15	6,95
-2,15	26,68	2276,15	5,95
-2,27	20,94	2280,14	4,72

Tabela 2 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de alimentação de 10 m.c.a. e diferencial de pressão de 3 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-1,55	90,00	2332,05	11,00
-1,67	82,76	2336,05	10,24
-1,79	69,52	2340,04	8,70
-1,91	61,52	2344,03	7,79
-2,03	50,90	2348,03	6,534
-2,15	42,72	2352,02	5,54
-2,27	34,36	2356,01	4,51
-2,65	12,70	2367,99	1,73



Tabela 3 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de alimentação de 10 m.c.a. e diferencial de pressão de 4 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-2,33	144,28	2427,89	12,38
-2,65	132,00	2431,88	11,74
-2,92	115,38	2435,88	10,56
-3,20	95,64	2439,87	9,02
-3,47	72,42	2443,86	7,02
-3,74	49,00	2451,85	4,87

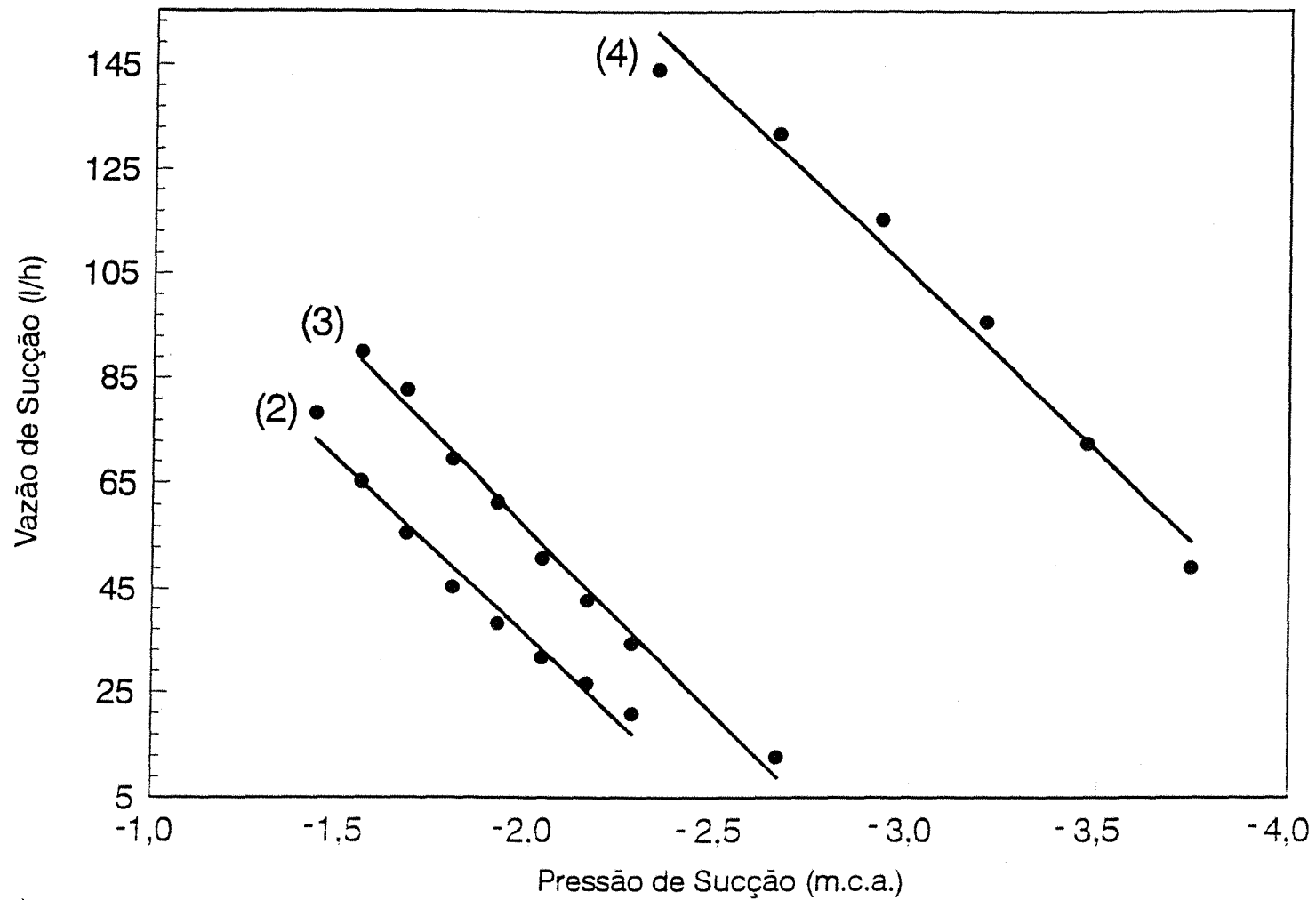


Figura 6 : Vazão de sucção versus Pressão relativa de sucção, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 10 m.c.a. e diferenciais de pressão de 2; 3 e 4 m.c.a.

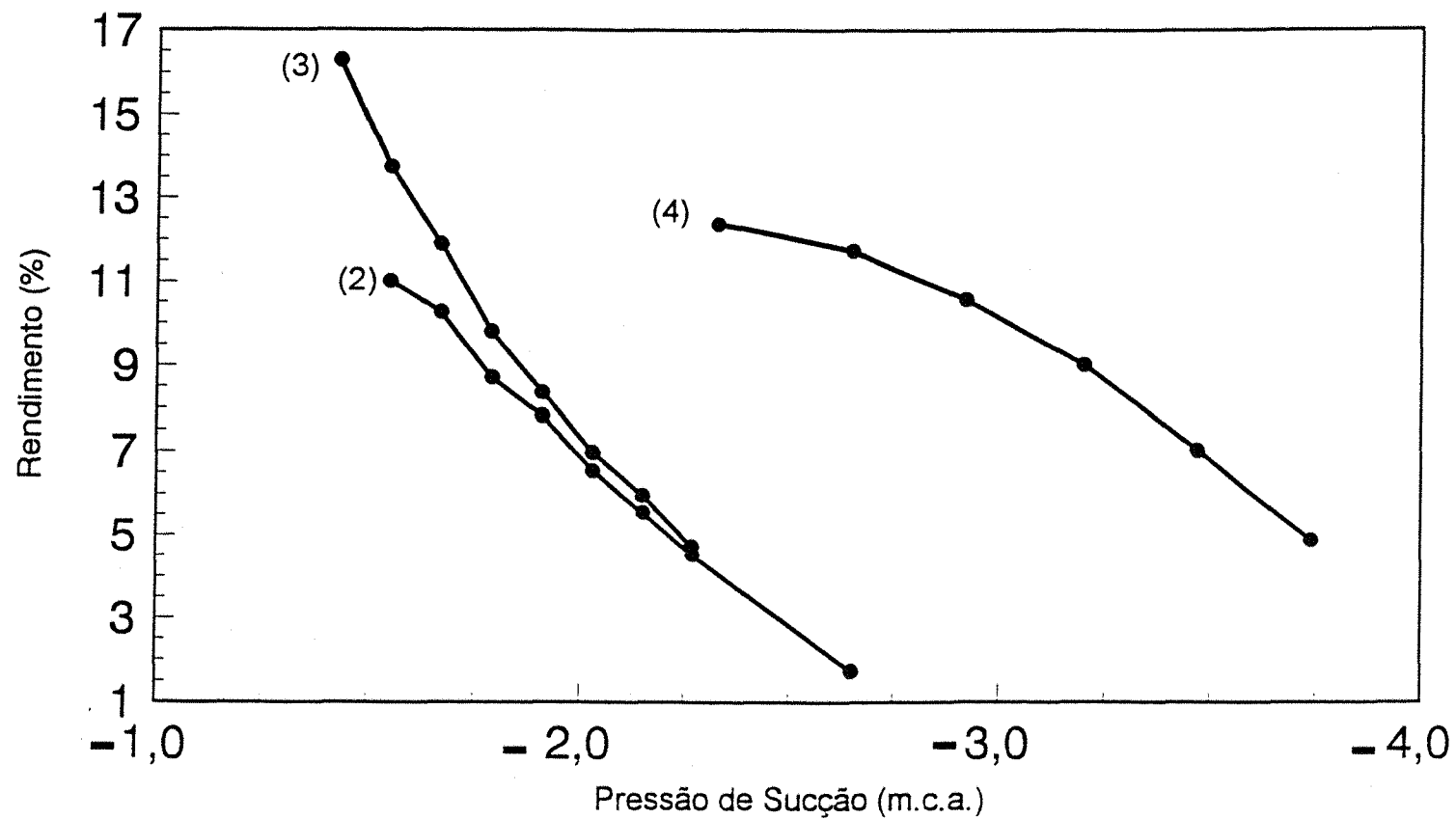


Figura 7 : Pressão relativa de sucção versus rendimento, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 10 m.c.a. e diferenciais de de pressão de 2; 3 e 4 m.c.a.

Tabela 4 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de alimentação de 15 m.c.a. e diferencial de pressão de 4 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-1,46	76,46	2687,45	8,86
-1,55	68,32	2691,44	7,96
-1,67	60,36	2695,44	7,09
-1,79	54,64	2699,43	6,47
-1,91	48,62	2711,41	5,79
-2,03	42,32	2715,40	5,08
-2,15	36,26	2719,40	4,38
-2,27	24,90	2723,39	3,03
-2,52	19,42	2731,38	2,40

Tabela 5 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de alimentação de 15 m.c.a. e diferencial de pressão de 5 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-2,30	138,32	2759,33	12,33
-2,65	118,36	2767,32	10,82
-2,92	98,90	2771,31	9,22
-3,20	80,32	2775,30	7,64
-3,47	63,50	2779,30	6,16
-3,74	46,26	2783,29	4,57
-4,01	25,26	2791,27	2,54

Tabela 6 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de alimentação de 15 m.c.a. e diferencial de pressão de 6 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-2,79	173,12	2875,13	11,83
-3,20	160,80	2879,13	11,36
-3,47	146,78	2883,12	10,58
-3,74	133,62	2887,11	9,83
-4,01	119,56	2891,11	8,97
-4,28	103,38	2895,10	7,90
-4,56	85,08	2899,09	6,63
-4,83	58,26	2903,09	4,63

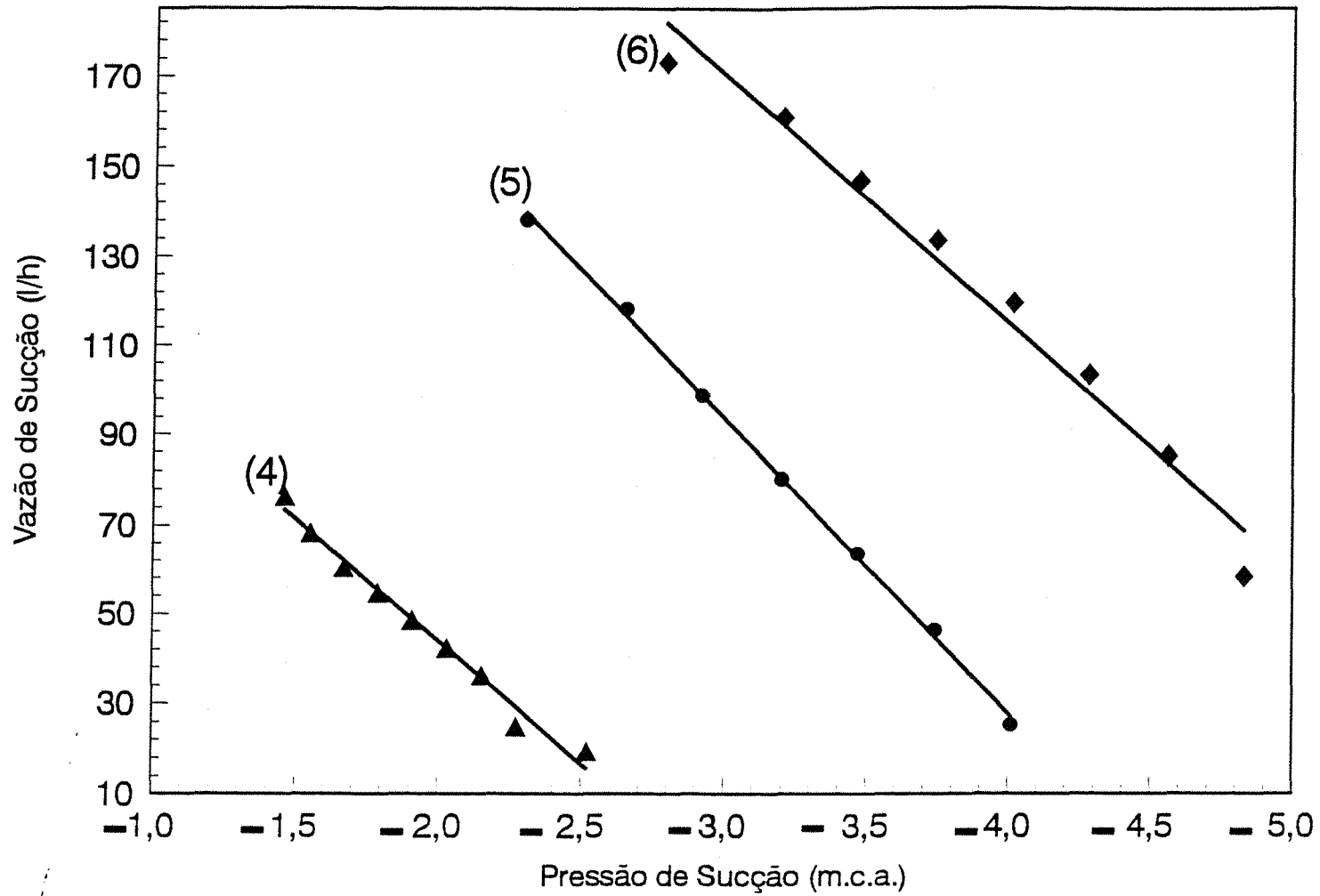


Figura 8 : Vazão de sucção versus Pressão relativa de sucção, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 15 m.c.a. e diferenciais de pressão de 4; 5 e 6 m.c.a.

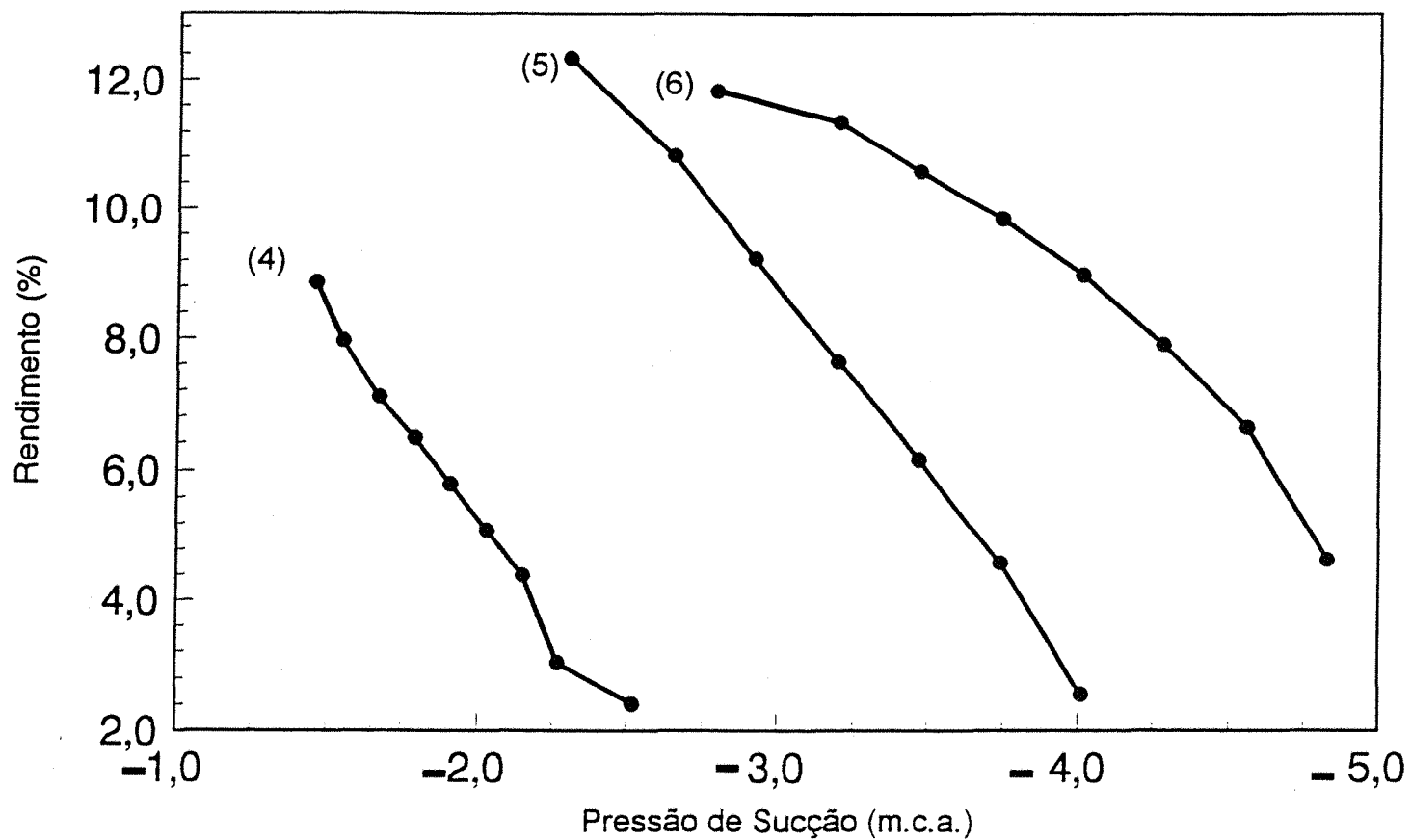


Figura 9 : Pressão relativa de sucção versus rendimento, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 15 m.c.a. e diferenciais de pressão de 4; 5 e 6 m.c.a.

Tabela 7 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 4 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCCÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCCÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-1,04	36,66	3022,88	5,18
-1,19	32,10	3026,88	4,56
-1,31	26,92	3030,87	3,84
-1,43	24,84	3034,86	3,57
-1,55	20,64	3038,86	2,98
-1,67	18,84	3042,85	2,74
-1,79	16,24	3046,84	2,37
-1,91	12,76	3054,83	1,87



Tabela 8 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 5 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-1,18	52,42	3090,77	5,49
-1,31	46,46	3094,76	4,90
-1,43	43,28	3098,75	4,59
-1,55	40,32	3102,75	4,30
-1,67	38,18	3106,74	4,10
-1,79	34,46	3110,73	3,72
-1,91	31,98	3114,73	3,47
-2,03	29,00	3122,71	3,16
-2,15	25,30	3126,71	2,78
-2,27	21,54	3138,69	2,37
-2,38	17,78	3142,68	1,97

Tabela 9 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 6 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-1,97	118,96	3150,67	10,05
-2,38	81,68	3154,66	7,07
-2,65	66,94	3162,65	5,87
-2,92	57,22	3174,63	5,08
-3,20	47,38	3186,61	4,26
-3,47	34,94	3198,59	3,18
-3,74	22,74	3202,58	2,10

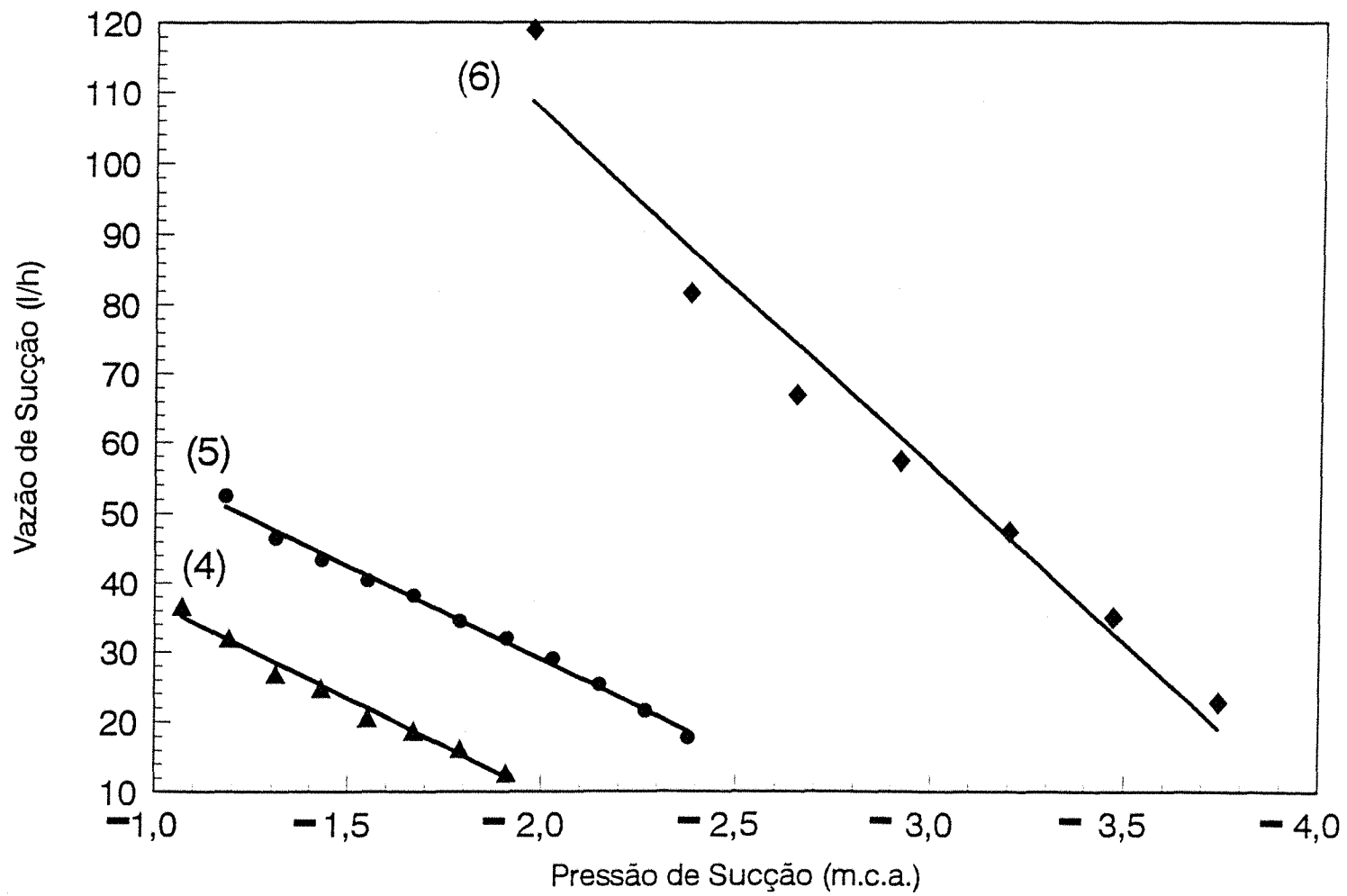


Figura 10 : Vazão de sucção versus Pressão relativa de sucção, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferenciais de pressão de 4; 5 e 6 m.c.a.

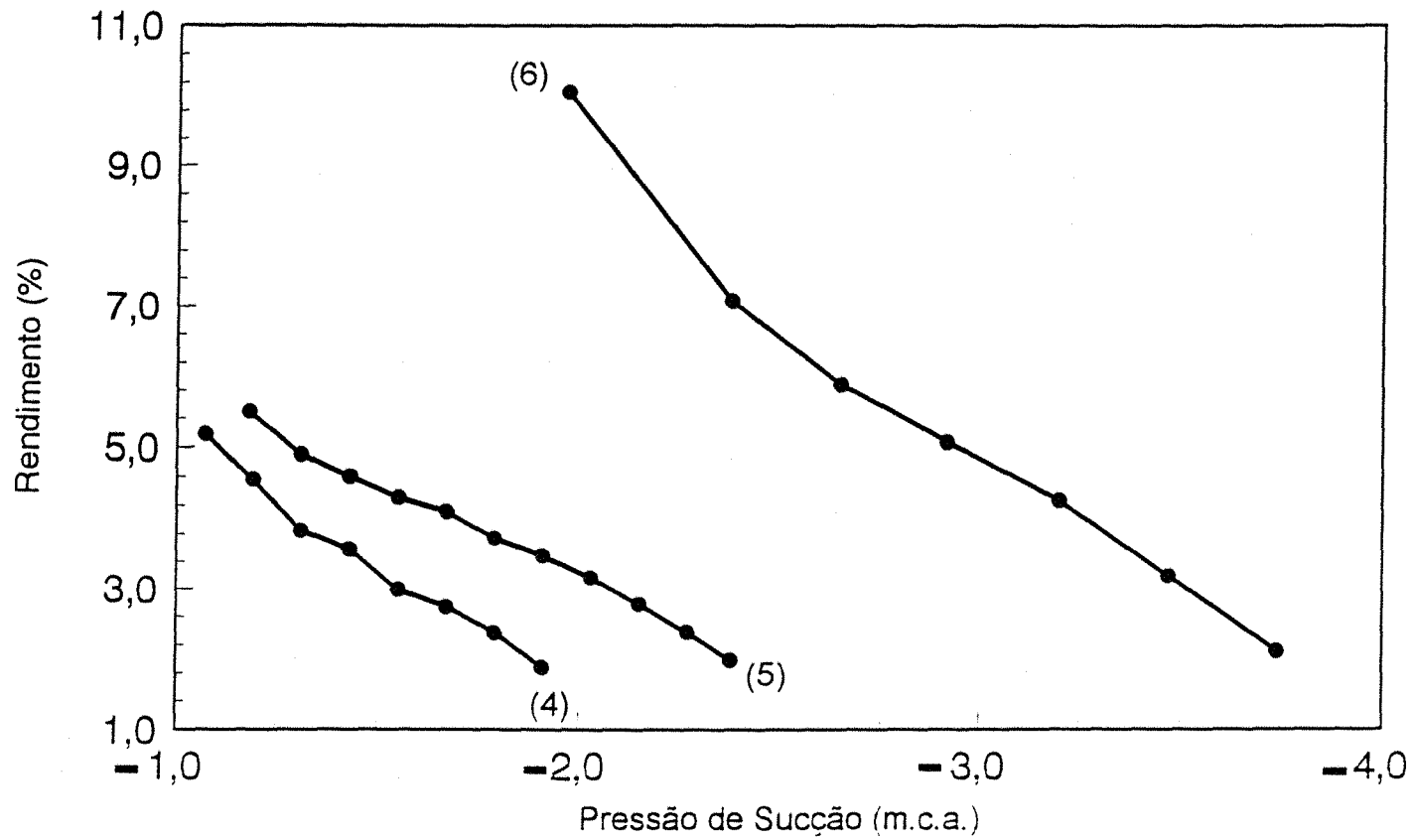


Figura 11 : Pressão relativa de sucção versus rendimento, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferenciais de pressão de 4; 5 e 6 m.c.a.

Tabela 10 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de alimentação de 25 m.c.a. e diferencial de pressão de 6 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCCÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCCÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-1,38	72,96	3382,27	7,33
-1,49	62,96	3386,27	6,35
-1,61	58,84	3390,26	5,96
-1,73	56,00	3394,25	5,70
-1,85	53,04	3398,25	5,42
-1,97	50,22	3402,24	5,16
-2,09	45,88	3406,23	4,73
-2,21	42,54	3410,23	4,41
-2,38	34,96	3426,20	3,64
-2,65	27,64	3434,19	2,90
-2,92	19,18	3442,17	2,04

Tabela 11 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de alimentação de 25 m.c.a. e diferencial de pressão de 7 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-1,48	85,98	3641,83	6,57
-1,84	76,52	3645,83	5,95
-2,11	71,88	3649,82	5,66
-2,38	65,64	3653,81	5,23
-2,65	60,14	3657,81	4,85
-2,92	54,16	3661,80	4,42
-3,20	50,34	3665,79	4,18
-3,47	46,34	3673,78	3,87

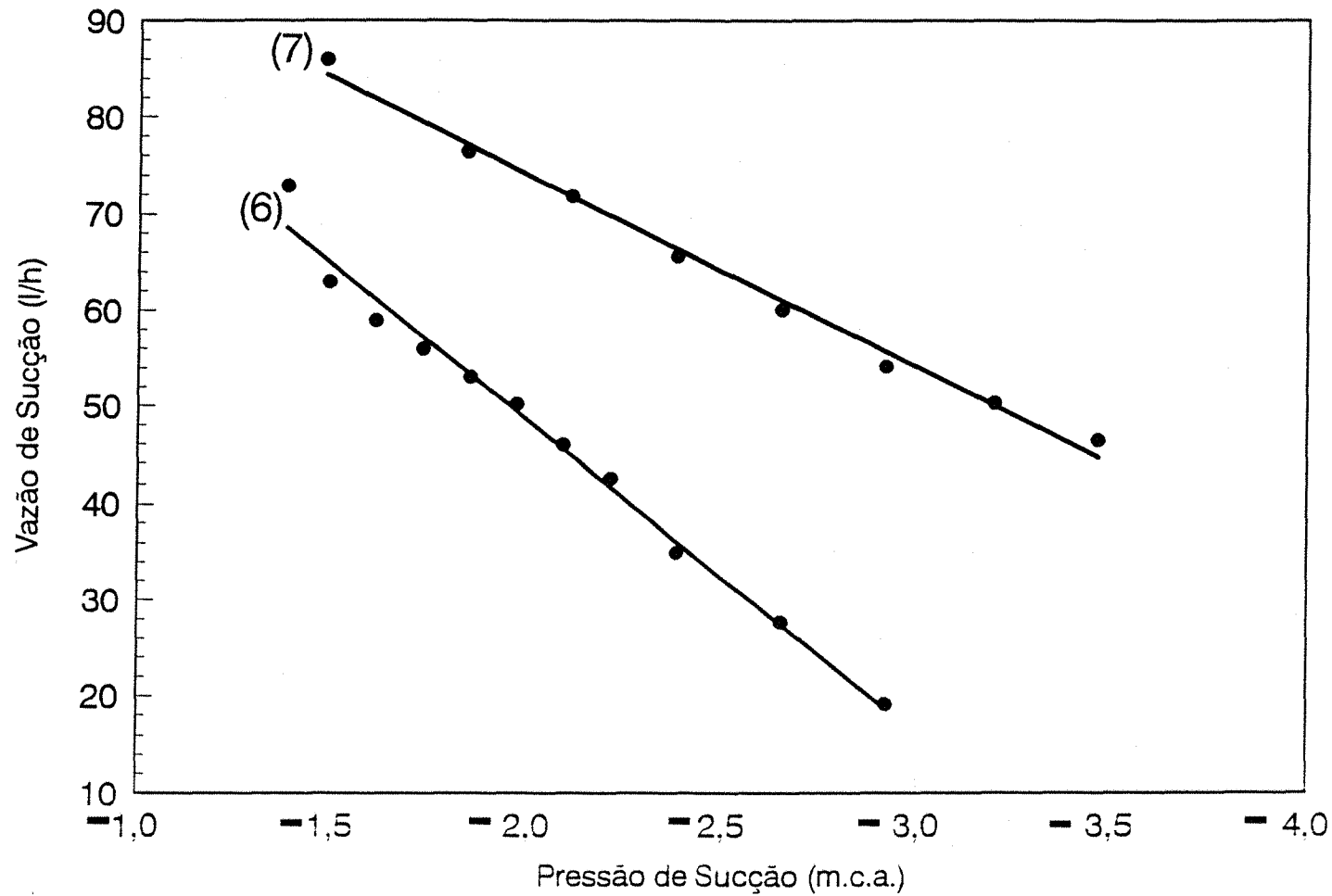


Figura 12 : Vazão de sucção versus Pressão relativa de sucção, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 25 m.c.a. e diferenciais de pressão de 6 e 7 m.c.a.

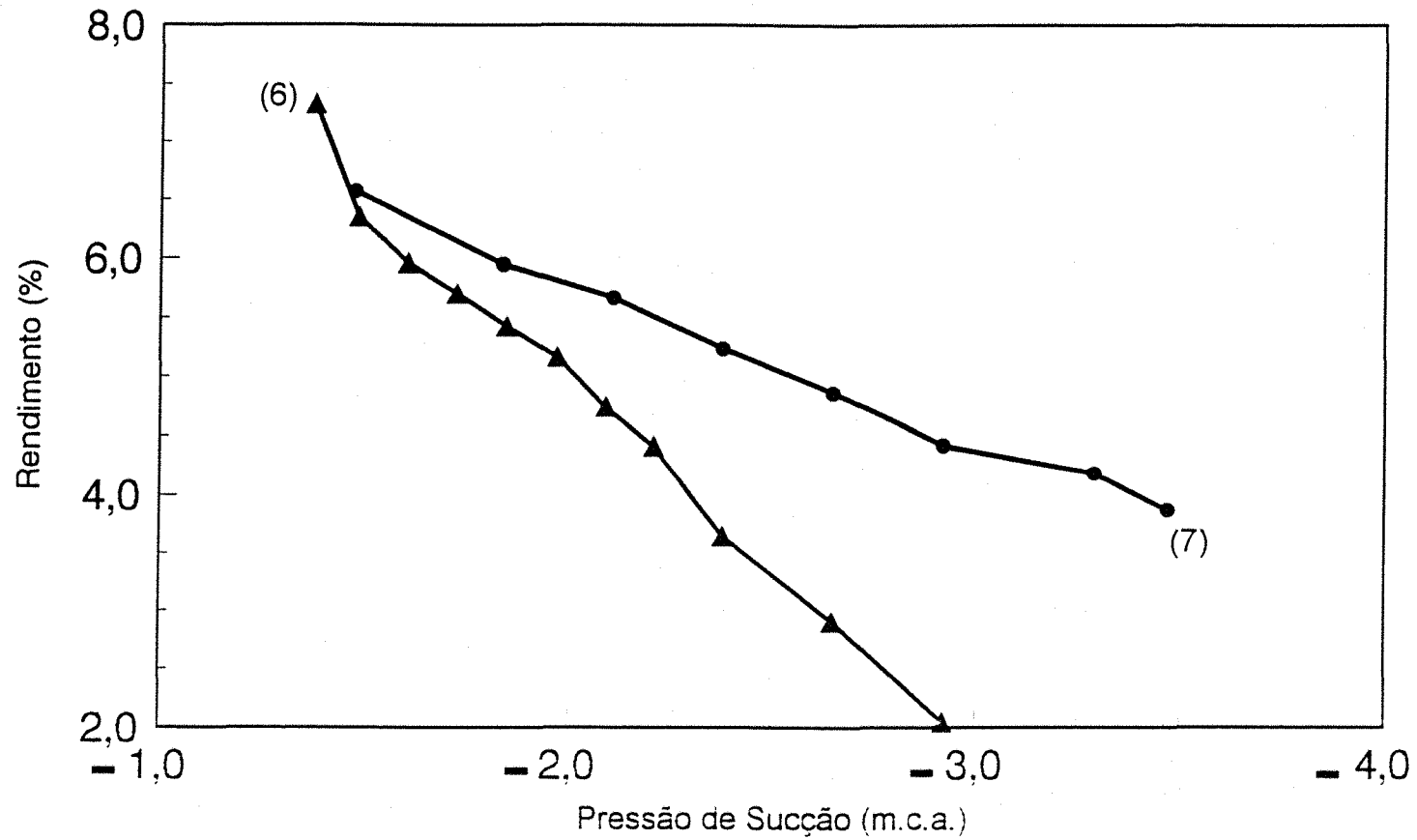


Figura 13 : Pressão relativa de sucção versus rendimento, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 25 m.c.a. e diferenciais de pressão de 6 e 7 m.c.a.



Tabela 12 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferencial de pressão de 7 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-1,32	56,54	3913,38	5,02
-1,56	48,46	3917,37	4,34
-1,84	44,22	3921,36	4,00
-2,11	39,02	3925,35	3,57
-2,38	34,42	3929,35	3,18
-2,65	29,92	3933,34	2,79
-2,92	25,02	3937,33	2,35

Tabela 13 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 1, succionando água, à pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferencial de pressão de 8 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-1,52	88,26	7283,67	3,56
-1,84	84,18	7291,66	3,44
-2,11	79,74	7299,64	3,29
-2,38	73,32	7307,63	3,06
-2,65	68,40	7315,62	2,88
-2,92	63,34	7323,60	2,69
-3,20	58,64	7331,59	2,52
-3,47	52,30	7347,56	2,27

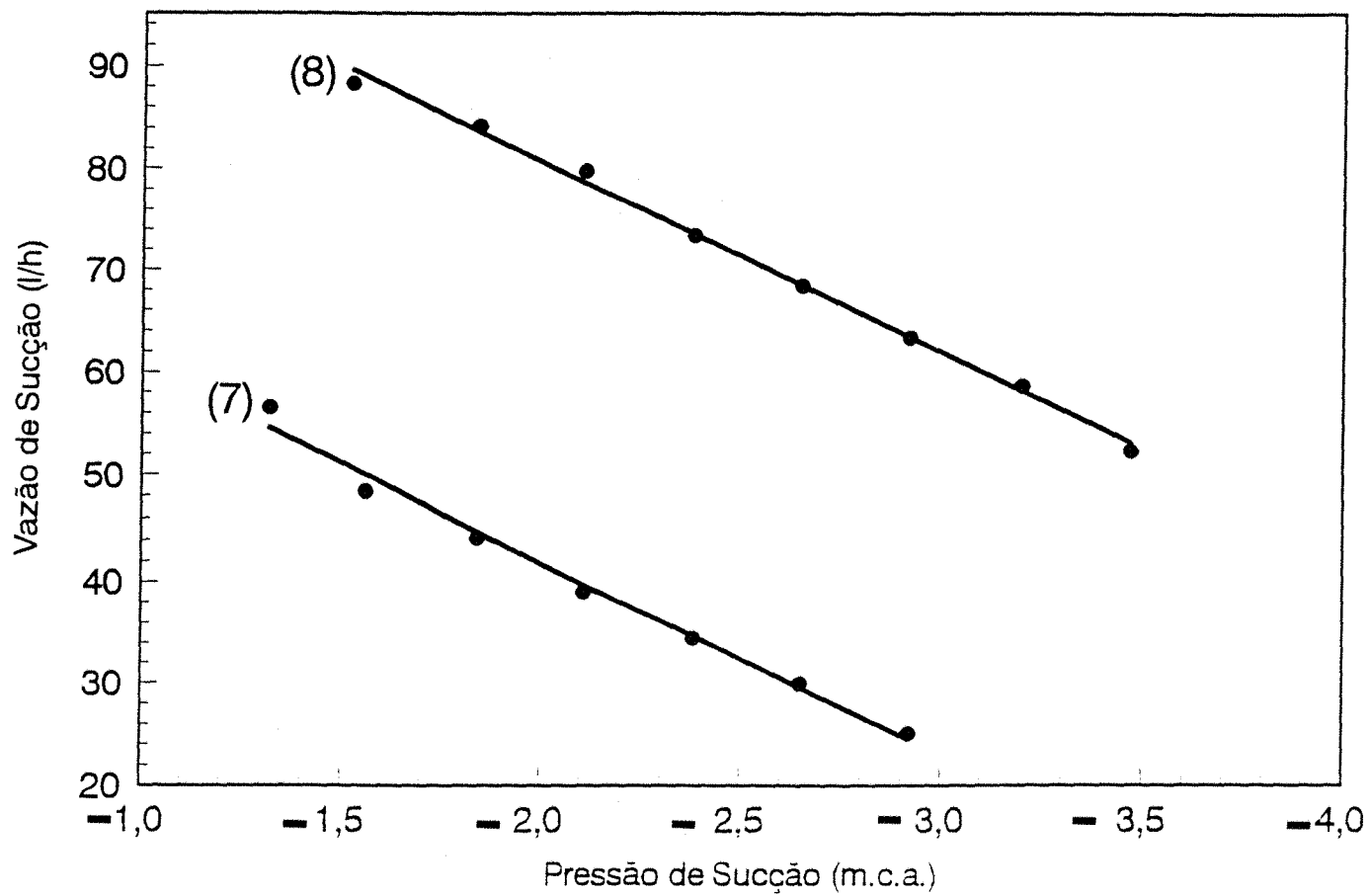


Figura 14 : Vazão de sucção versus Pressão relativa de sucção, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferenciais de pressão de 7 e 8 m.c.a.

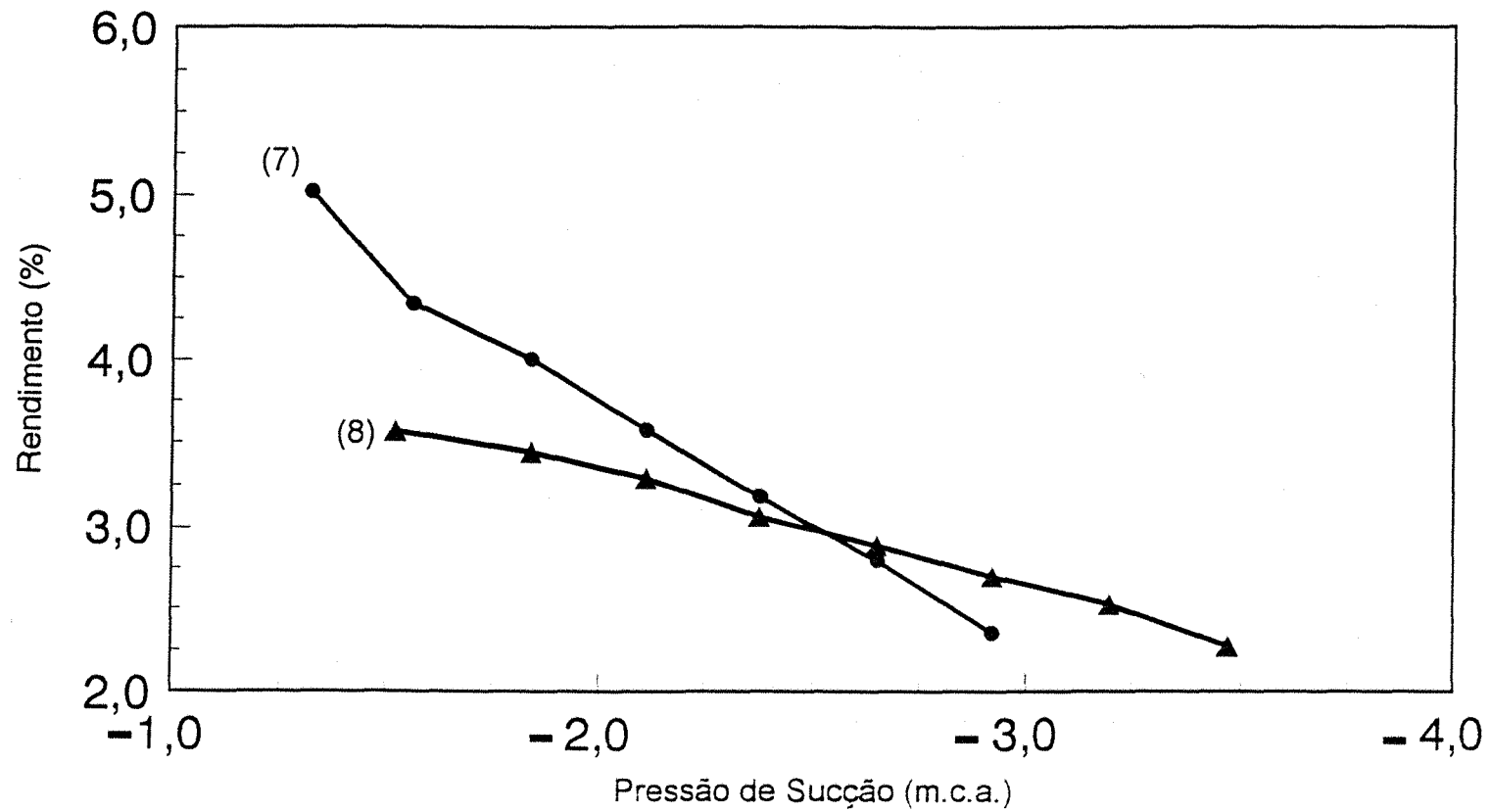


Figura 15 : Pressão relativa de sucção versus rendimento, para o injetor 1, com pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferenciais de pressão de 7 e 8 m.c.a.

Tabela 14 : Valores dos parâmetros de ajuste da pressão de sucção versus vazão de sucção para o injetor Venturi 1.

PRESSÃO DE ALIMENTAÇÃO (M.C.A.)	DIFERENCIAL DE PRESSÃO (M.C.A)	a	b	R <sup>2</sup>
10	2	168,8616	-66,8158	0,974
	3	199,8800	-72,0699	0,990
	4	311,0692	-68,6889	0,982
15	4	152,9606	-54,4868	0,984
	5	291,5432	-65,9435	0,998
	6	336,5877	-55,4437	0,976
20	4	64,2806	-27,2857	0,982
	5	82,7972	-26,9471	0,994
	6	208,3505	-50,5948	0,962
25	6	113,3489	-32,4334	0,986
	7	113,9317	-19,9727	0,992
30	7	79,3119	-18,7810	0,990
	8	118,0016	-18,7074	0,996

Verifica-se através da análise das Figuras 6, 8, 10, e 14, referentes ao injetor 1, que para uma mesma pressão de alimentação e um mesmo diferencial de pressão, há uma diminuição da vazão de sucção à medida que a pressão de sucção aumenta. Observa -se também que, para uma mesma pressão de alimentação, há um aumento na vazão de sucção com o acréscimo do diferencial de pressão.

Analisando -se, de maneira global, as Tabelas de 1 a 13 referentes ao injetor 1, verifica -se que para um mesmo diferencial de pressão, a vazão de sucção decresce com o aumento da pressão de alimentação, como por exemplo, para a

diferença de pressão de 4 m.c.a. e pressões de alimentação de 10; 15; 20 m.c.a. as vazões de sucção são respectivamente de 144,28 ; 76,46 e 36,66 l/h. Nas mesmas Tabelas observa - se que para um mesmo diferencial de pressão tanto a pressão relativa de sucção aumenta como a vazão de sucção diminuem com o acréscimo da pressão de alimentação.

Examinando - se as Figuras 6, 8,10, 12 e 14 e as tabelas de 1 a 13 observa - se que os maiores volumes de água succinados foram : 173,12 ; 144,28 ; 138,32 e 118,96 l/h, que correspondem às pressões de alimentação de 15 ; 10 ; 15 ; e 20 m.c.a. e aos diferenciais de pressão de 6 ; 4 ; 5 ; e 6 m.c.a respectivamente.

Uma análise geral das figuras 7, 9, 11, 13 e 15 referentes ao injetor 1, permite constatar que para a pressão de alimentação de 20 m.c.a. o rendimento é maior para um maior diferencial de pressão e o mesmo não ocorre com as outras pressões de alimentação. Quando mantida constante a diferença de pressão observa-se que o rendimento diminui com o aumento da pressão de alimentação, por exemplo, para as pressões de alimentação de 10 , 15 e 20 m.c.a. com diferencial de pressão de 4 m.c.a., os rendimentos são, respectivamente : 12,38; 8,86 e 5,18 %.

A Tabela 14 mostra que a vazão de sucção é sensivelmente afetada pela pressão de sucção, pois a taxa de variação da vazão de sucção em relação à pressão de sucção ( $dq/dp$ ), que representa o coeficiente angular ou inclinação da reta, é elevada. A mesma tabela indica que o modelo linear ajustou - se satisfatoriamente aos pares de valores de pressão de sucção versus vazão de sucção.

O rendimento decresce com a diminuição da pressão de sucção, para todos os casos estudados. O maior rendimento se deu para a pressão de alimentação de 10 m.c.a. e diferencial de pressão de 2 m.c.a. e o menor para pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferencial de pressão de 8 m.c.a..

Tabela 15 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de alimentação de 10 m.c.a. e diferencial de pressão de 4 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-0,84	54,54	986,33	9,46
-1,05	51,82	990,32	9,22
-1,33	48,42	994,32	8,92
-1,60	46,52	998,31	8,85
-1,90	43,54	1002,30	8,58
-2,18	39,32	1006,30	7,99
-2,45	37,72	1010,29	7,89
-2,72	34,68	1014,28	7,45
-2,96	30,42	1018,28	6,69
-3,22	26,28	1020,27	5,94
-3,48	19,30	1022,27	4,47

Tabela 16 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de alimentação de 10 m.c.a. e diferencial de pressão de 5 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCCÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCCÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-0,92	58,66	1006,30	6,90
-1,32	54,92	1008,29	6,88
-1,59	52,14	1012,29	6,79
-1,86	49,20	1014,28	6,66
-2,14	46,90	1016,28	6,59
-2,39	44,28	1018,28	6,43
-2,67	40,26	1020,27	6,05
-2,94	37,70	1022,27	5,86
-3,20	32,32	1024,27	5,17
-3,47	27,84	1026,26	4,60
-3,74	22,72	1028,26	3,86
-4,01	15,00	1028,66	2,63



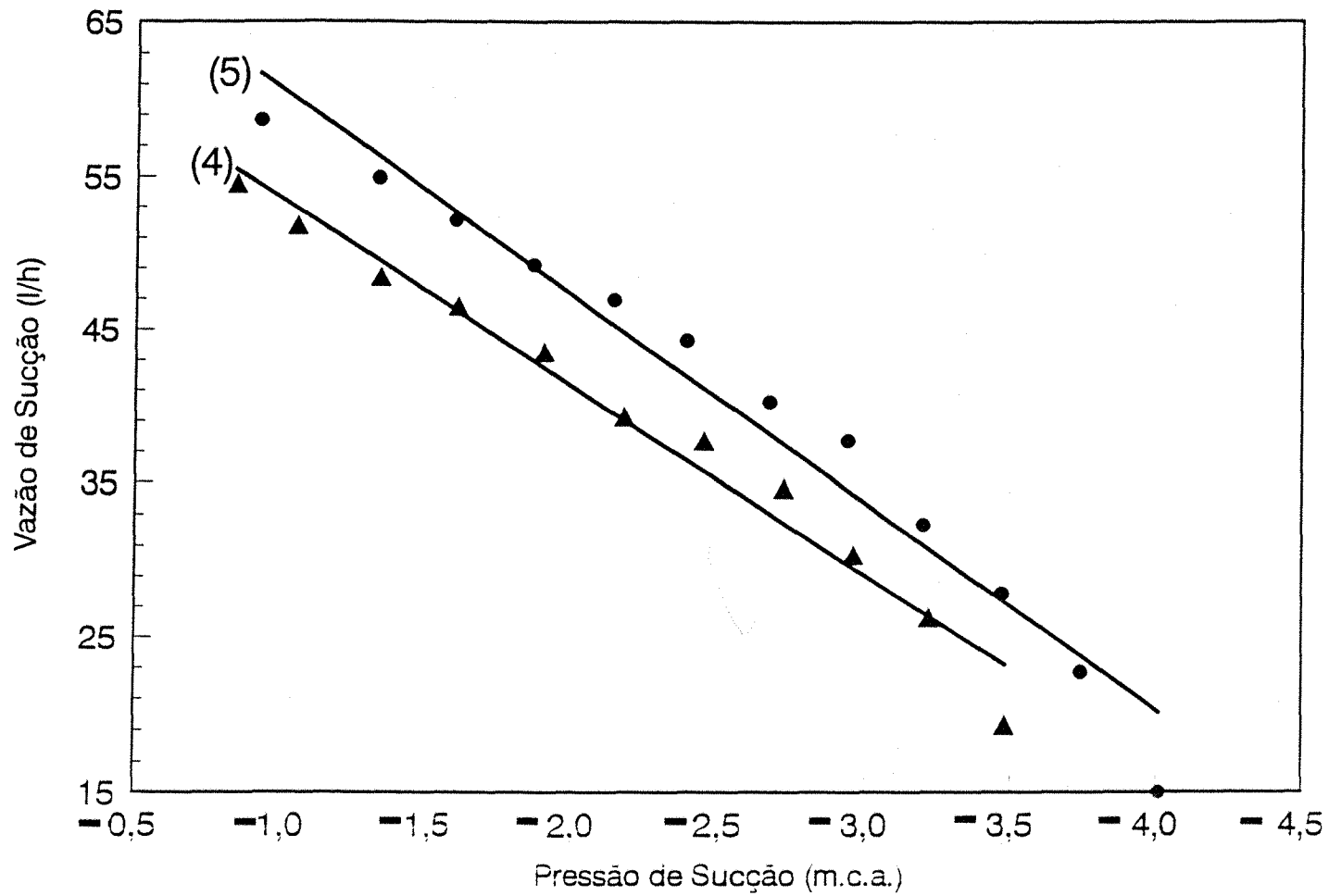


Figura 16 : Vazão de sucção versus Pressão relativa de sucção, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 10 m.c.a. e diferenciais de pressão de 4 e 5 m.c.a.

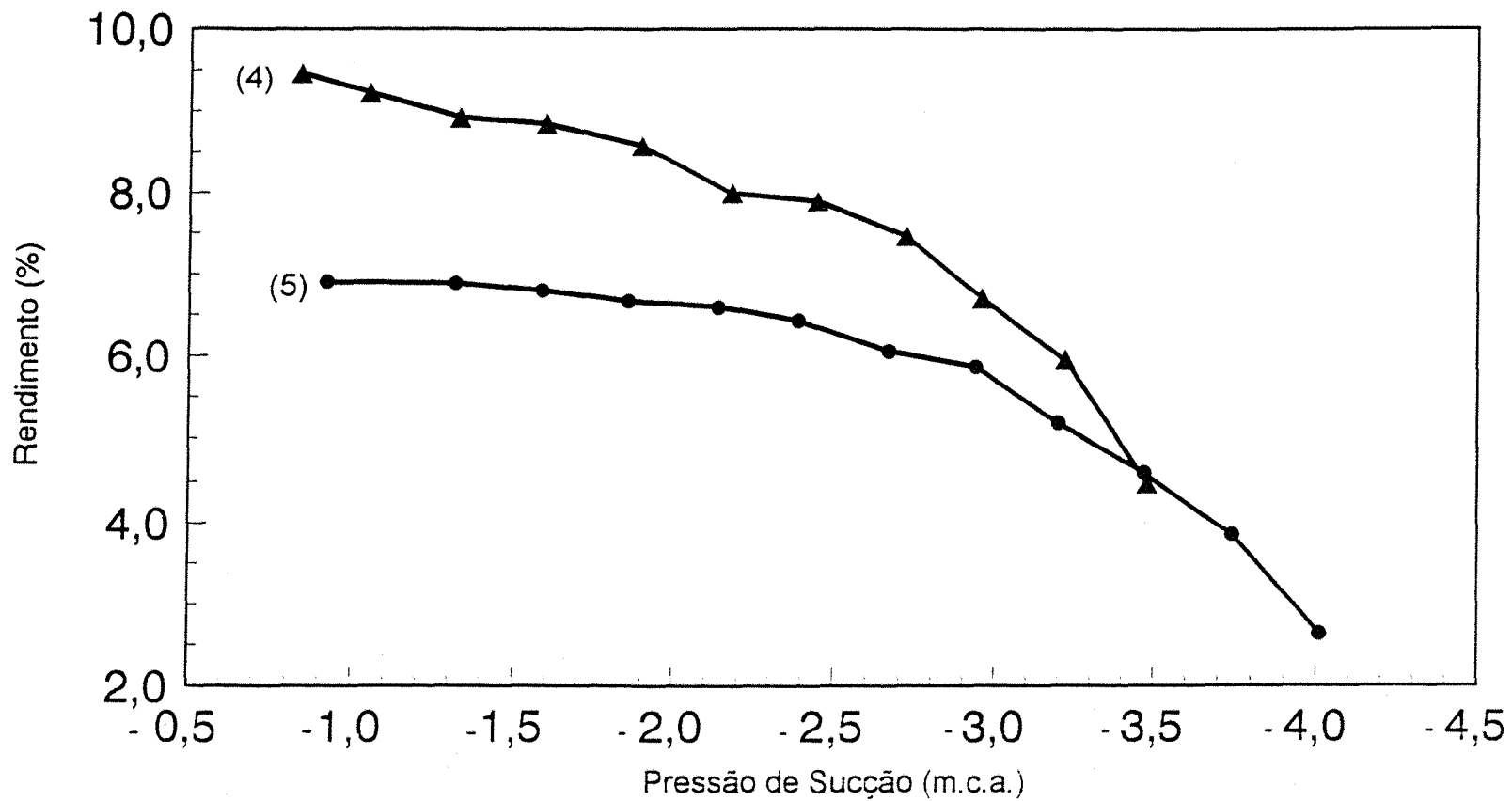


Figura 17 : Pressão relativa de Sucção versus rendimento, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 10 m.c.a. e diferenciais de pressão de 4 e 5 m.c.a.

Tabela 17 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de alimentação de 15 m.c.a. e diferencial de pressão de 5 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-0,61	27,34	1142,07	5,08
-1,02	24,82	1146,06	4,77
-1,29	23,44	1150,05	4,60
-1,56	20,32	1158,04	4,06
-1,84	16,02	1162,03	3,26
-2,11	12,42	1170,02	2,57
-2,38	8,14	1174,01	1,72
-2,65	4,70	1178,01	1,01

Tabela 18 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de alimentação de 15 m.c.a. e diferencial de pressão de 6 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-0,80	44,10	1154,05	6,24
-1,07	42,38	1156,04	6,15
-1,33	40,18	1158,04	5,97
-1,60	38,12	1162,03	5,80
-1,88	34,30	1164,03	5,34
-2,14	32,12	1168,02	5,11
-2,42	27,94	1170,02	4,55
-2,69	23,98	1174,01	3,98

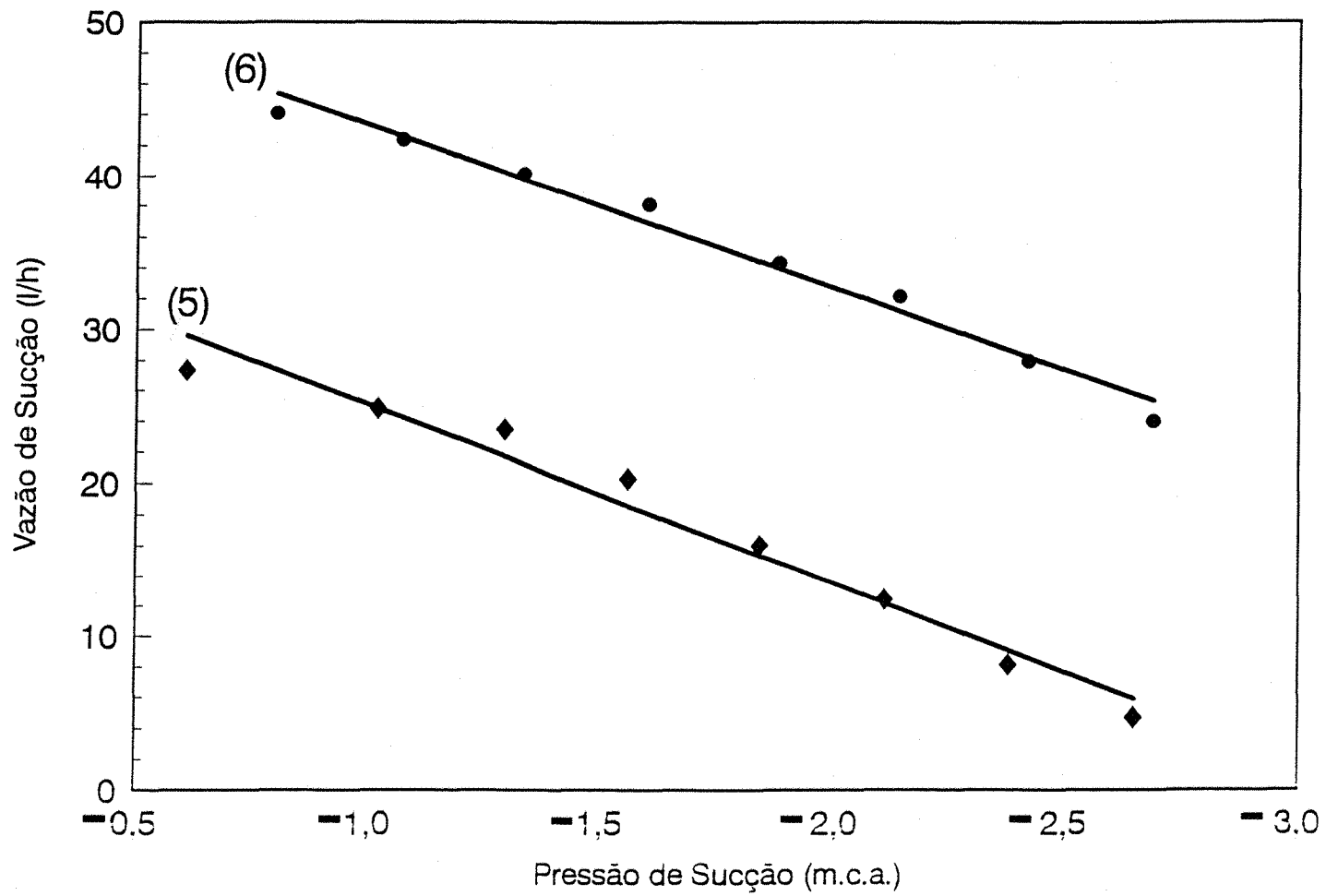


Figura 18 : Vazão de sucção versus Pressão relativa de sucção, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 15 m.c.a. e diferenciais de pressão de 5 e 6 m.c.a.

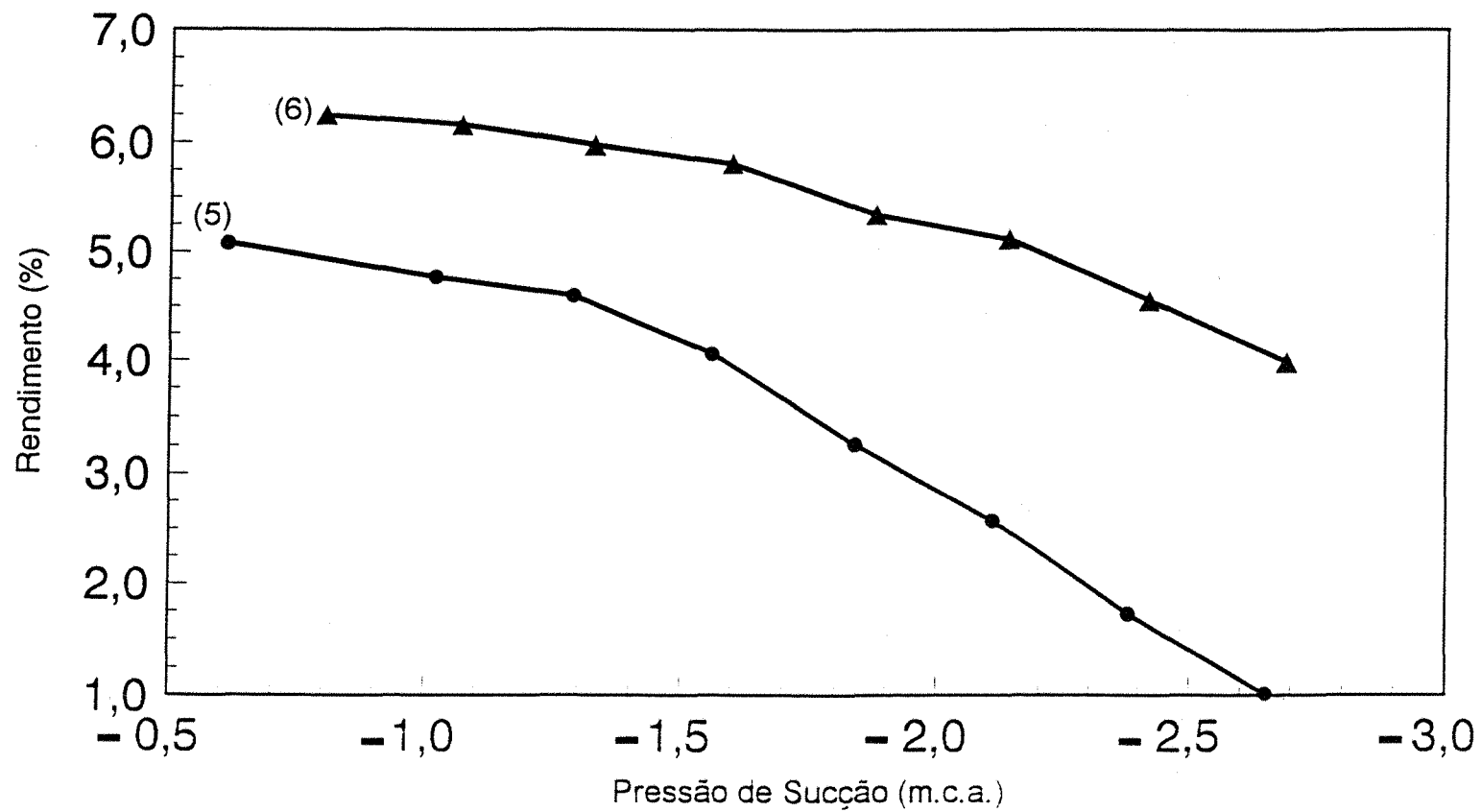


Figura 19 : Pressão relativa de Sucção versus rendimento, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 15 m.c.a. e diferenciais de pressão de 5 e 6 m.c.a.

Tabela 19 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 6 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-0,63	33,66	1297,80	6,32
-1,03	30,06	1299,80	5,79
-1,33	27,78	1301,80	5,45
-1,58	23,96	1303,79	4,77
-1,88	18,52	1305,79	3,75
-2,14	11,80	1309,78	2,42

Tabela 20 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferencial de pressão de 7 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-0,75	37,52	1325,76	5,56
-1,02	34,74	1329,75	5,23
-1,29	32,42	1333,74	4,96
-1,56	30,94	1337,74	4,81
-1,85	27,82	1341,73	4,40
-2,11	25,58	1345,72	4,10

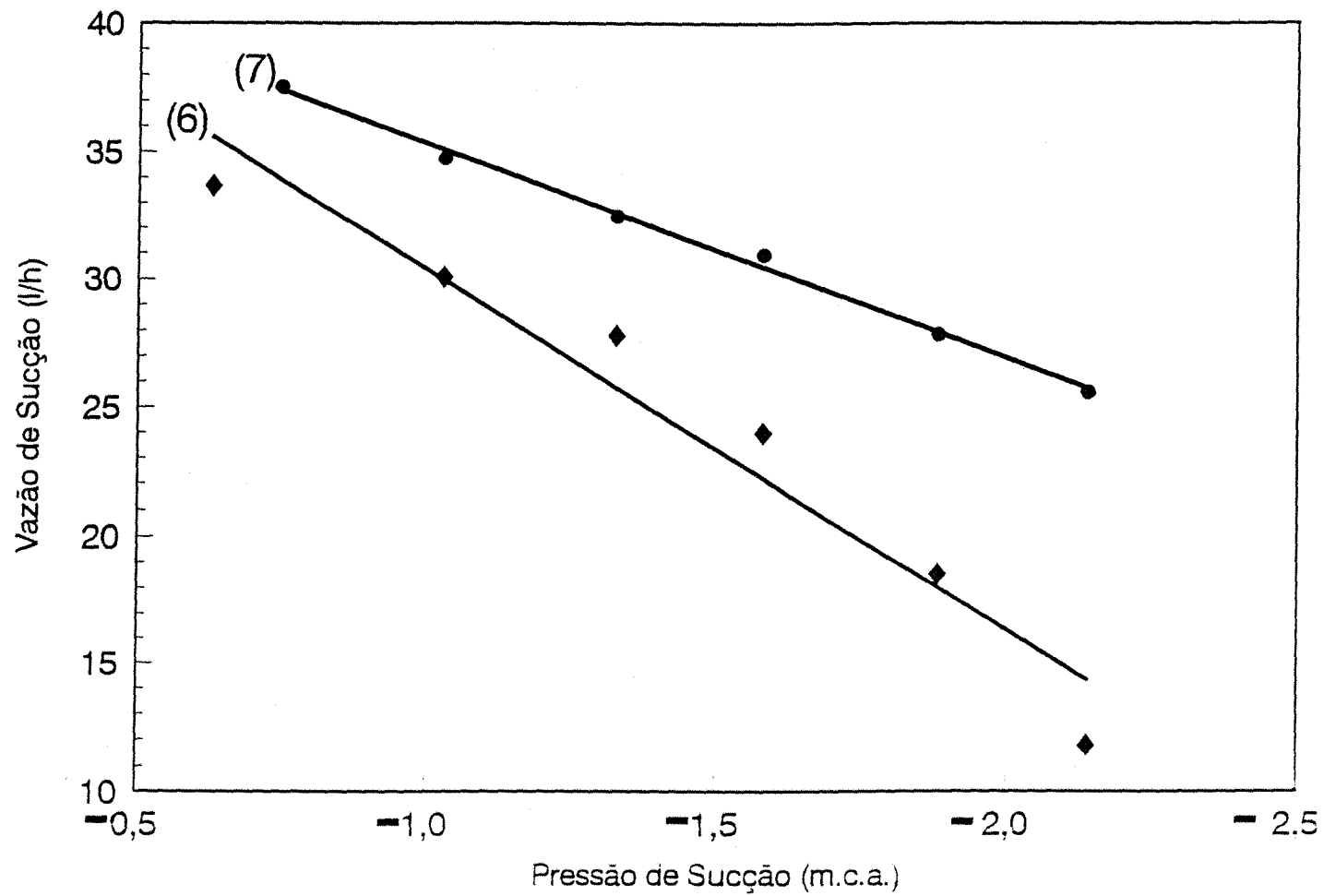


Figura 20 : Vazão de sucção versus Pressão relativa de sucção, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferenciais de pressão de 6 e 7 m.c.a.

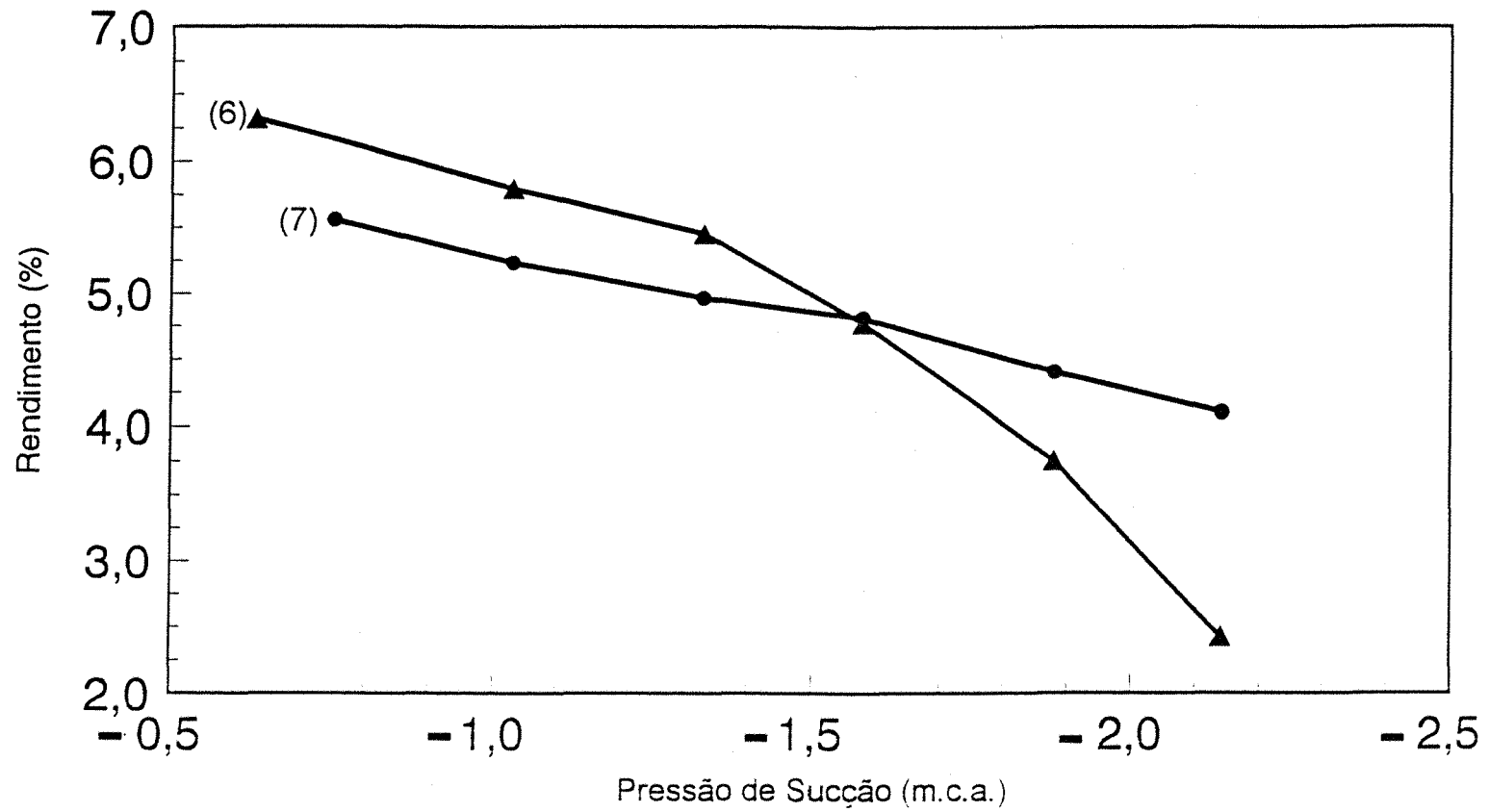


Figura 21 : Pressão relativa de Sucção versus rendimento, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 20 m.c.a. e diferenciais de pressão de 6 e 7 m.c.a.



Tabela 21 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de alimentação de 25 m.c.a. e diferencial de pressão de 7 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCCÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCCÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-0,61	25,36	1477,50	4,56
-1,03	21,38	1481,49	3,92
-1,31	19,38	1485,49	3,60
-1,58	16,10	1489,48	3,02
-1,86	13,98	1493,47	2,66
-2,14	11,42	1497,47	2,19

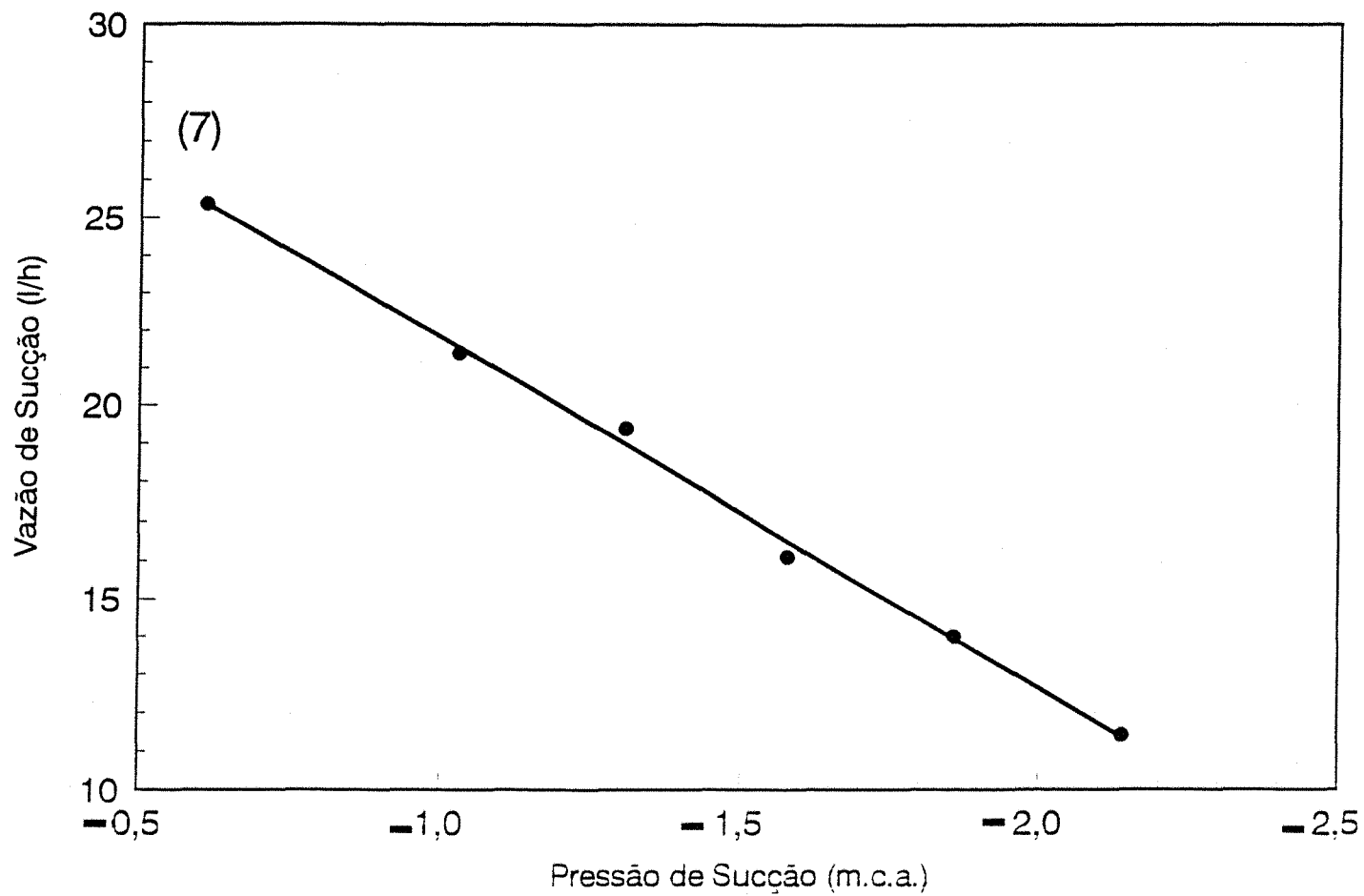


Figura 22 : Vazão de sucção versus Pressão relativa de sucção, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 25 m.c.a. e diferencial de pressão de 7 m.c.a.

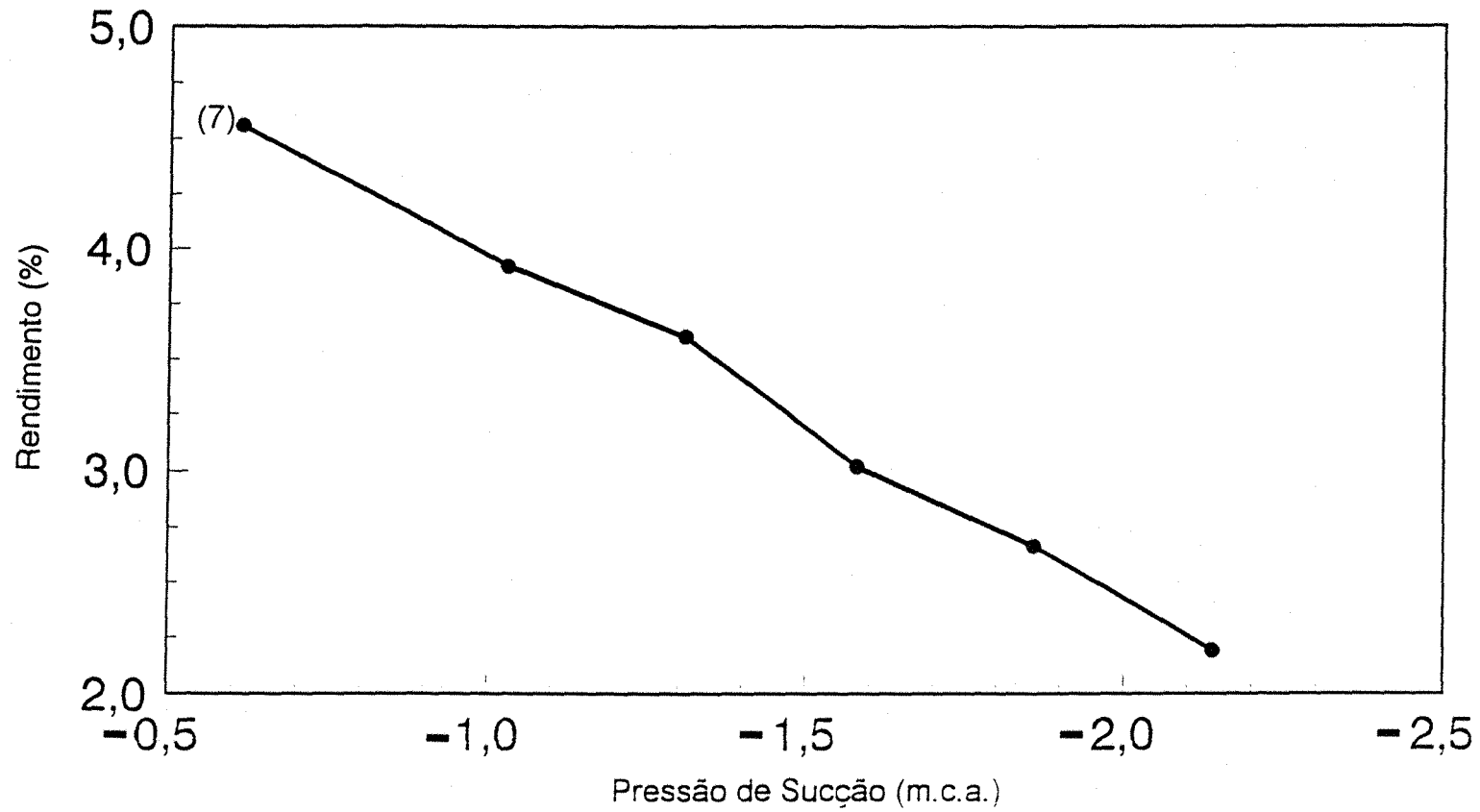


Figura 23 : Pressão relativa de Sucção versus rendimento, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 25 m.c.a. e diferencial de pressão de 7 m.c.a.

Tabela 22 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferencial de pressão de 8 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-0,69	32,62	1581,32	5,85
-1,05	29,94	1585,32	5,44
-1,32	25,40	1589,31	4,66
-1,59	22,58	1593,30	4,18
-1,86	19,98	1597,30	3,73
-2,14	13,92	1601,29	2,62
-2,38	9,44	1605,28	1,79
-2,68	6,04	1609,28	1,16

Tabela 23 : Pressão de sucção, vazão de sucção, vazão de alimentação e rendimento do injetor 2, succionando água, à pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferencial de pressão de 9 m.c.a.

PRESSÃO DE SUCÇÃO (m.c.a.)	VAZÃO DE SUCÇÃO (l/h)	VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (l/h)	RENDIMENTO (%)
-0,79	37,64	1597,29	5,71
-1,05	35,42	1601,29	5,42
-1,32	33,74	1603,29	5,22
-1,59	31,66	1605,28	4,95
-1,86	29,92	1607,28	4,73
-2,14	27,32	1609,28	4,36
-2,38	25,23	1611,27	4,07
-2,68	23,12	1613,27	3,77

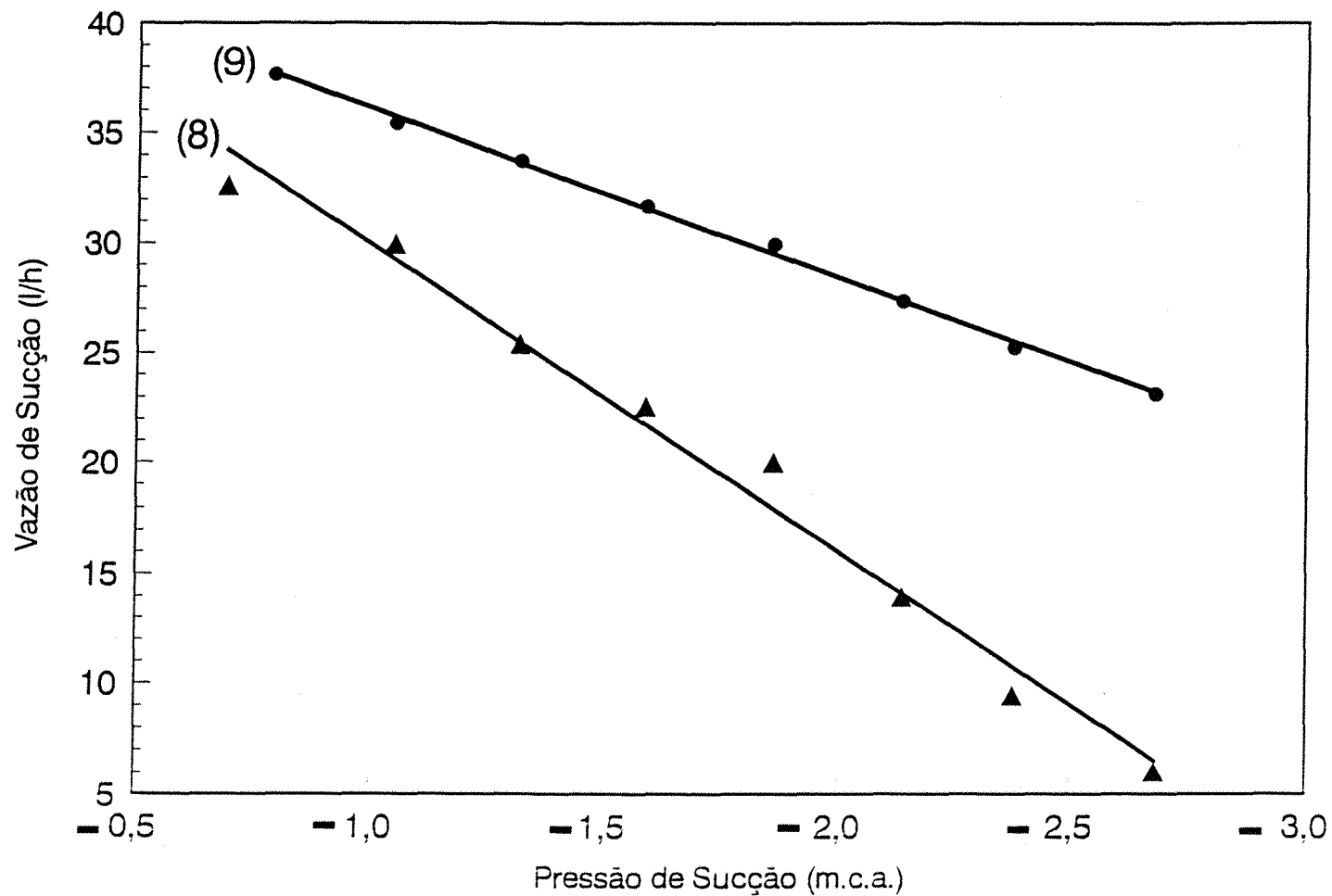


Figura 24 : Vazão de sucção versus Pressão relativa de sucção, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferenciais de pressão de 8 e 9 m.c.a.

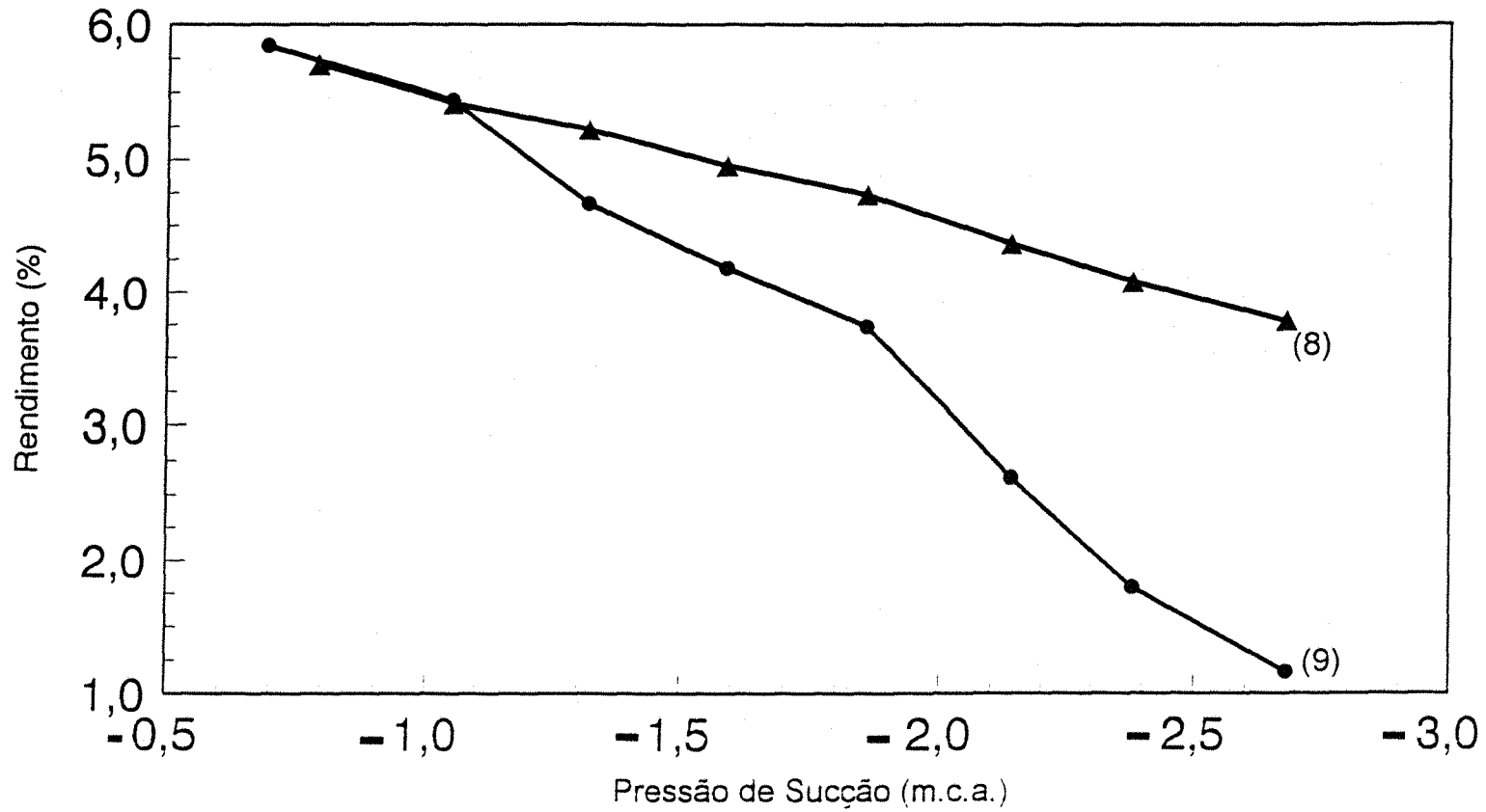


Figura 25 : Pressão relativa de Sucção versus rendimento, para o injetor 2, com pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferenciais de pressão de 8 e 9 m.c.a.

Tabela 24 : Valores dos parâmetros de ajuste da pressão de sucção versus vazão de sucção para o injetor Venturi 2.

PRESSÃO DE ALIMENTAÇÃO (M.C.A.)	DIFERENCIAL DE PRESSÃO (M.C.A)	a	b	R <sup>2</sup>
10	4	65,6709	-12,2132	0,976
	5	74,0579	-13,4464	0,968
15	5	36,7128	-11,6272	0,970
	6	53,9024	-10,6317	0,982
20	6	44,4514	-14,0778	0,945
	7	44,7865	-8,5996	0,994
25	7	30,9327	-9,1415	0,998
30	8	43,8384	-13,9159	0,994
	9	43,7575	-7,6763	0,998

Com relação ao injetor 2, a vazão de sucção comporta-se de maneira análoga à do injetor 1, ou seja, aumentando com o acréscimo do diferencial de pressão, permanecendo constante a pressão de alimentação. Isso pode ser observado através das figuras 17 a 25.

Da observação das figuras de 16, 18, 20, 22 e 24 e das Tabelas de 15 a 23, referentes ao injetor 2, observa-se que a maior vazão de sucção, 58,66 l/h, ocorreu, para a pressão de alimentação de 10 m.c.a. com o diferencial de 5 m.c.a. e a menor de 25,36 l/h, para a pressão de alimentação de 25 m.c.a. e diferencial de 7 m.c.a.

O rendimento para o injetor 2, também decresce com a diminuição da pressão relativa de sucção e da vazão de sucção, para todos os casos

estudados. O maior rendimento ocorreu para pressão de alimentação de 10 m.c.a. e diferencial de pressão de 4 m.c.a. e o menor para a pressão de alimentação de 25 m.c.a. e diferencial de pressão de 7 m.c.a.

O rendimento para o injetor 2, também aumenta com o diferencial de pressão apenas para a pressão de alimentação de 15 m.c.a. e diferenciais de pressão de 5 e 6 m.c.a..



## 5. CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia empregada e com as condições as quais foram conduzidos os ensaios podemos concluir que :

a . Para ambos os injetores, a vazão de sucção aumenta com o aumento do diferencial de pressão, sendo constante a pressão de alimentação.

b. Para os dois modelos de injetores, a vazão de sucção diminui com o acréscimo da pressão de alimentação, matendo-se constante o diferencial de pressão.

c. A vazão de sucção aumenta com o aumento da pressão relativa de sucção para todos os casos estudados.

d. Para o injetor 1 (um), o rendimento aumenta com o acréscimo do diferencial de pressão somente para a pressão de alimentação de 20 m.c.a.;

e. Para o injetor 2, o rendimento cresce como aumento do diferencial pressão somente para a pressão de alimentação de 15 m.c.a..

f. Para ambos os injetores a vazão de sucção depende tanto da pressão de alimentação como do diferencial de pressão.

g. Para o injetor (1), a menor perda de carga (20%) com maior vazão ocorreu para a pressão de alimentação de 10 m.c.a. e diferencial de 2 m.c.a. e

para o injetor (2) a menor perda de carga foi de 26,67%, para pressão de alimentação de 30 m.c.a. e diferencial de 8 m.c.a.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABRÉU HERNÁNDEZ, J. M. ; LÓPEZ, J. R. ; REGALADO, A. P. ; HERNÁNDEZ, J. F. G. **El riego localizado** - Curso Internacional de Riego Localizado. Madrid - España, 1987. p. 61 - 72.

AZEVEDO NETO, J. M. & ALVAREZ, G. A. **Manual de hidráulica**. 7 ed. vol. 2, São Paulo, Edgar Blücher, 1985. Vol. 2. Cap. 28, p. 479 - 81.

BERNARDO, S. Irrigação localizada In : \_\_\_\_\_. **Manual de irrigação**. Viçosa, imprensa universitária, 1989. Cap. 9, p. 490 - 91.

BAR-YOSEF, B. Trickle irrigation and fertilization of tomatoes in sand dunes; water and P distributions in the soil and uptake by plants. **Agronomy Journal**, 69 : 486 - 91, 1977.

BOARETO, A. E. ; CRUZ, A. P.; LUZ, P. H. C. Definições e tipos de fertilizantes fluidos. In: \_\_\_\_\_. **Adubo líquido : produção e uso no Brasil**. Campinas, Fundação Cargill, 1991. cap. 3, p. 9 -13.

BUCKS, D. A. ; NKAYAMA, F. S. & WARRICK, A. W. Principles, Pratices and potentialities of trickle (drip) irrigation. In : HILLEL, D. ; **Advances in irrigation**, New York, Academic Press, 1982, v. 1 p. 219 - 98.

CARLIER, M. **Machines hydrauliques**, Paris, Imprimerie Louis Jean, 1968.

COSTA, E. F. & BRITO, R. A. L. **Aplicador portátil de produtos químicos via água de irrigação**. Sete Lagoas, EMBRAPA - CNPMS, ,1988, 9p. (EMBRAPA/CNPMS. Circular Técnica, 13).

DASBERG, S. & BRESLER, E. Drip sistem components In : \_\_\_\_\_ . **Drip irrigation manual**. Bet Dagan, IIRC, 1985. Cap 2, p. 17 - 30. (IIRC. Publication , 9).

DELMÉE, J. **Manual de medição de vazão**, São Paulo, Edgar Blücher, 1993, 476 p.

DENÍCULI, W. ; FEITOSA FILHO, J. C. ; LOUREIRO, B. T. ; AMARAL, F. A. L. Desempenho do injetor de fertilizantes venturi na fertirrigação por microaspersão. **Revista Ceres**, Viçosa, 39 (226) : 554 - 563, 1992.

FRIZZONE, J. A. ; ZANINI, J. R. ; DIAS PAES, L. A. ; NASCIMENTO, V. M. **Fertirrigação mineral**. Ilha Solteira, 1985. 31 p.

FUENTES YAGÜE, J. L. **Instalación de riego por goteo**. Madrid, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 1991. 35 p. (Hojas Divulgadora, 4 - 5/91 HD).

- HAHN, B. R. ; BRALTS, V. F. ; KESNER, C. D. **Uniform fertilizer application in trickle irrigation systems**, St. Joseph, ASAE, 1983, 20 p. (ASAE Paper, 83 - 2030).
- HIRSCHMAN, R. J. Características de los distintos tipos de bombas. In : \_\_\_\_\_. **Bombas** ; características y aplicación. Santiago do Chile, Universitaria, 1985. cap. IV, p. 85 - 139.
- HOWELL, T. A. ; STEVENSON, D. S. ; ALJIBURY, F. K. ; GITLIN, H. M. ; WU, I. P. ; WARRICK, A. W. ; RAATS, P. A. Fertilizing through drip systems, In : JESEN, M. E. **Design and operation of farm irrigation systems**, St. Joseph, ASAE, 1983. p. 711 - 7.
- JOHNSON , A. W. ; YOUNG, J. R. ; THREADGILL, E. D. ; DOWLER, C. C. & SUMNER, D. R. Chemigation for crop production management, **Plant Disease**, St. Paul, **70** (11) : 998 - 1004, Nov. 1986.
- MACINTYRE, A. J. **Bombas e instalações de bombeamento**. 2. ed., Rio de Janeiro, Ed. Guanabara, 1987. p. 06 - 21 , 56 - 69.
- 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, F. C. Fertirrigacion, In : \_\_\_\_\_. **Riegos localizados de alta frecuencia( goteo, microaspersión, exudación)**, Madrid, artes gráficas palermo, 1990, Cap. 11, p. 295 - 321.

RECH, J. H. **Bombas : caractrísticas y aplicación**, Valparaíso, Editorial Universitaria, 1958, p. 118 - 139.

ROLSTSON, D. E. ; MILLER, R. J. ; SCHULBACH, H. Management principles. In : NAKAYAMA , F. S. & BUCKS, D. A. , **Trickle irrigation for crop production design, operation and management**, Amsterdam, Elsevier, 1986, cap. 4, p. 317 - 83. (Developments in Agricultural Engineering, 9).

SHANI, MICHA & SAPIR, E. **Fertilization in irrigation; state of Israel**, 1986, 41 p.

THEADGILL, E. D. ; EISENHAUER, D. E. ; YOUNG, J. R. ; BAR - YOSEF, B. In : \_\_\_\_\_. HOFFMAN, G. J. ; HOWELL, T. A. & SOLOMON, K. H. , **Management of farm irrigation systems**, St. Joseph, ASAE, 1990. Cap. 20 p. 749 - 75.

TROSKOLANSKI, A.T. **Les turbopompes : théorie, tracé et construction**, Paris, Ed. Eyrolles, 1977, p. 332 - 37.

VERMEIREM, L. & JOBLING, G. A. Localized Irrigation equipment, **Localized irrigation; design, instalation, operation, evaluation**. Rome, FAO, 1984, cap 3, p. 85 - 144. (FAO Irrigation an Drainage Paper 36).

VENNARD, J. K. & STREET, R. L. Medidas de fluidos. In : \_\_\_\_\_. **Elementos de mecânica dos fluidos**, Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Dois, 1978. Cap. 11, 5.ed. , p. 516 - 18.