

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

FRAÇÃO DE FILME LÍQUIDO NAS PAREDES DE UM LAVADOR
VENTURI

Maristela de Almeida Felício Daher

São Carlos – SP

2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

FRAÇÃO DE FILME LÍQUIDO NAS PAREDES DE UM LAVADOR
VENTURI

Maristela de Almeida Felício Daher

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Química, área de concentração em Pesquisa e Desenvolvimento de Processos Químicos.

Orientador: José Renato Coury

São Carlos – SP

2008

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

D129ff

Daher, Maristela de Almeida Felício.

Formação de filme líquido nas paredes de um lavador venturi / Maristela de Almeida Felício Daher. -- São Carlos : UFSCar, 2008.

122 f.

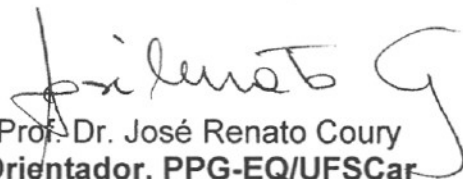
Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2008.

1. Ar - poluição. 2. Lavador Venturi. 3. Coletas de partículas. 4. Limpeza de gases industriais. 5. Filme líquido. I. Título.


CDD: 628.53 (20^a)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE **MARISTELA DE ALMEIDA FELÍCIO DAHER** APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM 10 DE JULHO DE 2008.

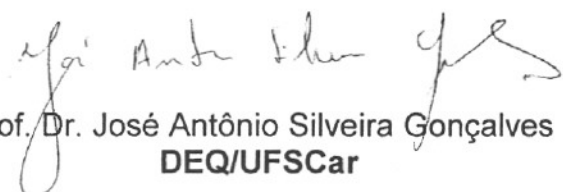
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. José Renato Coury
Orientador, PPG-EQ/UFSCar



Prof. Dr. Reinaldo Pisani Junior
UNAERP



Prof. Dr. José Antônio Silveira Gonçalves
DEQ/UFSCar

AGRADECIMENTOS

Confesso que levei algum tempo para escrever os agradecimentos dessa dissertação. Trabalho difícil este de descrever sentimentos em palavras. Não tem uma equação, tabela ou gráfico para ajudar...

Assim começo a encarar essa tarefa com o agradecimento a minha família.

Aos meus pais **Kamal e Márcia Maria**, por tudo! Aos meus irmãos, **Gulo, Marquim e Tetê**, que sempre me apoiaram em tudo e que são e sempre serão os meus melhores amigos. Agradeço pela paciência, compreensão, carinho mesmo nos momentos de “stress” maior (que não foram poucos) e apoio constante nesta jornada da vida. A todos vocês meu muito obrigada!

Meu reconhecimento e gratidão ao orientador **prof. Dr. José Renato Coury**, que sempre demonstrou acreditar no meu potencial, pela oportunidade oferecida, pela orientação e principalmente pelo bom convívio nestes anos de trabalho. Com ele tive a oportunidade de enriquecer meu conhecimento, com suas argumentações científicas e sugestões nos meus relatórios, artigos, entre outros.

Aos membros da banca de qualificação: prof. Dr. José Antônio e prof. Dr. Marcos Vinícius Rodrigues e aos membros da banca: novamente ao prof. Dr. José Antônio e prof. Dr. Reinaldo Pisani Junior, por terem aceitado a participar da avaliação deste trabalho. Em especial ao Sr. Pisani que foi meu professor e me acompanhou desde minha graduação.

Aos colegas do laboratório: Vádila, Néstor, Simone, Marina e Edinalda, pela alegre convivência e sugestões.

Um agradecimento especial deve ser feito à Vádila Giovana Guerra, que me auxiliou do começo ao fim neste trabalho

Agradeço também ao Oscar, pela sua disposição, criatividade e habilidade na fabricação e/ou conserto de algumas peças experimentais.

A FAPESP pelo auxílio financeiro.

Por fim fica o agradecimento a quem utilizar essa dissertação de qualquer forma, pois é isso que faz todo esse trabalho valer à pena.

E finalmente à Deus por sempre me iluminar e me guiar...

RESUMO

O estudo do filme líquido nas paredes de um lavador Venturi foi selecionado como alvo deste trabalho por representar um dos importantes fenômenos que influenciam a sua eficiência de coleta. Tal eficiência diminui pela presença do filme uma vez que este tem uma área superficial por volume muito menor do que as gotas e, com isso, contribui muito pouco na remoção de partículas. Além disso, perda de carga no Venturi depende da energia gasta para acelerar as gotas e também do atrito entre o gás e a superfície do filme. Esses dois importantes parâmetros dependem da fração de líquido na forma de filme. Por estes motivos é importante para o projeto de lavadores Venturi a quantificação da fração de filme. O presente trabalho realizou, portanto, uma investigação experimental dos efeitos que a injeção de líquido em múltiplos jatos exerce sobre a formação do filme líquido num lavador Venturi de seção retangular. Analisou-se o comportamento da fração de filme líquido em cada parede separadamente e da fração de filme líquido total extraído do lavador, variando a vazão do líquido entre 0,3 e 1,2 l/min para velocidade do gás de 59, 64, 69 e 74 m/s. Comprimentos da garganta de 100, 160 e 220 mm foram utilizados. Os resultados mostraram que a fração de filme varia com a velocidade do gás, com a configuração da injeção de líquido e com as vazões de líquido. A análise da extração de filme nas paredes individualmente segue um comportamento desigual diante de cada condição operacional, mostrando uma maior deposição de filme na parede inferior independentemente da configuração de injeção do líquido, indicando o efeito da gravidade na deposição de filme. Desse modo, a fração de líquido total extraída nas quatro paredes do lavador possibilitou uma interpretação mais satisfatória dos resultados. Nas condições operacionais investigadas neste trabalho, a configuração de injeção de líquido feita pelos quatro orifícios e a velocidade do gás de 74 m/s para as maiores vazões do líquido foram as que apresentaram a menor deposição de filme líquido nas paredes do lavador. Ficou também evidente que a deposição é dependente da penetração do jato: baixas penetrações tendem a depositar na própria parede de injeção enquanto altas penetrações depositam na parede oposta. Existe, portanto um ponto de mínima deposição, de penetração intermediária do jato. A melhor condição de operação, isto é, a menor fração de filme depositada nas paredes, foi obtida para a maior velocidade do gás e para a injeção de líquido feita pelas quatro paredes simultaneamente.

ABSTRACT

The study of the liquid film in the walls of a Venturi scrubber was chosen as the target of this work for representing one of the important phenomena that influence the collection efficiency of the equipment. Such efficiency decreases with the presence of the film once it has a superficial area per volume much smaller than the drops and, consequently, contributes very little in the removal of particles. Furthermore, the pressure drop on the Venturi depends on the energy spent to accelerate the drops and also of the attrition between the gas and the surface of the film. These two important parameters depend on the liquid fraction in the form of film. For these reasons, it is important for the project of Venturi scrubbers the quantification of the film fraction. The present work, therefore, carried out an experimental investigation of the effects that the liquid injection through multiple jets exerted in the formation of the liquid film in a Venturi scrubber of rectangular cross section. The behavior of the fraction of liquid film in each wall separately and of the total fraction of liquid film extracted were analyzed, varying the liquid flow rate from 0,3 to 1,2 l/min for gas velocities of 59, 64, 69 and 74 m/s. Throat lengths of 100, 160 and 220 mm were utilized. The results showed that the film fraction varies with the gas velocity, with the configuration of the liquid injection, with the liquid flow rate and with the axial distances along the throat. The analysis of the film extraction in the individual walls follows an asymmetric behavior in all operational conditions, showing a larger film deposition in the inferior wall independently of the injection configuration, thus indicating the effect of the gravity in the film deposition. Hence, the total fraction of liquid extracted from the four walls of the scrubber made possible a more satisfactory interpretation of the results. Within the experimental range investigated, the injection through four orifices at the gas velocity of 74 m/s at the higher liquid flow rates presented the smaller deposition of liquid in the scrubber walls. It was also evident that the deposition is dependent on the penetration of the jet: low penetrations tend to deposit in the jet injection wall while high penetrations deposit in the opposite wall. There is, therefore, a point of minimum deposition for the intermediate penetration of the jet. The best operational conditions, i.e. the smallest film fraction deposited in the walls, was obtained for the largest gas velocity and for the liquid being injected simultaneously through the four walls.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|--------------|---|----|
| Figura 3.1 - | Parâmetros de operação para alguns tipos de lavadores de gás..... | 5 |
| Figura 3.2 - | Lavador de bandejas (CALVERT, 1984)..... | 6 |
| Figura 3.3 - | Lavador Venturi com spray pré-formado por bocais pneumáticos..... | 6 |
| Figura 3.4 - | Esquema dos processos que acontecem num lavador tipo Venturi (spray nebulizado pelo gás)..... | 7 |
| Figura 3.5 - | Lavador Venturi típico..... | 8 |
| Figura 3.6 - | Corte da seção do Venturi para visualização do principal mecanismo de coleta..... | 9 |
| Figura 3.7 - | Ilustração do mecanismo de impactação inercial..... | 10 |
| Figura 4.1 - | Esquema do lavador Venturi. a) vista de cima; b) vista lateral..... | 18 |
| Figura 4.2 - | Vista geral do lavador Venturi..... | 19 |
| Figura 4.3 - | Diferentes tamanhos da garganta..... | 19 |
| Figura 4.4 - | Injeção na forma de jatos..... | 20 |
| Figura 4.5 - | Seção de teste contendo fendas para a remoção do filme líquido..... | 21 |
| Figura 4.6 - | Extração de filme pelo método da fenda..... | 22 |
| Figura 4.7 - | Vista geral do estrangulador..... | 23 |
| Figura 4.8 - | Diferentes configurações utilizadas para injeção de líquido..... | 24 |
| Figura 4.9 - | Circuito utilizado por COSTA (2002) para extrair o filme líquido do lavador Venturi de seção retangular..... | 28 |
| Figura 5.1 - | Numeração das paredes do lavador Venturi..... | 30 |
| Figura 5.2 - | Fração de filme obtido de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício para velocidade do gás de 59 m/s e comprimento da garganta de 100 mm..... | 31 |
| Figura 5.3 - | Imagem do jato para injeção de líquido feita por 1 orifício (orifício 1), $Q = 0,6$ l/min e $V = 59$ m/s..... | 32 |

| | |
|---|----|
| Figura 5.4 - Fração de filme obtido de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios para velocidade do gás de 59 m/s e comprimento da garganta de 100 mm..... | 32 |
| Figura 5.5 - Fração de filme obtido de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais para velocidade do gás de 59 m/s e $Z = 100$ mm..... | 33 |
| Figura 5.6 - Imagem do jato para injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais, $V = 59$ m/s e $Q = 1,2$ l/min..... | 33 |
| Figura 5.7 - Fração de filme obtido de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais para velocidade do gás de 59 m/s e $Z = 100$ mm..... | 34 |
| Figura 5.8 - Fração de filme obtido de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios para velocidade do gás de 59 m/s e $Z = 100$ mm..... | 35 |
| Figura 5.9 - Imagem do jato para injeção de líquido feita por 3 orifícios, $V = 59$ m/s e $Q = 0,6$ l/min..... | 35 |
| Figura 5.10 - Injeção de líquido feita por 1 orifício com $V = 64$ m/s, $Q = 0,6$ l/min e $Z = 100$ mm..... | 36 |
| Figura 5.11 - Injeção de líquido feita por 1 orifício com $V = 64$ m/s, $Q = 0,6$ l/min e $Z = 100$ mm..... | 36 |
| Figura 5.12 - Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 64$ m/s, $Q = 0,8$ l/min e $Z = 100$ mm..... | 37 |
| Figura 5.13 - Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 64$ m/s, $Q = 0,8$ l/min e $Z = 100$ mm..... | 37 |
| Figura 5.14 - Fração de filme total extraída das 4 paredes do lavador em função da vazão de líquido para $V=59$ m/s e $Z= 100$ mm..... | 38 |
| Figura 5.15 - Fração de filme total extraída das 4 paredes do lavador em função da vazão de líquido para $V=64$ m/s e $Z= 100$ mm..... | 39 |
| Figura 5.16 - Fração de filme total extraída das 4 paredes do lavador em função da vazão de líquido para $V=69$ m/s e $Z= 100$ mm..... | 40 |
| Figura 5.17 - Fração de filme total extraída das 4 paredes do lavador em função da vazão de líquido para $V=74$ m/s e $Z= 100$ mm..... | 41 |

| | |
|---|-----|
| Figura 5.18 - Fração de filme total extraído nas paredes do lavador em função da penetração do jato para a velocidade do gás de 74 m/s e comprimento da garganta de 100 mm..... | 42 |
| Figura 5.19 - Fração de filme total em função de L/G para velocidade do gás de 74 m/s e comprimento da garganta de 100 mm..... | 44 |
| Figura 5.20 - Fração de filme total em função de L/G para todas as velocidades e injeção de líquido feita por 4 orifícios e comprimento da garganta de 100 mm..... | 44 |
| Figura 5.21 - Fração de filme total em função do comprimento da garganta para injeção de líquido feita por 4 orifícios e velocidade de 74 m/s..... | 45 |
| Figura 5.22 - Desempenho do modelo de GONÇALVES (2000)..... | 46 |
| Figura 5.23 - Altura (H) e largura (L) do lavador..... | 47 |
| Figura 5.24 - Desempenho da correlação proposta na Equação (5.2)..... | 48 |
| Figura B1 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício e velocidade do gás de 59 m/s e $Z = 100$ mm... | 98 |
| Figura B2 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios e velocidade do gás de 59 m/s e $Z=100$ mm..... | 98 |
| Figura B3 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais e velocidade do gás de 59 m/s e $Z = 100$ mm..... | 98 |
| Figura B4 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais e velocidade do gás de 59 m/s e $Z = 100$ mm..... | 99 |
| Figura B5 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios e velocidade do gás de 59 m/s e $Z = 100$ mm..... | 99 |
| Figura B6 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício e velocidade do gás de 64 m/s e $Z = 100$ mm.... | 99 |
| Figura B7 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios e velocidade do gás de 64 m/s e $Z = 100$ mm..... | 100 |

| | |
|---|-----|
| Figura B8 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais e velocidade do gás de 64 m/s e $Z = 100$ mm..... | 100 |
| Figura B9 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais e velocidade do gás de 64 m/s e $Z = 100$ mm..... | 100 |
| Figura B10 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios e velocidade do gás de 64 m/s e $Z = 100$ mm..... | 101 |
| Figura B11 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício e velocidade do gás de 69 m/s e $Z = 100$ mm..... | 101 |
| Figura B12 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios e velocidade do gás de 69 m/s e $Z = 100$ mm..... | 101 |
| Figura B13 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais e velocidade do gás de 69 m/s e $Z = 100$ mm..... | 102 |
| Figura B14 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais e velocidade do gás de 69 m/s e $Z = 100$ mm..... | 102 |
| Figura B15 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios e velocidade do gás de 69 m/s e $Z = 100$ mm..... | 102 |
| Figura B16 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício e velocidade do gás de 74 m/s e $Z = 100$ mm..... | 103 |
| Figura B17 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios e velocidade do gás de 74 m/s e $Z = 100$ mm..... | 103 |
| Figura B18 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais e velocidade do gás de 74 m/s e $Z = 100$ mm..... | 103 |

| | |
|---|-----|
| Figura B19 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais e velocidade do gás de 74 m/s e $Z = 100$ mm..... | 104 |
| Figura B20 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios e velocidade do gás de 74 m/s e $Z = 100$ mm..... | 104 |
| Figura B21 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios e velocidade do gás de 74 m/s e $Z = 160$ mm..... | 104 |
| Figura B22 - Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios e velocidade do gás de 74 m/s e $Z = 220$ mm..... | 105 |
| Figura D1 - Fração de filme total extraído nas paredes do lavador em função da penetração do jato para a velocidade do gás de 59 m/s e comprimento da garganta de 100 mm..... | 111 |
| Figura D2 - Fração de filme total extraído nas paredes do lavador em função da penetração do jato para a velocidade do gás de 64 m/s e comprimento da garganta e 100 mm..... | 111 |
| Figura D3 - Fração de filme total extraído nas paredes do lavador em função da penetração do jato para a velocidade do gás de 69 m/s e comprimento da garganta de 100 mm..... | 112 |
| Figura D4 - Fração de filme total extraído nas paredes do lavador em função da penetração do jato para a velocidade do gás de 74 m/s e comprimento da garganta de 100 mm..... | 112 |
| Figura E1 - Fração de filme total em função de L/G para velocidade do gás de 59 m/s e comprimento da garganta de 100 mm..... | 114 |
| Figura E2 - Fração de filme total em função de L/G para velocidade do gás de 64 m/s e comprimento da garganta de 100 mm..... | 114 |
| Figura E3 - Fração de filme total em função de L/G para velocidade do gás de 69 m/s e comprimento da garganta de 100 mm..... | 115 |
| Figura E4 - Fração de filme total em função de L/G para velocidade do gás de 74 m/s e comprimento da garganta de 100 mm..... | 115 |

| | |
|---|-----|
| Figura F1 - Injeção de líquido feita pelo orifício superior (1) com $V = 59$ m/s e $Q = 0,3$ l/min..... | 117 |
| Figura F2 - Injeção de líquido feita pelo orifício superior (1) com $V = 59$ m/s e $Q = 0,4$ l/min..... | 117 |
| Figura F3 - Injeção de líquido feita pelo orifício superior (1) com $V = 59$ m/s e $Q = 0,5$ l/min..... | 117 |
| Figura F4 - Injeção de líquido feita pelo orifício superior (1) com $V = 59$ m/s e $Q = 0,6$ l/min..... | 117 |
| Figura F5 - Injeção de líquido feita pelo orifício superior (1) com $V = 74$ m/s e $Q = 300$ l/min..... | 118 |
| Figura F6 - Injeção de líquido feita pelo orifício superior (1) com $V = 74$ m/s e $Q = 0,4$ l/min..... | 118 |
| Figura F7 - Injeção de líquido feita pelo orifício superior (1) com $V = 74$ m/s e $Q = 0,5$ l/min..... | 118 |
| Figura F8 - Injeção de líquido feita pelo orifício superior (1) com $V = 74$ m/s e $Q = 0,6$ l/min..... | 118 |
| Figura F9 - Injeção de líquido feita por 2 orifícios (1 e 3) com $V = 59$ m/s e $Q = 0,3$ l/min..... | 119 |
| Figura F10 - Injeção de líquido feita por 2 orifícios (1 e 3) com $V = 59$ m/s e $Q = 0,6$ l/min..... | 119 |
| Figura F11 - Injeção de líquido feita por 2 orifícios (1 e 3) com $V = 59$ m/s e $Q = 0,9$ l/min..... | 119 |
| Figura F12 - Injeção de líquido feita por 2 orifícios (1 e 3) com $V = 59$ m/s e $Q = 1,2$ l/min..... | 119 |
| Figura F13 - Injeção de líquido feita por 2 orifícios (1 e 3) com $V = 74$ m/s e $Q = 0,3$ l/min..... | 120 |
| Figura F14 - Injeção de líquido feita por 2 orifícios (1 e 3) com $V = 74$ m/s e $Q = 0,6$ l/min..... | 120 |
| Figura F15 - Injeção de líquido feita por 2 orifícios (1 e 3) com $V = 74$ m/s e $Q = 0,9$ l/min..... | 120 |
| Figura F16 - Injeção de líquido feita por 2 orifícios (1 e 3) com $V = 74$ m/s e $Q = 1,2$ l/min..... | 120 |

| | |
|---|-----|
| Figura F17 - Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 59$ m/s e $Q = 0,3$ l/min..... | 121 |
| Figura F18 - Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 59$ m/s e $Q = 0,6$ l/min..... | 121 |
| Figura F19 - Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 59$ m/s e $Q = 0,9$ l/min..... | 121 |
| Figura F20 - Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 59$ m/s e $Q = 1,2$ l/min..... | 121 |
| Figura F21 - Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 74$ m/s e $Q = 0,3$ l/min..... | 122 |
| Figura F22 - Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 74$ m/s e $Q = 0,6$ l/min..... | 122 |
| Figura F23 - Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 74$ m/s e $Q = 0,9$ l/min..... | 122 |
| Figura F24 - Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 74$ m/s e $Q = 1,2$ l/min..... | 122 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|--------------|---|----|
| Tabela 3.1 - | Tamanho mínimo de partículas para vários tipos de lavadores..... | 3 |
| Tabela 4.1 - | Dimensões da geometria do lavador Venturi..... | 20 |
| Tabela 4.2 - | Velocidades de ar utilizadas..... | 25 |
| Tabela 4.3 - | Valores da razão L/G para as vazões líquidas utilizadas e para as diferentes velocidades..... | 26 |
| Tabela A1 - | Resultados das 3 medições e da média entre elas feita para a fração de filme para cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício, $V = 59$ m/s e comprimento da garganta de 100 mm..... | 55 |
| Tabela A2 - | Resultados das medições e da média feita para a fração de filme para cada parede separadamente com injeção de líquido feita pelos 4 orifícios, $V = 59$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 57 |
| Tabela A3 - | Resultados das 3 medições e da média entre elas feita para a fração de filme para cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais, $V = 59$ m/s e comprimento da garganta de 100 mm. | 59 |
| Tabela A4 - | Resultados das 3 medições e da média entre elas feita para a fração de filme para cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais, $V = 59$ m/s e comprimento da garganta de 100 mm..... | 61 |
| Tabela A5 - | Resultados das 3 medições e da média entre elas feita para a fração de filme para cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios, $V = 59$ m/s e comprimento da garganta de 100 mm..... | 63 |
| Tabela A6 - | Resultados das 3 medições feitas e das medias para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício, $V = 64$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 65 |
| Tabela A7 - | Resultados das médias feitas das medições para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios, $V = 64$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 66 |
| Tabela A8 - | Resultados das médias feitas das medições para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais, $V = 64$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 68 |

| | | |
|--------------|--|----|
| Tabela A9 - | Resultados das médias feitas das medições para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais, $V = 64$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 70 |
| Tabela A10 - | Resultados das médias feitas das medições para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios, $V = 64$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 72 |
| Tabela A11 - | Resultados das 3 medições feitas e da média para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício, $V = 69$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 74 |
| Tabela A12 - | Resultados das 3 medições feitas e das medias para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios, $V = 69$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 76 |
| Tabela A13 - | Resultados das 3 medições e das medias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais, $V = 69$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 78 |
| Tabela A14 - | Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais, $V = 69$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 80 |
| Tabela A15 - | Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios, $V = 69$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 82 |
| Tabela A16 - | - Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício, $V = 74$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 84 |
| Tabela A17 - | Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios, $V = 74$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 85 |
| Tabela A18 - | Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais, $V = 74$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 87 |
| Tabela A19 - | Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais, $V = 74$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 89 |

| | |
|---|-----|
| Tabela A20 - Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios, $V = 74$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 91 |
| Tabela A21 - Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios, $V = 74$ m/s e $Z = 160$ mm..... | 93 |
| Tabela A22 - Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios, $V = 74$ m/s e $Z = 220$ mm..... | 95 |
| Tabela C1 - Valores referentes aos cálculos de $l_{máx}$ e L/G , para $V = 59$ m/s..... | 107 |
| Tabela C2 - Valores referentes aos cálculos de $l_{máx}$ e L/G , para $V = 64$ m/s..... | 108 |
| Tabela C3 - Valores referentes aos cálculos de $l_{máx}$ e L/G , para $V = 69$ m/s..... | 108 |
| Tabela C4 - Valores referentes aos cálculos de $l_{máx}$ e L/G , para $V = 74$ m/s..... | 109 |

NOMENCLATURA

A_{th} área da garganta (m^2)

C_d é a concentração mássica de gotas (kg/m^3)

C_e concentração homogênea de equilíbrio hidrodinâmico (

D_d diâmetro das gotas (μm)

D_0 diâmetro do orifício de injeção de líquido (mm)

$D_{eq,th}$ diâmetro equivalente da garganta (m)

Deq : diâmetro equivalente da tubulação (m)

$deqor$: distância equivalente ao número e posição dos orifícios que estão sendo usados na injeção de líquido

D_v diâmetro local do lavador Venturi (m)

E_d difusividade da gota

E_{nt} taxa de desprendimento de gotas por superfície de parede ($kg/s.m^2$)

F_f fração de filme (adimensional)

H altura da garganta do lavador.

K coeficiente de transferência de massa determinado experimentalmente,

L , largura da garganta do lavador.

L/G razão entre as vazões volumétricas de líquido e gás. (l/m^3)

L_f vazão volumétrica do filme

$lmáx$: penetração máxima do jato em m

M massa em g do líquido coletado das paredes do lavador

m : número de orifícios ativos verticais

MW_g peso molecular do gás

n : número de orifícios ativos horizontais

N_0 : número de orifícios usados na injeção de líquido. (1, 2, 3 e 4)

$Ql(l/min)$ vazão de líquido utilizada na a injeção de líquido,

Qv vazão volumétrica do gás

Q_g vazão do gás,

R_0 metade da distância entre a parede pela qual o líquido está sendo injetado e a parede oposta

R_c : representa o recipiente de coleta do líquido cheio.

Re_g : Reynolds da garganta do lavador ($=\rho v D_{eq} / \mu$)

R_v : representa o recipiente de coleta do líquido vazio.

r distância radial (m).

V_g velocidade do gás na garganta.

v : velocidade do gás (m/s)

w_f vazão mássica do filme líquido (kg/s)

μ : viscosidade do gás (Ns/m²)

ρ_l densidade do líquido

ρ_g densidade do gás

ρ : massa específica do gás (Kg/m³)

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| Resumo | II |
| Abstract | III |
| Lista de Figuras | IV |
| Lista de Tabelas | XI |
| Nomenclatura | XV |
| 1 – Introdução | 1 |
| 2 – Objetivos | 2 |
| 2.1 – Objetivo Geral..... | 2 |
| 2.2 – Objetivos Específicos..... | 2 |
| 3 – Lavadores de Gases | 3 |
| 3.1 – Tipos de Lavadores..... | 3 |
| 3.2 – Parâmetros de Operação e Eficiência..... | 4 |
| 3.3 – Lavador Venturi..... | 7 |
| 3.4 – Vantagens e Desvantagens dos Lavadores Venturi..... | 110 |
| 3.5 – Modelos para Deposição em Filmes Líquidos..... | 12 |
| 3.5.1 - O modelo de AZZOPARDI e colaboradores..... | 13 |
| 3.5.2 - O modelo de FATHIKALAJAHI e colaboradores (1995)..... | 14 |
| 3.5.3 - O modelo de VISWANATHAN e colaboradores (1997)..... | 15 |
| 3.5.4 - O modelo de GONÇALVES (2000)..... | 16 |
| 3.6 – Estudos Realizados por COSTA (2002)..... | 17 |
| 4 – Materiais e Métodos | 18 |
| 4.1 – O lavador Venturi utilizado neste trabalho..... | 18 |
| 4.2 – A seção de extração de filme das paredes..... | 21 |

| | |
|---|-----------|
| 4.3 – Configurações de injeção de líquido..... | 23 |
| 4.4 – Imagens do jato..... | 23 |
| 4.5 – Variáveis e faixas..... | 25 |
| 4.6 – Testes preliminares..... | 27 |
| 4.6.1 – Metodologia utilizada por COSTA (2002)..... | 27 |
| 4.6.2 - Metodologia utilizada por GONÇALVES (2000)..... | 28 |
| 5 – Resultados e Discussões..... | 30 |
| 5.1 – Fração de filme líquido em função da vazão de líquido para: $V = 59$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 30 |
| 5.2 – Ação da gravidade sobre o filme líquido..... | 35 |
| 5.3 – Fração de filme total extraída das 4 paredes em função da vazão de líquido..... | 38 |
| 5.3.1 – Fração de filme total extraída das quatro paredes do lavador em função da vazão de líquido para : $V = 59$ m/s e $Z = 100$ mm | 38 |
| 5.3.2 - Fração de filme total extraída das quatro paredes do lavador em função da vazão de líquido para: $V = 64$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 39 |
| 5.3.3 - Fração de filme total extraída das quatro paredes do lavador em função da vazão de líquido para: $V = 69$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 39 |
| 5.3.4 - Fração de filme total extraída das quatro paredes do lavador em função da vazão de líquido para: $V = 74$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 40 |
| 5.4 - Fração de filme total extraída das quatro paredes do lavador em função da penetração do jato para: $V = 74$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 41 |
| 5.5 - Fração de filme total extraída das quatro paredes do lavador em função da razão L/G para: $V = 74$ m/s e $Z = 100$ mm..... | 43 |
| 5.6 – Fração de filme total extraída das quatro paredes do lavador em função da razão L/G com injeção de líquido feita pelos quatro orifícios e $V = 59$ m/s, 64 m/s, 69 m/s e 74 m/s com $Z = 100$ mm..... | 43 |

| | |
|---|------------|
| 5.7 - Fração de filme total extraída das quatro paredes do lavador em função do comprimento da garganta com injeção de líquido feita pelos 4 orifícios e $V = 74$ m/s.... | 45 |
| 5.8 – Desempenho da F_{ftotal} x modelo proposto por GONÇALVES (2000)..... | 45 |
| 5.9 – Desempenho da F_{ftotal} x F_f estimada..... | 46 |
| 6 – Conclusões..... | 49 |
| 7 – Sugestões para Continuidade..... | 50 |
| Referências Bibliográficas..... | 51 |
| APÊNDICE A..... | 54 |
| APÊNDICE B..... | 97 |
| APÊNDICE C..... | 106 |
| APÊNDICE D..... | 110 |
| APÊNDICE E..... | 113 |
| APÊNDICE F..... | 116 |

1 Introdução

A poluição do ar tem mostrado ser um fator causador de doenças crônicas do aparelho respiratório, em vários graus de gravidade que vão desde pequenas alergias até severas lesões pulmonares. Existe uma faixa de tamanho de partícula danosa ao sistema respiratório por seu alto poder de penetração em vias aéreas intrapulmonares, conhecida como poeira respirável, compreendendo de 0,5 μm a 5 μm .

Nos últimos anos a legislação ambiental 382/2006 vem se tornando mais rígida com o objetivo de minimizar a emissão de poluentes atmosféricos. Assim, os lavadores venturi surgem como alternativa de equipamentos com alta eficiência de separação numa ampla faixa granulométrica apresentando poucas restrições e habilidade tanto no controle de pó quanto de aerossóis. A poluição causada por aerossóis exige apenas a separação física entre partículas e gás. Apesar disso esse material pode causar inúmeros danos quando inalados pelo sistema respiratório humano. A lavagem das partículas suspensas no ar utilizando água é um dos métodos mais antigos de controle de poluição do ar, devido à simplicidade de lavagem e alta eficiência de coleta das partículas, este método vem sendo utilizado pelas indústrias para o controle da poluição atmosférica.

Os estudos com lavadores Venturi vêm sendo realizados pela Universidade Federal de São Carlos-UFSscar-São Carlos/SP, desde 1998, abrangendo vários tópicos como:

- Evolução do tamanho das gotas;
- Distribuição de concentração de gotas;
- Eficiência e queda de pressão;
- Fração de líquido na forma de filme;
- Trajetória de um jato transversal;

Lavadores Venturi são equipamentos utilizados para controle da poluição do ar, equipamentos absorvedores, no qual os gases passam em alta velocidade através de um tubo venturi em cujo gargalo se adiciona água em baixa pressão, esta água é atomizada em pequenas gotas coletoras. Durante seu funcionamento o gás em alta velocidade é atomizado em pequenas gotas que são as coletoras do material particulado presente na corrente gasosa, durante o seu movimento, uma fração das gotas atinge as paredes do equipamento, depositando-se e formando um filme. O líquido na forma de filme não contribui para a remoção de contaminantes, afetando assim a eficiência do equipamento.

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho foi realizar um estudo sobre o fenômeno de deposição de filme líquido nas paredes de um lavador Venturi em função do número e posição de orifícios de injeção e de diferentes condições de vazão do líquido e do gás.

2.2 Objetivos Específicos

- Obtenção de uma correlação para prever a fração de líquido em função das condições operacionais.
- Analisar a deposição do filme líquido para cada parede individualmente e para o total das paredes do lavador, ou seja, soma das quatro paredes.
- Analisar a melhor configuração para a injeção de líquido e a melhor velocidade do gás utilizada para obter a menor deposição de filme líquido nas paredes diante das condições operacionais utilizadas.

Vazão do líquido: 0,3 a 1,2 l/min

Velocidade do gás: 59, 64, 69 e 74 m/s

Comprimento da garganta: 100, 160 e 220 mm

Configurações para injeção de líquido: 1 orifício superior, 2 orifícios verticais, 2 orifícios horizontais, 3 orifícios e 4 orifícios.

3 Lavadores de Gases

O objetivo deste capítulo é fazer uma apresentação dos lavadores de gases e de alguns estudos para a deposição de filme líquido, sendo dividido em 6 subítens (3.1 a 3.6).

3.1 Tipos de Lavadores

Os lavadores de gases são equipamentos que utilizam líquido com a finalidade de limpar gases. Esses equipamentos podem ser utilizados na remoção de contaminantes sólidos ou gasosos da corrente de efluentes gasosos, com as aplicações industriais incluindo o uso em efluentes de caldeiras, fornos de cal, incineradores de resíduo urbano e equipamentos de controle de odor, entre outros.

Os lavadores podem controlar simultaneamente os poluentes particulados e gasosos e podem apresentar diversas formas e configurações. Nos lavadores, os poluentes gasosos são absorvidos ou incorporados pelo líquido. Então o líquido e as partículas podem ser removidos da corrente de gás. A escolha do tipo de lavador é, todavia ditada pela restrição de espaço, utilização de certos tipos de poeira, diâmetro da partícula a ser coletada, equipamentos (bombas, dutos, etc.) e os aspectos da combinação poeira/lavador. A Tabela 2.1 apresenta alguns tipos de lavadores com respectiva faixa de queda de pressão operacional. Também é indicado o tamanho mínimo da partícula que pode ser coletada com eficiência de 90%.

Tabela 3.1-Tamanho mínimo de partículas para vários tipos de lavadores.

| Tipos de lavadores | Queda de pressão (Kpa) | Tamanho mínimo da partícula (µm) |
|----------------------------|-----------------------------------|---|
| Torres de spray | 0,12-0,38 | 10 |
| Lavadores ciclônicos | 0,5-0,25 | 2-10 |
| Lavadores de orifício | 1,2-25 | 1,0 |
| Lavadores Venturi | 1,2-25 | 0,8 |
| Lavadores de leito fibroso | 1,2-28 | 0,5 |

Fonte: FAYED, M. e OTTEN, L. (1984).

O lavador Venturi é um dos mais eficientes na remoção de partículas de diâmetro na faixa respirável (0,5 a 5,0 μ m).

3.2 Parâmetros de Operação e Eficiência

O lavador de gás ou *scrubber* é um dispositivo no qual se realiza a separação de um conjunto de particulados, ou de um contaminante gasoso de um gás, mediante a lavagem do mesmo com água, que na maioria dos casos é nebulizada para formar pequenas gotas. Segundo THEODORE & BUONICORE (1988) os lavadores de gás podem classificar-se em três grandes grupos:

- Torres de nebulização
 - Instalações de leito empacotado;
 - Lavadores Venturi.
- CALVERT (1984) propõe uma classificação mais detalhada:
- Lavadores de bandejas;
 - Lavadores com empacotamento maciço;
 - Lavadores com empacotamento fibroso;
 - Sprays pré-formados;
 - Sprays nebulizados por gás;
 - Lavadores centrífugos;
 - Lavadores de chicanas e fluxo secundário;
 - Lavadores de impacto;
 - Lavadores acionados mecanicamente;
 - Lavadores de leito em movimento.

A Figura 3.1 apresenta os parâmetros principais de alguns tipos de lavadores de gás. Nessa figura, o parâmetro L/G é a relação entre o fluxo de água utilizado para a limpeza do gás e o fluxo de ar que está sendo limpo, geralmente se expressa em l/m³. É o parâmetro mais importante do lavador de gás, conjuntamente com a queda de pressão no equipamento. Na prática industrial os tipos de lavadores mais utilizados são os lavadores de bandejas e as diferentes variantes existentes de lavadores tipo Venturi (sprays pré-formados e nebulizados por gás). Estes equipamentos serão mais detalhados a seguir.

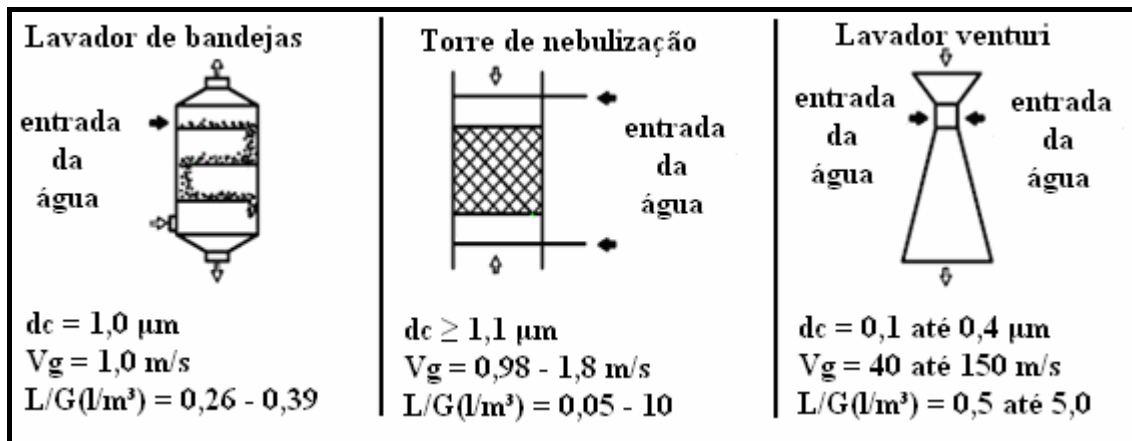
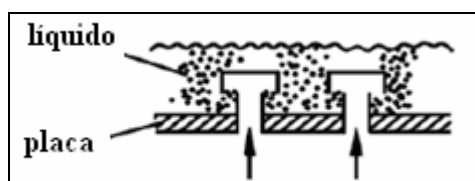
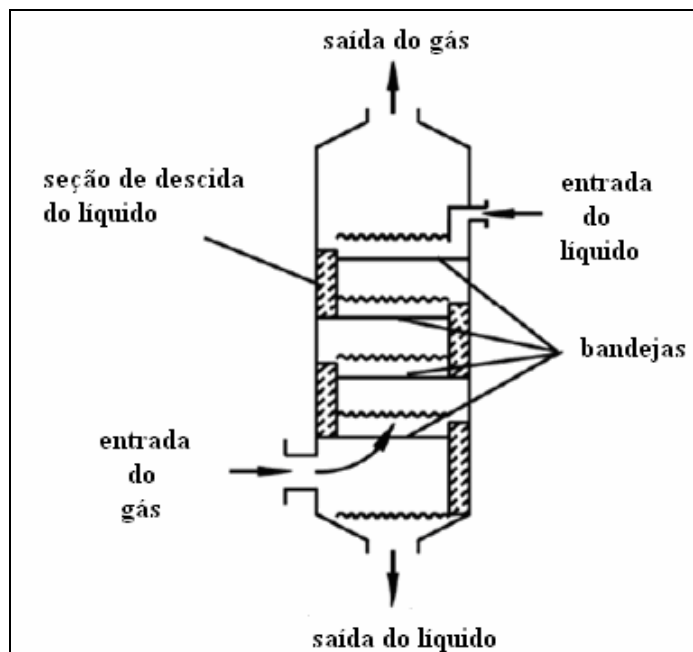
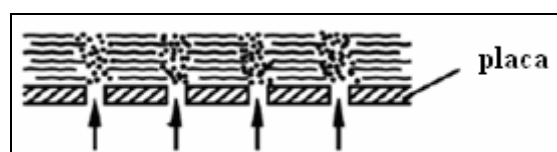


Figura 3.1-Parâmetros de operação para alguns tipos de lavadores de gás
(www.nest.unifei.edu.br).

- Lavadores de bandejas:** São construídos na forma de torre vertical com uma ou mais bandejas perfuradas em seu interior (Figura 3.2). A lavagem do gás acontece durante o contato do mesmo com as gotas de água no volume do lavador e durante o borbulhamento na camada de água que cobre as bandejas. A eficiência de separação aumenta com a diminuição do diâmetro dos orifícios das bandejas. Para orifícios de 3,2 mm o diâmetro de corte é de $d_{pc} = 1,0 \mu\text{m}$ (CALVERT, 1984);
- Venturi com sprays pré-formados:** Neste tipo de lavador de gás o líquido entra na garganta do Venturi já atomizado por um sistema de bocais (Figura 3.3). A eficiência de separação de particulados é função do tamanho e trajetória das gotas, da velocidade do gás e da relação líquido/gás. O diâmetro das gotas de água é de 100-500 μm , o diâmetro de corte $d_{pc} = 0,7-2,0 \mu\text{m}$, e a relação líquido/gás 4-13 l/m^3 (CALVERT, 1984);
- Venturi com sprays atomizados por gás:** É o mais comum dos lavadores tipo Venturi. A nebulização do líquido é causada pelo próprio gás, que alcança uma velocidade na garganta do Venturi de 60-120 m/s (Figura 3.4). O diâmetro de corte nestes equipamentos é $d_{pc} = 0,1-0,4 \mu\text{m}$.



(a)



(b)

(a) Bandeja com bubblecaps

(b) Bandeja perfurada.

Figura 3.2-Lavador de bandejas (CALVERT, 1984).

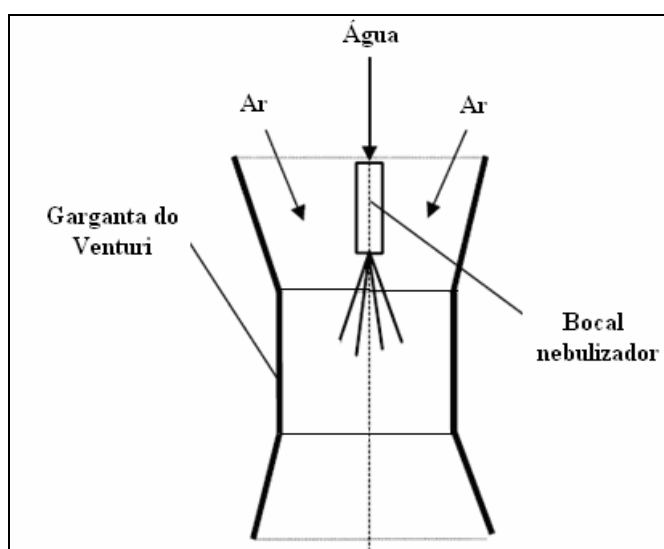


Figura 3.3-Lavador Venturi com spray pré-formado por bocais pneumáticos

(www.nest.unifei.edu.br).

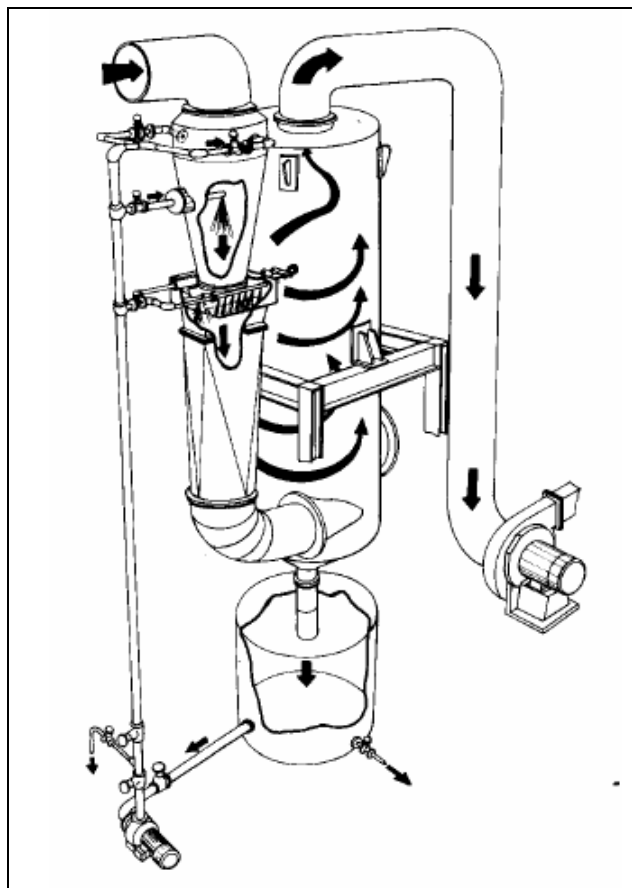


Figura 3.4-Esquema dos processos que acontecem num lavador tipo Venturi (spray nebulizado pelo gás) (www.nest.unifei.edu.br).

3.3 Lavador Venturi

Lavadores Venturi são equipamentos utilizados primordialmente para limpar gases. O desenvolvimento do lavador Venturi resultou da necessidade de separar, por um custo moderado, partículas extremamente finas presentes nos gases de exaustão industrial.

A configuração típica de um lavador Venturi é apresentada na Figura 3.5. Consiste basicamente em um tubo de seção transversal circular ou retangular, com uma constrição do tipo Venturi, apresentando 3 partes distintas: a seção convergente, a garganta e a seção divergente ou difusor.

Um gás é chamado de sujo quando contém algum contaminante, ou seja, algum elemento indesejável que se deseja remover. Os contaminantes podem ser de natureza particulada (sólidos ou líquidos, formando com o gás um aerossol) ou gasosa.

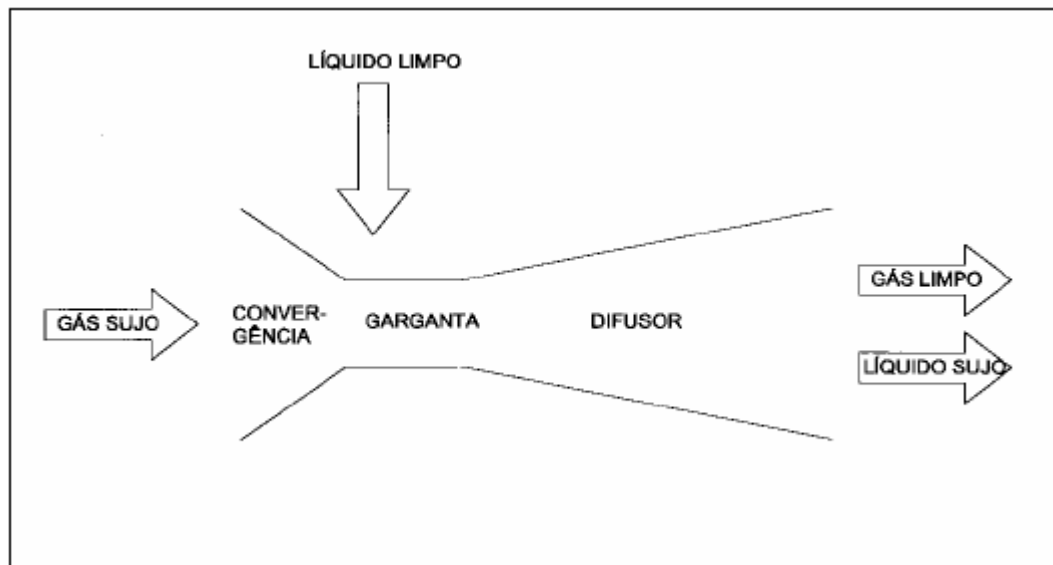


Figura 3.5-Lavador Venturi típico.

O funcionamento do equipamento consiste na entrada do gás sujo pela seção convergente, o qual é acelerado devido ao estreitamento do duto e atinge sua velocidade máxima na garganta, sofrendo desaceleração na seção divergente. Os lavadores Venturi operam com velocidades na garganta tipicamente entre 45 e 80 m/s, embora valores mínimos entre 14 m/s (ROBERTS E HILL, 1981) e máximos entre 201 m/s (JOHNSTONE *et al.* 1954) tenha sido relatados. Um líquido de lavagem é injetado no equipamento. Normalmente utiliza-se água, mas dependendo da natureza e afinidade dos contaminantes pode ser recomendável o uso de óleos ou soluções básicas.

Segundo GONÇALVES (2000), existem várias maneiras diferentes de injetar líquido; a mais comum é através de orifícios feitos nas paredes do equipamento, usualmente na garganta, ou em tubos colocados no interior do equipamento. Ao passar pelos orifícios, o líquido assume a forma de jatos. O líquido é rapidamente atomizado (fragmentando ou desintegrando), por causa da alta velocidade do gás. Na garganta do lavador ocorre colisão entre o gás em alta velocidade e o líquido, sendo este último atomizado em um grande número de pequenas gotas, as quais atuam como coletores de partículas (vide Figura 3.6).

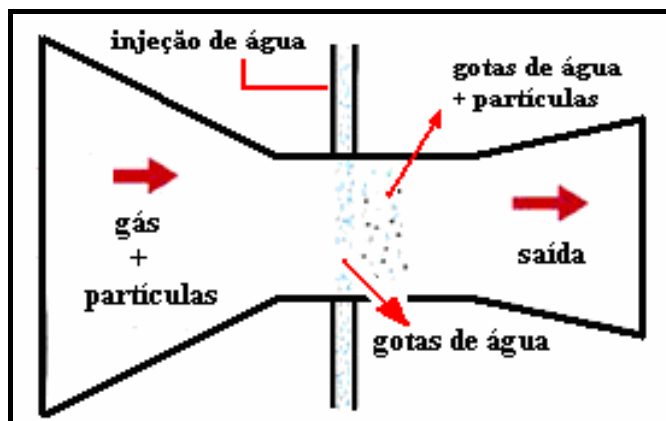


Figura 3.6-Corte da seção do Venturi para visualização do principal mecanismo de coleta
(www.revistameiofiltrante.com.br).

O escoamento no interior dos lavadores Venturi é turbulento, o que torna mais fácil a mistura e o contato entre as fases. As gotas, que logo após a sua formação podem estar concentradas em certas regiões no interior do equipamento, se espalham, alcançando, após certa distância da injeção, um perfil de concentração aproximadamente uniforme. Durante o seu movimento, uma fração das gotas atinge as paredes do equipamento, depositando-se e formando um filme. O líquido na forma de filme não contribui para a remoção de contaminantes, uma vez que sua área superficial por unidade de volume é muito menor do que a das gotas. A presença do filme também afeta o desempenho do lavador aumentando a perda de carga por atrito em relação a um tubo liso, já que o filme possui ondas em sua superfície que se comportam, do ponto de vista do escoamento do gás, como uma superfície rugosa. As gotas recém-formadas são em média muito maiores do que as partículas. As moléculas do gás, leves e, portanto com menor quantidade de movimento, desviam-se com facilidade das gotas em seu caminho. As partículas, com maior massa e inércia, não conseguem mudar rapidamente sua trajetória, e acabam por chocar-se com alguma gota. Uma vez aderida à gota, diz-se que a partícula foi coletada. O principal mecanismo de coleta de particulados é conhecido como impactação inercial, mostrado esquematicamente na Figura 3.7.

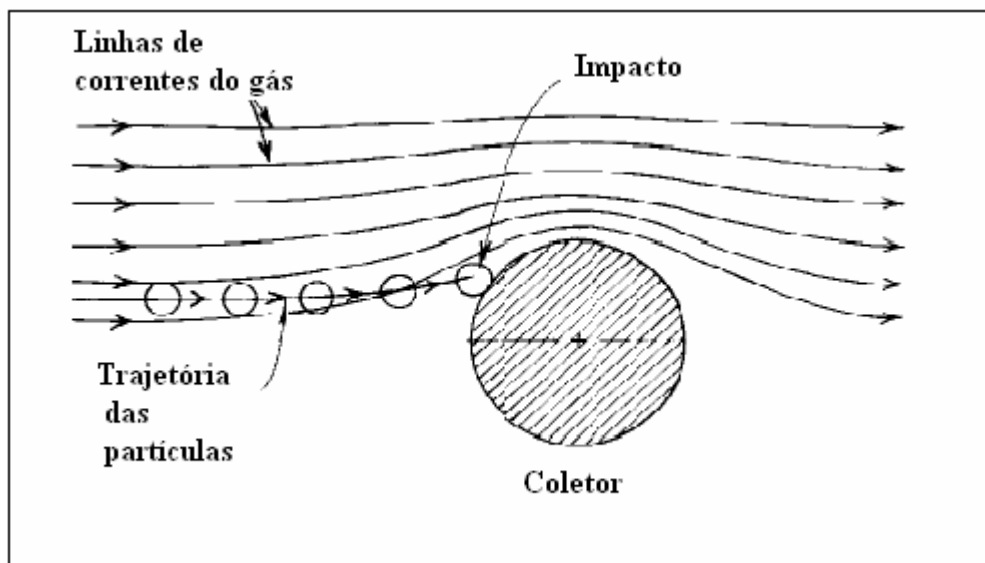


Figura 3.7-Illustração do mecanismo de impactação inercial (GONÇALVES 2000).

Dentre os diversos tipos de lavadores Venturi encontrados no mercado as principais diferenças entre eles dizem respeito ao modo de injeção do líquido na garganta, a forma geométrica da seção transversal, a maneira de conectar o ciclone separador ao lavador Venturi e ao comprimento da garganta.

Os mais comuns formatos de gargantas são retangulares, circulares, ovais e anulares. A largura e comprimento (ou diâmetro no caso da garganta circular) da garganta são muito importantes para alcançar completa cobertura da garganta com o líquido de lavagem.

A forma clássica de lavador Venturi é conhecida como *Pease-Anthony*. No qual o líquido é injetado na forma de jatos, através de orifícios normalmente situados na garganta, formando uma cortina de líquido através da mesma. A alta velocidade do gás atomiza o líquido em finas gotas, as quais capturam as partículas da corrente de gás. O Venturi *Pease-Anthony* pode ser montado horizontalmente ou verticalmente, dependendo do layout da planta. A garganta pode ser circular ou retangular na seção de corte e ele pode ser ajustado para obter alta eficiência de coleta em vazões de gás variadas. A conexão do Venturi com o ciclone pode ser tangencial ou turbinada.

No lavador Venturi tipo parede molhada a injeção do líquido é feita na forma de filme aderido as paredes do equipamento. A garganta pode ser oval, retangular, circular ou na forma anular. Recomenda-se a utilização desse tipo de lavador quando se tem partícula pegajosa ou corrosiva na corrente gasosa e torna-se necessário evitar o depósito das mesmas na parede do equipamento (AZZOPARDI, 1993).

No lavador Venturi do tipo ejetor ou spray pré-formado (Figura 3.3) o líquido já entra no equipamento na forma de spray devido a um bocal especial para atomização, diferentemente dos demais lavadores do tipo Venturi em que o líquido é atomizado devido à ação do gás. O líquido de lavagem entra no ejetor, sobre pressão, através de um orifício localizado no topo e é forçado em alta velocidade através de uma garganta de Venturi. A grande turbulência criada pela alta velocidade do líquido provoca um eficiente contato entre as duas fases. Este tipo de lavador é indicado para capturar gases (CALVERT, 1977b; ATAY *et al.*, 1987).

3.4 Vantagens e Desvantagens dos Lavadores Venturi

Em comparação com lavadores de gases de outros tipos bem como com outros equipamentos de limpeza de gases, o lavador Venturi apresenta vantagens e desvantagens (STRAUSS, 1996; CALVERT *et al.*, 1972a; SCHUMANN, 1974; CALVERT, 1977b; DULLIEN, 1989; HANLY e PETCHONKA, 1993).

Dentre as vantagens, estão:

- Alta eficiência na remoção de partículas na faixa chamada de pó respirável, ou seja, partícula cujos diâmetros estejam entre 0,5 e 5 μm . Para partículas deste tamanho, o lavador pode ser tão ou mais eficiente que qualquer outro equipamento. Para partículas maiores, recomenda-se, em geral, o uso de ciclones, que são capazes de remover tais partículas à menor custo. Para partículas menores, recomenda-se o uso de filtros de manga ou precipitadores eletrostáticos.
- É compacto, ocupando pouco espaço na instalação industrial. Como opera com velocidades de gás elevadas, não é necessário ser volumoso para lidar com uma grande vazão de gás.
- Pode reutilizar a água de lavagem. Lavadores que usam bocais especiais para formar sprays precisam de água clara e limpa, pois a presença de partículas sólidas na água pode causar obstrução nos bocais. Ao contrário, a introdução do líquido nos lavadores Venturi (exceto o tipo ejetor) requer apenas um orifício grande em comparação com as partículas, uma vez que o spray é formado pela ação do gás, e não pelo orifício.

- Pode remover ao mesmo tempo, contaminantes particulados e gasosos, resultando em economia de recursos em certas circunstâncias.
- Pode lidar com pós explosivos, inflamáveis, pegajosos e aderentes. Partículas deste tipo devem ser operadas com cuidado, pois podem danificar equipamentos industriais ou então criar situações de risco à segurança da fábrica. O lavador Venturi por operar com coletores líquidos, pode minimizar tais riscos.

Dentre as desvantagens do lavador Venturi, estão:

- Consome muita energia, contribuindo para um elevado custo operacional. A queda de pressão total no lavador Venturi é, em geral, maior do que nos outros lavadores. Isso significa que são necessários sopradores mais potentes, o que gera maiores gastos com energia.
- Após a transferência do contaminante da fase gasosa para a fase líquida, resta ainda o problema do destino final do efluente de líquido sujo. Este é um problema comum a todos os lavadores de gases. Algumas vezes os efluentes não podem ser descartados sem tratamento. Por exemplo, a limpeza de gases de combustão com lavadores pode gerar um efluente líquido contendo metais pesados e sais com cloretos e sulfitos de cálcio, o que impossibilita seu lançamento direto em rios.
- Visibilidade da pluma do gás tratado. Um problema menos sério do ponto de vista técnico, mas que pode ter importância diante do público leigo, diz respeito ao aumento da umidade de um gás tratado com lavadores. O vapor de líquido presente em um gás saturado, ao sair pela chaminé e encontrar uma atmosfera em geral mais fria, pode condensar, ocasionando uma pluma de fumaça densa e muito visível, de impacto negativo na população.

3.5 Modelos para Deposição em Filmes Líquidos

Qualquer que seja o sistema de injeção, uma parte do líquido em lavador Venturi escoar na forma de um filme aderido às paredes do equipamento. O desempenho do equipamento é afetado pela presença e características deste filme (AZZOPARDI, 1993).

Os modelos aqui apresentados são uma breve revisão dos principais modelos para deposição de filme líquido em lavadores Venturi descritos por GONÇALVES (2000). Um estudo mais detalhado sobre o assunto pode ser visto nos trabalhos realizados por GONÇALVES (2000).

3.5.1 O modelo de AZZOPARDI e colaboradores

AZZOPARDI e GOVAN (1984) e AZZOPARDI *et al.* (1991) foram os primeiros pesquisadores a propor um modelo para o escoamento do filme líquido em lavadores Venturi. Estes autores se basearam na teoria de escoamento anular em tubos de seção transversal constante. A mudança da taxa de escoamento do filme líquido é dada por um balanço de massa entre a taxa de deposição e a taxa de desprendimento de gotas do filme, conforme a Equação (3.1):

$$\frac{dw_f}{dz} = \pi D_v (D_{ep} - E_{nt}) \quad (3.1)$$

onde a w_f é a vazão mássica do filme líquido (kg/s), D_{ep} é a taxa de deposição de gotas por superfície de parede (kg/s.m²), E_{nt} é a taxa de desprendimento de gotas por superfície de parede (kg/s.m²) e D_v é o diâmetro local do lavador Venturi (m).

A taxa de deposição D_{ep} para cada posição axial e a taxa de desprendimento E_{nt} pode ser calculada pelas Equações (3.2) e (3.3) respectivamente:

$$D_{ep} = KC_d \quad (3.2)$$

$$E_{nt} = KC_e + E_{nt}' \quad (3.3)$$

onde K é um coeficiente de transferência de massa determinado experimentalmente, C_d é a concentração das gotas no núcleo do escoamento para uma determinada posição axial, C_e é uma concentração homogênea de equilíbrio hidrodinâmico e E_{nt}' é uma medida do

desprendimento extra que ocorre no início da garganta do Venturi, que dependendo do ângulo da seção convergente pode ser estimada através das correlações propostas por AZZOPARDI e GOVAN (1984) ou FERNÁNDEZ ALONSO *et al.* (1999).

Este modelo foi desenvolvido tendo em vista lavadores Venturi com injeção de líquido na forma de filme. Entretanto, ele se aplica também ao sistema de injeção na forma de jatos. Para tanto, basta considerar que a fração de líquido atomizado no início da garganta (E_{nt}) seja igual a 1. AZZOPARDI (1993) avaliou o desempenho de seu modelo na previsão das frações de filmes com base de dados obtidos em lavadores de diferentes escalas e sistemas de injeção de líquido. Os resultados foram melhores na estimativa da fração do filme na garganta dos lavadores de menor diâmetro, variando dentro da faixa de $\pm 25\%$ para a fração de filme ao final do difusor.

A principal limitação deste modelo é o fato de que o coeficiente de troca de massa, e a concentração de equilíbrio, foram obtidos a partir de estudos feitos por outros autores em escoamento anular em tubos retos, com perfil bem desenvolvido (longe de acidentes). Isto torna problemática a sua aplicação em lavadores Venturi. Sua principal vantagem é a possibilidade de calcular a vazão de filme para cada posição ao longo do lavador Venturi.

3.5.2 O modelo de FATHIKALAJAHI e colaboradores (1995)

TAHERI e SHEIH (1975), em seus estudos com lavadores Venturi de seção transversal retangular, com injeção na forma de jatos, observaram que há uma significativa não uniformidade na distribuição de concentração das gotas nas proximidades do ponto de injeção. Vários autores, então, propuseram a inclusão da não uniformidade na distribuição de concentração das gotas na modelagem para o desempenho dos lavadores Venturi, apresentando modelos tridimensionais, diferentes do modelo de AZZOPARDI *et al.* (1991), no entanto tão complexo quanto. A estimativa da fração de líquido que escoar na forma de filme surge naturalmente como um subproduto desse tipo de análise. A maioria destes modelos considera que as gotas depositadas não se desprendem retornando ao centro do escoamento. FATHIKALAJAHI *et al.* (1995) foram os primeiros autores a introduzir no modelo uma condição de contorno na parede que incluía uma taxa de re-atomização e compara os resultados assim calculados com valores experimentais. De acordo com estes autores, o fluxo de gotas que atinge a parede em uma determinada posição axial pode ser escrito como:

$$F_w = -E_d \frac{\partial C_d}{\partial r} \Big|_w \quad (3.4)$$

onde E_d é a difusividade da gota e C_d é a concentração mássica de gotas (kg/m^3) e r é a distância radial (m).

Se R_{ea} é a taxa de re-atomização, então a vazão volumétrica do filme (L_f) pode ser calculada através de uma integral ao longo das paredes do equipamento. No caso de um lavador Venturi de seção transversal retangular a vazão seria calculada pela Equação (3.5):

$$L_f = \frac{\pi}{6} D_d^3 \left[\int_z \int_x \left(-E_d \frac{\partial C_d}{\partial x} - R_{ea} \right) dx dz + \int_z \int_y \left(-E_d \frac{\partial C_d}{\partial y} - R_{ea} \right) dy dz \right] \quad (3.5)$$

onde D_d é o diâmetro das gotas. A derivada da concentração das gotas nas proximidades da parede é obtida através do algoritmo de cálculo de dispersão das gotas e E_d pode ser obtido através das correlações.

Com o modelo tridimensional de FATHIKALAJAHI *et al.* (1995), calcula-se satisfatoriamente a eficiência de um Venturi. No entanto, a sua aplicação no cálculo da fração de filme ainda precisa de mais comprovação experimental.

VISWANATHAN *et al.* (1997), posteriormente apresentam um modelo alternativo com o propósito de quantificar a fração de filme.

3.5.3 O modelo de VISWANATHAN e colaboradores (1997)

Este modelo consiste de um ajuste numérico a um conjunto específico de dados experimentais, obtidos em um lavador Venturi retangular, com injeção de líquidos na forma de jatos. O filme foi extraído através de uma parede porosa, colocada depois do ponto de injeção de líquido. Os autores propuseram a seguinte correlação para o cálculo da fração de filme:

$$F_f = 3,92 \times 10^5 \left[(L/G) (MW_g / \rho_g) (R_0 / D_0) \right]^{-1,7} (V_{g,th})^{-1,29} \quad (3.6)$$

onde F_f é a fração de filme, L/G é a razão entre as vazões volumétricas de líquido e gás, em l/m^3 , MW_g e ρ_g são o peso molecular e a densidade do gás, respectivamente, R_0 é a metade da distância entre a parede pela qual o líquido está sendo injetado e a parede oposta, D_0 é o diâmetro do orifício de injeção de líquido e V_g é a velocidade do gás na garganta.

A principal limitação do modelo de VISWANATHAN é que a correlação não inclui o número de orifícios. GONÇALVES *et al.* (2000) mostraram que, mantendo os demais parâmetros constantes, um diferente número de orifícios produz diferentes penetrações, e, portanto diferentes frações de filme. Além disso, a Equação (3.6) prevê uma fração de filme sempre decrescente com o aumento da razão L/G , enquanto que GONÇALVES *et al.* (2000) demonstraram que isso não corresponde à realidade.

3.5.4 O modelo de GONÇALVES (2000)

Para minimizar as presentes limitações do modelo de VISWANATHAN *et al.* (1997), GONÇALVES *et al.* (2000) sugeriram a utilização da correlação expressa pela Equação (3.7):

$$F_f = 200,5 \left[1,01 \frac{l_{\max}}{D_{eq,th}} - \left(\frac{l_{\max}}{D_{eq,th}} \right)^{1,75} \right]^{-1,66} (Re_{th})^{-0,80} \quad (3.7)$$

onde, L/G em l/m^3 , $D_{eq,th}$ é o diâmetro equivalente da garganta (m), A_{th} é a área da garganta (m^2) e l_{\max} é a penetração máxima da linha central do jato (m) e está representado na Equação (3.8).

$$l_{\max} = 1,458 \times 10^{-4} \cdot \frac{\rho_l}{\rho_g} \cdot \frac{L}{G} \cdot \frac{A_{th}}{D_0 \cdot N_0} \quad (3.8)$$

Esta equação é adimensional, inclui o número de orifícios através do parâmetro l_{\max} .

No entanto, esta nova correlação também falha na previsão da fração de filme em pontos próximos ao ponto da injeção, e, portanto não pode ser recomendada para esta finalidade. Para pontos distantes da injeção, as estimativas da Equação (3.7) são, no seu conjunto, melhor que as da Eq.(3.6), mas ainda não são totalmente satisfatórias. É difícil imaginar que uma única

correlação experimental possa prever em todos os casos um fenômeno tão complexo como a vazão de filme líquido em um lavador Venturi (GONÇALVES, 2000).

3.6 Estudos realizados por COSTA (2002)

COSTA (2002) realizou estudos experimentais para a determinação da quantidade de líquido que escoar no Venturi retangular na forma de filme com o lavador posicionado horizontalmente e com injeção de líquido feita por um orifício localizado na parede superior do equipamento. Em seus estudos utilizou seções de testes com as mesmas dimensões e geometria da garganta do lavador que possuíam lâminas e fendas para desviar o fluxo de filme, cada parede do equipamento foi amostrada por vez, sendo vedada às demais paredes. Devido à pressão interna de seu equipamento ser aproximadamente igual à atmosférica fez uso de um sistema a vácuo de sucção e coleta. As variáveis de processo foram: vazão do líquido, velocidade do gás, comprimento da garganta.

4 Materiais e Métodos

4.1 O Lavador Venturi Utilizado Neste Trabalho

A Figura 4.1 mostra de forma esquemática o lavador Venturi de seção transversal retangular utilizado nos experimentos realizados na Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, construído em acrílico, com o intuito de observar e filmar o escoamento no interior do equipamento.

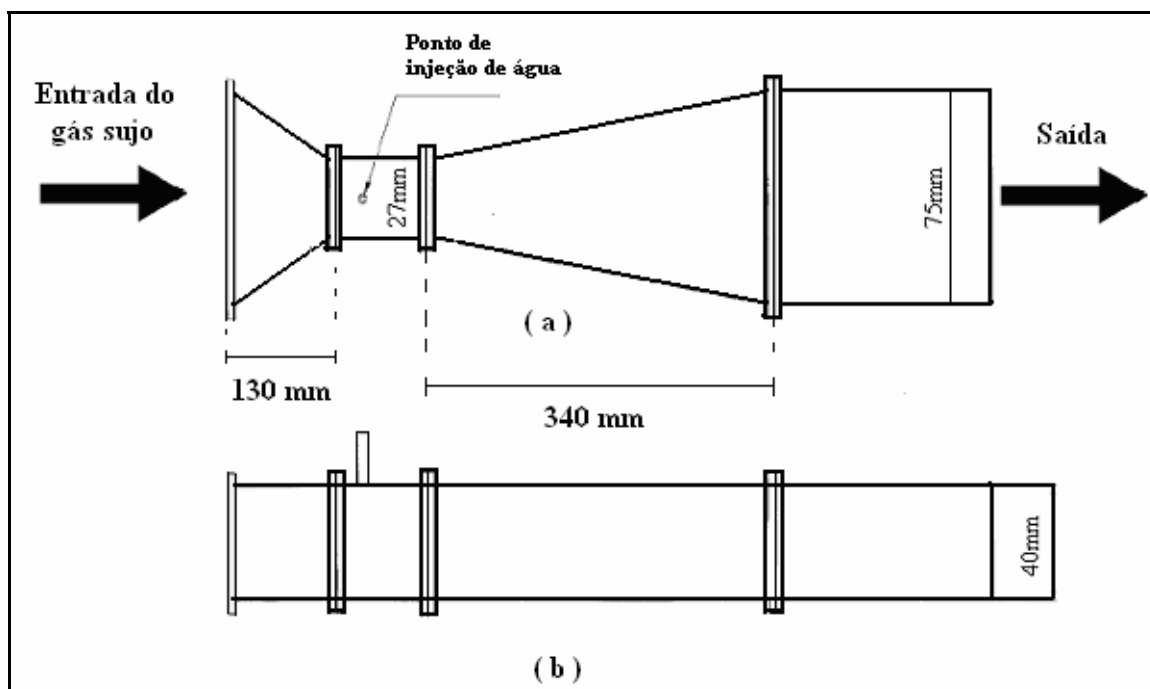


Figura 4.1-Esquema do lavador Venturi. a) vista de cima; b) vista lateral.

O lavador foi construído em módulos, de modo a tornar possível a inserção de outros módulos ou seção de teste. Os módulos eram fixados uns nos outros através de parafusos, anéis de borrachas, flanges e cola. Os módulos para a garganta eram distintos, com comprimentos diferentes possibilitando assim seu uso em diversas combinações, podendo variar o comprimento da garganta que é representado por (Z) em 100 mm, 160 mm e 220 mm, a partir do ponto de injeção de líquido e até o ponto de extração do filme, como mostram as Figuras 4.2.e 4.3.

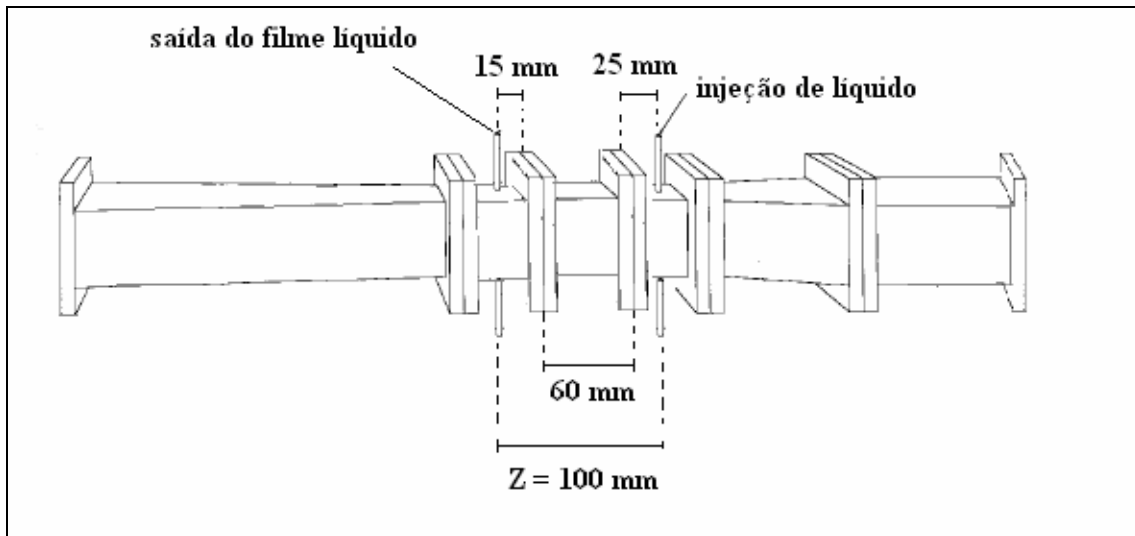


Figura 4.2-Vista geral do lavador Venturi.

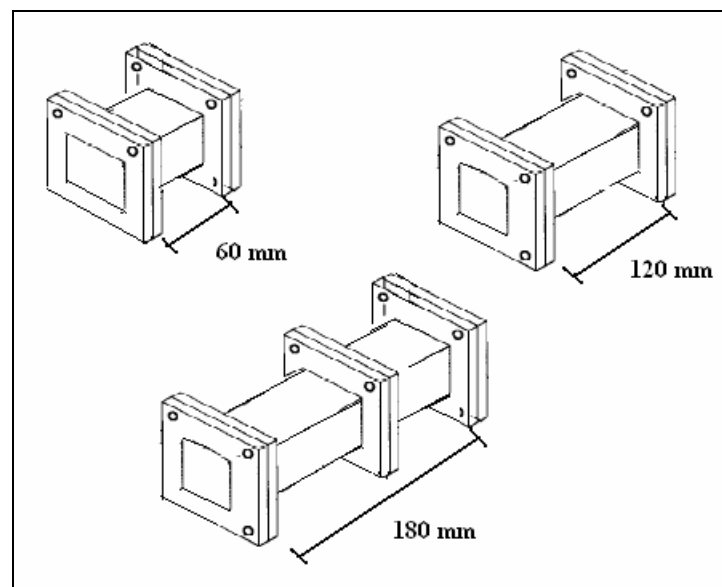


Figura 4.3-Diferentes tamanhos da garganta.

As medidas foram feitas em três posições diferentes ao longo do equipamento, sendo que, para a garganta de menor comprimento ($Z = 100$ mm) variaram-se as vazões de gás, líquido e o número de orifícios utilizados na injeção de líquido. Já para os outros dois comprimentos de garganta ($Z = 160$ mm e $Z = 220$ mm) as medidas foram feitas utilizando apenas a maior velocidade do gás ($V = 74$ m/s), injeção de líquido feita por 4 orifícios e variando as vazões de líquido.

As medidas do lavador descritas acima podem ser vistas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1-Dimensões da geometria do lavador Venturi.

| Grandeza | Valor |
|--|----------------------------|
| Altura | 40 mm |
| Largura na entrada e na saída | 75 mm |
| Largura da garganta | 27 mm |
| Comprimento da seção convergente | 130 mm |
| Comprimento da garganta a partir do ponto de injeção e até o ponto de extração filme | 100 mm, 160mm, 220mm |
| Comprimento da seção divergente | 340 mm |
| Meio ângulo convergente | 10,5° |
| Meio ângulo divergente | 4,0° |

Estes ensaios foram feitos com injeção de líquido na forma de jatos. A Figura 4.4 ilustra este tipo de injeção.

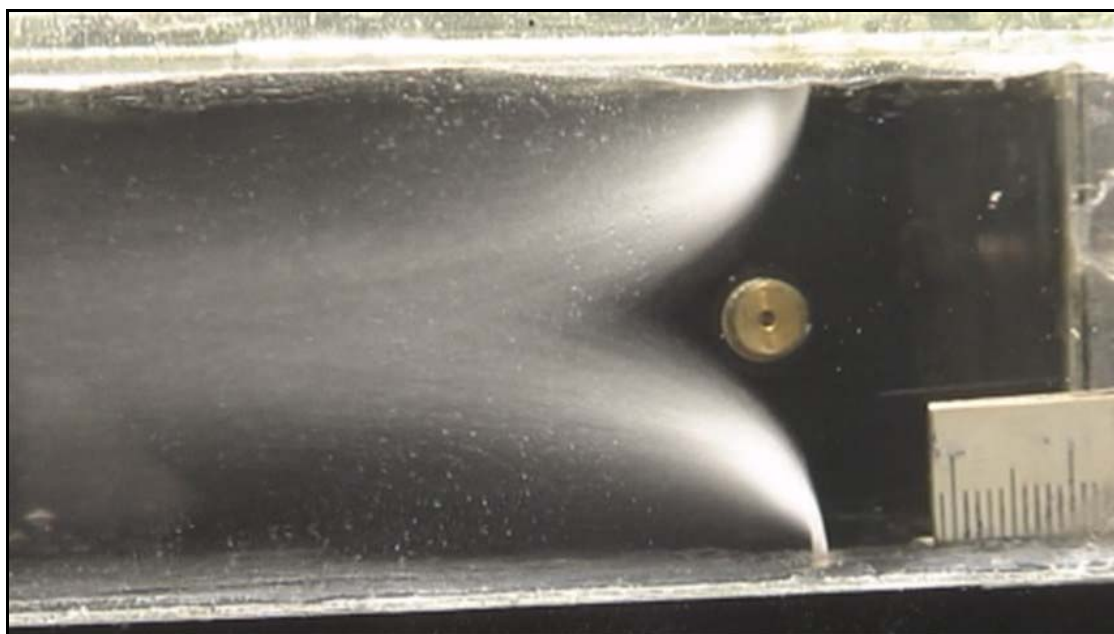


Figura 4.4-Injeção na forma de jatos.

Foi utilizada uma bomba helicoidal WEATHERFORD, modelo HD10 para alimentação da água aos orifícios. Essa água era armazenada em um tanque e a sua vazão de injeção era medida através de um rotâmetro KEY INSTRUMENTS capaz de medir vazões entre 100 e 1500 ml/min.

Na entrada do lavador Venturi foi utilizado um soprador radial IBRAM, modelo CRE05, com pressão de 6280 mmca e vazão máxima de 8,2 m³/min com a finalidade de capturar o ar de dentro do laboratório para o lavador. Na saída do lavador Venturi esta instalado um separador centrífugo (ciclone de entrada tangencial e fluxo reverso de diâmetro igual a 66 cm) que separava a fração líquida (gotas, etc.) do gás.

4.2 A Seção de Extração de Filme das Paredes

Foi construída uma seção de teste como mostra a Figura 4.5, possuindo as mesmas dimensões e geometria da garganta do Venturi

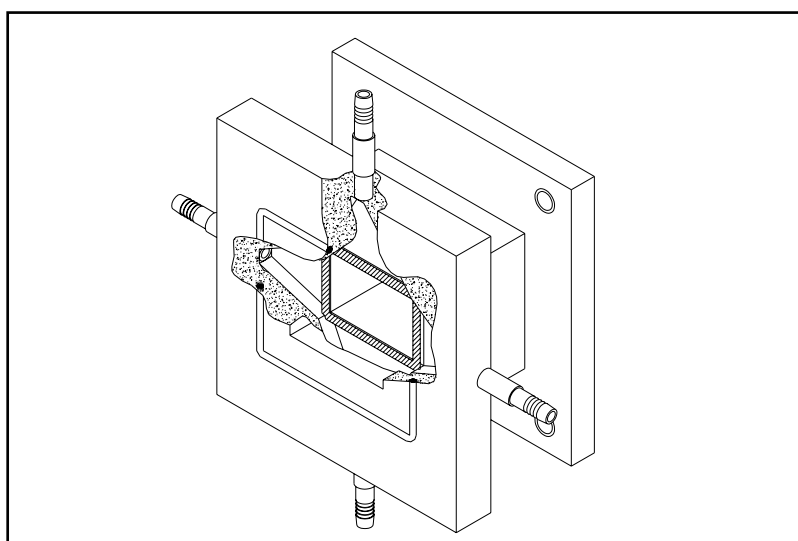
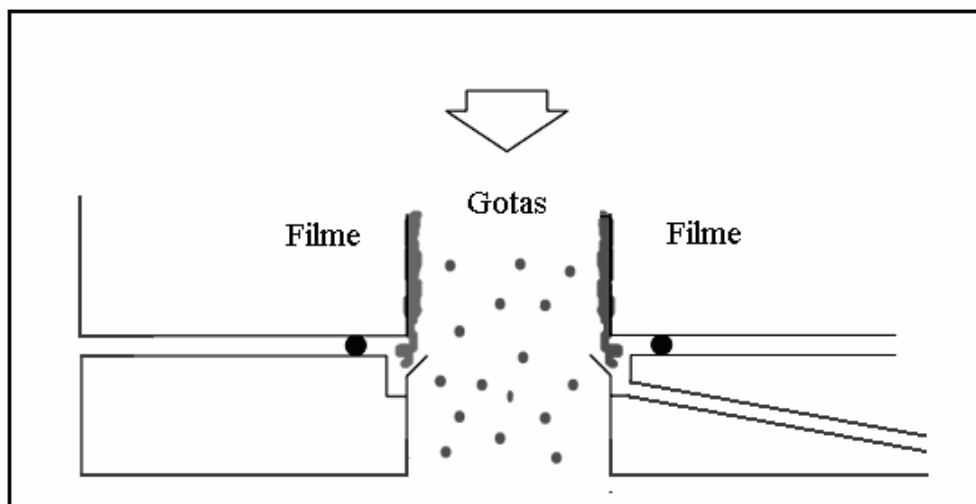


Figura 4.5-Seção de teste contendo fendas para a remoção do filme líquido.

A fração do líquido escoando na forma de filme foi medida experimentalmente no lavador Venturi de seção retangular utilizando o método da fenda.

O método da fenda pode ser visto esquematicamente pela Figura 4.6.



Fonte: GONÇALVES (2000)

Figura 4.6-Extração de filme pelo método da fenda.

Junto à fenda existe uma lâmina inclinada de aço inox que penetra 1 mm (HAY *et al.* 1996) para dentro do lavador. O filme líquido desvia pela lâmina em direção à fenda, acumula-se em um pequeno reservatório e escorre para fora do lavador Venturi, passando por um canal, uma mangueira.

Neste método, certa quantidade de ar, carrega consigo algumas gotas, que de maneira inevitável escapam pela fenda. Então, foi possível utilizar os estranguladores para controlar o processo. Na Figura 4.7 é mostrado o esquema de um dos estranguladores. Todos os estranguladores possuem as mesmas dimensões.

A extração do filme foi feita com os estranguladores posicionados em cada uma das mangueiras durante todo o processo.

O procedimento para obtenção dos dados, para cada condição testada, foi:

- 1) Posicionar os estranguladores nas quatro mangueiras;
- 2) Esperar o lavador entrar em regime permanente;
- 3) Pesar o recipiente de coleta;
- 4) Coletar o filme durante o tempo de 1 minuto para cada parede do lavador individualmente;
- 5) Pesar novamente o recipiente de coleta, obtendo-se assim a massa coletada do filme;
- 6) Calcular a fração de filme;
- 7) Os ensaios são feitos em tréplica e os dados relatados no texto correspondem às médias destes valores.

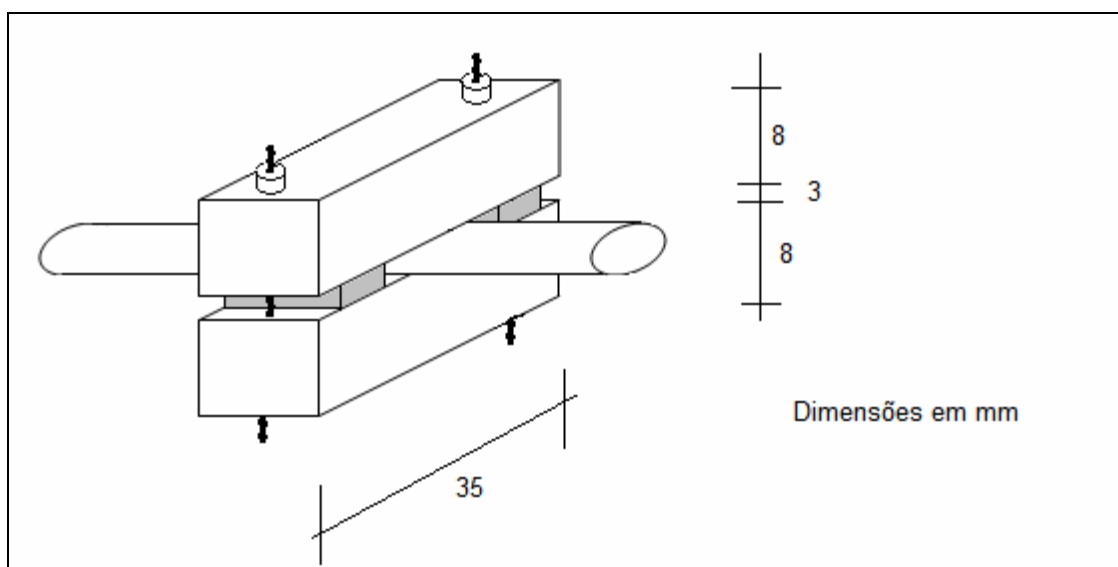


Figura 4.7-Vista geral do estrangulador.

4.3 Configurações de Injeção do Líquido

As diversas configurações utilizadas para a injeção do jato líquido na garganta do lavador podem ser vistas na Figura 4.8. Os valores das vazões de líquido utilizados neste experimento variaram entre 0,3 l/min a 1,2 l/min.

4.4 Imagens dos Jatos

As imagens dos jatos foram feitas utilizando uma garganta de vidro, onde suas paredes superior, inferior e uma das laterais foram pintadas de preto, permitindo assim uma melhor visibilidade do jato líquido ao ser fotografado por uma câmera digital SONY DCRDVD-430 com auxílio de um refletor pela parede onde o vidro não foi pintado

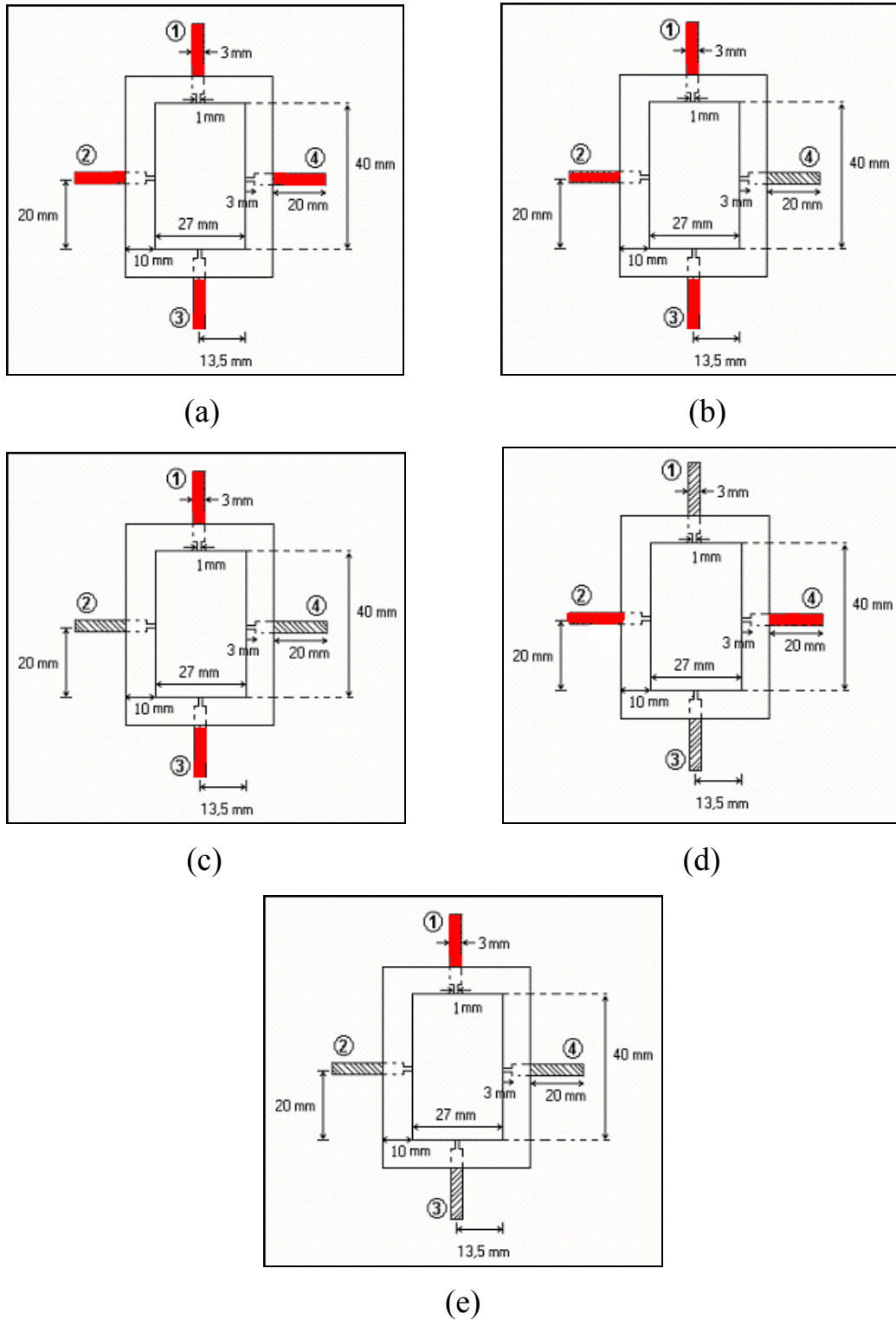


Figura 4.8-Diferentes configurações utilizadas para injeção de líquido: (a) por 4 orifícios, (b) por 3 orifícios, (c) por 2 orifícios verticais, (d) por 2 orifícios horizontais e (e) por 1 orifício.

4.5 Variáveis e Faixas

Os fluidos utilizados foram ar e água. O ar foi captado diretamente do ambiente do laboratório, por um soprador. A vazão de ar efetivamente injetada no equipamento foi ajustada por um conjunto de válvulas posicionadas próximas ao soprador. Esta vazão era medida com um tubo de Pitot padrão e um micromanômetro digital FURNESS CONTROLS, modelo FCO-012. Em um pequeno orifício no duto alguns centímetros antes do início da seção convergente era inserido o tubo de Pitot. Um ajuste com rolhas de borracha permitia que o orifício ficasse sempre fechado, seja durante a operação normal do equipamento, seja durante a inserção do equipamento para medir a velocidade.

As válvulas no circuito de ar eram ajustadas até que o valor da velocidade do ar lida diretamente no micromanômetro, atingia um valor especificado. As velocidades de ar utilizadas na garganta do lavador são mostradas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2-Velocidades de ar utilizadas.

| Velocidade do ar lida no micromanômetro (velocidade no duto) (m/s) | Velocidade do ar na garganta do lavador (m/s) |
|---|--|
| 21,3 | 59,0 |
| 23,0 | 64,0 |
| 24,8 | 69,0 |
| 26,6 | 74,0 |

Água da torneira foi utilizada como líquido de lavagem. A água era armazenada em um tanque e dali era levada ao lavador Venturi por meio de uma bomba helicoidal. A vazão de líquido total era dividida igualmente entre os orifícios em uso para a injeção de líquido na garganta do lavador. É importante ressaltar que os valores da razão L/G foram muito menores que a média relatada na literatura, isto se deve ao fato dos ensaios não terem sido planejados em termos desta razão.

A Tabela 4.3 mostra as combinações de vazões de gás (G) e líquido (L) utilizadas nos experimentos para as velocidades de 59 m/s, 64 m/s, 69 m/s e 74 m/s e para as vazões líquidas de 0,3 a 1,2 l/min.

Detalhes relacionados aos cálculos desta tabela podem ser vistos no Apêndice C.

Tabela 4.3-Valores da razão L/G para as vazões do líquido utilizadas e para as diferentes velocidades.

| V (m/s) | L (l/min) | L/G (l/m³) |
|----------------|------------------|------------------------------|
| 59 | 0,3 | 0,07 |
| | 0,4 | 0,10 |
| | 0,5 | 0,13 |
| | 0,6 | 0,15 |
| | 0,9 | 0,23 |
| | 1,2 | 0,31 |
| 64 | 0,3 | 0,07 |
| | 0,4 | 0,09 |
| | 0,5 | 0,12 |
| | 0,6 | 0,14 |
| | 0,9 | 0,21 |
| | 1,2 | 0,28 |
| 69 | 0,3 | 0,06 |
| | 0,4 | 0,08 |
| | 0,5 | 0,11 |
| | 0,6 | 0,13 |
| | 0,9 | 0,20 |
| | 1,2 | 0,26 |
| 74 | 0,3 | 0,06 |
| | 0,4 | 0,08 |
| | 0,5 | 0,10 |
| | 0,6 | 0,12 |
| | 0,9 | 0,18 |
| | 1,2 | 0,25 |

4.6 Testes Preliminares

Como um estudo prévio, foram realizados alguns testes a fim de avaliar qual seria a metodologia mais adequada diante das condições operacionais para extração e coleta do filme líquido. Estes testes foram realizados adotando a metodologia utilizada por COSTA (2002) e a metodologia utilizada por GOÇALVES (2000). Assim, determinou-se que o método similar ao utilizado por GONÇALVES (2000), método da fenda, foi o que obteve resultados mais satisfatórios. Estes testes são descritos a seguir.

4.6.1 Metodologia Utilizada por COSTA (2002)

Na realização dos testes preliminares foi adotada primeiramente a metodologia usada por COSTA (2002),

Em seus estudos COSTA (2002) verificou que o filme não fluía de dentro do lavador para fora devido a pressão interna do equipamento ser aproximadamente igual a pressão atmosférica, por isso era preciso succionar este filme como mostra a Figura 4.9, onde o filme líquido era extraído do lavador juntamente com uma pequena vazão de ar e passava por um ciclone. O líquido era recolhido em um reservatório abaixo do ciclone, e o ar, que segue sendo sugado pela bomba, passava por uma coluna de sílica e um medidor de vazão. Após certo tempo, o circuito era interrompido, a bomba desligada e todo o sistema formado pelo ciclone, coluna de sílica e reservatório, era pesado simultaneamente e assim se determinava à quantidade de líquido coletado.

Este circuito para extração do filme não foi adequado, pois na realização dos testes preliminares deste trabalho o líquido foi injetado pelos 4 orifícios localizados na garganta do lavador, configuração essa diferente da estudada por COSTA (2002), já que em seus experimentos a injeção de líquido foi feita por apenas 1 orifício. Sendo assim, o ciclone que foi projetado para os experimentos feitos por COSTA (2002), tornou-se inadequado para o presente estudo, pois o filme líquido extraído do lavador que deveria ser recolhido no reservatório abaixo do ciclone transbordava fazendo com que este fosse succionado pela bomba junto a uma vazão de ar passando pela coluna de sílica e encharcando-a rapidamente podendo muitas vezes atingir o medidor de vazão e danificar o equipamento.

No atual lavador a pressão interna é maior que a pressão externa, tendo um valor em torno de 1,064 atm, tornando-se possível a extração do filme líquido sem o uso do circuito mostrado na Figura 4.9.

Por estes motivos, foram realizados novos testes adotando uma metodologia similar à utilizada por GONÇALVES (2000).

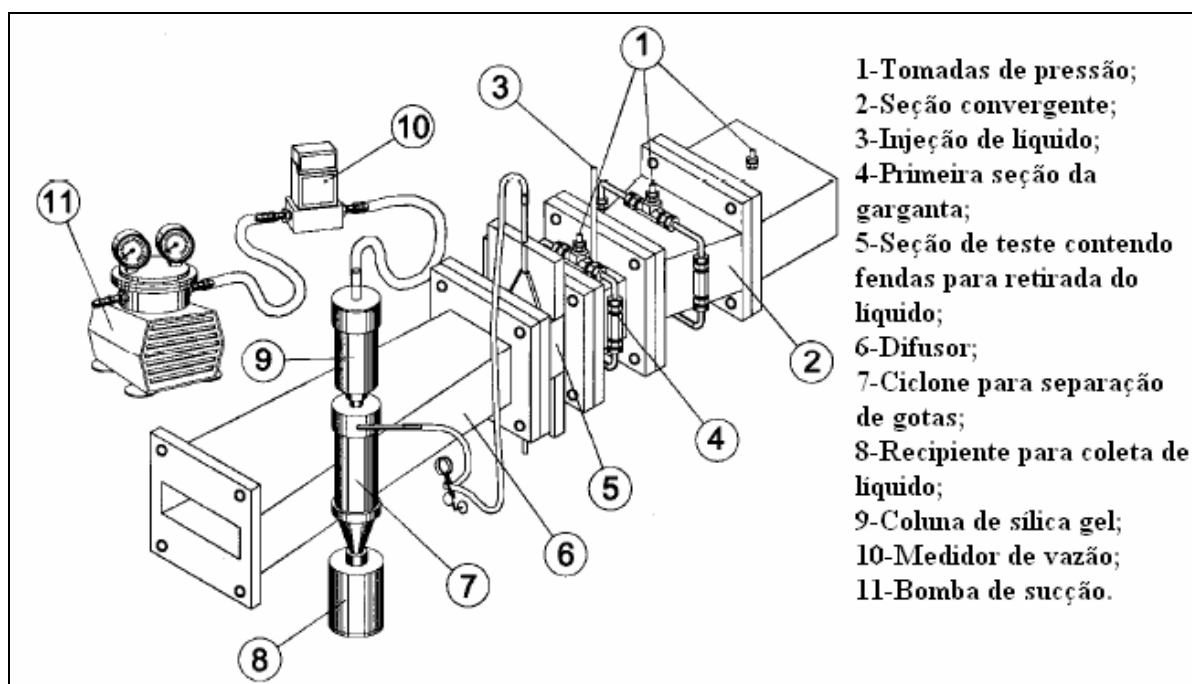


Figura 4.9-Circuito utilizado por COSTA (2002) para extrair o filme líquido do lavador Venturi de seção retangular.

4.6.2 Metodologia Utilizada por GONÇALVES (2000)

A metodologia utilizada por GONÇALVES (2000) para a extração do filme líquido foi denominada de método da fenda e foi inspirada no trabalho de HAY *et al.* (1996).

O método da fenda utiliza uma peça como a mostrada esquematicamente na Figura 4.6 para remoção do filme líquido. O filme líquido é desviado pela lâmina em direção à fenda, acumula-se em um pequeno reservatório, e escorre para fora do lavador Venturi, passando por um canal, uma mangueira e uma torneira. Nos ensaios realizados por GONÇALVES (2000), a pressão interna era positiva suficiente para empurrar o filme para fora.

No método da fenda, certa quantidade de ar, carrega consigo algumas gotas que inevitavelmente escapa pela fenda. Contudo, GONÇALVES (2000) utilizou uma torneira para controlar o processo. A extração do filme foi feita com a torneira aberta em uma posição ótima, de modo a minimizar a quantidade de ar extraído, e ao mesmo tempo garantir a extração de todo o filme. Com a torneira pouco aberta, pouco filme é extraído. Visualmente pode-se ver o

filme transbordando pela lâmina, neste caso. Com a torneira muito aberta, muito gás era retirado.

Obtendo como base a metodologia usada por GONÇALVES (2000), o desempenho dos testes realizados foi bastante satisfatório.

Os testes preliminares para avaliação do método da fenda foram feitos injetando líquido pelos quatro orifícios da garganta e sempre com a mesma vazão de líquido. A coleta do filme foi feita em um recipiente e o tempo cronometrado em um minuto.

Nos orifícios presentes na seção de teste foram conectadas as mangueiras e nestas um estrangulador, que teve como objetivo o mesmo efeito da torneira usada nos ensaios feitos por GONÇALVES (2000). Para estrangular de maneira padrão todas as mangueiras, foram fabricadas quatro peças idênticas, uma para cada mangueira.

Essas peças foram testadas de modo a obter uma espessura ótima, ou seja, estrangular as mangueiras de maneira que a vazão de ar fosse mínima e o filme estivesse escoando sem turbulência.

Estes testes foram mais satisfatórios e por isso adotados aqui.

5 Resultados e Discussões

A fração do líquido escoando na forma de filme foi medida experimentalmente no lavador Venturi retangular para diferentes posições ao longo do equipamento e para diversas combinações de velocidade do gás, injeção de líquido e razão L/G.

Os resultados dos dados experimentais serão apresentados na forma de gráficos para as diversas condições operacionais. As paredes do lavador são representadas pelos números de 1 a 4 de acordo com a Figura 5.1.

As Figuras a seguir mostram o comportamento da fração de filme líquido obtido para cada parede separadamente do lavador em função das vazões líquidas e das diferentes configurações de injeção de líquido. Estes resultados são apresentados apenas para uma das quatro velocidades avaliadas, já que o comportamento da fração de filme é semelhante em ambas as velocidades diferindo apenas na quantidade de fração de filme que se deposita nas paredes. Os gráficos referentes às demais velocidades podem ser vistos no Anexo B; assim como todas as imagens feitas do jato líquido que também podem ser vistas no Anexo F.

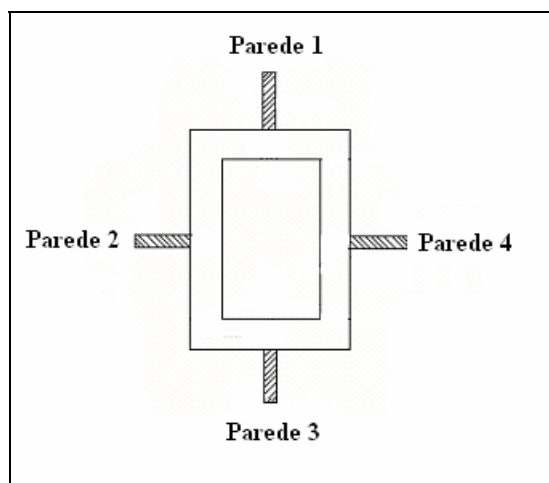


Figura 5.1-Numeração das paredes do lavador Venturi.

5.1 Fração de Filme Líquido em Função da Vazão de Líquido para: $V = 59$ m/s e $Z = 100$ mm

A Figura 5.2 representa o resultado da F_f (%) obtida de cada parede separadamente para a injeção de líquido feita por apenas 1 orifício que está localizado na parede 1, parede superior do lavador.

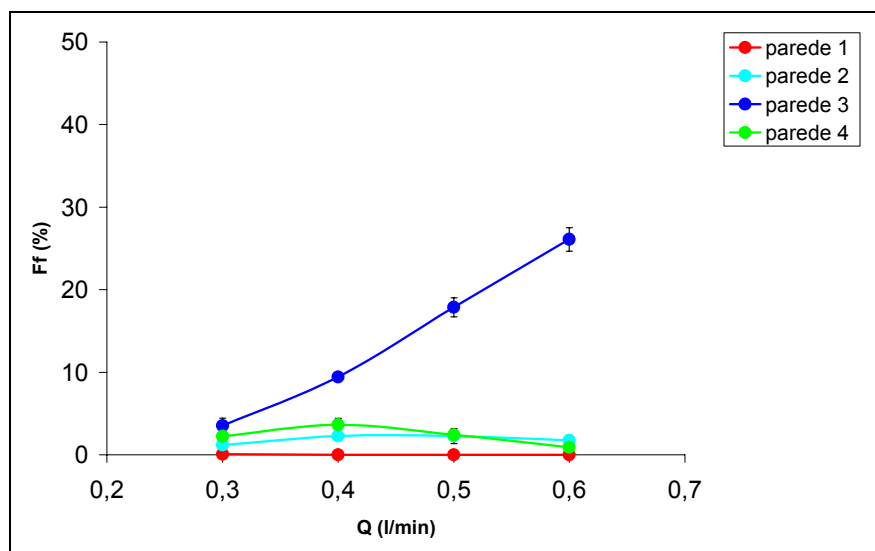


Figura 5.2-Fração de filme obtido de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício para velocidade do gás de 59 m/s e comprimento da garganta de 100 mm.

Observa-se uma alta extração de filme líquido na parede 3 do lavador. Isto ocorre devido a penetração excessiva do jato, pois a injeção de líquido está sendo feita apenas por 1 orifício (situado na parede 1) que é oposta a parede 3, fazendo com que haja maior deposição da fração de filme nesta parede e também devido a ação da gravidade sobre este filme. Quanto maior a vazão, maior será a penetração do jato e por isso a fração de filme na parede 3 está aumentando com o aumento da vazão de líquido.

Era esperado que para a menor vazão de líquido o filme se depositasse na parede superior, mas não foi isso que foi visto. Então, para verificar este resultado, foram feitos alguns testes a fim de questionar a ação da gravidade sobre o filme líquido dentro do equipamento, que estão descritos no item 5.2.

As paredes 2 e 4 seguem um comportamento constante independentemente do aumento da vazão de líquido. Já a parede 1, praticamente não extraiu nada da fração de filme, isto ocorre porque a injeção de líquido está sendo feita pelo orifício 1, localizado na própria parede 1.

A imagem da Figura 5.3 representa a injeção de líquido feita por 1 orifício com $V = 59$ m/s e $Q = 0,6$ l/min. Nesta imagem é fácil observar os resultados apresentados pela Figura 5.2.

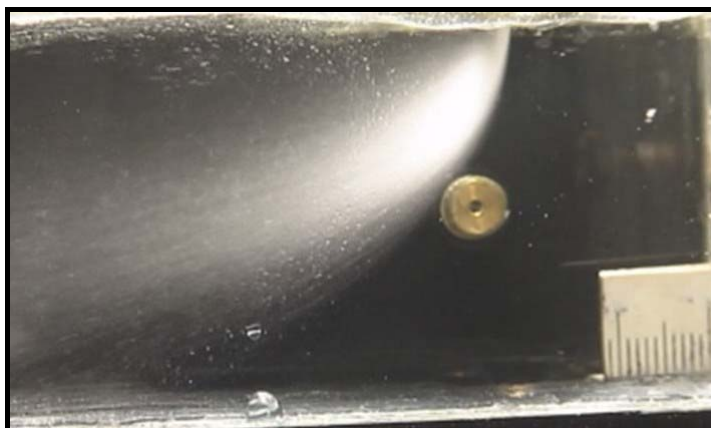


Figura 5.3-Imagem do jato para injeção de líquido feita por 1 orifício (orifício 1),
 $Q = 0,6 \text{ l/min}$ e $V = 59 \text{ m/s}$.

A Figura 5.4 representa o resultado da F_f (%) obtida de cada parede separadamente para a injeção de líquido feita pelos 4 orifícios.

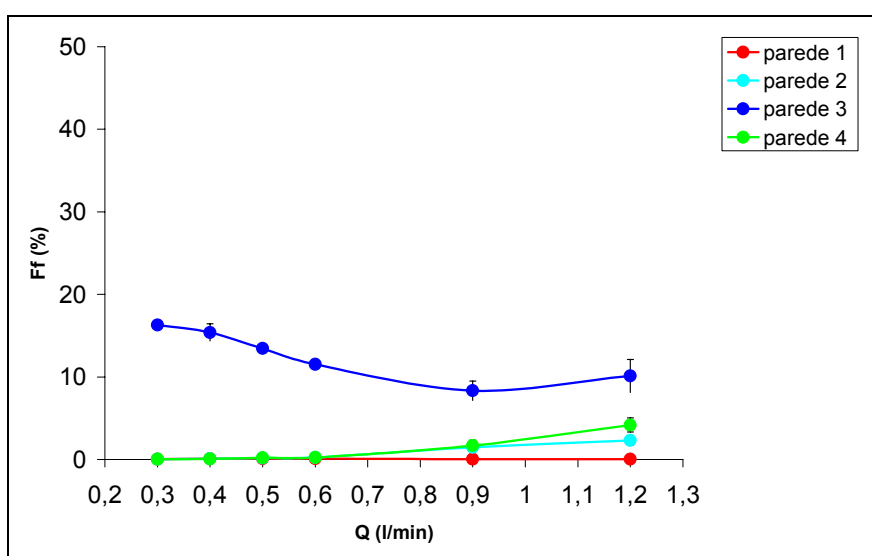


Figura 5.4-Fração de filme obtido de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios para velocidade do gás de 59 m/s e comprimento da garganta de 100 mm .

Nesta Figura 5.4 observa-se que para pequenas vazões o filme líquido se deposita praticamente todo na parede 3, parte das gotas que se depositam nas outras paredes (1, 2 e 4) deslizam para a parede 3 (que é a parede inferior do lavador), possivelmente devido ao lavador estar na horizontal o efeito da gravidade pode tornar-se relevante na deposição de filme nas paredes e conforme a vazão de líquido é aumentada esta fração de filme fica melhor distribuída dentro do equipamento. Este tipo de configuração para injeção de líquido (pelos 4 orifícios) se

torna mais satisfatória para altas vazões líquidas, pois a fração de filme líquido é menor tornando o equipamento mais eficiente

A Figura 5.5 representa a fração de filme em cada parede separadamente para a injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais (orifícios 1 e 3). Na Figura 5.5 observa-se que existe um ponto onde a fração de filme é mínima em ambas as paredes. Este ponto é para $Q = 0,5$ l/min e conforme a vazão vai sendo aumentada a fração de filme também aumentou. Para vazões acima de $0,6$ l/min nota-se um aumento significativo da fração de filme na parede 3, já que esta é uma das paredes opostas ao jato líquido, como foi explicado anteriormente, isto facilita a maior deposição de filme líquido e também parte das gotas que se depositam nas outras paredes deslizam para a parede inferior.

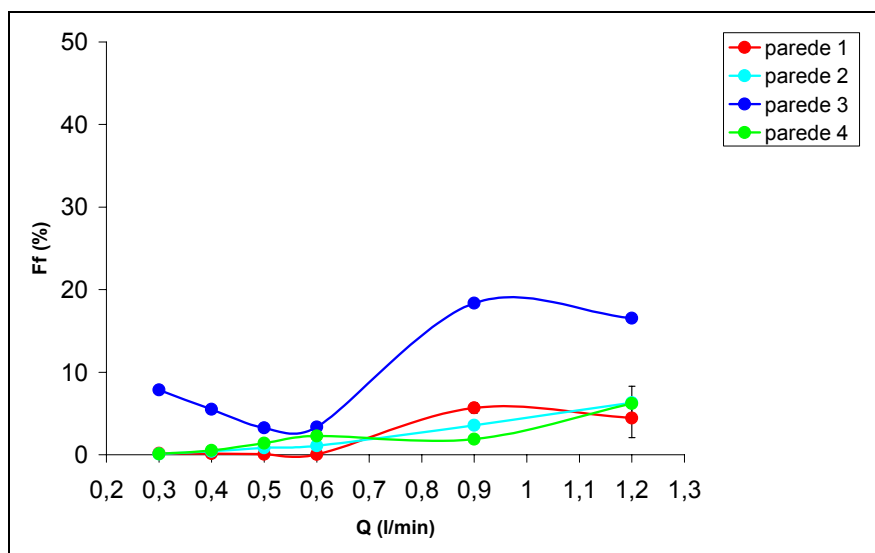


Figura 5.5-Fração de filme obtido de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais para velocidade do gás de 59 m/s e $Z = 100$ mm.

A imagem da Figura 5.6 representa a injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais com $V = 59$ m/s e $Q = 1,2$ l/min.

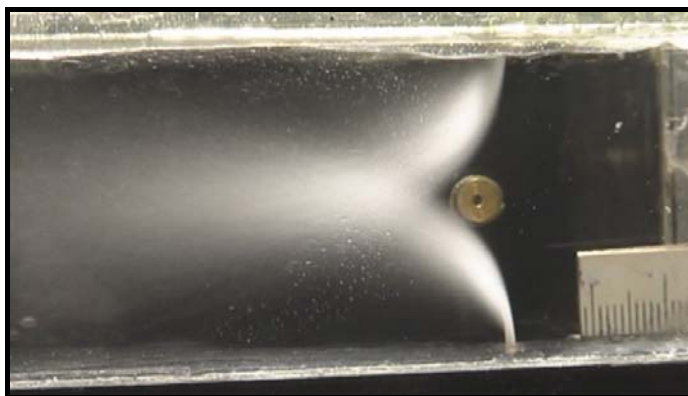


Figura 5.6-Imagem do jato para injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais, $V = 59$ m/s e $Q = 1,2$ l/min.

A Figura 5.7 representa a fração de filme em cada parede separadamente para a injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais (orifícios 2 e 4).

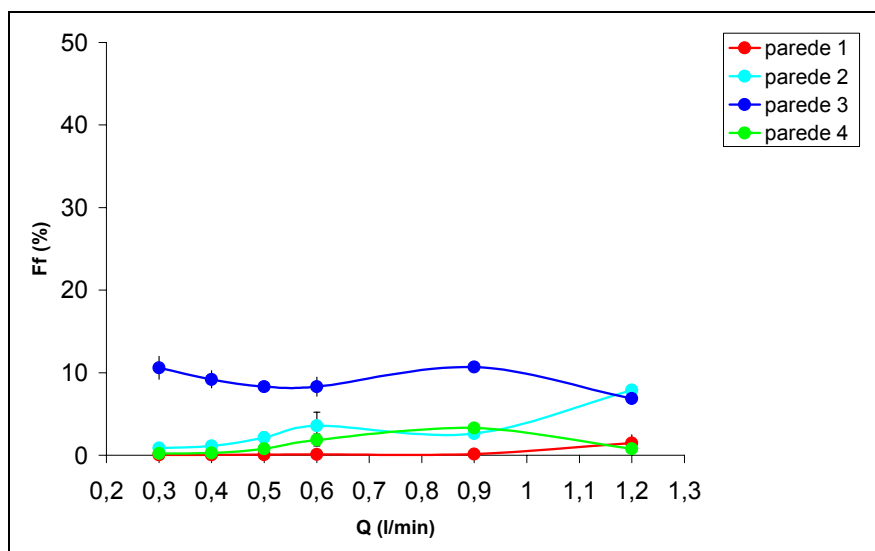


Figura 5.7-Fração de filme obtido de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais para velocidade do gás de 59 m/s e $Z = 100$ mm.

Assim como na Figura 5.5 a Figura 5.7 tem seus melhores resultados para a menor fração de filme quando a vazão de líquido é igual a 0,5 l/min. O aumento significativo da fração de filme na parede 3 observado anteriormente não é observado nesta configuração, isto porque a parede 3 não está oposta a nenhuma injeção de líquido, já que os orifícios para a injeção são 2 e 4.

A Figura 5.8 representa a fração de filme em cada parede separadamente para a injeção de líquido feita por 3 orifícios.

Na Figura 5.8 observa-se um ponto entre as vazões de 0,5 l/min e 0,6 l/min onde a fração de filme é menor, com o aumento da vazão de líquido houve também um aumento na fração de filme em relação a todas as paredes do lavador. Nota-se que a fração de filme na parede 4 aumenta significativamente mais do que a parede 2 (que as duas paredes laterais do equipamento), isto ocorre porque a injeção de líquido está sendo feita pelos orifícios 1, 2 e 3 e a parede 4 é oposta ao orifício 2. Já na parede 3 ocorre o mesmo explicado anteriormente, ela está oposta a um dos orifícios em uso e também sofre o efeito da gravidade.

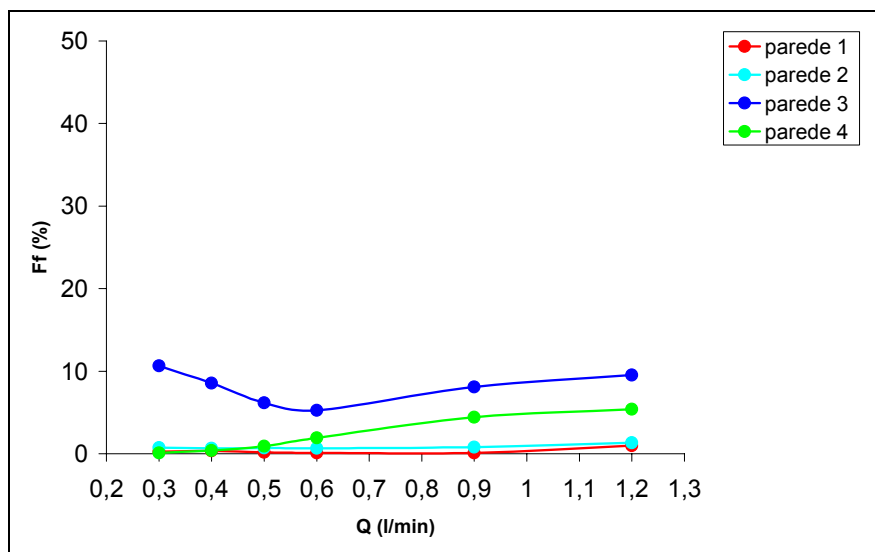


Figura 5.8-Fração de filme obtido de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios para velocidade do gás de 59 m/s e $Z = 100$ mm.

A imagem da Figura 5.9 representa a injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 59$ m/s e $Q = 0,6$ l/min

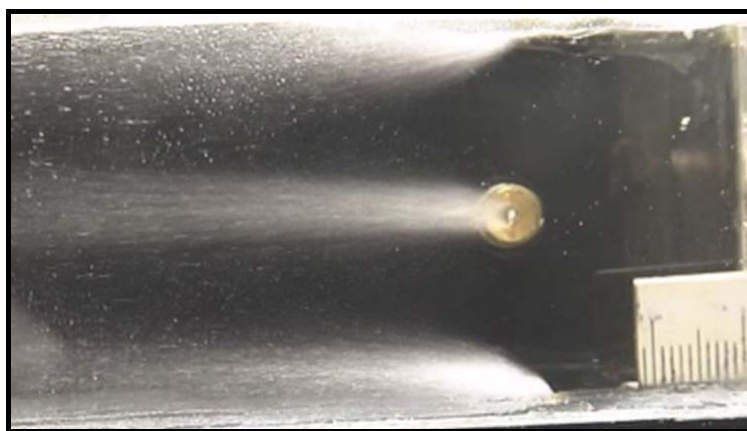


Figura 5.9-Imagem do jato para injeção de líquido feita por 3 orifícios, $V = 59$ m/s e $Q = 0,6$ l/min.

5.2 Ação da Gravidade Sobre o Filme Líquido

Nestes testes, a injeção de líquido foi feita por 1 orifício (superior e inferior) e feita também por 3 orifícios (laterais + superior e laterais + inferior). A velocidade do gás utilizada foi de 64 m/s, escolhida por ser uma velocidade intermediária. As vazões líquidas utilizadas foram de 0,6 l/min para injeção de 1 orifício e 0,8 l/min para injeção de 3 orifícios. Os

resultados destes testes são mostrados a seguir, na forma de figuras para melhor visualização deste efeito.

- injeção feita por 1 orifício (superior)

$Q = 0,6 \text{ l/min}$

$V = 64 \text{ m/s}$

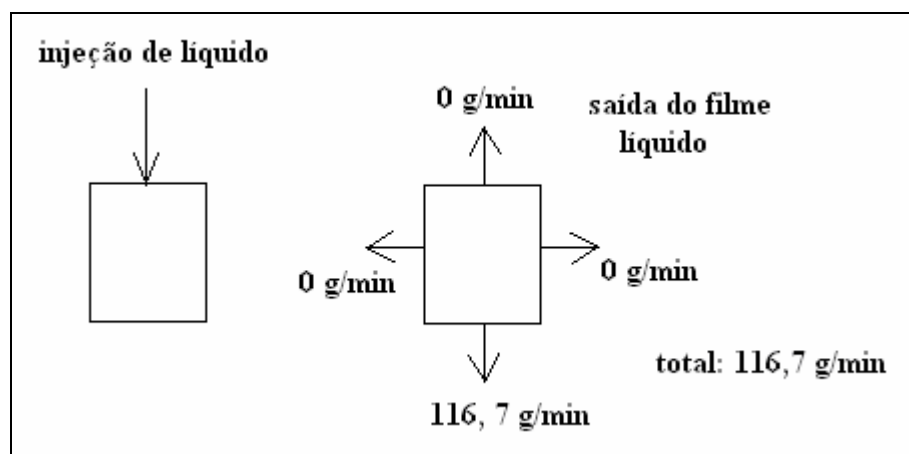


Figura 5.10-Injeção de líquido feita por 1 orifício com $V = 64 \text{ m/s}$, $Q = 0,6 \text{ l/min}$ e $Z = 100 \text{ mm}$

- injeção feita por 1 orifício (inferior)

$Q = 0,6 \text{ l/min}$

$V = 64 \text{ m/s}$

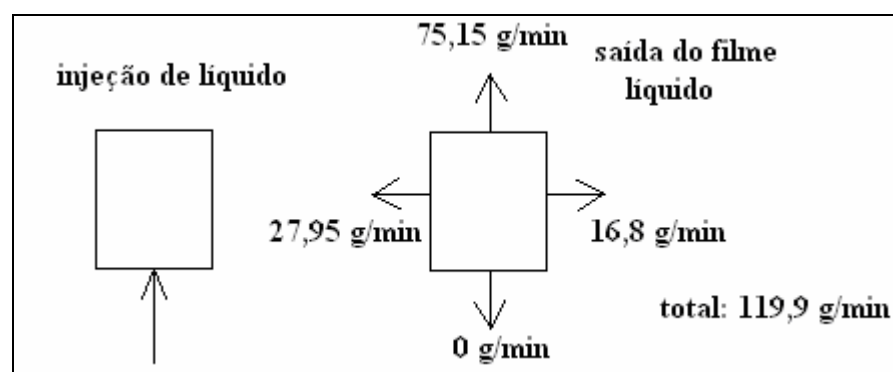


Figura 5.11-Injeção de líquido feita por 1 orifício com $V = 64 \text{ m/s}$, $Q = 0,6 \text{ l/min}$ e $Z = 100 \text{ mm}$

Observando-se as Figuras 5.10 e 5.11, nota-se que, para a mesma vazão de líquido injetada no sistema, houve comportamento muito distinto de fração de filme nas paredes laterais que só foram significativos na injeção inferior. Por outro lado, nota-se que o total de líquido extraído das quatro paredes é muito similar nos dois casos. Isso indica que existe ação

da gravidade e que esta ação ocorre predominantemente no filme depositado e não no jato e/ou gotas.

- injeção feita por 3 orifícios

$$Q = 0,8 \text{ l/min}$$

$$V = 64 \text{ m/s}$$

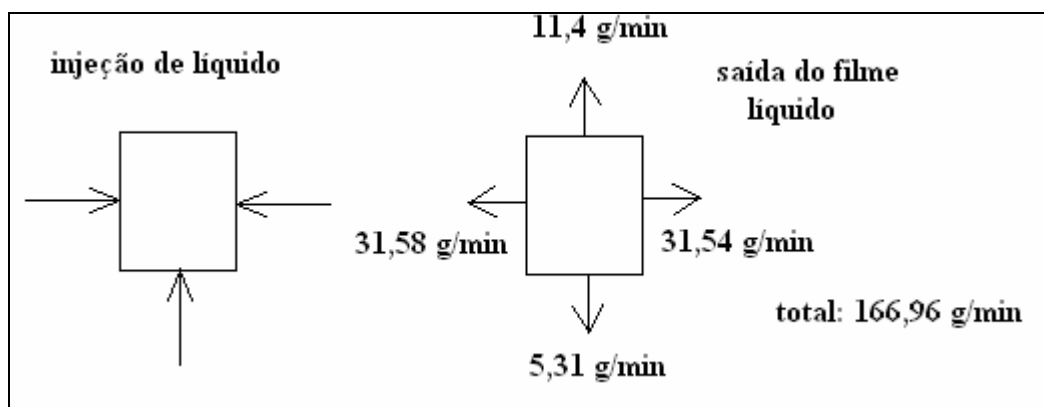


Figura 5.12-Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 64 \text{ m/s}$, $Q = 0,8 \text{ l/min}$ e $Z = 100 \text{ mm}$

- injeção feita por 3 orifícios

$$Q = 0,8 \text{ l/min}$$

$$V = 64 \text{ m/s}$$

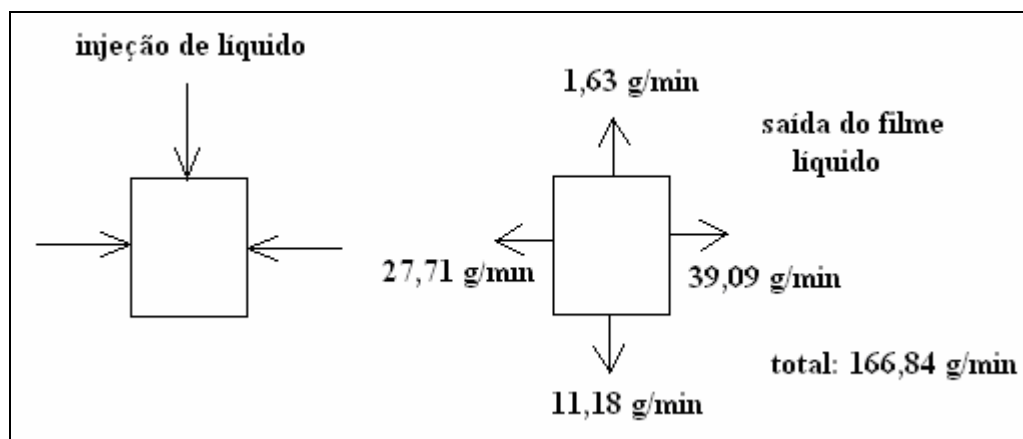


Figura 5.13-Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 64 \text{ m/s}$, $Q = 0,8 \text{ l/min}$ e $Z = 100 \text{ mm}$

Fenômeno similar ao anterior ocorre para o caso de injeção por 3 orifícios, ilustrado nas Figuras 5.12 e 5.13.

Estes resultados comprovam que o filme líquido sofre a ação da gravidade, mostrando que o filme líquido total que sai do lavador tem um valor confiável, mas quando se analisa as paredes individualmente é preciso ter cuidado, pois parte deste filme que se deposita nas

paredes desliza para a parede inferior. Desse modo, nas seções seguintes serão avaliados apenas o total de filme depositado nas 4 paredes.

5.3 Fração de Filme Total Extraída das 4 Paredes em Função da Vazão do Líquido

5.3.1 Fração de Filme Total Extraída das 4 Paredes do Lavador em Função da Vazão do Líquido para: $V = 59$ m/s e $Z = 100$ mm.

A Figura 5.14 representa a fração de filme líquido total extraído das quatro paredes do lavador com o comprimento de garganta de 100 mm, de acordo com as diferentes injeções de líquidos.

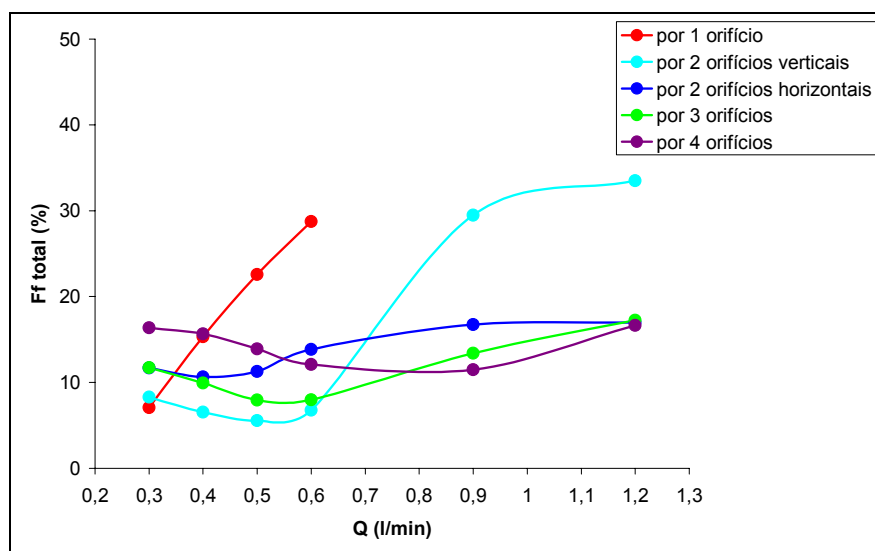


Figura 5.14-Fração de filme total extraída das 4 paredes do lavador em função da vazão de líquido para $V = 59$ m/s e $Z = 100$ mm.

Observa-se na Figura 5.14 que a melhor configuração para a menor deposição de filme líquido nas paredes do lavador depende da vazão de líquido que está sendo usada. Quando a vazão estiver entre 0,5 l/min e 0,6 l/min, a melhor configuração para a injeção de líquido é a feita por 2 orifícios verticais, mas quando se trata das altas vazões a melhor configuração da injeção de líquido é a feita pelos 4 orifícios.

Como os lavadores industriais operam em escalas maiores para vazões de líquido e a eficiência do lavador também é melhor quando a vazão é maior, então considera-se a configuração de injeção de líquido feita pelos 4 orifícios como a mais satisfatória.

5.3.2 Fração de Filme Total Extraída das 4 Paredes do Lavador em Função da Vazão do Líquido para: $V = 64$ m/s e $Z = 100$ mm.

A Figura 5.15 representa a fração de filme líquido total extraído das quatro paredes do lavador com o comprimento de garganta de 100 mm, de acordo com as diferentes injeções de líquidas.

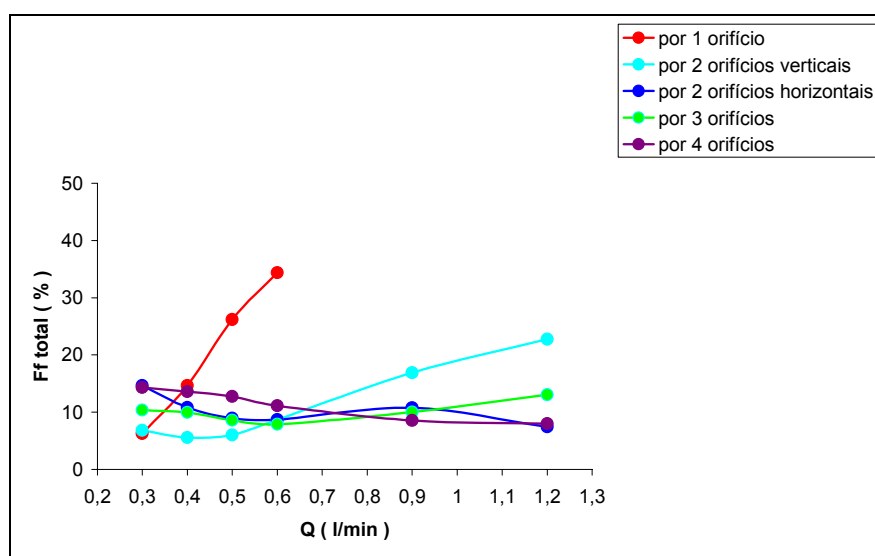


Figura 5.15-Fração de filme total extraída das 4 paredes do lavador em função da vazão de líquido para $V = 64$ m/s e $Z = 100$ mm.

Na Figura 5.15 observa-se que para vazões entre 0,6 l/min e 0,9 l/min algumas configurações para a injeção de líquido como pelos 4 orifícios, por 2 orifícios horizontais e por 3 orifícios a fração de filme total praticamente possui os mesmos valores. No entanto, conforme houve o aumento da vazão de líquido a fração de filme total obtida pela injeção feita pelos 4 orifícios decresce, tornando-se assim mais adequada do que as outras configurações.

5.3.3 Fração de Filme Total Extraída das 4 Paredes do Lavador em Função da Vazão do Líquido para: $V = 69$ m/s e $Z = 100$ mm.

A Figura 5.16 representa a fração de filme líquido total extraído das quatro paredes do lavador com o comprimento de garganta de 100 mm, de acordo com as diferentes injeções de líquido.

Pela Figura 5.16 observa-se com nitidez que a configuração da injeção de líquido feita pelos 4 orifícios se torna mais adequada em relação às outras configurações, já que as maiores vazões de líquido são as que mais interessam neste estudo, pois como visto anteriormente, maiores vazões aumentam a eficiência do lavador.

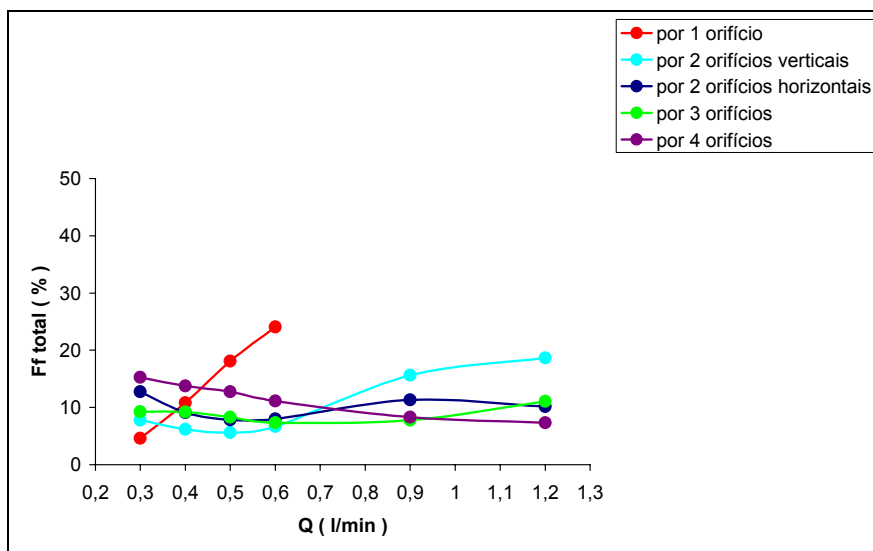


Figura 5.16-Fração de filme total extraída das 4 paredes do lavador em função da vazão de líquido para $V = 69$ m/s e $Z = 100$ mm.

5.3.4 Fração de Filme Total Extraída das 4 Paredes do Lavador em Função da Vazão do Líquido para: $V = 74$ m/s e $Z = 100$ mm.

A Figura 5.17 representa a fração de filme líquido total extraído das quatro paredes do lavador com o comprimento de garganta de 100 mm, de acordo com as diferentes injeções de líquido.

Os resultados observados na Figura 5.17 são bem semelhantes aos observados na Figura 5.16, mas com os valores referentes a fração de filme líquido total menores.

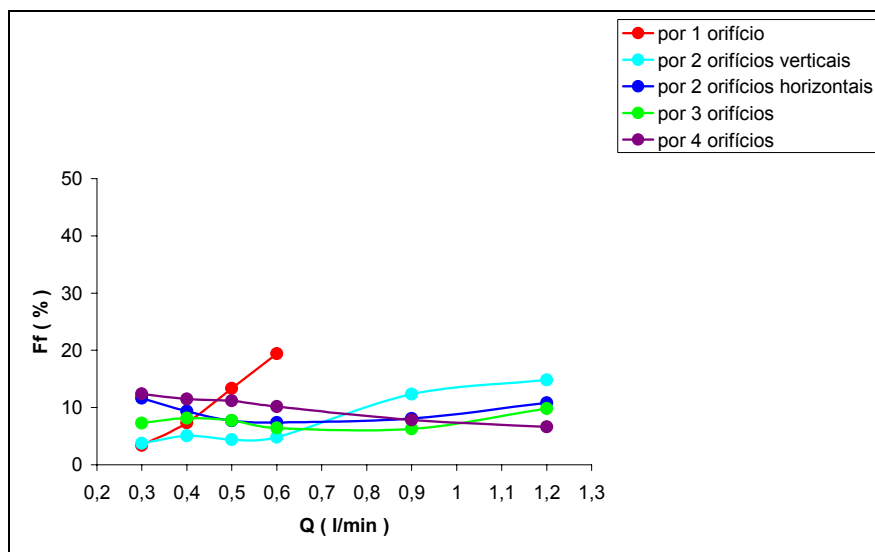


Figura 5.17-Fração de filme total extraída das 4 paredes do lavador em função da vazão de líquido para $V = 74$ m/s e $Z = 100$ mm.

De acordo com os resultados obtidos e apresentados, observa-se pela Figura 5.17 que a melhor configuração para a menor extração de filme é a injeção de líquido feita pelos 4 orifícios e, como visto nas Figuras 5.14 a 5.17, a melhor velocidade do gás é a de 74 m/s, pois quanto menor for a extração de filme líquido melhor será o desempenho do equipamento.

A injeção de líquido feita por apenas 1 orifício foi a que obteve os piores resultados, já que apresentou uma grande deposição de filme líquido nas paredes do lavador.

O aumento da velocidade do gás na turbulência do meio deveria aumentar a deposição por difusão. Contudo, ao mesmo tempo as gotas são aceleradas mais rapidamente, passando pela garganta em menos tempo, e, portanto tendo menos tempo para se depositarem. Esse mesmo comportamento foi observado por GONÇALVES (2000) em seus estudos realizados com lavador Venturi de seção circular.

Tendo em vista que a velocidade do gás de 74 m/s é a mais satisfatória em relação a menor fração de filme extraída do lavador, os resultados apresentados a seguir serão em relação a $V = 74$ m/s. Todos os outros resultados referentes às velocidades de 59 m/s, 64 m/s e 69 m/s podem ser visto nos Apêndices B e D.

5.4 Fração de Filme Total Extraída das 4 Paredes do Lavador em Função da Penetração do Jato para: $V = 74$ m/s e $Z = 100$ mm.

A penetração do jato líquido é um parâmetro importante na distribuição do líquido dentro do lavador. Dependendo da penetração, as gotas recém formadas estão inicialmente

concentradas mais longe ou mais perto das paredes, e isso influencia a fração de filme. Em virtude disto, a Figura 5.18 mostra a penetração do jato adimensionalizada ($l_{\text{máx}}/Deq$) em função da fração de filme total depositada nas paredes. A penetração do jato ($l_{\text{máx}}$) foi calculada através da Equação (3.8). O valor de Deq da garganta do lavador foi calculado como:

$$Deq = \frac{(2 \times \text{altura} \times \text{largura})}{(\text{altura} \times \text{largura})}, \quad (5.1)$$

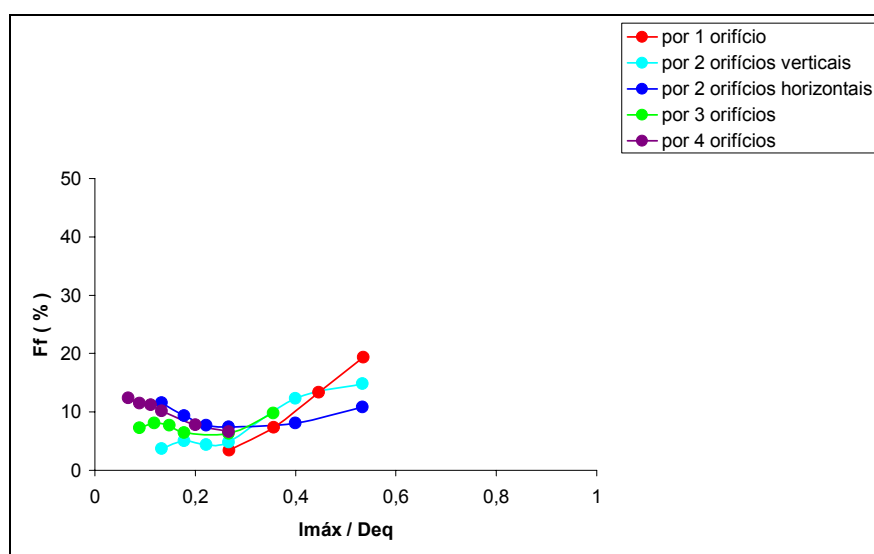


Figura 5.18-Fração de filme total extraído nas paredes do lavador em função da penetração do jato/diâmetro equivalente para a velocidade do gás de 74 m/s e comprimento da garganta de 100 mm.

Na Figura 5.18 pode-se observar que para maiores penetrações a fração de filme líquido total tende a aumentar para todas as configurações de injeção de líquido exceto para a injeção feita por 4 orifícios. Para a injeção através de 1 orifício obteve-se os maiores valores de penetração do jato e com o aumento da penetração do jato houve o aumento da fração de filme depositada. Nesta configuração a vazão total de líquido injetada no equipamento é feita toda pelo orifício superior (parede 1) fazendo com que haja penetração excessiva do jato (quando a “linha central do jato”, segundo VISWANATHAN (1983), ultrapassa a metade da distância entre a parede onde esta sendo injetado o jato e a parede oposta). Nas demais configurações os valores da penetração do jato foram menores que os obtidos para injeção de 1 orifício, já que a vazão total de líquido é dividida pelo número de orifícios em funcionamento. Neste caso, observou-se uma variação menos acentuada da fração de filme depositado com a penetração do jato, sendo verificado um ligeiro ponto de mínimo de acordo com cada configuração para

injeção de líquido e com a vazão de líquido injetado, indicando possivelmente um ponto de otimização para a penetração do jato diante de cada caso, de modo a minimizar a fração de líquido na forma de filme.

5.5 Fração de Filme Total Extraída das 4 Paredes do Lavador em Função da Razão L/G para: $V = 74$ m/s e $Z = 100$ mm.

A Figura 5.19 ilustra a influencia da razão L/G na fração de filme total. A razão L/G é um parâmetro de grande importância, tanto de operação como de projeto, pois é necessária para determinar o diâmetro do lavador e outras dimensões.

Para as condições operacionais deste trabalho a razão L/G variou entre 0,06 a 0,3 l/m³ como visto na Tabela 4.3.

A Figura 5.19 mostra a influência da razão L/G na fração de filme líquido total, para a velocidade de 74 m/s e injeção de líquido para todas as configurações utilizadas. Observa-se que para a injeção de líquido feita pelos 4 orifícios a fração de filme total nas paredes do lavador foi decrescendo com o aumento da razão L/G. Esta razão líquido gás é uma medida indireta da penetração do jato. Dependendo da penetração, as gotas recém formadas estão inicialmente mais longe ou mais perto das paredes, e isso influencia a fração de filme.

As demais velocidades estão no Apêndice C.

5.6 Fração de Filme Total Extraída das 4 Paredes do Lavador em Função da Razão L/G com Injeção de Líquido Feita pelos 4 Orifícios e $V = 59$ m/s, 64 m/s, 69 m/s e 74 m/s com $Z = 100$ mm.

A Figura 5.20 mostra a influência da velocidade no comportamento da fração de filme total depositada nas paredes do lavador com injeção de líquido feita pelos 4 orifícios e comprimento da garganta de 100 mm.

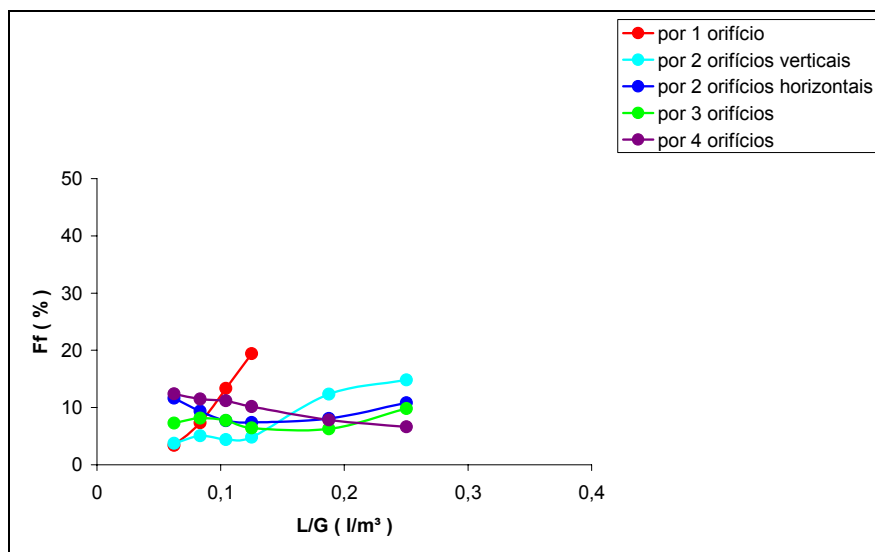


Figura 5.19-Fração de filme total em função de L/G para velocidade do gás de 74 m/s e comprimento da garganta de 100 mm.

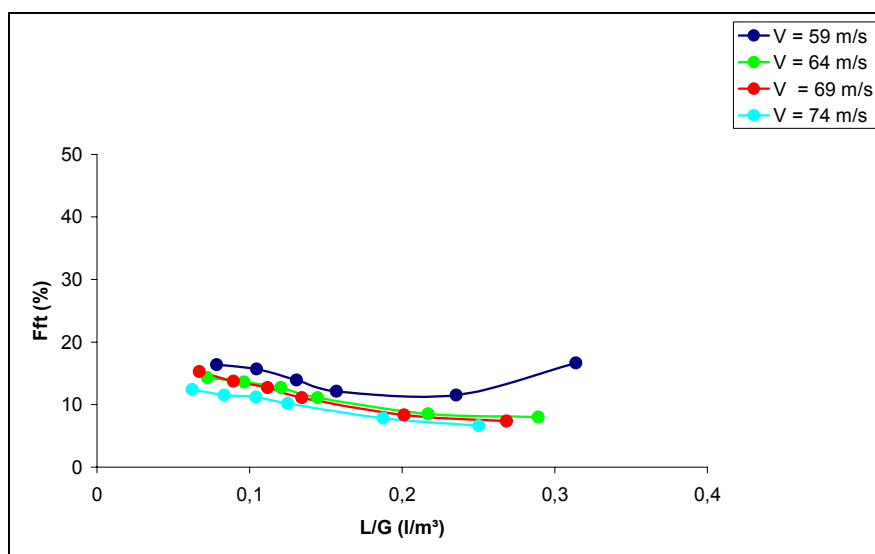


Figura 5.20-Fração de filme total em função de L/G para todas as velocidades e injeção de líquido feita por 4 orifícios e comprimento da garganta de 100 mm.

Os resultados da Figura 5.20 ilustram a influência da velocidade do gás e da razão L/G. Observa-se que com o aumento da velocidade de gás diminui a fração de filme. Na velocidade de 59 m/s observa-se que para valores mais altos da razão L/G a fração de filme total volta a aumentar, isto se deve a penetrações excessivas do jato líquido.

Já o fato da fração de filme ter se mostrado muito maior para todas as velocidades na razão L/G de 0,06 l/m³ deveu-se à baixa penetração dos jatos resultantes, o que sem dúvida ocasionou uma deposição mais intensa na região da parede adjacente.

5.7 Fração de Filme Total em Função do Comprimento da Garganta do Lavador com Injeção de Líquido feita pelos 4 Orifícios e $V = 74$ m/s.

A Figura 5.21 mostra os dados experimentais na forma de gráfico da fração de filme total em função da distância axial a partir do plano de injeção do líquido.

Esta análise da influência do comprimento da garganta em relação à fração de filme total foi feita para a velocidade de 74 m/s e injeção de líquido pelos 4 orifícios como mostra a Figura 5.21

Observa-se que com o aumento do comprimento da garganta a fração de filme líquido total depositado obteve uma pequena queda e depois um aumento, à medida que se afasta do ponto de injeção, não sendo observado uma tendência em relação a esse comportamento.

Segundo GONÇALVES (2000), apesar dos dados mostrarem que a fração de filme varia com a distância axial, parece existir uma região, longe do ponto de injeção, aonde a fração de filme permanece aproximadamente constante.

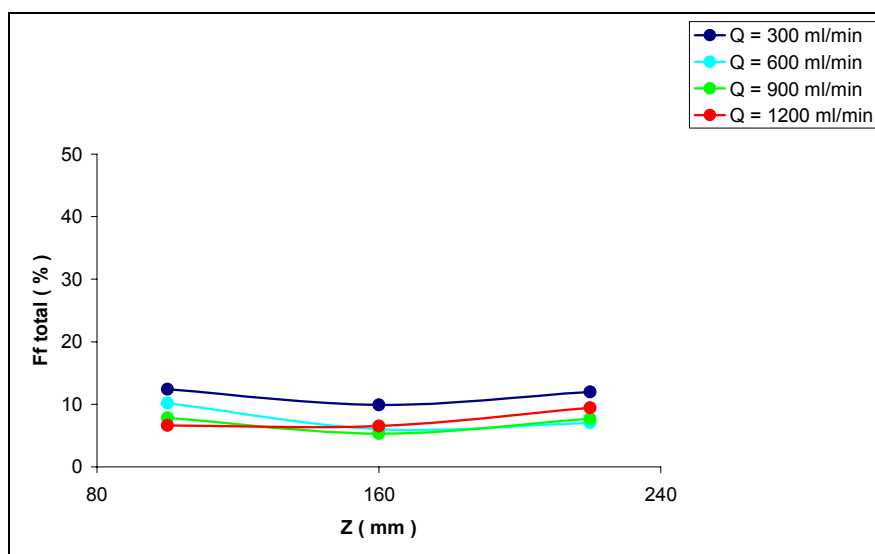


Figura 5.21-Fração de filme total em função do comprimento da garganta para injeção de líquido feita por 4 orifícios e velocidade de 74 m/s.

5.8 Desempenho da F_{ftotal} x modelo proposto por Gonçalves (2000)

A Figura 5.22 compara os valores da F_{ftotal} com os previstos pelo modelo de GONÇALVES (2000) calculado através da Equação (3.7), com os dados experimentais obtidos neste trabalho.

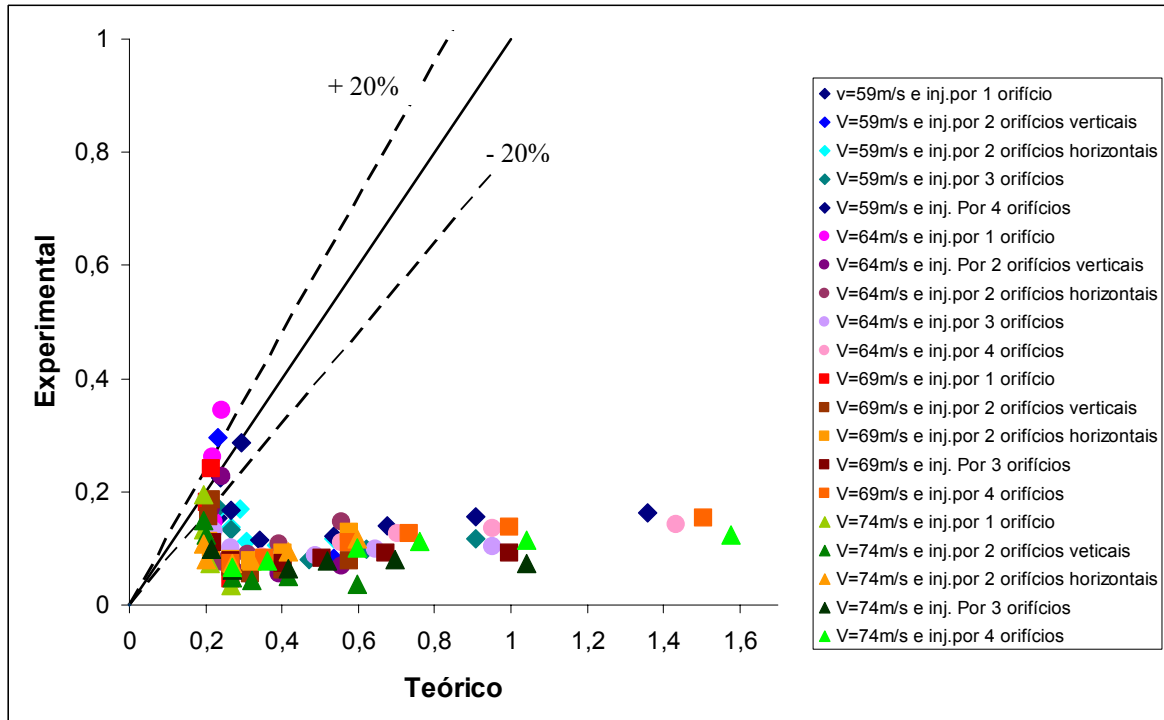


Figura 5.22-Desempenho do modelo de GONÇALVES (2000).

Pela Figura 5.22 pode-se observar que a correlação proposta por GONÇALVES (2000), a grande maioria do conjunto de dados experimentais estão bem abaixo da previsão teórica.

Na Equação (3.7) a configuração para a injeção de líquido não é levada em consideração e sim apenas o número de orifícios que estão sendo utilizados. Com isso, foi proposta uma nova correlação baseando-se no modelo de GONÇALVES (2000) e adicionando um novo termo que possibilite diferenciar o tipo de configuração utilizada na injeção de líquido.

5.9 Desempenho da F_{ftotal} x F_{ft} estimada.

A Figura 5.24 mostra os vários conjuntos de dados experimentais em função de uma nova correlação proposta neste trabalho. Esta correlação é mostrada pela Equação (4.2).

$$Ff = 10,68 \times 10^6 \times \left(9,99 \times \left(\frac{lm_{\acute{a}x}}{Deq} \right) + \left(\frac{lm_{\acute{a}x}}{Deq} \right)^{-0,7} \right)^{2,25} \times (Re g)^{-1,49} \times \left(\frac{deq_{or}}{Deq} \right)^{0,25} \quad (5.2)$$

onde:

$lm_{\acute{a}x}$: penetração máxima do jato em m; calculada pela Equação (3.8)

$Re g$: Reynolds da garganta do lavador ($= \rho v Deq / \mu$)

ρ : massa específica do gás (Kg/m^3)

v : velocidade do gás (m/s)

D_{eq} : diâmetro equivalente da tubulação (m) (eq. 5.1),

μ : viscosidade do gás (Ns/m²)

d_{eqor} : distância equivalente ao número e posição dos orifícios que estão sendo usados na injeção de líquido calculado pela Equação (5.1).

$$d_{eqor} = \frac{\left(\frac{mH + nL}{2} \right)}{m + n} \quad (5.3)$$

onde:

m : número de orifícios ativos verticais

n : número de orifícios ativos horizontais

$H = 40mm$, altura da garganta do lavador.

$L = 27mm$, largura da garganta do lavador.

A Figura 5.23 ilustra as posições de L e H referentes à Equação (5.3).

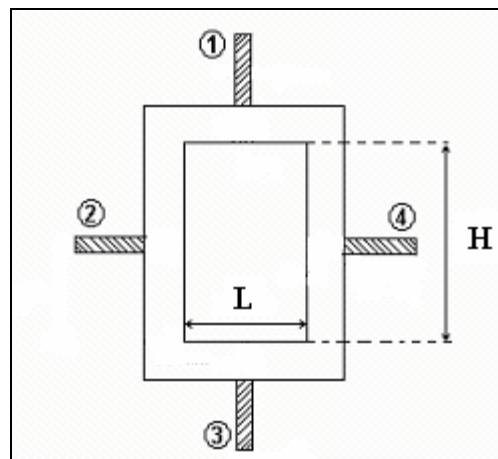


Figura 5.23-Altura (H) e largura (L) do lavador.

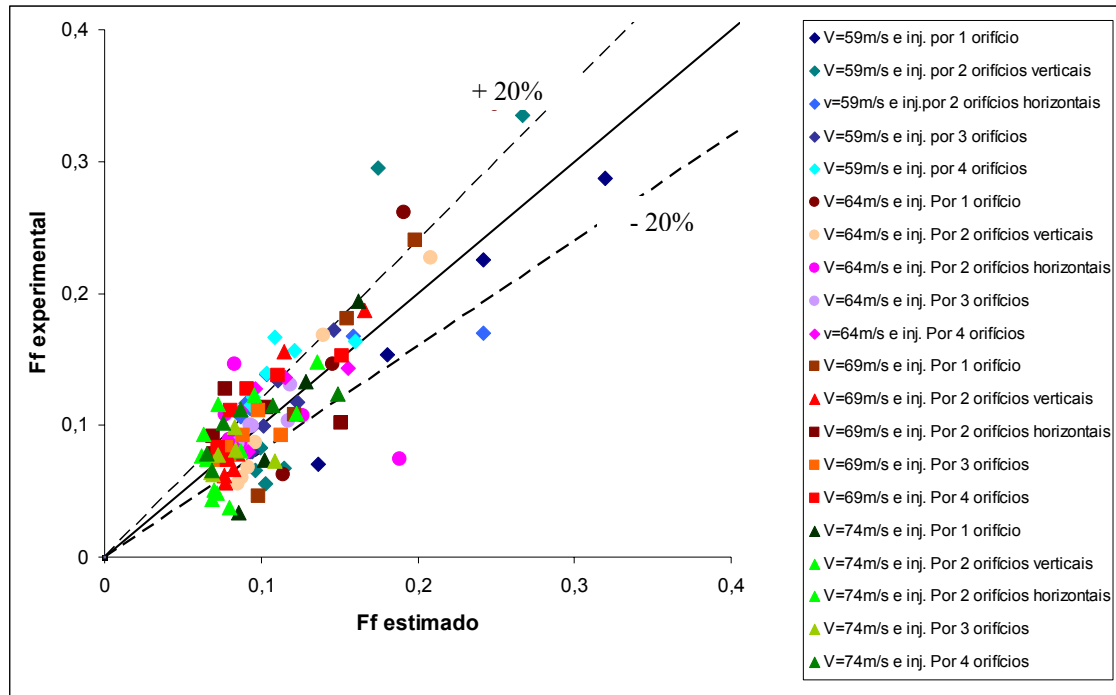


Figura 5.24-Desempenho da correlação proposta na Equação (5.2).

Observa-se pela Figura 5.24 que diferentemente da Figura 5.22, a maioria dos dados experimentais compreendem a faixa de $\pm 20\%$, tornando a aplicação da Equação (5.2) mais adequada para o conjunto de dados experimentais de acordo com as condições operacionais utilizadas neste trabalho.

6 Conclusões

Com base no exposto acima, conclui-se:

- A fração de filme varia com a velocidade do gás, com a configuração da injeção de líquido e com as vazões de líquido.
- A melhor configuração de injeção de líquido do tipo jato em um lavador Venturi de seção retangular para a menor deposição de filme líquido é a feita por 4 orifícios e a melhor velocidade do gás utilizada foi a maior, ou seja, $V = 74$ m/s.
- A análise da fração de filme em cada parede separadamente deve ser interpretada com cuidado, pois elas seguem um comportamento diferente em cada condição operacional não possibilitando uma conclusão satisfatória diante de cada parede, ou seja, os resultados são melhores interpretados quando se trata da fração de filme total extraída do lavador.
- A fração de filme varia com a penetração do jato tendo um ponto de mínimo (ideal).
- O desempenho da nova correlação proposta pela Equação (5.2) é satisfatório diante das condições operacionais utilizadas neste trabalho.

7 Sugestões para Continuidade

- Realização de novos testes com vazões maiores de líquido.
- Realização de testes experimentais com o lavador na posição vertical, para que possa evitar o efeito diferencial da gravidade nas paredes horizontais e verticais.
- Realização de novos testes com comprimentos maiores de gargantas para que possa verificar uma possível constância que o filme líquido atinge longe do ponto de injeção.
- Estudar um ajuste melhor para a Equação (5.2), assim como sua generalização para inclusão de dados de outros autores.

Referências Bibliográficas

ATAY, I.; LEWANDOWSKI, G.; TRATTNER, R. Fluid flow and gas absorption in an ejector Venturi scrubber. *Environmental Progress*, v.6, n.3, p.198-203, 1987.

AZZOPARDI, B.J. Liquid distribution in Venturi scrubbers: the importance of liquid films on the channel walls. *Chemical Engineering Science*, v.48, n.15, p.2807-2813, 1993.

AZZOPARDI, B.J.; GOVAN, A.H. The modelling of Venturi scrubbers. *Filtration and Separation*, v.21, p.196-200, May/June 1984.

AZZOPARDI, B.J.; TEIXEIRA S.F.C.F.; GOVAN A.H.; BOTT, T.R. An improved model for pressure drop in Venturi scrubbers. *Transactions of the Institution of Chemical Engineers*, v.69, part B, p.237-245, November 1991.

CALVERT, S.; GOLDSHMID, J.; LEITH, D.; MEHTA, D. Scrubber Handbook. Springfield, Virginia, NTIS publication number PB 213-016, 1972a.

CALVERT, S. How to choose a particulate scrubber. *Chemical Engineering*, p.54-68, 29 August 1977b.

CALVERT, S., Particle control by scrubbing. Handbook of Air Pollution Technology, p. 215-248, 1984.

COSTA, M. A. M. Eficiência de coleta de partículas em lavadores Venturi. Tese de doutorado, Universidade Federal de São Carlos, Brasil, 2002.

DULLIEN, F.A.L. *Industrial Gas Cleaning*. New York, Academic Press, 1989.

FATHIKALAJAHI, J.; TALAIE, M.R.; TAHERI, M. Theoretical study of liquid droplet dispersion in a Venturi scrubber. *Journal of the Air & Waste Management Association*, v.45, p.181-185, 1995.

FERNÁNDEZ ALONSO, D.; AZZOPARDI B.J.; HILLS J.H. Gas / liquid flow in laboratory-scale venturis. *Transactions of the Institution of Chemical Engineers*, v.77, part B, p.205-211, 1999a.

GONÇALVES, J.A.S.; MARTINS COSTA, M.A.; FERNÁNDEZ ALONSO, D.; COURY, J.R. Estimativa da fração de filme em lavadores Venturi. Congresso Brasileiro de Engenharia Química, XIII, Águas de São Pedro, Brasil, Setembro 24-27, 2000b.

GONÇALVES, J. A. S. Aspectos da modelagem matemática de lavadores Venturi. Tese de doutorado, Universidade Federal de São Carlos, Brasil, 2000.

HANLY, J.; PETCHONKA, J.J. Equipment selection for solid-gas separation. *Chemical Engineering*, pp. 83-85, Julho 1993.

HAY, K.J.; ZI-CHAO LIU; HANRATTY, T.J. Relation of deposition to drop size when the rate is nonlinear. *Int. J. Multiphase Flow*, v.22, n.5, p.829-848, 1996.

JOHNSTONE H.F.; FEILD R.B.; TASSLER M.C. Gas absorption and aerosol collection in Venturi scrubbers. *Industrial and Engineering Chemistry*, v.45, p.1601-1608, 1954.

ROBERTS, D.B.; HILL, J.C. Atomization in a Venturi scrubber. *Chemical Engineering Communication*, v.12, p.33-68, 1981.

SCHUMANN, J.L. Selección del equipo para eliminar partículas. In: R.D. Ross (ed.). *La industria y la contaminación del aire*. México, Editora Diana, 1974. Capítulo 8.

SHAH, I.S. Scrubbers. In: B.G. Lipták (ed.). *Environmental Engineers' Handbook*. Pennsylvania, Chilton Book Company, 1974. V.II, Section 5:12-17.

STRAUSS, W. *Industrial Gas Cleaning*. New York, Pergamon, 1966.

TAHERI, M.; SHEIH, C.M. Mathematical modelling of atomising scrubbers. *AIChE Journal*, v.21, p.153-157, 1975.

THEODORE, L., BUONICORE, A., *AIR POLLUTION CONTROL EQUIPMENT*. Vol. 1 and II, Edited by CRC Press, 1988.

VISWANATHAN S.; GNYP, A.W.; ST. PIERRE, C.C. Estimating film flow rate in a Venturi scrubber. *Particulate Science and Technology*, v.15, p.65-76, 1997.

www.nest.unifei.edu.br

www.revistameiofiltrante.com.br

APÊNDICE A

Resultados dos dados experimentais na forma de tabelas da fração de filme obtida em cada parede separadamente do lavador em função da vazão de líquido para as velocidades do gás de 59 m/s, 64 m/s, 69 m/s e 74 m/s, e para todas as configurações de injeção de líquido.

A fração de filme líquido foi calculada através da seguinte Equação (1):

$$Ff(\%) = \frac{Q_v}{Q_l} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

Q_l (l/min) é a vazão de líquido utilizada na a injeção de líquido,

Q_v é a vazão volumétrica calculada através da Equação(2)

$$Q_v(l/min) = \frac{M}{\rho_l} \quad (2)$$

M é a massa em g do líquido coletado das paredes do lavador Equação (3) e ρ_l é a densidade do líquido ($\rho_l = 990g/l$).

$$M(g) = R_c - R_v \quad (3)$$

* R_c : representa o recipiente de coleta do liquido cheio.

* R_v : representa o recipiente de coleta do líquido vazio.

● $V = 59$ m/s e $Z = 100$ mm

Tabela A.1-Resultados das 3 medições e da média entre elas feita para a fração de filme para cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício, $V = 59$ m/s e comprimento da garganta de 100 mm.

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | |
|--|------------|--------|--------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,24 | 0,000242 | 0,080808 | 102,51 | 102,75 |
| | 0,3 | 2 | 3,32 | 0,003354 | 1,117845 | 87,32 | 90,64 |
| | 0,3 | 3 | 9,77 | 0,009869 | 3,289562 | 102,57 | 112,34 |
| | 0,3 | 4 | 5,14 | 0,005192 | 1,73064 | 87,34 | 92,48 |
| | 0,4 | 1 | 0,03 | 3,03E-05 | 0,007576 | 102,56 | 102,59 |
| | 0,4 | 2 | 8,35 | 0,008434 | 2,108586 | 87,33 | 95,68 |
| | 0,4 | 3 | 37,15 | 0,037525 | 9,381313 | 102,55 | 139,7 |
| | 0,4 | 4 | 10,87 | 0,01098 | 2,744949 | 87,34 | 98,21 |
| | 0,5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,6 | 102,6 |
| | 0,5 | 2 | 6,48 | 0,006545 | 1,309091 | 87,33 | 93,81 |
| | 0,5 | 3 | 94,85 | 0,095808 | 19,16162 | 102,6 | 197,45 |
| | 0,5 | 4 | 11,39 | 0,011505 | 2,30101 | 87,32 | 98,71 |
| | 0,6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,57 | 102,57 |
| | 0,6 | 2 | 6,54 | 0,006606 | 1,10101 | 87,35 | 93,89 |
| | 0,6 | 3 | 164,17 | 0,165828 | 27,63805 | 102,57 | 266,74 |
| | 0,6 | 4 | 5,17 | 0,005222 | 0,87037 | 87,35 | 92,52 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | |
|---|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,22 | 0,000222 | 0,074074 | 102,56 | 102,78 |
| | 0,3 | 2 | 3,24 | 0,003273 | 1,090909 | 87,29 | 90,53 |
| | 0,3 | 3 | 8,64 | 0,008727 | 2,909091 | 105,56 | 114,2 |
| | 0,3 | 4 | 7,4 | 0,007475 | 2,491582 | 87,3 | 94,7 |
| | 0,4 | 1 | 0,02 | 2,02E-05 | 0,005051 | 102,55 | 102,57 |
| | 0,4 | 2 | 11,38 | 0,011495 | 2,873737 | 87,3 | 98,68 |
| | 0,4 | 3 | 39,27 | 0,039667 | 9,916667 | 102,53 | 141,8 |
| | 0,4 | 4 | 16,07 | 0,016232 | 4,058081 | 87,3 | 103,37 |
| | 0,5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,58 | 102,58 |
| | 0,5 | 2 | 15,4 | 0,015556 | 3,111111 | 87,33 | 102,73 |
| | 0,5 | 3 | 86,78 | 0,087657 | 17,53131 | 102,55 | 189,33 |
| | 0,5 | 4 | 13,05 | 0,013182 | 2,636364 | 87,31 | 100,36 |
| | 0,6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,54 | 102,54 |
| | 0,6 | 2 | 13,63 | 0,013768 | 2,294613 | 87,32 | 100,95 |
| | 0,6 | 3 | 147,54 | 0,14903 | 24,83838 | 102,54 | 250,08 |
| | 0,6 | 4 | 5,98 | 0,00604 | 1,006734 | 87,31 | 93,29 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | |
|---|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,31 | 0,000313 | 0,104377 | 102,49 | 102,8 |
| | 0,3 | 2 | 4,21 | 0,004253 | 1,417508 | 87,25 | 91,46 |
| | 0,3 | 3 | 12,98 | 0,013111 | 4,37037 | 102,5 | 115,48 |
| | 0,3 | 4 | 7,53 | 0,007606 | 2,535354 | 87,27 | 94,8 |
| | 0,4 | 1 | 0,01 | 1,01E-05 | 0,002525 | 102,49 | 102,5 |
| | 0,4 | 2 | 7,28 | 0,007354 | 1,838384 | 87,27 | 94,55 |
| | 0,4 | 3 | 35,37 | 0,035727 | 8,931818 | 102,52 | 137,89 |
| | 0,4 | 4 | 16,35 | 0,016515 | 4,128788 | 87,27 | 103,62 |
| | 0,5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,55 | 102,55 |
| | 0,5 | 2 | 11,82 | 0,011939 | 2,387879 | 87,3 | 99,12 |
| | 0,5 | 3 | 83,85 | 0,084697 | 16,93939 | 102,51 | 186,36 |
| | 0,5 | 4 | 11,37 | 0,011485 | 2,29697 | 87,31 | 98,68 |
| | 0,6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,54 | 102,54 |
| | 0,6 | 2 | 10,77 | 0,010879 | 1,813131 | 87,26 | 98,03 |
| | 0,6 | 3 | 153,22 | 0,154768 | 25,79461 | 102,48 | 255,7 |
| | 0,6 | 4 | 4,87 | 0,004919 | 0,819865 | 87,28 | 92,15 |

| Média Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | |
|--|-------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,08642 | 0,015912 | 7,070707 |
| | 0,3 | 2 | 1,208754 | 0,181287 | |
| | 0,3 | 3 | 3,523008 | 0,942935 | |
| | 0,3 | 4 | 2,252525 | 0,452496 | |
| | 0,4 | 1 | 0,005051 | 0,002525 | 15,33249 |
| | 0,4 | 2 | 2,273569 | 0,537032 | |
| | 0,4 | 3 | 9,409933 | 0,493048 | |
| | 0,4 | 4 | 3,643939 | 0,77935 | |
| | 0,5 | 1 | 0 | 0 | 22,55825 |
| | 0,5 | 2 | 2,26936 | 0,906837 | |
| | 0,5 | 3 | 17,87744 | 1,150835 | |
| | 0,5 | 4 | 2,411448 | 0,194793 | |
| | 0,6 | 1 | 0 | 0 | 28,72559 |
| | 0,6 | 2 | 1,736251 | 0,06504 | |
| | 0,6 | 3 | 26,09035 | 1,423068 | |
| | 0,6 | 4 | 0,89899 | 0,096666 | |

Tabela A.2-Resultados das medições e da média feita para a fração de filme para cada parede separadamente com injeção de líquido feita pelos 4 orifícios, $V = 59 \text{ m/s}$ e $Z = 100 \text{ mm}$.

| Medição 1: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,46 | 102,46 |
| | 0,3 | 2 | 0,09 | 9,09E-05 | 0,030303 | 87,3 | 87,39 |
| | 0,3 | 3 | 47 | 0,047475 | 15,82492 | 102,47 | 149,47 |
| | 0,3 | 4 | 0,03 | 3,03E-05 | 0,010101 | 87,26 | 87,29 |
| | 0,4 | 1 | 0,36 | 0,000364 | 0,090909 | 102,55 | 102,91 |
| | 0,4 | 2 | 0,38 | 0,000384 | 0,09596 | 87,34 | 87,72 |
| | 0,4 | 3 | 61,07 | 0,061687 | 15,42172 | 102,56 | 163,63 |
| | 0,4 | 4 | 0,31 | 0,000313 | 0,078283 | 87,31 | 87,62 |
| | 0,5 | 1 | 0,51 | 0,000515 | 0,10303 | 102,56 | 103,07 |
| | 0,5 | 2 | 0,71 | 0,000717 | 0,143434 | 87,37 | 88,08 |
| | 0,5 | 3 | 64,04 | 0,064687 | 12,93737 | 102,56 | 166,6 |
| | 0,5 | 4 | 0,59 | 0,000596 | 0,119192 | 87,37 | 87,96 |
| | 0,6 | 1 | 0,54 | 0,000545 | 0,090909 | 102,59 | 103,13 |
| | 0,6 | 2 | 1,29 | 0,001303 | 0,217172 | 87,34 | 88,63 |
| | 0,6 | 3 | 66,35 | 0,06702 | 11,17003 | 102,55 | 168,9 |
| | 0,6 | 4 | 0,97 | 0,00098 | 0,1633 | 87,35 | 88,32 |
| | 0,9 | 1 | 0,43 | 0,000434 | 0,04826 | 102,49 | 102,92 |
| | 0,9 | 2 | 10,53 | 0,010636 | 1,181818 | 87,22 | 97,75 |
| | 0,9 | 3 | 63,84 | 0,064485 | 7,164983 | 102,49 | 166,33 |
| | 0,9 | 4 | 7,96 | 0,00804 | 0,893378 | 87,26 | 95,22 |
| 1,2 | 1 | 0,54 | 0,000545 | 0,045455 | 102,45 | 102,99 | |
| 1,2 | 2 | 35,57 | 0,035929 | 2,994108 | 87,26 | 122,83 | |
| 1,2 | 3 | 92,85 | 0,093788 | 7,815657 | 102,53 | 195,38 | |
| 1,2 | 4 | 40,17 | 0,040576 | 3,381313 | 87,24 | 127,41 | |

| Medição 2: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,11 | 0,000111 | 0,037037 | 102,55 | 102,66 |
| | 0,3 | 2 | 0,19 | 0,000192 | 0,063973 | 87,26 | 87,45 |
| | 0,3 | 3 | 49,59 | 0,050091 | 16,69697 | 102,58 | 152,17 |
| | 0,3 | 4 | 0,09 | 9,09E-05 | 0,030303 | 87,32 | 87,41 |
| | 0,4 | 1 | 0,29 | 0,000293 | 0,073232 | 102,58 | 102,87 |
| | 0,4 | 2 | 0,64 | 0,000646 | 0,161616 | 87,36 | 88 |
| | 0,4 | 3 | 65,01 | 0,065667 | 16,41667 | 102,59 | 167,6 |
| | 0,4 | 4 | 0,26 | 0,000263 | 0,065657 | 87,4 | 87,66 |
| | 0,5 | 1 | 0,48 | 0,000485 | 0,09697 | 102,57 | 103,05 |
| | 0,5 | 2 | 0,94 | 0,000949 | 0,189899 | 87,34 | 88,28 |
| | 0,5 | 3 | 68,64 | 0,069333 | 13,86667 | 102,63 | 171,27 |
| | 0,5 | 4 | 1,6 | 0,001616 | 0,323232 | 87,4 | 89 |
| | 0,6 | 1 | 0,53 | 0,000535 | 0,089226 | 102,59 | 103,12 |
| | 0,6 | 2 | 1,42 | 0,001434 | 0,239057 | 87,3 | 88,72 |
| | 0,6 | 3 | 67,91 | 0,068596 | 11,43266 | 102,55 | 170,46 |
| | 0,6 | 4 | 2,4 | 0,002424 | 0,40404 | 87,36 | 89,76 |
| | 0,9 | 1 | 0,4 | 0,000404 | 0,044893 | 102,5 | 102,9 |
| | 0,9 | 2 | 14,04 | 0,014182 | 1,575758 | 87,22 | 101,26 |
| | 0,9 | 3 | 84,66 | 0,085515 | 9,501684 | 102,51 | 187,17 |
| | 0,9 | 4 | 18,36 | 0,018545 | 2,060606 | 87,24 | 105,6 |
| 1,2 | 1 | 0,41 | 0,000414 | 0,034512 | 102,5 | 102,91 | |
| 1,2 | 2 | 22,2 | 0,022424 | 1,868687 | 87,24 | 109,44 | |
| 1,2 | 3 | 134,81 | 0,136172 | 11,34764 | 102,47 | 237,28 | |
| 1,2 | 4 | 48,19 | 0,048677 | 4,056397 | 87,31 | 135,5 | |

| Medição 3: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,16 | 0,000162 | 0,053872 | 102,46 | 102,62 |
| | 0,3 | 2 | 0,07 | 7,07E-05 | 0,023569 | 87,31 | 87,38 |
| | 0,3 | 3 | 48,48 | 0,04897 | 16,32323 | 102,5 | 150,98 |
| | 0,3 | 4 | 0,18 | 0,000182 | 0,060606 | 87,24 | 87,42 |
| | 0,4 | 1 | 0,44 | 0,000444 | 0,111111 | 102,52 | 102,96 |
| | 0,4 | 2 | 0,25 | 0,000253 | 0,063131 | 87,35 | 87,6 |
| | 0,4 | 3 | 56,82 | 0,057394 | 14,34848 | 102,52 | 159,34 |
| | 0,4 | 4 | 0,31 | 0,000313 | 0,078283 | 87,3 | 87,61 |
| | 0,5 | 1 | 0,58 | 0,000586 | 0,117172 | 102,49 | 103,07 |
| | 0,5 | 2 | 0,86 | 0,000869 | 0,173737 | 87,3 | 88,16 |
| | 0,5 | 3 | 67,07 | 0,067747 | 13,54949 | 102,5 | 169,57 |
| | 0,5 | 4 | 0,68 | 0,000687 | 0,137374 | 87,33 | 88,01 |
| | 0,6 | 1 | 0,58 | 0,000586 | 0,097643 | 102,5 | 103,08 |
| | 0,6 | 2 | 1,54 | 0,001556 | 0,259259 | 87,26 | 88,8 |
| | 0,6 | 3 | 70,95 | 0,071667 | 11,94444 | 102,49 | 173,44 |
| | 0,6 | 4 | 1,22 | 0,001232 | 0,205387 | 87,29 | 88,51 |
| | 0,9 | 1 | 0,32 | 0,000323 | 0,035915 | 102,49 | 102,81 |
| | 0,9 | 2 | 14,51 | 0,014657 | 1,628507 | 87,27 | 101,78 |
| | 0,9 | 3 | 74,06 | 0,074808 | 8,312009 | 102,49 | 176,55 |
| | 0,9 | 4 | 18,21 | 0,018394 | 2,043771 | 87,26 | 105,47 |
| 1,2 | 1 | 0,38 | 0,000384 | 0,031987 | 102,54 | 102,92 | |
| 1,2 | 2 | 24,73 | 0,02498 | 2,08165 | 87,24 | 111,97 | |
| 1,2 | 3 | 132,99 | 0,134333 | 11,19444 | 102,54 | 235,53 | |
| 1,2 | 4 | 60,59 | 0,061202 | 5,100168 | 87,25 | 147,84 | |

| Média | | | | | |
|--|-------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------------|
| Injeção de líquido feita pelos 4 orifício | | | | | |
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,030303 | 0,02756 | 16,38496 |
| | 0,3 | 2 | 0,039282 | 0,021647 | |
| | 0,3 | 3 | 16,28171 | 0,437508 | |
| | 0,3 | 4 | 0,03367 | 0,02542 | |
| | 0,4 | 1 | 0,091751 | 0,018953 | 15,66835 |
| | 0,4 | 2 | 0,106902 | 0,050146 | |
| | 0,4 | 3 | 15,39562 | 1,034338 | |
| | 0,4 | 4 | 0,074074 | 0,00729 | |
| | 0,5 | 1 | 0,105724 | 0,010367 | 13,91919 |
| | 0,5 | 2 | 0,169024 | 0,023588 | |
| | 0,5 | 3 | 13,45118 | 0,472383 | |
| | 0,5 | 4 | 0,193266 | 0,112921 | |
| | 0,6 | 1 | 0,092593 | 0,004454 | 12,10438 |
| | 0,6 | 2 | 0,238496 | 0,021049 | |
| | 0,6 | 3 | 11,51571 | 0,393829 | |
| | 0,6 | 4 | 0,257576 | 0,128576 | |
| | 0,9 | 1 | 0,043023 | 0,006382 | 11,49719 |
| | 0,9 | 2 | 1,462028 | 0,244098 | |
| | 0,9 | 3 | 8,326225 | 1,168415 | |
| | 0,9 | 4 | 1,665918 | 0,669092 | |
| 1,2 | 1 | 0,037318 | 0,007159 | 16,65067 | |
| 1,2 | 2 | 2,314815 | 0,597844 | | |
| 1,2 | 3 | 10,11925 | 1,996439 | | |
| 1,2 | 4 | 4,179293 | 0,865993 | | |

Tabela A.3-Resultados das 3 medições e da média entre elas feita para a fração de filme para cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais, $V = 59$ m/s e comprimento da garganta de 100 mm.

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,54 | 0,000545 | 0,181818 | 102,48 | 103,02 |
| | 0,3 | 2 | 0,43 | 0,000434 | 0,144781 | 87,33 | 87,76 |
| | 0,3 | 3 | 24,3 | 0,024545 | 8,181818 | 102,52 | 126,82 |
| | 0,3 | 4 | 0,14 | 0,000141 | 0,047138 | 87,29 | 87,43 |
| | 0,4 | 1 | 0,53 | 0,000535 | 0,133838 | 102,55 | 103,08 |
| | 0,4 | 2 | 1,79 | 0,001808 | 0,45202 | 87,33 | 89,12 |
| | 0,4 | 3 | 23,61 | 0,023848 | 5,962121 | 102,6 | 126,21 |
| | 0,4 | 4 | 1,68 | 0,001697 | 0,424242 | 87,33 | 89,01 |
| | 0,5 | 1 | 0,33 | 0,000333 | 0,066667 | 102,54 | 102,87 |
| | 0,5 | 2 | 5,17 | 0,005222 | 1,044444 | 87,32 | 92,49 |
| | 0,5 | 3 | 16,11 | 0,016273 | 3,254545 | 102,61 | 118,72 |
| | 0,5 | 4 | 5,27 | 0,005323 | 1,064646 | 87,32 | 92,59 |
| | 0,6 | 1 | 0,3 | 0,000303 | 0,050505 | 102,54 | 102,84 |
| | 0,6 | 2 | 7,05 | 0,007121 | 1,186869 | 87,31 | 94,36 |
| | 0,6 | 3 | 19,06 | 0,019253 | 3,208754 | 102,54 | 121,6 |
| | 0,6 | 4 | 10,74 | 0,010848 | 1,808081 | 87,31 | 98,05 |
| | 0,9 | 1 | 44,16 | 0,044606 | 4,956229 | 102,54 | 146,7 |
| | 0,9 | 2 | 31,85 | 0,032172 | 3,574635 | 87,27 | 119,12 |
| | 0,9 | 3 | 164,88 | 0,166545 | 18,50505 | 102,5 | 267,38 |
| | 0,9 | 4 | 18,25 | 0,018434 | 2,04826 | 87,26 | 105,51 |
| 1,2 | 1 | 29,18 | 0,029475 | 2,456229 | 102,5 | 131,68 | |
| 1,2 | 2 | 74,63 | 0,075384 | 6,281987 | 87,26 | 161,89 | |
| 1,2 | 3 | 197,26 | 0,199253 | 16,60438 | 102,51 | 299,77 | |
| 1,2 | 4 | 94,37 | 0,095323 | 7,943603 | 87,29 | 181,66 | |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,52 | 0,000525 | 0,175084 | 102,59 | 103,11 |
| | 0,3 | 2 | 0,34 | 0,000343 | 0,114478 | 87,36 | 87,7 |
| | 0,3 | 3 | 23 | 0,023232 | 7,744108 | 102,58 | 125,58 |
| | 0,3 | 4 | 0,45 | 0,000455 | 0,151515 | 87,33 | 87,78 |
| | 0,4 | 1 | 0,5 | 0,000505 | 0,126263 | 102,6 | 103,1 |
| | 0,4 | 2 | 1,35 | 0,001364 | 0,340909 | 87,32 | 88,67 |
| | 0,4 | 3 | 20,5 | 0,020707 | 5,176768 | 102,6 | 123,1 |
| | 0,4 | 4 | 1,54 | 0,001556 | 0,388889 | 87,35 | 88,89 |
| | 0,5 | 1 | 0,35 | 0,000354 | 0,070707 | 102,57 | 102,92 |
| | 0,5 | 2 | 3,37 | 0,003404 | 0,680808 | 87,34 | 90,71 |
| | 0,5 | 3 | 18,52 | 0,018707 | 3,741414 | 102,59 | 121,11 |
| | 0,5 | 4 | 7,59 | 0,007667 | 1,533333 | 87,3 | 94,89 |
| | 0,6 | 1 | 0,24 | 0,000242 | 0,040404 | 102,6 | 102,84 |
| | 0,6 | 2 | 6,13 | 0,006192 | 1,031987 | 87,3 | 93,43 |
| | 0,6 | 3 | 20,51 | 0,020717 | 3,452862 | 102,57 | 123,08 |
| | 0,6 | 4 | 14,42 | 0,014566 | 2,427609 | 87,31 | 101,73 |
| | 0,9 | 1 | 52,22 | 0,052747 | 5,860831 | 102,51 | 154,73 |
| | 0,9 | 2 | 31,16 | 0,031475 | 3,497194 | 87,27 | 118,43 |
| | 0,9 | 3 | 161,78 | 0,163414 | 18,15713 | 102,53 | 264,31 |
| | 0,9 | 4 | 16,09 | 0,016253 | 1,805836 | 87,26 | 103,35 |
| 1,2 | 1 | 44,97 | 0,045424 | 3,785354 | 102,66 | 147,63 | |
| 1,2 | 2 | 77,52 | 0,078303 | 6,525253 | 87,27 | 164,79 | |
| 1,2 | 3 | 195,29 | 0,197263 | 16,43855 | 102,48 | 297,77 | |
| 1,2 | 4 | 80,38 | 0,081192 | 6,765993 | 87,24 | 167,62 | |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,56 | 0,000566 | 0,188552 | 102,52 | 103,08 |
| | 0,3 | 2 | 0,29 | 0,000293 | 0,097643 | 87,31 | 87,6 |
| | 0,3 | 3 | 22,68 | 0,022909 | 7,636364 | 102,52 | 125,2 |
| | 0,3 | 4 | 0,47 | 0,000475 | 0,158249 | 87,34 | 87,81 |
| | 0,4 | 1 | 0,44 | 0,000444 | 0,111111 | 102,61 | 103,05 |
| | 0,4 | 2 | 1,65 | 0,001667 | 0,416667 | 87,31 | 88,96 |
| | 0,4 | 3 | 21,11 | 0,021323 | 5,330808 | 102,59 | 123,7 |
| | 0,4 | 4 | 3,05 | 0,003081 | 0,770202 | 87,33 | 90,38 |
| | 0,5 | 1 | 0,3 | 0,000303 | 0,060606 | 102,6 | 102,9 |
| | 0,5 | 2 | 3,85 | 0,003889 | 0,777778 | 87,33 | 91,18 |
| | 0,5 | 3 | 13,77 | 0,013909 | 2,781818 | 102,61 | 116,38 |
| | 0,5 | 4 | 7,75 | 0,007828 | 1,565657 | 87,32 | 95,07 |
| | 0,6 | 1 | 0,27 | 0,000273 | 0,045455 | 102,56 | 102,83 |
| | 0,6 | 2 | 6,47 | 0,006535 | 1,089226 | 87,28 | 93,75 |
| | 0,6 | 3 | 20,17 | 0,020374 | 3,395623 | 102,61 | 122,78 |
| | 0,6 | 4 | 15,17 | 0,015323 | 2,553872 | 87,32 | 102,49 |
| | 0,9 | 1 | 55,2 | 0,055758 | 6,195286 | 102,5 | 157,7 |
| | 0,9 | 2 | 32,15 | 0,032475 | 3,608305 | 87,3 | 119,45 |
| | 0,9 | 3 | 164,13 | 0,165788 | 18,42088 | 102,55 | 266,68 |
| | 0,9 | 4 | 15,94 | 0,016101 | 1,789001 | 87,3 | 103,24 |
| 1,2 | 1 | 84,45 | 0,085303 | 7,108586 | 102,55 | 187 | |
| 1,2 | 2 | 72,51 | 0,073242 | 6,103535 | 87,28 | 159,79 | |
| 1,2 | 3 | 196,78 | 0,198768 | 16,56397 | 102,47 | 299,25 | |
| 1,2 | 4 | 45,99 | 0,046455 | 3,871212 | 87,28 | 133,27 | |

| Média Injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais | | | | | |
|---|------------|----------|----------|---------------|--------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,181818 | 0,006734 | 8,27385 |
| | 0,3 | 2 | 0,118967 | 0,023888 | |
| | 0,3 | 3 | 7,854097 | 0,288883 | |
| | 0,3 | 4 | 0,118967 | 0,062297 | |
| | 0,4 | 1 | 0,123737 | 0,011572 | 6,544613 |
| | 0,4 | 2 | 0,403199 | 0,056767 | |
| | 0,4 | 3 | 5,489899 | 0,416146 | |
| | 0,4 | 4 | 0,527778 | 0,210688 | |
| | 0,5 | 1 | 0,065993 | 0,005084 | 5,547475 |
| | 0,5 | 2 | 0,834343 | 0,188302 | |
| | 0,5 | 3 | 3,259259 | 0,479815 | |
| | 0,5 | 4 | 1,387879 | 0,280394 | |
| | 0,6 | 1 | 0,045455 | 0,005051 | 6,763749 |
| | 0,6 | 2 | 1,102694 | 0,078315 | |
| | 0,6 | 3 | 3,352413 | 0,127662 | |
| | 0,6 | 4 | 2,263187 | 0,399158 | |
| | 0,9 | 1 | 5,670782 | 0,641018 | 29,47288 |
| | 0,9 | 2 | 3,50,645 | 0,056974 | |
| | 0,9 | 3 | 18,36102 | 0,181521 | |
| | 0,9 | 4 | 1,881033 | 0,145068 | |
| 1,2 | 1 | 4,450056 | 2,396347 | 33,48288 | |
| 1,2 | 2 | 6,303591 | 0,211687 | | |
| 1,2 | 3 | 16,53563 | 0,086468 | | |
| 1,2 | 4 | 6,193603 | 2,095666 | | |

Tabela A.4- Resultados das 3 medições e da média entre elas feita para a fração de filme para cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais, $V = 59$ m/s e comprimento da garganta de 100 mm.

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,11 | 0,000111 | 0,037037 | 60,16 | 60,27 |
| | 0,3 | 2 | 2,87 | 0,002899 | 0,96633 | 87,26 | 90,13 |
| | 0,3 | 3 | 26,96 | 0,027232 | 9,077441 | 102,47 | 129,43 |
| | 0,3 | 4 | 0,57 | 0,000576 | 0,191919 | 86,42 | 86,99 |
| | 0,4 | 1 | 0,21 | 0,000212 | 0,05303 | 60,25 | 60,46 |
| | 0,4 | 2 | 4,3 | 0,004343 | 1,085859 | 87,3 | 91,6 |
| | 0,4 | 3 | 32,74 | 0,033071 | 8,267677 | 102,53 | 135,27 |
| | 0,4 | 4 | 1,26 | 0,001273 | 0,318182 | 86,46 | 87,72 |
| | 0,5 | 1 | 0,58 | 0,000586 | 0,117172 | 60,25 | 60,83 |
| | 0,5 | 2 | 7,02 | 0,007091 | 1,418182 | 87,34 | 94,36 |
| | 0,5 | 3 | 42,66 | 0,043091 | 8,618182 | 102,57 | 145,23 |
| | 0,5 | 4 | 4,49 | 0,004535 | 0,907071 | 86,5 | 90,99 |
| | 0,6 | 1 | 0,89 | 0,000899 | 0,149832 | 60,33 | 61,22 |
| | 0,6 | 2 | 10,07 | 0,010172 | 1,695286 | 87,31 | 97,38 |
| | 0,6 | 3 | 56,87 | 0,057444 | 9,574074 | 102,56 | 159,43 |
| | 0,6 | 4 | 11,76 | 0,011879 | 1,979798 | 86,5 | 98,26 |
| | 0,9 | 1 | 1,11 | 0,001121 | 0,124579 | 102,55 | 103,66 |
| | 0,9 | 2 | 23,98 | 0,024222 | 2,691358 | 87,23 | 111,21 |
| | 0,9 | 3 | 94,99 | 0,095949 | 10,66105 | 102,48 | 197,47 |
| | 0,9 | 4 | 30,76 | 0,031071 | 3,452301 | 87,24 | 118 |
| 1,2 | 1 | 12,56 | 0,012687 | 1,057239 | 102,57 | 115,13 | |
| 1,2 | 2 | 90,07 | 0,09098 | 7,58165 | 87,24 | 177,31 | |
| 1,2 | 3 | 77,51 | 0,078293 | 6,524411 | 102,48 | 179,99 | |
| 1,2 | 4 | 14,25 | 0,014394 | 1,199495 | 87,21 | 101,46 | |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,05 | 5,05E-05 | 0,016835 | 60,33 | 60,38 |
| | 0,3 | 2 | 2,72 | 0,002747 | 0,915825 | 87,25 | 89,97 |
| | 0,3 | 3 | 32,61 | 0,032939 | 10,9798 | 102,56 | 135,17 |
| | 0,3 | 4 | 0,6 | 0,000606 | 0,20202 | 86,6 | 87,2 |
| | 0,4 | 1 | 0,12 | 0,000121 | 0,030303 | 60,32 | 60,44 |
| | 0,4 | 2 | 5,12 | 0,005172 | 1,292929 | 87,28 | 92,4 |
| | 0,4 | 3 | 40,83 | 0,041242 | 10,31061 | 102,49 | 143,32 |
| | 0,4 | 4 | 1,48 | 0,001495 | 0,373737 | 86,52 | 88 |
| | 0,5 | 1 | 0,21 | 0,000212 | 0,042424 | 60,32 | 60,53 |
| | 0,5 | 2 | 12,59 | 0,012717 | 2,543434 | 87,23 | 99,82 |
| | 0,5 | 3 | 37,78 | 0,038162 | 7,632323 | 102,55 | 140,33 |
| | 0,5 | 4 | 3,69 | 0,003727 | 0,745455 | 86,51 | 90,2 |
| | 0,6 | 1 | 0,61 | 0,000616 | 0,102694 | 60,35 | 60,96 |
| | 0,6 | 2 | 27,59 | 0,027869 | 4,644781 | 87,25 | 114,84 |
| | 0,6 | 3 | 43,26 | 0,043697 | 7,282828 | 102,51 | 145,77 |
| | 0,6 | 4 | 6,31 | 0,006374 | 1,06229 | 86,47 | 92,78 |
| | 0,9 | 1 | 1,05 | 0,001061 | 0,117845 | 102,52 | 103,57 |
| | 0,9 | 2 | 24,01 | 0,024253 | 2,694725 | 87,26 | 111,27 |
| | 0,9 | 3 | 95,82 | 0,096788 | 10,75421 | 102,44 | 198,26 |
| | 0,9 | 4 | 28,46 | 0,028747 | 3,194164 | 87,26 | 115,72 |
| | 1,2 | 1 | 8,14 | 0,008222 | 0,685185 | 102,53 | 110,67 |
| | 1,2 | 2 | 101,71 | 0,102737 | 8,561448 | 87,29 | 189 |
| | 1,2 | 3 | 86,59 | 0,087465 | 7,288721 | 102,51 | 189,1 |
| | 1,2 | 4 | 4,15 | 0,004192 | 0,349327 | 87,29 | 91,44 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,02 | 2,02E-05 | 0,006734 | 60,29 | 60,31 |
| | 0,3 | 2 | 2,13 | 0,002152 | 0,717172 | 87,26 | 89,39 |
| | 0,3 | 3 | 34,85 | 0,035202 | 11,73401 | 102,62 | 137,47 |
| | 0,3 | 4 | 0,62 | 0,000626 | 0,208754 | 86,46 | 87,08 |
| | 0,4 | 1 | 0,09 | 9,09E-05 | 0,022727 | 60,28 | 60,37 |
| | 0,4 | 2 | 3,97 | 0,00401 | 1,002525 | 87,29 | 91,26 |
| | 0,4 | 3 | 35,63 | 0,03599 | 8,997475 | 102,54 | 138,17 |
| | 0,4 | 4 | 0,79 | 0,000798 | 0,199495 | 86,51 | 87,3 |
| | 0,5 | 1 | 0,19 | 0,000192 | 0,038384 | 60,29 | 60,48 |
| | 0,5 | 2 | 12,13 | 0,012253 | 2,450505 | 87,29 | 99,42 |
| | 0,5 | 3 | 42,96 | 0,043394 | 8,678788 | 102,63 | 145,59 |
| | 0,5 | 4 | 3,44 | 0,003475 | 0,694949 | 86,47 | 89,91 |
| | 0,6 | 1 | 0,5 | 0,000505 | 0,084175 | 60,31 | 60,81 |
| | 0,6 | 2 | 26,29 | 0,026556 | 4,425926 | 87,28 | 113,57 |
| | 0,6 | 3 | 47,84 | 0,048323 | 8,053872 | 102,62 | 150,46 |
| | 0,6 | 4 | 14,85 | 0,015 | 2,5 | 86,43 | 101,28 |
| | 0,9 | 1 | 1,17 | 0,001182 | 0,131313 | 102,55 | 103,72 |
| | 0,9 | 2 | 22,67 | 0,022899 | 2,544332 | 87,21 | 109,88 |
| | 0,9 | 3 | 94,76 | 0,095717 | 10,63524 | 102,5 | 197,26 |
| | 0,9 | 4 | 29,12 | 0,029414 | 3,268238 | 87,21 | 116,33 |
| 1,2 | 1 | 31,34 | 0,031657 | 2,638047 | 102,55 | 133,89 | |
| 1,2 | 2 | 88,99 | 0,089889 | 7,490741 | 87,27 | 176,26 | |
| 1,2 | 3 | 80,73 | 0,081545 | 6,795455 | 102,53 | 183,26 | |
| 1,2 | 4 | 8,6 | 0,008687 | 0,723906 | 87,31 | 95,91 | |

| Média Injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais | | | | | |
|---|------------|----------|----------|---------------|--------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,020202 | 0,01543 | 11,68462 |
| | 0,3 | 2 | 0,866442 | 0,131715 | |
| | 0,3 | 3 | 10,59708 | 1,36901 | |
| | 0,3 | 4 | 0,200898 | 0,008473 | |
| | 0,4 | 1 | 0,035354 | 0,01577 | 10,65152 |
| | 0,4 | 2 | 1,127104 | 0,149531 | |
| | 0,4 | 3 | 9,191919 | 1,035252 | |
| | 0,4 | 4 | 0,297138 | 0,089007 | |
| | 0,5 | 1 | 0,065993 | 0,044368 | 11,29562 |
| | 0,5 | 2 | 2,137374 | 0,624569 | |
| | 0,5 | 3 | 8,309764 | 0,587463 | |
| | 0,5 | 4 | 0,782492 | 0,110805 | |
| | 0,6 | 1 | 0,112233 | 0,033852 | 13,85185 |
| | 0,6 | 2 | 3,588664 | 1,643361 | |
| | 0,6 | 3 | 8,303591 | 1,165857 | |
| | 0,6 | 4 | 1,847363 | 0,727947 | |
| | 0,9 | 1 | 0,124579 | 0,006734 | 16,75645 |
| | 0,9 | 2 | 2,643472 | 0,085874 | |
| | 0,9 | 3 | 10,6835 | 0,06258 | |
| | 0,9 | 4 | 3,304901 | 0,132916 | |
| 1,2 | 1 | 1,460157 | 1,036906 | 16,96521 | |
| 1,2 | 2 | 7,877946 | 0,593672 | | |
| 1,2 | 3 | 6,869529 | 0,387502 | | |
| 1,2 | 4 | 0,757576 | 0,426083 | | |

Tabela A.5- Resultados das 3 medições e da média entre elas feita para a fração de filme para cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios, $V = 59$ m/s e comprimento da garganta de 100 mm.

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,49 | 0,000495 | 0,164983 | 102,55 | 103,04 |
| | 0,3 | 2 | 2,28 | 0,002303 | 0,767677 | 86,35 | 88,63 |
| | 0,3 | 3 | 31,09 | 0,031404 | 10,46801 | 87,25 | 118,34 |
| | 0,3 | 4 | 0,27 | 0,000273 | 0,090909 | 60,13 | 60,4 |
| | 0,4 | 1 | 1,39 | 0,001404 | 0,35101 | 102,52 | 103,91 |
| | 0,4 | 2 | 2,65 | 0,002677 | 0,669192 | 86,41 | 89,06 |
| | 0,4 | 3 | 33,45 | 0,033788 | 8,44697 | 87,33 | 120,78 |
| | 0,4 | 4 | 1,63 | 0,001646 | 0,411616 | 60,24 | 61,87 |
| | 0,5 | 1 | 0,89 | 0,000899 | 0,179798 | 102,49 | 103,38 |
| | 0,5 | 2 | 3,46 | 0,003495 | 0,69899 | 86,5 | 89,96 |
| | 0,5 | 3 | 30,32 | 0,030626 | 6,125253 | 87,4 | 117,72 |
| | 0,5 | 4 | 4,91 | 0,00496 | 0,991919 | 60,25 | 65,16 |
| | 0,6 | 1 | 0,66 | 0,000667 | 0,111111 | 102,5 | 103,16 |
| | 0,6 | 2 | 4,07 | 0,004111 | 0,685185 | 86,48 | 90,55 |
| | 0,6 | 3 | 31,43 | 0,031747 | 5,291246 | 87,43 | 118,86 |
| | 0,6 | 4 | 12,13 | 0,012253 | 2,042088 | 60,25 | 72,38 |
| | 0,9 | 1 | 1,31 | 0,001323 | 0,147026 | 102,5 | 103,81 |
| | 0,9 | 2 | 6,99 | 0,007061 | 0,784512 | 86,48 | 93,47 |
| | 0,9 | 3 | 69,76 | 0,070465 | 7,829405 | 87,43 | 157,19 |
| | 0,9 | 4 | 39,26 | 0,039657 | 4,406285 | 60,23 | 99,49 |
| 1,2 | 1 | 11,78 | 0,011899 | 0,991582 | 102,51 | 114,29 | |
| 1,2 | 2 | 15,62 | 0,015778 | 1,314815 | 86,49 | 102,11 | |
| 1,2 | 3 | 112,57 | 0,113707 | 9,475589 | 87,34 | 199,91 | |
| 1,2 | 4 | 63,87 | 0,064515 | 5,376263 | 60,28 | 124,15 | |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,64 | 0,000646 | 0,215488 | 102,53 | 103,17 |
| | 0,3 | 2 | 2,13 | 0,002152 | 0,717172 | 86,41 | 88,54 |
| | 0,3 | 3 | 31,47 | 0,031788 | 10,59596 | 87,36 | 118,83 |
| | 0,3 | 4 | 0,33 | 0,000333 | 0,111111 | 60,24 | 60,57 |
| | 0,4 | 1 | 1,36 | 0,001374 | 0,343434 | 102,52 | 103,88 |
| | 0,4 | 2 | 2,69 | 0,002717 | 0,679293 | 86,46 | 89,15 |
| | 0,4 | 3 | 33,89 | 0,034232 | 8,558081 | 87,36 | 121,25 |
| | 0,4 | 4 | 1,45 | 0,001465 | 0,366162 | 60,21 | 61,66 |
| | 0,5 | 1 | 1,05 | 0,001061 | 0,212121 | 102,48 | 103,53 |
| | 0,5 | 2 | 3,32 | 0,003354 | 0,670707 | 86,51 | 89,83 |
| | 0,5 | 3 | 30,68 | 0,03099 | 6,19798 | 87,41 | 118,09 |
| | 0,5 | 4 | 3,94 | 0,00398 | 0,79596 | 60,25 | 64,19 |
| | 0,6 | 1 | 0,69 | 0,000697 | 0,116162 | 102,46 | 103,15 |
| | 0,6 | 2 | 4,03 | 0,004071 | 0,678451 | 86,46 | 90,49 |
| | 0,6 | 3 | 31,61 | 0,031929 | 5,321549 | 87,45 | 119,06 |
| | 0,6 | 4 | 11,55 | 0,011667 | 1,944444 | 60,26 | 71,81 |
| | 0,9 | 1 | 0,96 | 0,00097 | 0,107744 | 102,51 | 103,47 |
| | 0,9 | 2 | 7,07 | 0,007141 | 0,79349 | 86,47 | 93,54 |
| | 0,9 | 3 | 71,68 | 0,072404 | 8,044893 | 87,33 | 159,01 |
| | 0,9 | 4 | 38,43 | 0,038818 | 4,313131 | 60,19 | 98,62 |
| 1,2 | 1 | 11,42 | 0,011535 | 0,961279 | 102,55 | 113,97 | |
| 1,2 | 2 | 15,92 | 0,016081 | 1,340067 | 86,43 | 102,35 | |
| 1,2 | 3 | 113,97 | 0,115121 | 9,593434 | 87,27 | 201,24 | |
| 1,2 | 4 | 64,33 | 0,06498 | 5,414983 | 60,32 | 124,65 | |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 59 | 0,3 | 1 | 1,11 | 0,001121 | 0,373737 | 102,6 | 103,71 |
| | 0,3 | 2 | 2,11 | 0,002131 | 0,710438 | 86,42 | 88,53 |
| | 0,3 | 3 | 32,34 | 0,032667 | 10,88889 | 87,5 | 119,84 |
| | 0,3 | 4 | 0,25 | 0,000253 | 0,084175 | 60,29 | 60,54 |
| | 0,4 | 1 | 1,31 | 0,001323 | 0,330808 | 102,5 | 103,81 |
| | 0,4 | 2 | 2,7 | 0,002727 | 0,681818 | 86,46 | 89,16 |
| | 0,4 | 3 | 34,37 | 0,034717 | 8,679293 | 87,36 | 121,73 |
| | 0,4 | 4 | 1,36 | 0,001374 | 0,343434 | 60,21 | 61,57 |
| | 0,5 | 1 | 0,84 | 0,000848 | 0,169697 | 102,52 | 103,36 |
| | 0,5 | 2 | 3,39 | 0,003424 | 0,684848 | 86,46 | 89,85 |
| | 0,5 | 3 | 30,58 | 0,030889 | 6,177778 | 87,4 | 117,98 |
| | 0,5 | 4 | 4,74 | 0,004788 | 0,957576 | 60,29 | 65,03 |
| | 0,6 | 1 | 0,77 | 0,000778 | 0,12963 | 102,52 | 103,29 |
| | 0,6 | 2 | 3,81 | 0,003848 | 0,641414 | 86,44 | 90,25 |
| | 0,6 | 3 | 30,51 | 0,030818 | 5,136364 | 87,37 | 117,88 |
| | 0,6 | 4 | 10,85 | 0,01096 | 1,826599 | 60,22 | 71,07 |
| | 0,9 | 1 | 0,96 | 0,00097 | 0,107744 | 102,51 | 103,47 |
| | 0,9 | 2 | 7,53 | 0,007606 | 0,845118 | 86,45 | 93,98 |
| | 0,9 | 3 | 74,6 | 0,075354 | 8,372615 | 87,32 | 161,92 |
| | 0,9 | 4 | 39,91 | 0,040313 | 4,479237 | 60,22 | 100,13 |
| 1,2 | 1 | 11,49 | 0,011606 | 0,967172 | 102,5 | 113,99 | |
| 1,2 | 2 | 15,74 | 0,015899 | 1,324916 | 86,46 | 102,2 | |
| 1,2 | 3 | 113,03 | 0,114172 | 9,51431 | 87,27 | 200,3 | |
| 1,2 | 4 | 64,64 | 0,065293 | 5,441077 | 60,38 | 125,02 | |

| Média Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | |
|---|------------|----------|----------|---------------|--------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 59 | 0,3 | 1 | 0,251403 | 0,108913 | 11,72952 |
| | 0,3 | 2 | 0,731762 | 0,031285 | |
| | 0,3 | 3 | 10,65095 | 0,21576 | |
| | 0,3 | 4 | 0,095398 | 0,014018 | |
| | 0,4 | 1 | 0,341751 | 0,010206 | 9,953704 |
| | 0,4 | 2 | 0,676768 | 0,006681 | |
| | 0,4 | 3 | 8,561448 | 0,116198 | |
| | 0,4 | 4 | 0,373737 | 0,034716 | |
| | 0,5 | 1 | 0,187205 | 0,022161 | 7,954209 |
| | 0,5 | 2 | 0,684848 | 0,014141 | |
| | 0,5 | 3 | 6,167003 | 0,037542 | |
| | 0,5 | 4 | 0,915152 | 0,104642 | |
| | 0,6 | 1 | 0,118967 | 0,009573 | 7,974747 |
| | 0,6 | 2 | 0,66835 | 0,023569 | |
| | 0,6 | 3 | 5,249719 | 0,099331 | |
| | 0,6 | 4 | 1,93771 | 0,107902 | |
| | 0,9 | 1 | 0,120838 | 0,022679 | 13,4104 |
| | 0,9 | 2 | 0,807707 | 0,032709 | |
| | 0,9 | 3 | 8,082305 | 0,273531 | |
| | 0,9 | 4 | 4,399551 | 0,083257 | |
| 1,2 | 1 | 0,973345 | 0,016067 | 17,2385 | |
| 1,2 | 2 | 1,326599 | 0,01271 | | |
| 1,2 | 3 | 9,527778 | 0,00,666 | | |
| 1,2 | 4 | 5,410774 | 0,032612 | | |

• $V = 64 \text{ m/s}$ e $Z = 100 \text{ mm}$

Tabela A.6-Resultados das 3 medições feitas e das medias para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício, $V = 64 \text{ m/s}$ e $Z = 100 \text{ mm}$.

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | |
|--|------------|--------|--------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0,16 | 0,000162 | 0,053872 | 102,55 | 102,71 |
| | 0,3 | 2 | 4,59 | 0,004636 | 1,545455 | 87,31 | 91,9 |
| | 0,3 | 3 | 8,22 | 0,008303 | 2,767677 | 102,55 | 110,77 |
| | 0,3 | 4 | 6,16 | 0,006222 | 2,074074 | 87,32 | 93,48 |
| | 0,4 | 1 | 0,06 | 6,06E-05 | 0,015152 | 102,55 | 102,61 |
| | 0,4 | 2 | 14,6 | 0,014747 | 3,686869 | 87,33 | 101,93 |
| | 0,4 | 3 | 32,84 | 0,033172 | 8,292929 | 102,58 | 135,42 |
| | 0,4 | 4 | 13,37 | 0,013505 | 3,376263 | 87,34 | 100,71 |
| | 0,5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,5 | 102,5 |
| | 0,5 | 2 | 23,57 | 0,023808 | 4,761616 | 87,27 | 110,84 |
| | 0,5 | 3 | 105,6 | 0,106667 | 21,33333 | 102,5 | 208,1 |
| | 0,5 | 4 | 16,54 | 0,016707 | 3,341414 | 87,27 | 103,81 |
| | 0,6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,5 | 102,5 |
| | 0,6 | 2 | 26,57 | 0,026838 | 4,473064 | 87,27 | 113,84 |
| | 0,6 | 3 | 175,05 | 0,176818 | 29,4697 | 102,5 | 277,55 |
| | 0,6 | 4 | 12,69 | 0,012818 | 2,136364 | 87,28 | 99,97 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | |
|--|------------|--------|--------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0,25 | 0,000253 | 0,084175 | 60,52 | 60,77 |
| | 0,3 | 2 | 2,7 | 0,002727 | 0,909091 | 87,3 | 90 |
| | 0,3 | 3 | 7,79 | 0,007869 | 2,622896 | 102,64 | 110,43 |
| | 0,3 | 4 | 4,93 | 0,00498 | 1,659933 | 86,64 | 91,57 |
| | 0,4 | 1 | 0,05 | 5,05E-05 | 0,012626 | 60,4 | 60,45 |
| | 0,4 | 2 | 9,02 | 0,009111 | 2,277778 | 87,35 | 96,37 |
| | 0,4 | 3 | 35,85 | 0,036212 | 9,05303 | 102,57 | 138,42 |
| | 0,4 | 4 | 10,18 | 0,010283 | 2,570707 | 86,58 | 96,76 |
| | 0,5 | 1 | 0,02 | 2,02E-05 | 0,00404 | 60,45 | 60,47 |
| | 0,5 | 2 | 9,32 | 0,009414 | 1,882828 | 87,32 | 96,64 |
| | 0,5 | 3 | 106,13 | 0,107202 | 21,4404 | 102,64 | 208,77 |
| | 0,5 | 4 | 7,97 | 0,008051 | 1,610101 | 86,53 | 94,5 |
| | 0,6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 60,42 | 60,42 |
| | 0,6 | 2 | 4,34 | 0,004384 | 0,73064 | 87,33 | 91,67 |
| | 0,6 | 3 | 191,59 | 0,193525 | 32,25421 | 102,55 | 294,14 |
| | 0,6 | 4 | 3,52 | 0,003556 | 0,592593 | 86,54 | 90,06 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | |
|--|------------|--------|--------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0,14 | 0,000141 | 0,047138 | 60,38 | 60,52 |
| | 0,3 | 2 | 4 | 0,00404 | 1,346801 | 87,29 | 91,29 |
| | 0,3 | 3 | 12,36 | 0,012485 | 4,161616 | 102,56 | 114,92 |
| | 0,3 | 4 | 4,48 | 0,004525 | 1,508418 | 86,5 | 90,98 |
| | 0,4 | 1 | 0,02 | 2,02E-05 | 0,005051 | 60,54 | 60,56 |
| | 0,4 | 2 | 8,21 | 0,008293 | 2,073232 | 87,31 | 95,52 |
| | 0,4 | 3 | 42,37 | 0,042798 | 10,69949 | 102,53 | 144,9 |
| | 0,4 | 4 | 7,57 | 0,007646 | 1,911616 | 86,44 | 94,01 |
| | 0,5 | 1 | 0,01 | 1,01E-05 | 0,00202 | 60,41 | 60,42 |
| | 0,5 | 2 | 7,39 | 0,007465 | 1,492929 | 87,31 | 94,7 |
| | 0,5 | 3 | 103,91 | 0,10496 | 20,99192 | 102,66 | 206,57 |
| | 0,5 | 4 | 8,16 | 0,008242 | 1,648485 | 86,67 | 94,83 |
| | 0,6 | 1 | 0,02 | 2,02E-05 | 0,003367 | 60,38 | 60,4 |
| | 0,6 | 2 | 5,5 | 0,005556 | 0,925926 | 87,27 | 92,77 |
| | 0,6 | 3 | 189,5 | 0,191414 | 31,90236 | 102,5 | 292 |
| | 0,6 | 4 | 3,6 | 0,003636 | 0,606061 | 86,58 | 90,18 |

| Média Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | |
|--|------------|--------|----------|---------------|--------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0,061728 | 0,019729 | 6,260382 |
| | 0,3 | 2 | 1,267116 | 0,32558 | |
| | 0,3 | 3 | 3,184063 | 1,253567 | |
| | 0,3 | 4 | 1,747475 | 0,292813 | |
| | 0,4 | 1 | 0,010943 | 0,005257 | 14,65825 |
| | 0,4 | 2 | 2,679293 | 0,878559 | |
| | 0,4 | 3 | 9,348485 | 1,230187 | |
| | 0,4 | 4 | 2,619529 | 0,733543 | |
| | 0,5 | 1 | 0,00202 | 0,00202 | 26,1697 |
| | 0,5 | 2 | 2,712458 | 1,785299 | |
| | 0,5 | 3 | 21,25522 | 0,234224 | |
| | 0,5 | 4 | 2,2 | 0,98868 | |
| | 0,6 | 1 | 0,001122 | 0,001944 | 34,36476 |
| | 0,6 | 2 | 2,04321 | 2,10658 | |
| | 0,6 | 3 | 31,20875 | 1,516308 | |
| | 0,6 | 4 | 1,111672 | 0,887434 | |

Tabela A.7- Resultados das médias feitas das medições para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios, $V = 64$ m/s e $Z = 100$ mm.

| Medição 1: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|---|------------|--------|-------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0,01 | 1,0101E-05 | 0,003367 | 102,47 | 102,48 |
| | 0,3 | 2 | 0,19 | 0,00019192 | 0,063973 | 87,32 | 87,51 |
| | 0,3 | 3 | 41,31 | 0,04172727 | 13,90909 | 102,47 | 143,78 |
| | 0,3 | 4 | 0,09 | 9,0909E-05 | 0,030303 | 87,26 | 87,35 |
| | 0,4 | 1 | 0,3 | 0,00030303 | 0,075758 | 102,49 | 102,79 |
| | 0,4 | 2 | 0,61 | 0,00061616 | 0,15404 | 87,33 | 87,94 |
| | 0,4 | 3 | 53,37 | 0,05390909 | 13,47727 | 102,55 | 155,92 |
| | 0,4 | 4 | 0,58 | 0,00058586 | 0,146465 | 87,34 | 87,92 |
| | 0,5 | 1 | 0,42 | 0,00042424 | 0,084848 | 102,51 | 102,93 |
| | 0,5 | 2 | 1,21 | 0,00122222 | 0,244444 | 87,33 | 88,54 |
| | 0,5 | 3 | 58,58 | 0,05917172 | 11,83434 | 102,57 | 161,15 |
| | 0,5 | 4 | 1,49 | 0,00150505 | 0,30101 | 87,32 | 88,81 |
| | 0,6 | 1 | 0,39 | 0,00039394 | 0,065657 | 102,53 | 102,92 |
| | 0,6 | 2 | 1,81 | 0,00182828 | 0,304714 | 87,29 | 89,1 |
| | 0,6 | 3 | 59,96 | 0,06056566 | 10,09428 | 102,55 | 162,51 |
| | 0,6 | 4 | 2,48 | 0,00250505 | 0,417508 | 87,33 | 89,81 |
| | 0,9 | 1 | 0,93 | 0,00093939 | 0,104377 | 102,47 | 103,4 |
| | 0,9 | 2 | 7,2 | 0,00727273 | 0,808081 | 87,3 | 94,5 |
| | 0,9 | 3 | 61,46 | 0,06208081 | 6,897868 | 102,52 | 163,98 |
| | 0,9 | 4 | 6,39 | 0,00645455 | 0,717172 | 87,27 | 93,66 |
| | 1,2 | 1 | 0,43 | 0,00043434 | 0,036195 | 102,6 | 103,03 |
| | 1,2 | 2 | 19,5 | 0,01969697 | 1,641414 | 87,29 | 106,79 |
| | 1,2 | 3 | 60,11 | 0,06071717 | 5,059764 | 102,55 | 162,66 |
| | 1,2 | 4 | 14,97 | 0,01512121 | 1,260101 | 87,28 | 102,25 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0,09 | 9,0909E-05 | 0,030303 | 60,14 | 60,23 |
| | 0,3 | 2 | 0,77 | 0,00077778 | 0,259259 | 87,23 | 88 |
| | 0,3 | 3 | 41,78 | 0,04220202 | 14,06734 | 102,45 | 144,23 |
| | 0,3 | 4 | 0,13 | 0,00013131 | 0,043771 | 86,33 | 86,46 |
| | 0,4 | 1 | 0,5 | 0,00050505 | 0,126263 | 60,22 | 60,72 |
| | 0,4 | 2 | 1,21 | 0,00122222 | 0,305556 | 87,34 | 88,55 |
| | 0,4 | 3 | 50,01 | 0,05051515 | 12,62879 | 102,5 | 152,51 |
| | 0,4 | 4 | 0,35 | 0,00035354 | 0,088384 | 86,45 | 86,8 |
| | 0,5 | 1 | 0,75 | 0,00075758 | 0,151515 | 60,27 | 61,02 |
| | 0,5 | 2 | 1,62 | 0,00163636 | 0,327273 | 87,35 | 88,97 |
| | 0,5 | 3 | 59,32 | 0,05991919 | 11,98384 | 102,58 | 161,9 |
| | 0,5 | 4 | 1,04 | 0,00105051 | 0,210101 | 86,51 | 87,55 |
| | 0,6 | 1 | 0,77 | 0,00077778 | 0,12963 | 60,3 | 61,07 |
| | 0,6 | 2 | 2,28 | 0,00230303 | 0,383838 | 87,36 | 89,64 |
| | 0,6 | 3 | 59,62 | 0,06022222 | 10,03704 | 102,52 | 162,14 |
| | 0,6 | 4 | 3,55 | 0,00358586 | 0,597643 | 86,5 | 90,05 |
| | 0,9 | 1 | 0,73 | 0,00073737 | 0,08193 | 102,55 | 103,28 |
| | 0,9 | 2 | 6,44 | 0,00650505 | 0,722783 | 87,3 | 93,74 |
| | 0,9 | 3 | 61,83 | 0,06245455 | 6,939394 | 102,54 | 164,37 |
| | 0,9 | 4 | 6,15 | 0,00621212 | 0,690236 | 87,29 | 93,44 |
| 1,2 | 1 | 0,43 | 0,00043434 | 0,036195 | 102,68 | 103,11 | |
| 1,2 | 2 | 19,57 | 0,01976768 | 1,647306 | 87,29 | 106,86 | |
| 1,2 | 3 | 59,69 | 0,06029293 | 5,024411 | 102,65 | 162,34 | |
| 1,2 | 4 | 15,49 | 0,01564646 | 1,303872 | 87,33 | 102,82 | |

| Medição 3: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0,15 | 0,00015152 | 0,050505 | 60,44 | 60,59 |
| | 0,3 | 2 | 0,75 | 0,00075758 | 0,252525 | 87,34 | 88,09 |
| | 0,3 | 3 | 41,94 | 0,04236364 | 14,12121 | 102,51 | 144,45 |
| | 0,3 | 4 | 0,21 | 0,00021212 | 0,070707 | 86,57 | 86,78 |
| | 0,4 | 1 | 0,52 | 0,00052525 | 0,131313 | 60,38 | 60,9 |
| | 0,4 | 2 | 1,19 | 0,00120202 | 0,300505 | 87,4 | 88,59 |
| | 0,4 | 3 | 52,34 | 0,05286869 | 13,21717 | 102,57 | 154,91 |
| | 0,4 | 4 | 0,78 | 0,00078788 | 0,19697 | 86,57 | 87,35 |
| | 0,5 | 1 | 0,8 | 0,00080808 | 0,161616 | 60,32 | 61,12 |
| | 0,5 | 2 | 1,67 | 0,00168687 | 0,337374 | 87,35 | 89,02 |
| | 0,5 | 3 | 60,12 | 0,06072727 | 12,14545 | 102,55 | 162,67 |
| | 0,5 | 4 | 1,94 | 0,0019596 | 0,391919 | 86,59 | 88,53 |
| | 0,6 | 1 | 0,78 | 0,00078788 | 0,131313 | 60,32 | 61,1 |
| | 0,6 | 2 | 2,03 | 0,00205051 | 0,341751 | 87,35 | 89,38 |
| | 0,6 | 3 | 61,86 | 0,06248485 | 10,41414 | 102,59 | 164,45 |
| | 0,6 | 4 | 2,65 | 0,00267677 | 0,446128 | 86,54 | 89,19 |
| | 0,9 | 1 | 0,54 | 0,00054545 | 0,060606 | 102,58 | 103,12 |
| | 0,9 | 2 | 7,13 | 0,00720202 | 0,800224 | 87,3 | 94,43 |
| | 0,9 | 3 | 62,58 | 0,06321212 | 7,023569 | 102,55 | 165,13 |
| | 0,9 | 4 | 6,41 | 0,00647475 | 0,719416 | 87,36 | 93,77 |
| 1,2 | 1 | 0,52 | 0,00052525 | 0,043771 | 102,6 | 103,12 | |
| 1,2 | 2 | 19,25 | 0,01944444 | 1,62037 | 87,31 | 106,56 | |
| 1,2 | 3 | 60,16 | 0,06076768 | 5,063973 | 102,59 | 162,75 | |
| 1,2 | 4 | 15,12 | 0,01527273 | 1,272727 | 87,29 | 102,41 | |

| Média Injeção de líquido feita pelos 4 orifício | | | | | |
|--|------------|----------|----------|---------------|--------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 4 | 0,3 | 1 | 0,028058 | 0,023649 | 14,30079 |
| | 0,3 | 2 | 0,191919 | 0,110856 | |
| | 0,3 | 3 | 14,03255 | 0,110258 | |
| | 0,3 | 4 | 0,04826 | 0,020573 | |
| | 0,4 | 1 | 0,111111 | 0,030721 | 13,61616 |
| | 0,4 | 2 | 0,253367 | 0,086056 | |
| | 0,4 | 3 | 13,10774 | 0,434698 | |
| | 0,4 | 4 | 0,143939 | 0,054337 | |
| | 0,5 | 1 | 0,13266 | 0,041713 | 12,72458 |
| | 0,5 | 2 | 0,30303 | 0,050988 | |
| | 0,5 | 3 | 11,98788 | 0,155595 | |
| | 0,5 | 4 | 0,30101 | 0,090909 | |
| | 0,6 | 1 | 0,108866 | 0,03743 | 11,12121 |
| | 0,6 | 2 | 0,343434 | 0,039589 | |
| | 0,6 | 3 | 10,18182 | 0,203223 | |
| | 0,6 | 4 | 0,487093 | 0,096803 | |
| | 0,9 | 1 | 0,082305 | 0,021888 | 8,521886 |
| | 0,9 | 2 | 0,77703 | 0,047143 | |
| | 0,9 | 3 | 6,95361 | 0,064045 | |
| | 0,9 | 4 | 0,708941 | 0,016238 | |
| 1,2 | 1 | 0,038721 | 0,004374 | 8,003367 | |
| 1,2 | 2 | 1,636364 | 0,01416 | | |
| 1,2 | 3 | 5,049383 | 0,021728 | | |
| 1,2 | 4 | 1,2789 | 0,022529 | | |

Tabela A.8- Resultados das médias feitas das medições para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais, $V = 64$ m/s e $Z=100$ mm.

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais | | | | | | | |
|---|------------|--------|--------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0,44 | 0,000444 | 0,148148 | 102,51 | 102,95 |
| | 0,3 | 2 | 0,54 | 0,000545 | 0,181818 | 87,36 | 87,9 |
| | 0,3 | 3 | 14,87 | 0,01502 | 5,006734 | 102,57 | 117,44 |
| | 0,3 | 4 | 0,79 | 0,000798 | 0,265993 | 87,35 | 88,14 |
| | 0,4 | 1 | 0,41 | 0,000414 | 0,103535 | 102,5 | 102,91 |
| | 0,4 | 2 | 2,23 | 0,002253 | 0,563131 | 87,37 | 89,6 |
| | 0,4 | 3 | 14,5 | 0,014646 | 3,661616 | 102,57 | 117,07 |
| | 0,4 | 4 | 2,15 | 0,002172 | 0,542929 | 87,35 | 89,5 |
| | 0,5 | 1 | 0,3 | 0,000303 | 0,060606 | 102,54 | 102,84 |
| | 0,5 | 2 | 5,36 | 0,005414 | 1,082828 | 87,37 | 92,73 |
| | 0,5 | 3 | 11,81 | 0,011929 | 2,385859 | 102,56 | 114,37 |
| | 0,5 | 4 | 5,9 | 0,00596 | 1,191919 | 87,35 | 93,25 |
| | 0,6 | 1 | 0,24 | 0,000242 | 0,040404 | 102,51 | 102,75 |
| | 0,6 | 2 | 9,9 | 0,01 | 1,666667 | 87,31 | 97,21 |
| | 0,6 | 3 | 13,75 | 0,013889 | 2,314815 | 102,56 | 116,31 |
| | 0,6 | 4 | 11,41 | 0,011525 | 1,920875 | 87,31 | 98,72 |
| | 0,9 | 1 | 11,84 | 0,01196 | 1,328844 | 102,65 | 114,49 |
| | 0,9 | 2 | 35,95 | 0,036313 | 4,034792 | 87,34 | 123,29 |
| | 0,9 | 3 | 68,66 | 0,069354 | 7,705948 | 102,56 | 171,22 |
| | 0,9 | 4 | 29,46 | 0,029758 | 3,306397 | 87,29 | 116,75 |
| | 1,2 | 1 | 37,25 | 0,037626 | 3,135522 | 102,69 | 139,94 |
| | 1,2 | 2 | 69,62 | 0,070323 | 5,860269 | 87,39 | 157,01 |
| | 1,2 | 3 | 121,14 | 0,122364 | 10,19697 | 102,63 | 223,77 |
| | 1,2 | 4 | 38,81 | 0,039202 | 3,266835 | 87,35 | 126,16 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0,59 | 0,000596 | 0,198653 | 60,3 | 60,89 |
| | 0,3 | 2 | 0,09 | 9,09E-05 | 0,030303 | 87,34 | 87,43 |
| | 0,3 | 3 | 21,5 | 0,021717 | 7,239057 | 102,53 | 124,03 |
| | 0,3 | 4 | 0,7 | 0,000707 | 0,23569 | 86,58 | 87,28 |
| | 0,4 | 1 | 0,54 | 0,000545 | 0,136364 | 60,33 | 60,87 |
| | 0,4 | 2 | 0,61 | 0,000616 | 0,15404 | 87,33 | 87,94 |
| | 0,4 | 3 | 18,45 | 0,018636 | 4,659091 | 102,52 | 120,97 |
| | 0,4 | 4 | 2,56 | 0,002586 | 0,646465 | 86,61 | 89,17 |
| | 0,5 | 1 | 0,28 | 0,000283 | 0,056566 | 60,39 | 60,67 |
| | 0,5 | 2 | 5,39 | 0,005444 | 1,088889 | 87,34 | 92,73 |
| | 0,5 | 3 | 18,11 | 0,018293 | 3,658586 | 102,52 | 120,63 |
| | 0,5 | 4 | 5,98 | 0,00604 | 1,208081 | 86,64 | 92,62 |
| | 0,6 | 1 | 0,33 | 0,000333 | 0,055556 | 60,44 | 60,77 |
| | 0,6 | 2 | 11,26 | 0,011374 | 1,895623 | 87,31 | 98,57 |
| | 0,6 | 3 | 33,79 | 0,034131 | 5,688552 | 102,53 | 136,32 |
| | 0,6 | 4 | 11,42 | 0,011535 | 1,922559 | 86,58 | 98 |
| | 0,9 | 1 | 10,87 | 0,01098 | 1,219978 | 102,61 | 113,48 |
| | 0,9 | 2 | 37,79 | 0,038172 | 4,241302 | 87,34 | 125,13 |
| | 0,9 | 3 | 73,11 | 0,073848 | 8,205387 | 102,61 | 175,72 |
| | 0,9 | 4 | 30,57 | 0,030879 | 3,430976 | 87,33 | 117,9 |
| 1,2 | 1 | 38,97 | 0,039364 | 3,280303 | 102,61 | 141,58 | |
| 1,2 | 2 | 68,08 | 0,068768 | 5,73064 | 87,37 | 155,45 | |
| 1,2 | 3 | 118,48 | 0,119677 | 9,973064 | 102,52 | 221 | |
| 1,2 | 4 | 38,97 | 0,039364 | 3,280303 | 87,32 | 126,29 | |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0,57 | 0,000576 | 0,191919 | 60,45 | 61,02 |
| | 0,3 | 2 | 0,58 | 0,000586 | 0,195286 | 87,32 | 87,9 |
| | 0,3 | 3 | 19,54 | 0,019737 | 6,579125 | 102,5 | 122,04 |
| | 0,3 | 4 | 0,38 | 0,000384 | 0,127946 | 86,51 | 86,89 |
| | 0,4 | 1 | 0,4 | 0,000404 | 0,10101 | 60,63 | 61,03 |
| | 0,4 | 2 | 2,08 | 0,002101 | 0,525253 | 87,29 | 89,37 |
| | 0,4 | 3 | 20,14 | 0,020343 | 5,085859 | 102,54 | 122,68 |
| | 0,4 | 4 | 2,01 | 0,00203 | 0,507576 | 86,67 | 88,68 |
| | 0,5 | 1 | 0,4 | 0,000404 | 0,080808 | 60,41 | 60,81 |
| | 0,5 | 2 | 7,03 | 0,007101 | 1,420202 | 87,32 | 94,35 |
| | 0,5 | 3 | 21,43 | 0,021646 | 4,329293 | 102,57 | 124 |
| | 0,5 | 4 | 7,17 | 0,007242 | 1,448485 | 86,56 | 93,73 |
| | 0,6 | 1 | 0,38 | 0,000384 | 0,063973 | 60,54 | 60,92 |
| | 0,6 | 2 | 15,71 | 0,015869 | 2,644781 | 87,34 | 103,05 |
| | 0,6 | 3 | 34,96 | 0,035313 | 5,885522 | 102,55 | 137,51 |
| | 0,6 | 4 | 11,74 | 0,011859 | 1,976431 | 86,69 | 98,43 |
| | 0,9 | 1 | 11,29 | 0,011404 | 1,267116 | 102,72 | 114,01 |
| | 0,9 | 2 | 36,81 | 0,037182 | 4,131313 | 87,34 | 124,15 |
| | 0,9 | 3 | 73,77 | 0,074515 | 8,279461 | 102,62 | 176,39 |
| | 0,9 | 4 | 30,58 | 0,030889 | 3,432099 | 87,36 | 117,94 |
| 1,2 | 1 | 39,82 | 0,040222 | 3,351852 | 102,74 | 142,56 | |
| 1,2 | 2 | 73,06 | 0,073798 | 6,149832 | 87,42 | 160,48 | |
| 1,2 | 3 | 126,14 | 0,127414 | 10,61785 | 102,62 | 228,76 | |
| 1,2 | 4 | 39,96 | 0,040364 | 3,363636 | 87,4 | 127,36 | |

| Média | | | | | |
|--|------------|----------|----------|---------------|--------------|
| Injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais | | | | | |
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0,179574 | 0,027423 | 6,800224 |
| | 0,3 | 2 | 0,135802 | 0,091613 | |
| | 0,3 | 3 | 6,274972 | 1,146821 | |
| | 0,3 | 4 | 0,209877 | 0,072554 | |
| | 0,4 | 1 | 0,113636 | 0,019723 | 5,56229 |
| | 0,4 | 2 | 0,414141 | 0,226049 | |
| | 0,4 | 3 | 4,468855 | 0,73093 | |
| | 0,4 | 4 | 0,565657 | 0,07218 | |
| | 0,5 | 1 | 0,065993 | 0,012988 | 6,00404 |
| | 0,5 | 2 | 1,197306 | 0,193057 | |
| | 0,5 | 3 | 3,457912 | 0,987136 | |
| | 0,5 | 4 | 1,282828 | 0,14369 | |
| | 0,6 | 1 | 0,053311 | 0,011944 | 8,691919 |
| | 0,6 | 2 | 2,069024 | 0,511593 | |
| | 0,6 | 3 | 4,62963 | 2,007106 | |
| | 0,6 | 4 | 1,939955 | 0,0316 | |
| | 0,9 | 1 | 1,271979 | 0,054596 | 16,8612 |
| | 0,9 | 2 | 4,135802 | 0,103328 | |
| | 0,9 | 3 | 8,063599 | 0,311941 | |
| | 0,9 | 4 | 3,389824 | 0,072252 | |
| 1,2 | 1 | 3,255892 | 0,110212 | 22,73569 | |
| 1,2 | 2 | 5,91358 | 0,214621 | | |
| 1,2 | 3 | 10,26263 | 0,327366 | | |
| 1,2 | 4 | 3,303591 | 0,052435 | | |

Tabela A.9- Resultados das médias feitas das medições para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais, $V = 64$ m/s e $Z = 100$ mm.

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0,01 | 1,01E-05 | 0,003367 | 86,36 | 86,37 |
| | 0,3 | 2 | 0,22 | 0,000222 | 0,074074 | 60,21 | 60,43 |
| | 0,3 | 3 | 41,19 | 0,041606 | 13,86869 | 86,33 | 127,52 |
| | 0,3 | 4 | 0,21 | 0,000212 | 0,070707 | 60,18 | 60,39 |
| | 0,4 | 1 | 0,01 | 1,01E-05 | 0,002525 | 86,47 | 86,48 |
| | 0,4 | 2 | 0,43 | 0,000434 | 0,108586 | 60,24 | 60,67 |
| | 0,4 | 3 | 39,71 | 0,040111 | 10,02778 | 86,44 | 126,15 |
| | 0,4 | 4 | 0,57 | 0,000576 | 0,143939 | 60,24 | 60,81 |
| | 0,5 | 1 | 0,16 | 0,000162 | 0,032323 | 86,53 | 86,69 |
| | 0,5 | 2 | 0,67 | 0,000677 | 0,135354 | 60,29 | 60,96 |
| | 0,5 | 3 | 40,58 | 0,04099 | 8,19798 | 86,52 | 127,1 |
| | 0,5 | 4 | 1,34 | 0,001354 | 0,270707 | 60,21 | 61,55 |
| | 0,6 | 1 | 0,27 | 0,000273 | 0,045455 | 86,51 | 86,78 |
| | 0,6 | 2 | 1,23 | 0,001242 | 0,207071 | 60,25 | 61,48 |
| | 0,6 | 3 | 48,37 | 0,048859 | 8,143098 | 86,49 | 134,86 |
| | 0,6 | 4 | 2,07 | 0,002091 | 0,348485 | 60,26 | 62,33 |
| | 0,9 | 1 | 2,92 | 0,002949 | 0,327722 | 102,7 | 105,62 |
| | 0,9 | 2 | 37,39 | 0,037768 | 4,196409 | 87,39 | 124,78 |
| | 0,9 | 3 | 46,26 | 0,046727 | 5,191919 | 102,63 | 148,89 |
| | 0,9 | 4 | 7,42 | 0,007495 | 0,832772 | 87,38 | 94,8 |
| 1,2 | 1 | 8,1 | 0,008182 | 0,681818 | 102,8 | 110,9 | |
| 1,2 | 2 | 31,17 | 0,031485 | 2,623737 | 87,4 | 118,57 | |
| 1,2 | 3 | 44,4 | 0,044848 | 3,737374 | 102,64 | 147,04 | |
| 1,2 | 4 | 4,24 | 0,004283 | 0,356902 | 87,41 | 91,65 | |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 86,63 | 86,63 |
| | 0,3 | 2 | 0,21 | 0,000212 | 0,070707 | 60,2 | 60,41 |
| | 0,3 | 3 | 43,88 | 0,044323 | 14,77441 | 86,51 | 130,39 |
| | 0,3 | 4 | 0,3 | 0,000303 | 0,10101 | 60,24 | 60,54 |
| | 0,4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 86,53 | 86,53 |
| | 0,4 | 2 | 0,36 | 0,000364 | 0,090909 | 60,28 | 60,64 |
| | 0,4 | 3 | 42,39 | 0,042818 | 10,70455 | 86,56 | 128,95 |
| | 0,4 | 4 | 0,76 | 0,000768 | 0,191919 | 60,24 | 61 |
| | 0,5 | 1 | 0,04 | 4,04E-05 | 0,008081 | 86,95 | 86,99 |
| | 0,5 | 2 | 0,53 | 0,000535 | 0,107071 | 60,28 | 60,81 |
| | 0,5 | 3 | 43,3 | 0,043737 | 8,747475 | 86,61 | 129,91 |
| | 0,5 | 4 | 1,36 | 0,001374 | 0,274747 | 60,3 | 61,66 |
| | 0,6 | 1 | 0,29 | 0,000293 | 0,048822 | 86,6 | 86,89 |
| | 0,6 | 2 | 1,06 | 0,001071 | 0,178451 | 60,26 | 61,32 |
| | 0,6 | 3 | 47,76 | 0,048242 | 8,040404 | 86,55 | 134,31 |
| | 0,6 | 4 | 1,85 | 0,001869 | 0,311448 | 60,26 | 62,11 |
| | 0,9 | 1 | 2,48 | 0,002505 | 0,278339 | 102,79 | 105,27 |
| | 0,9 | 2 | 38,31 | 0,038697 | 4,299663 | 87,36 | 125,67 |
| | 0,9 | 3 | 48,19 | 0,048677 | 5,40853 | 102,75 | 150,94 |
| | 0,9 | 4 | 7,59 | 0,007667 | 0,851852 | 87,3 | 94,89 |
| 1,2 | 1 | 8,76 | 0,008848 | 0,737374 | 102,74 | 111,5 | |
| 1,2 | 2 | 31,31 | 0,031626 | 2,635522 | 87,31 | 118,62 | |
| 1,2 | 3 | 44,89 | 0,045343 | 3,77862 | 102,58 | 147,47 | |
| 1,2 | 4 | 4,14 | 0,004182 | 0,348485 | 87,33 | 91,47 | |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 86,62 | 86,62 |
| | 0,3 | 2 | 0,24 | 0,000242 | 0,080808 | 60,24 | 60,48 |
| | 0,3 | 3 | 44,16 | 0,044606 | 14,86869 | 86,48 | 130,64 |
| | 0,3 | 4 | 0,33 | 0,000333 | 0,111111 | 60,21 | 60,54 |
| | 0,4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 86,57 | 86,57 |
| | 0,4 | 2 | 0,34 | 0,000343 | 0,085859 | 60,24 | 60,58 |
| | 0,4 | 3 | 43,05 | 0,043485 | 10,87121 | 86,48 | 129,53 |
| | 0,4 | 4 | 0,71 | 0,000717 | 0,179293 | 60,23 | 60,94 |
| | 0,5 | 1 | 0,04 | 4,04E-05 | 0,008081 | 86,6 | 86,64 |
| | 0,5 | 2 | 0,8 | 0,000808 | 0,161616 | 60,14 | 60,94 |
| | 0,5 | 3 | 43,11 | 0,043545 | 8,709091 | 86,63 | 129,74 |
| | 0,5 | 4 | 1,12 | 0,001131 | 0,226263 | 60,57 | 61,69 |
| | 0,6 | 1 | 0,29 | 0,000293 | 0,048822 | 86,51 | 86,8 |
| | 0,6 | 2 | 1,29 | 0,001303 | 0,217172 | 60,21 | 61,5 |
| | 0,6 | 3 | 49,37 | 0,049869 | 8,311448 | 86,63 | 136 |
| | 0,6 | 4 | 1,47 | 0,001485 | 0,247475 | 60,24 | 61,71 |
| | 0,9 | 1 | 2,7 | 0,002727 | 0,30303 | 103,01 | 105,71 |
| | 0,9 | 2 | 39,05 | 0,039444 | 4,382716 | 87,4 | 126,45 |
| | 0,9 | 3 | 47,99 | 0,048475 | 5,386083 | 102,67 | 150,66 |
| | 0,9 | 4 | 7,38 | 0,007455 | 0,828283 | 87,35 | 94,73 |
| 1,2 | 1 | 8,11 | 0,008192 | 0,68266 | 102,75 | 110,86 | |
| 1,2 | 2 | 31,41 | 0,031727 | 2,643939 | 87,33 | 118,74 | |
| 1,2 | 3 | 44,71 | 0,045162 | 3,763468 | 102,54 | 147,25 | |
| 1,2 | 4 | 4,45 | 0,004495 | 0,374579 | 87,32 | 91,77 | |

| Média | | | | | |
|---|-------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------------|
| Injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais | | | | | |
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0,001122 | 0,001944 | 14,67452 |
| | 0,3 | 2 | 0,075196 | 0,005143 | |
| | 0,3 | 3 | 14,50393 | 0,552151 | |
| | 0,3 | 4 | 0,094276 | 0,021027 | |
| | 0,4 | 1 | 0,000842 | 0,001458 | 10,80219 |
| | 0,4 | 2 | 0,095118 | 0,011934 | |
| | 0,4 | 3 | 10,53451 | 0,446687 | |
| | 0,4 | 4 | 0,171717 | 0,024871 | |
| | 0,5 | 1 | 0,016162 | 0,013996 | 8,959596 |
| | 0,5 | 2 | 0,13468 | 0,027279 | |
| | 0,5 | 3 | 8,551515 | 0,306772 | |
| | 0,5 | 4 | 0,257239 | 0,026902 | |
| | 0,6 | 1 | 0,047699 | 0,001944 | 8,716049 |
| | 0,6 | 2 | 0,200898 | 0,020085 | |
| | 0,6 | 3 | 8,164983 | 0,136841 | |
| | 0,6 | 4 | 0,302469 | 0,0511 | |
| | 0,9 | 1 | 0,30303 | 0,024691 | 10,76244 |
| | 0,9 | 2 | 4,292929 | 0,093336 | |
| | 0,9 | 3 | 5,328844 | 0,11911 | |
| | 0,9 | 4 | 0,837636 | 0,012515 | |
| 1,2 | 1 | 0,700617 | 0,031835 | 7,454826 | |
| 1,2 | 2 | 2,6344 | 0,010148 | | |
| 1,2 | 3 | 3,75982 | 0,020863 | | |
| 1,2 | 4 | 0,359989 | 0,013318 | | |

Tabela A.10- Resultados das médias feitas das medições para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios, $V = 64$ m/s e $Z = 100$ mm.

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0,37 | 0,000374 | 0,124579 | 102,62 | 102,99 |
| | 0,3 | 2 | 0,19 | 0,000192 | 0,063973 | 87,36 | 87,55 |
| | 0,3 | 3 | 29,18 | 0,029475 | 9,824916 | 102,58 | 131,76 |
| | 0,3 | 4 | 0,25 | 0,000253 | 0,084175 | 87,35 | 87,6 |
| | 0,4 | 1 | 0,49 | 0,000495 | 0,123737 | 102,64 | 103,13 |
| | 0,4 | 2 | 0,42 | 0,000424 | 0,106061 | 87,29 | 87,71 |
| | 0,4 | 3 | 37,79 | 0,038172 | 9,542929 | 102,58 | 140,37 |
| | 0,4 | 4 | 0,9 | 0,000909 | 0,227273 | 87,32 | 88,22 |
| | 0,5 | 1 | 0,46 | 0,000465 | 0,092929 | 102,67 | 103,13 |
| | 0,5 | 2 | 0,68 | 0,000687 | 0,137374 | 87,34 | 88,02 |
| | 0,5 | 3 | 37,86 | 0,038242 | 7,648485 | 102,65 | 140,51 |
| | 0,5 | 4 | 3,62 | 0,003657 | 0,731313 | 87,34 | 90,96 |
| | 0,6 | 1 | 0,49 | 0,000495 | 0,082492 | 102,61 | 103,1 |
| | 0,6 | 2 | 1,1 | 0,001111 | 0,185185 | 86,4 | 87,5 |
| | 0,6 | 3 | 37,99 | 0,038374 | 6,395623 | 87,44 | 125,43 |
| | 0,6 | 4 | 7,32 | 0,007394 | 1,232323 | 60,29 | 67,61 |
| | 0,9 | 1 | 0,3 | 0,000303 | 0,03367 | 102,6 | 102,9 |
| | 0,9 | 2 | 2,36 | 0,002384 | 0,264871 | 86,51 | 88,87 |
| | 0,9 | 3 | 50,67 | 0,051182 | 5,686869 | 87,42 | 138,09 |
| | 0,9 | 4 | 33,79 | 0,034131 | 3,792368 | 60,34 | 94,13 |
| | 1,2 | 1 | 0,67 | 0,000677 | 0,056397 | 102,63 | 103,3 |
| | 1,2 | 2 | 11,54 | 0,011657 | 0,97138 | 86,48 | 98,02 |
| | 1,2 | 3 | 81,31 | 0,082131 | 6,844276 | 87,47 | 168,78 |
| | 1,2 | 4 | 61,59 | 0,062212 | 5,184343 | 60,3 | 121,89 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0,36 | 0,000364 | 0,121212 | 102,65 | 103,01 |
| | 0,3 | 2 | 0,2 | 0,000202 | 0,06734 | 87,34 | 87,54 |
| | 0,3 | 3 | 30,82 | 0,031131 | 10,3771 | 102,59 | 133,41 |
| | 0,3 | 4 | 0,25 | 0,000253 | 0,084175 | 87,36 | 87,61 |
| | 0,4 | 1 | 0,5 | 0,000505 | 0,126263 | 102,57 | 103,07 |
| | 0,4 | 2 | 0,42 | 0,000424 | 0,106061 | 87,34 | 87,76 |
| | 0,4 | 3 | 37,71 | 0,038091 | 9,522727 | 102,63 | 140,34 |
| | 0,4 | 4 | 0,73 | 0,000737 | 0,184343 | 87,35 | 88,08 |
| | 0,5 | 1 | 0,46 | 0,000465 | 0,092929 | 102,81 | 103,27 |
| | 0,5 | 2 | 0,67 | 0,000677 | 0,135354 | 86,39 | 87,06 |
| | 0,5 | 3 | 38,2 | 0,038586 | 7,717172 | 87,36 | 125,56 |
| | 0,5 | 4 | 3,46 | 0,003495 | 0,69899 | 60,14 | 63,6 |
| | 0,6 | 1 | 0,42 | 0,000424 | 0,070707 | 102,65 | 103,07 |
| | 0,6 | 2 | 1,04 | 0,001051 | 0,175084 | 86,52 | 87,56 |
| | 0,6 | 3 | 38 | 0,038384 | 6,397306 | 87,47 | 125,47 |
| | 0,6 | 4 | 7,54 | 0,007616 | 1,26936 | 60,31 | 67,85 |
| | 0,9 | 1 | 0,3 | 0,000303 | 0,03367 | 102,58 | 102,88 |
| | 0,9 | 2 | 4,93 | 0,00498 | 0,553311 | 86,56 | 91,49 |
| | 0,9 | 3 | 50,79 | 0,051303 | 5,700337 | 87,37 | 138,16 |
| | 0,9 | 4 | 33,97 | 0,034313 | 3,81257 | 60,33 | 94,3 |
| 1,2 | 1 | 0,6 | 0,000606 | 0,050505 | 102,63 | 103,23 | |
| 1,2 | 2 | 11,17 | 0,011283 | 0,940236 | 86,62 | 97,79 | |
| 1,2 | 3 | 82,16 | 0,08299 | 6,915825 | 87,42 | 169,58 | |
| 1,2 | 4 | 61,13 | 0,061747 | 5,145623 | 60,32 | 121,45 | |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0,35 | 0,000354 | 0,117845 | 102,77 | 103,12 |
| | 0,3 | 2 | 0,19 | 0,000192 | 0,063973 | 87,4 | 87,59 |
| | 0,3 | 3 | 29,89 | 0,030192 | 10,06397 | 102,69 | 132,58 |
| | 0,3 | 4 | 0,25 | 0,000253 | 0,084175 | 87,36 | 87,61 |
| | 0,4 | 1 | 0,44 | 0,000444 | 0,111111 | 102,65 | 103,09 |
| | 0,4 | 2 | 0,39 | 0,000394 | 0,098485 | 87,32 | 87,71 |
| | 0,4 | 3 | 37,51 | 0,037889 | 9,472222 | 102,59 | 140,1 |
| | 0,4 | 4 | 0,73 | 0,000737 | 0,184343 | 87,31 | 88,04 |
| | 0,5 | 1 | 0,48 | 0,000485 | 0,09697 | 102,64 | 103,12 |
| | 0,5 | 2 | 0,67 | 0,000677 | 0,135354 | 86,44 | 87,11 |
| | 0,5 | 3 | 38,01 | 0,038394 | 7,678788 | 87,41 | 125,42 |
| | 0,5 | 4 | 3,22 | 0,003253 | 0,650505 | 60,26 | 63,48 |
| | 0,6 | 1 | 0,46 | 0,000465 | 0,077441 | 102,57 | 103,03 |
| | 0,6 | 2 | 1,04 | 0,001051 | 0,175084 | 86,52 | 87,56 |
| | 0,6 | 3 | 38,08 | 0,038465 | 6,410774 | 87,34 | 125,42 |
| | 0,6 | 4 | 7,16 | 0,007232 | 1,205387 | 60,28 | 67,44 |
| | 0,9 | 1 | 0,3 | 0,000303 | 0,03367 | 102,65 | 102,95 |
| | 0,9 | 2 | 5,01 | 0,005061 | 0,56229 | 86,5 | 91,51 |
| | 0,9 | 3 | 51,49 | 0,05201 | 5,7789 | 87,4 | 138,89 |
| | 0,9 | 4 | 33,94 | 0,034283 | 3,809203 | 60,34 | 94,28 |
| 1,2 | 1 | 0,67 | 0,000677 | 0,056397 | 102,61 | 103,28 | |
| 1,2 | 2 | 11,67 | 0,011788 | 0,982323 | 86,63 | 98,3 | |
| 1,2 | 3 | 82,62 | 0,083455 | 6,954545 | 87,38 | 170 | |
| 1,2 | 4 | 60,33 | 0,060939 | 5,078283 | 60,31 | 120,64 | |

| Média | | | | | |
|--|------------|----------|----------|---------------|--------------|
| Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | |
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 64 | 0,3 | 1 | 0,121212 | 0,003367 | 10,35915 |
| | 0,3 | 2 | 0,065095 | 0,001944 | |
| | 0,3 | 3 | 10,08866 | 0,276921 | |
| | 0,3 | 4 | 0,084175 | 0 | |
| | 0,4 | 1 | 0,12037 | 0,008118 | 9,935185 |
| | 0,4 | 2 | 0,103535 | 0,004374 | |
| | 0,4 | 3 | 9,512626 | 0,03642 | |
| | 0,4 | 4 | 0,198653 | 0,024785 | |
| | 0,5 | 1 | 0,094276 | 0,002333 | 8,605387 |
| | 0,5 | 2 | 0,136027 | 0,001166 | |
| | 0,5 | 3 | 7,681481 | 0,034423 | |
| | 0,5 | 4 | 0,693603 | 0,040673 | |
| | 0,6 | 1 | 0,07688 | 0,005912 | 7,892256 |
| | 0,6 | 2 | 0,178451 | 0,005832 | |
| | 0,6 | 3 | 6,401235 | 0,008305 | |
| | 0,6 | 4 | 1,23569 | 0,032119 | |
| | 0,9 | 1 | 0,03367 | 9,21E-16 | 10,02058 |
| | 0,9 | 2 | 0,460157 | 0,169182 | |
| | 0,9 | 3 | 5,722035 | 0,049705 | |
| | 0,9 | 4 | 3,804714 | 0,010823 | |
| 1,2 | 1 | 0,054433 | 0,003402 | 13,00,64 | |
| 1,2 | 2 | 0,964646 | 0,021837 | | |
| 1,2 | 3 | 6,904882 | 0,055943 | | |
| 1,2 | 4 | 5,136083 | 0,05367 | | |

• V = 69 m/s e Z = 100 mm

Tabela A.11-Resultados das 3 medições feitas e da média para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício, V = 69 m/s e Z = 100 mm.

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | |
|--|------------|--------|--------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0,3 | 0,000303 | 0,10101 | 102,62 | 102,92 |
| | 0,3 | 2 | 3,2 | 0,003232 | 1,077441 | 87,27 | 90,47 |
| | 0,3 | 3 | 5,5 | 0,005556 | 1,851852 | 102,53 | 108,03 |
| | 0,3 | 4 | 4,19 | 0,004232 | 1,410774 | 87,28 | 91,47 |
| | 0,4 | 1 | 0,1 | 0,000101 | 0,025253 | 102,54 | 102,64 |
| | 0,4 | 2 | 7,46 | 0,007535 | 1,883838 | 87,3 | 94,76 |
| | 0,4 | 3 | 26,24 | 0,026505 | 6,626263 | 102,58 | 128,82 |
| | 0,4 | 4 | 10,01 | 0,010111 | 2,527778 | 87,35 | 97,36 |
| | 0,5 | 1 | 0,03 | 3,03E-05 | 0,006061 | 102,58 | 102,61 |
| | 0,5 | 2 | 14,52 | 0,014667 | 2,933333 | 87,33 | 101,85 |
| | 0,5 | 3 | 61,63 | 0,062253 | 12,45051 | 102,58 | 164,21 |
| | 0,5 | 4 | 13,65 | 0,013788 | 2,757576 | 87,3 | 100,95 |
| | 0,6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,62 | 102,62 |
| | 0,6 | 2 | 13,53 | 0,013667 | 2,277778 | 87,32 | 100,85 |
| | 0,6 | 3 | 121,95 | 0,123182 | 20,5303 | 102,59 | 224,54 |
| | 0,6 | 4 | 7,34 | 0,007414 | 1,23569 | 87,31 | 94,65 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | |
|---|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0,35 | 0,000354 | 0,117845 | 102,56 | 102,91 |
| | 0,3 | 2 | 3,23 | 0,003263 | 1,087542 | 87,21 | 90,44 |
| | 0,3 | 3 | 7,69 | 0,007768 | 2,589226 | 102,56 | 110,25 |
| | 0,3 | 4 | 3,13 | 0,003162 | 1,053872 | 87,26 | 90,39 |
| | 0,4 | 1 | 0,05 | 5,05E-05 | 0,012626 | 102,65 | 102,7 |
| | 0,4 | 2 | 9,55 | 0,009646 | 2,411616 | 87,33 | 96,88 |
| | 0,4 | 3 | 24,37 | 0,024616 | 6,15404 | 102,47 | 126,84 |
| | 0,4 | 4 | 9,85 | 0,009949 | 2,487374 | 87,31 | 97,16 |
| | 0,5 | 1 | 0,06 | 6,06E-05 | 0,012121 | 102,63 | 102,69 |
| | 0,5 | 2 | 13,78 | 0,013919 | 2,783838 | 87,3 | 101,08 |
| | 0,5 | 3 | 63,94 | 0,064586 | 12,91717 | 102,6 | 166,54 |
| | 0,5 | 4 | 13,48 | 0,013616 | 2,723232 | 87,25 | 100,73 |
| | 0,6 | 1 | 0,06 | 6,06E-05 | 0,010101 | 102,89 | 102,95 |
| | 0,6 | 2 | 13,01 | 0,013141 | 2,190236 | 87,37 | 100,38 |
| | 0,6 | 3 | 124,28 | 0,125535 | 20,92256 | 102,6 | 226,88 |
| | 0,6 | 4 | 7,23 | 0,007303 | 1,217172 | 87,33 | 94,56 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | |
|---|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0,31 | 0,000313 | 0,104377 | 102,55 | 102,86 |
| | 0,3 | 2 | 2,59 | 0,002616 | 0,872054 | 102,51 | 105,1 |
| | 0,3 | 3 | 5,97 | 0,00603 | 2,010101 | 87,24 | 93,21 |
| | 0,3 | 4 | 4,51 | 0,004556 | 1,518519 | 87,23 | 91,74 |
| | 0,4 | 1 | 0,12 | 0,000121 | 0,030303 | 102,65 | 102,77 |
| | 0,4 | 2 | 8,62 | 0,008707 | 2,176768 | 87,31 | 95,93 |
| | 0,4 | 3 | 22,89 | 0,023121 | 5,780303 | 102,65 | 125,54 |
| | 0,4 | 4 | 9,1 | 0,009192 | 2,29798 | 87,34 | 96,44 |
| | 0,5 | 1 | 0,04 | 4,04E-05 | 0,008081 | 102,64 | 102,68 |
| | 0,5 | 2 | 14,01 | 0,014152 | 2,830303 | 87,37 | 101,38 |
| | 0,5 | 3 | 61,31 | 0,061929 | 12,38586 | 102,69 | 164 |
| | 0,5 | 4 | 12,48 | 0,012606 | 2,521212 | 87,31 | 99,79 |
| | 0,6 | 1 | -0,03 | -3E-05 | -0,00505 | 102,77 | 102,74 |
| | 0,6 | 2 | 13,4 | 0,013535 | 2,255892 | 87,4 | 100,8 |
| | 0,6 | 3 | 120,23 | 0,121444 | 20,24074 | 102,71 | 222,94 |
| | 0,6 | 4 | 7,58 | 0,007657 | 1,276094 | 87,37 | 94,95 |

| Média | | | | | |
|--|-------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------------|
| Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | |
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0,107744 | 0,008908 | 4,598204 |
| | 0,3 | 2 | 1,012346 | 0,121601 | |
| | 0,3 | 3 | 2,150393 | 0,512541 | |
| | 0,3 | 4 | 1,327722 | 0,243202 | |
| | 0,4 | 1 | 0,022727 | 0,009105 | 10,80471 |
| | 0,4 | 2 | 2,157407 | 0,264421 | |
| | 0,4 | 3 | 6,186869 | 0,423934 | |
| | 0,4 | 4 | 2,43771 | 0,122685 | |
| | 0,5 | 1 | 0,008754 | 0,003086 | 18,10976 |
| | 0,5 | 2 | 2,849158 | 0,07651 | |
| | 0,5 | 3 | 12,58451 | 0,2899 | |
| | 0,5 | 4 | 2,66734 | 0,12771 | |
| | 0,6 | 1 | 0,001684 | 0,007715 | 24,05051 |
| | 0,6 | 2 | 2,241302 | 0,045558 | |
| | 0,6 | 3 | 20,56453 | 0,342196 | |
| | 0,6 | 4 | 1,242985 | 0,030131 | |

Tabela A.12- Resultados das 3 medições feitas e das medias para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios, $V = 69 \text{ m/s}$ e $Z = 100 \text{ mm}$.

| Medição 1: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0,01 | 1,01E-05 | 0,003367 | 102,46 | 102,47 |
| | 0,3 | 2 | 0,19 | 0,000192 | 0,063973 | 87,3 | 87,58 |
| | 0,3 | 3 | 49,87 | 0,050374 | 16,79125 | 102,47 | 152,34 |
| | 0,3 | 4 | 0,09 | 9,09E-05 | 0,030303 | 87,28 | 87,31 |
| | 0,4 | 1 | 0,3 | 0,000303 | 0,075758 | 102,53 | 102,86 |
| | 0,4 | 2 | 0,61 | 0,000616 | 0,15404 | 87,42 | 88,07 |
| | 0,4 | 3 | 54,99 | 0,055545 | 13,88636 | 102,54 | 157,53 |
| | 0,4 | 4 | 0,58 | 0,000586 | 0,146465 | 87,34 | 87,63 |
| | 0,5 | 1 | 0,42 | 0,000424 | 0,084848 | 102,54 | 102,92 |
| | 0,5 | 2 | 1,21 | 0,001222 | 0,244444 | 87,39 | 88,38 |
| | 0,5 | 3 | 58,58 | 0,059172 | 11,83434 | 102,56 | 165,06 |
| | 0,5 | 4 | 1,49 | 0,001505 | 0,30101 | 87,37 | 87,82 |
| | 0,6 | 1 | 0,39 | 0,000394 | 0,065657 | 102,52 | 103,01 |
| | 0,6 | 2 | 1,81 | 0,001828 | 0,304714 | 87,36 | 88,86 |
| | 0,6 | 3 | 59,96 | 0,060566 | 10,09428 | 102,62 | 168,86 |
| | 0,6 | 4 | 2,48 | 0,002505 | 0,417508 | 87,39 | 88,38 |
| | 0,9 | 1 | 0,43 | 0,000434 | 0,04826 | 102,51 | 102,94 |
| | 0,9 | 2 | 2,46 | 0,002485 | 0,276094 | 87,32 | 89,78 |
| | 0,9 | 3 | 68,5 | 0,069192 | 7,687991 | 102,55 | 171,05 |
| | 0,9 | 4 | 8,35 | 0,008434 | 0,937149 | 87,27 | 95,62 |
| 1,2 | 1 | 0,26 | 0,000263 | 0,021886 | 102,71 | 102,97 | |
| 1,2 | 2 | 10,93 | 0,01104 | 0,920034 | 87,36 | 98,29 | |
| 1,2 | 3 | 61,13 | 0,061747 | 5,145623 | 102,64 | 163,77 | |
| 1,2 | 4 | 13,88 | 0,01402 | 1,16835 | 87,33 | 101,21 | |

| Medição 2: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0,09 | 9,09E-05 | 0,030303 | 102,46 | 102,5 |
| | 0,3 | 2 | 0,77 | 0,000778 | 0,259259 | 87,26 | 87,32 |
| | 0,3 | 3 | 41,78 | 0,042202 | 14,06734 | 102,47 | 148,31 |
| | 0,3 | 4 | 0,13 | 0,000131 | 0,043771 | 87,26 | 87,36 |
| | 0,4 | 1 | 0,5 | 0,000505 | 0,126263 | 102,58 | 102,94 |
| | 0,4 | 2 | 1,21 | 0,001222 | 0,305556 | 87,29 | 87,51 |
| | 0,4 | 3 | 50,01 | 0,050515 | 12,62879 | 102,58 | 162,94 |
| | 0,4 | 4 | 0,35 | 0,000354 | 0,088384 | 87,27 | 87,46 |
| | 0,5 | 1 | 0,75 | 0,000758 | 0,151515 | 102,63 | 103,11 |
| | 0,5 | 2 | 1,62 | 0,001636 | 0,327273 | 87,29 | 87,64 |
| | 0,5 | 3 | 59,32 | 0,059919 | 11,98384 | 102,6 | 167,57 |
| | 0,5 | 4 | 1,04 | 0,001051 | 0,210101 | 87,35 | 87,73 |
| | 0,6 | 1 | 0,77 | 0,000778 | 0,12963 | 102,55 | 103,1 |
| | 0,6 | 2 | 2,28 | 0,002303 | 0,383838 | 87,3 | 87,72 |
| | 0,6 | 3 | 59,62 | 0,060222 | 10,03704 | 102,58 | 168,01 |
| | 0,6 | 4 | 3,55 | 0,003586 | 0,597643 | 87,29 | 88 |
| | 0,9 | 1 | 0,33 | 0,000333 | 0,037037 | 102,69 | 103,02 |
| | 0,9 | 2 | 3,79 | 0,003828 | 0,425365 | 87,37 | 91,16 |
| | 0,9 | 3 | 63,27 | 0,063909 | 7,10101 | 102,59 | 165,86 |
| | 0,9 | 4 | 5,6 | 0,005657 | 0,628507 | 87,36 | 92,96 |
| 1,2 | 1 | 0,28 | 0,000283 | 0,023569 | 102,69 | 102,97 | |
| 1,2 | 2 | 10,77 | 0,010879 | 0,906566 | 87,33 | 98,1 | |
| 1,2 | 3 | 63,49 | 0,064131 | 5,344276 | 102,63 | 166,12 | |
| 1,2 | 4 | 13,69 | 0,013828 | 1,152357 | 87,32 | 101,01 | |

| Medição 3: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0,15 | 0,000152 | 0,050505 | 102,57 | 102,64 |
| | 0,3 | 2 | 0,75 | 0,000758 | 0,252525 | 87,32 | 87,38 |
| | 0,3 | 3 | 41,94 | 0,042364 | 14,12121 | 102,57 | 150,48 |
| | 0,3 | 4 | 0,21 | 0,000212 | 0,070707 | 87,29 | 87,34 |
| | 0,4 | 1 | 0,52 | 0,000525 | 0,131313 | 102,63 | 103,04 |
| | 0,4 | 2 | 1,19 | 0,001202 | 0,300505 | 87,32 | 87,49 |
| | 0,4 | 3 | 52,34 | 0,052869 | 13,21717 | 102,56 | 160,01 |
| | 0,4 | 4 | 0,78 | 0,000788 | 0,19697 | 87,31 | 87,57 |
| | 0,5 | 1 | 0,8 | 0,000808 | 0,161616 | 102,57 | 102,98 |
| | 0,5 | 2 | 1,67 | 0,001687 | 0,337374 | 87,31 | 87,63 |
| | 0,5 | 3 | 60,12 | 0,060727 | 12,14545 | 102,56 | 167,46 |
| | 0,5 | 4 | 1,94 | 0,00196 | 0,391919 | 87,32 | 87,69 |
| | 0,6 | 1 | 0,78 | 0,000788 | 0,131313 | 102,48 | 103,02 |
| | 0,6 | 2 | 2,03 | 0,002051 | 0,341751 | 87,3 | 87,79 |
| | 0,6 | 3 | 61,86 | 0,062485 | 10,41414 | 102,5 | 168,77 |
| | 0,6 | 4 | 2,65 | 0,002677 | 0,446128 | 87,29 | 88,09 |
| | 0,9 | 1 | 0,39 | 0,000394 | 0,043771 | 102,68 | 103,07 |
| | 0,9 | 2 | 3,71 | 0,003747 | 0,416386 | 87,37 | 91,08 |
| | 0,9 | 3 | 59,25 | 0,059848 | 6,649832 | 102,58 | 161,83 |
| | 0,9 | 4 | 6,03 | 0,006091 | 0,676768 | 87,35 | 93,38 |
| 1,2 | 1 | 0,37 | 0,000374 | 0,031145 | 102,69 | 103,06 | |
| 1,2 | 2 | 10,48 | 0,010586 | 0,882155 | 87,36 | 97,84 | |
| 1,2 | 3 | 62,15 | 0,062778 | 5,231481 | 102,65 | 164,8 | |
| 1,2 | 4 | 14,38 | 0,014525 | 1,210438 | 87,34 | 101,72 | |

| Média | | | | | |
|--|-------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------------|
| Injeção de líquido feita por 4orifícios | | | | | |
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0,028058 | 0,023649 | 15,2615 |
| | 0,3 | 2 | 0,191919 | 0,110856 | |
| | 0,3 | 3 | 14,99327 | 1,557329 | |
| | 0,3 | 4 | 0,04826 | 0,020573 | |
| | 0,4 | 1 | 0,111111 | 0,030721 | 13,75253 |
| | 0,4 | 2 | 0,253367 | 0,086056 | |
| | 0,4 | 3 | 13,24411 | 0,62922 | |
| | 0,4 | 4 | 0,143939 | 0,054337 | |
| | 0,5 | 1 | 0,13266 | 0,041713 | 12,72458 |
| | 0,5 | 2 | 0,30303 | 0,050988 | |
| | 0,5 | 3 | 11,98788 | 0,155595 | |
| | 0,5 | 4 | 0,30101 | 0,090909 | |
| | 0,6 | 1 | 0,108866 | 0,03743 | 11,12121 |
| | 0,6 | 2 | 0,343434 | 0,039589 | |
| | 0,6 | 3 | 10,18182 | 0,203223 | |
| | 0,6 | 4 | 0,487093 | 0,096803 | |
| | 0,9 | 1 | 0,043023 | 0,005649 | 8,30939 |
| | 0,9 | 2 | 0,372615 | 0,08371 | |
| | 0,9 | 3 | 7,146278 | 0,520558 | |
| | 0,9 | 4 | 0,747475 | 0,166026 | |
| 1,2 | 1 | 0,025533 | 0,004932 | 7,34596 | |
| 1,2 | 2 | 0,902918 | 0,019201 | | |
| 1,2 | 3 | 5,24046 | 0,09963 | | |
| 1,2 | 4 | 1,177048 | 0,030001 | | |

Tabela A.13- Resultados das 3 medições e das medias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais, $V = 69$ m/s e $Z = 100$ mm

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0,49 | 0,000495 | 0,164983 | 102,53 | 103,02 |
| | 0,3 | 2 | 0,27 | 0,000273 | 0,090909 | 87,33 | 87,6 |
| | 0,3 | 3 | 22,78 | 0,02301 | 7,670034 | 102,54 | 125,32 |
| | 0,3 | 4 | 0,61 | 0,000616 | 0,205387 | 87,32 | 87,93 |
| | 0,4 | 1 | 0,49 | 0,000495 | 0,123737 | 102,56 | 103,05 |
| | 0,4 | 2 | 0,8 | 0,000808 | 0,20202 | 87,3 | 88,1 |
| | 0,4 | 3 | 22,98 | 0,023212 | 5,80303 | 102,55 | 125,53 |
| | 0,4 | 4 | 1,64 | 0,001657 | 0,414141 | 87,36 | 89 |
| | 0,5 | 1 | 0,4 | 0,000404 | 0,080808 | 102,58 | 102,98 |
| | 0,5 | 2 | 2,72 | 0,002747 | 0,549495 | 87,3 | 90,02 |
| | 0,5 | 3 | 19,82 | 0,02002 | 4,00404 | 102,56 | 122,38 |
| | 0,5 | 4 | 6,39 | 0,006455 | 1,290909 | 87,31 | 93,7 |
| | 0,6 | 1 | 0,32 | 0,000323 | 0,053872 | 102,57 | 102,89 |
| | 0,6 | 2 | 6,54 | 0,006606 | 1,10101 | 87,27 | 93,81 |
| | 0,6 | 3 | 20,32 | 0,020525 | 3,420875 | 102,58 | 122,9 |
| | 0,6 | 4 | 18,67 | 0,018859 | 3,143098 | 87,28 | 105,95 |
| | 0,9 | 1 | 4,66 | 0,004707 | 0,523008 | 102,65 | 107,31 |
| | 0,9 | 2 | 33,99 | 0,034333 | 3,814815 | 87,38 | 121,37 |
| | 0,9 | 3 | 69,55 | 0,070253 | 7,805836 | 102,61 | 172,16 |
| | 0,9 | 4 | 30,64 | 0,030949 | 3,438833 | 87,36 | 118 |
| 1,2 | 1 | 26,01 | 0,026273 | 2,189394 | 102,74 | 128,75 | |
| 1,2 | 2 | 57,21 | 0,057788 | 4,815657 | 87,26 | 144,47 | |
| 1,2 | 3 | 107,3 | 0,108384 | 9,031987 | 102,51 | 209,81 | |
| 1,2 | 4 | 39,99 | 0,040394 | 3,366162 | 87,32 | 127,31 | |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais | | | | | | | |
|---|------------|--------|--------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0,58 | 0,000586 | 0,195286 | 102,71 | 103,29 |
| | 0,3 | 2 | 0,14 | 0,000141 | 0,047138 | 87,36 | 87,5 |
| | 0,3 | 3 | 21,92 | 0,022141 | 7,380471 | 102,64 | 124,56 |
| | 0,3 | 4 | 0,11 | 0,000111 | 0,037037 | 87,35 | 87,46 |
| | 0,4 | 1 | 0,39 | 0,000394 | 0,098485 | 102,67 | 103,06 |
| | 0,4 | 2 | 0,63 | 0,000636 | 0,159091 | 87,16 | 87,79 |
| | 0,4 | 3 | 21,28 | 0,021495 | 5,373737 | 102,44 | 123,72 |
| | 0,4 | 4 | 1,59 | 0,001606 | 0,401515 | 87,34 | 88,93 |
| | 0,5 | 1 | 0,47 | 0,000475 | 0,094949 | 102,63 | 103,1 |
| | 0,5 | 2 | 3,58 | 0,003616 | 0,723232 | 87,33 | 90,91 |
| | 0,5 | 3 | 18,76 | 0,018949 | 3,789899 | 102,77 | 121,53 |
| | 0,5 | 4 | 4,72 | 0,004768 | 0,953535 | 87,34 | 92,06 |
| | 0,6 | 1 | 0,24 | 0,000242 | 0,040404 | 102,84 | 103,08 |
| | 0,6 | 2 | 7,91 | 0,00799 | 1,33165 | 87,39 | 95,3 |
| | 0,6 | 3 | 20,85 | 0,021061 | 3,510101 | 102,75 | 123,6 |
| | 0,6 | 4 | 9,48 | 0,009576 | 1,59596 | 87,32 | 96,8 |
| | 0,9 | 1 | 4,61 | 0,004657 | 0,517396 | 102,65 | 107,26 |
| | 0,9 | 2 | 33,03 | 0,033364 | 3,707071 | 87,33 | 120,36 |
| | 0,9 | 3 | 67,54 | 0,068222 | 7,580247 | 102,64 | 170,18 |
| | 0,9 | 4 | 32,21 | 0,032535 | 3,615039 | 87,33 | 119,54 |
| | 1,2 | 1 | 23,97 | 0,024212 | 2,017677 | 102,57 | 126,54 |
| | 1,2 | 2 | 54,92 | 0,055475 | 4,622896 | 87,31 | 142,23 |
| | 1,2 | 3 | 102,85 | 0,103889 | 8,657407 | 102,48 | 205,33 |
| | 1,2 | 4 | 37,76 | 0,038141 | 3,178451 | 87,33 | 125,09 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0,58 | 0,000586 | 0,195286 | 102,58 | 103,16 |
| | 0,3 | 2 | 0,07 | 7,07E-05 | 0,023569 | 87,33 | 87,4 |
| | 0,3 | 3 | 21,88 | 0,022101 | 7,367003 | 102,58 | 124,46 |
| | 0,3 | 4 | 0,1 | 0,000101 | 0,03367 | 87,35 | 87,45 |
| | 0,4 | 1 | 0,47 | 0,000475 | 0,118687 | 102,63 | 103,1 |
| | 0,4 | 2 | 0,6 | 0,000606 | 0,151515 | 87,29 | 87,89 |
| | 0,4 | 3 | 20,93 | 0,021141 | 5,285354 | 102,58 | 123,51 |
| | 0,4 | 4 | 1,5 | 0,001515 | 0,378788 | 87,18 | 88,68 |
| | 0,5 | 1 | 0,41 | 0,000414 | 0,082828 | 102,77 | 103,18 |
| | 0,5 | 2 | 3,38 | 0,003414 | 0,682828 | 87,33 | 90,71 |
| | 0,5 | 3 | 18,52 | 0,018707 | 3,741414 | 102,64 | 121,16 |
| | 0,5 | 4 | 4,25 | 0,004293 | 0,858586 | 87,29 | 91,54 |
| | 0,6 | 1 | 0,21 | 0,000212 | 0,035354 | 102,87 | 103,08 |
| | 0,6 | 2 | 7,03 | 0,007101 | 1,183502 | 87,43 | 94,46 |
| | 0,6 | 3 | 19,05 | 0,019242 | 3,207071 | 102,81 | 121,86 |
| | 0,6 | 4 | 8,42 | 0,008505 | 1,417508 | 87,35 | 95,77 |
| | 0,9 | 1 | 4,99 | 0,00504 | 0,50,645 | 102,72 | 107,71 |
| | 0,9 | 2 | 34,21 | 0,034556 | 3,839506 | 87,44 | 121,65 |
| | 0,9 | 3 | 68,89 | 0,069586 | 7,731762 | 102,68 | 171,57 |
| | 0,9 | 4 | 32,68 | 0,03301 | 3,667789 | 87,44 | 120,12 |
| 1,2 | 1 | 20,27 | 0,020475 | 1,706229 | 102,35 | 122,62 | |
| 1,2 | 2 | 53,88 | 0,054424 | 4,535354 | 87,27 | 141,15 | |
| 1,2 | 3 | 104,85 | 0,105909 | 8,825758 | 102,52 | 207,37 | |
| 1,2 | 4 | 36,7 | 0,037071 | 3,089226 | 87,13 | 123,83 | |

| Média Injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais | | | | | |
|---|------------|----------|----------|---------------|--------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0,185185 | 0,017495 | 7,803591 |
| | 0,3 | 2 | 0,053872 | 0,034171 | |
| | 0,3 | 3 | 7,472503 | 0,171199 | |
| | 0,3 | 4 | 0,092031 | 0,098183 | |
| | 0,4 | 1 | 0,113636 | 0,013362 | 6,170034 |
| | 0,4 | 2 | 0,170875 | 0,027237 | |
| | 0,4 | 3 | 5,487374 | 0,276916 | |
| | 0,4 | 4 | 0,398148 | 0,017916 | |
| | 0,5 | 1 | 0,086195 | 0,007648 | 5,617508 |
| | 0,5 | 2 | 0,651852 | 0,090917 | |
| | 0,5 | 3 | 3,845118 | 0,13975 | |
| | 0,5 | 4 | 1,034343 | 0,227208 | |
| | 0,6 | 1 | 0,04321 | 0,009573 | 6,680135 |
| | 0,6 | 2 | 1,205387 | 0,116867 | |
| | 0,6 | 3 | 3,379349 | 0,155725 | |
| | 0,6 | 4 | 2,052189 | 0,948959 | |
| | 0,9 | 1 | 0,533483 | 0,023174 | 15,0,645 |
| | 0,9 | 2 | 3,787131 | 0,070424 | |
| | 0,9 | 3 | 7,705948 | 0,114989 | |
| | 0,9 | 4 | 3,573887 | 0,119897 | |
| 1,2 | 1 | 1,9711 | 0,244927 | 18,67873 | |
| 1,2 | 2 | 4,657969 | 0,143405 | | |
| 1,2 | 3 | 8,838384 | 0,187608 | | |
| 1,2 | 4 | 3,211279 | 0,141357 | | |

Tabela A.14- Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais, $V = 69$ m/s e $Z = 100$ mm

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,47 | 102,47 |
| | 0,3 | 2 | 0,26 | 0,000263 | 0,087542 | 87,29 | 87,55 |
| | 0,3 | 3 | 37,29 | 0,037667 | 12,55556 | 102,47 | 139,76 |
| | 0,3 | 4 | 0,65 | 0,000657 | 0,218855 | 87,25 | 87,9 |
| | 0,4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,6 | 102,6 |
| | 0,4 | 2 | 0,51 | 0,000515 | 0,128788 | 87,35 | 87,86 |
| | 0,4 | 3 | 35,04 | 0,035394 | 8,848485 | 102,6 | 137,64 |
| | 0,4 | 4 | 0,65 | 0,000657 | 0,164141 | 87,32 | 87,97 |
| | 0,5 | 1 | 0,06 | 6,06E-05 | 0,012121 | 102,58 | 102,64 |
| | 0,5 | 2 | 0,95 | 0,00096 | 0,191919 | 87,29 | 88,24 |
| | 0,5 | 3 | 35,56 | 0,035919 | 7,183838 | 102,58 | 138,14 |
| | 0,5 | 4 | 2,16 | 0,002182 | 0,436364 | 87,29 | 89,45 |
| | 0,6 | 1 | 0,22 | 0,000222 | 0,037037 | 102,63 | 102,85 |
| | 0,6 | 2 | 1,83 | 0,001848 | 0,308081 | 87,35 | 89,18 |
| | 0,6 | 3 | 40,55 | 0,04096 | 6,826599 | 102,6 | 143,15 |
| | 0,6 | 4 | 3,69 | 0,003727 | 0,621212 | 87,35 | 91,04 |
| | 0,9 | 1 | 3,19 | 0,003222 | 0,358025 | 102,52 | 105,71 |
| | 0,9 | 2 | 24,53 | 0,024778 | 2,753086 | 87,25 | 111,78 |
| | 0,9 | 3 | 63,49 | 0,064131 | 7,125701 | 102,47 | 165,96 |
| | 0,9 | 4 | 9,87 | 0,00997 | 1,107744 | 87,25 | 97,12 |
| 1,2 | 1 | 10,07 | 0,010172 | 0,847643 | 102,75 | 112,82 | |
| 1,2 | 2 | 43,1 | 0,043535 | 3,627946 | 87,29 | 130,39 | |
| 1,2 | 3 | 58,98 | 0,059576 | 4,964646 | 102,55 | 161,53 | |
| 1,2 | 4 | 9,61 | 0,009707 | 0,808923 | 87,27 | 96,88 | |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais | | | | | | | |
|---|------------|--------|-------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,7 | 102,7 |
| | 0,3 | 2 | 0,31 | 0,000313 | 0,104377 | 87,26 | 87,57 |
| | 0,3 | 3 | 35,5 | 0,035859 | 11,95286 | 102,59 | 138,09 |
| | 0,3 | 4 | 0,47 | 0,000475 | 0,158249 | 87,52 | 87,99 |
| | 0,4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,68 | 102,68 |
| | 0,4 | 2 | 0,44 | 0,000444 | 0,111111 | 87,32 | 87,76 |
| | 0,4 | 3 | 34,07 | 0,034414 | 8,603535 | 102,68 | 136,75 |
| | 0,4 | 4 | 1,47 | 0,001485 | 0,371212 | 87,34 | 88,81 |
| | 0,5 | 1 | 0,1 | 0,000101 | 0,020202 | 102,7 | 102,8 |
| | 0,5 | 2 | 0,8 | 0,000808 | 0,161616 | 87,38 | 88,18 |
| | 0,5 | 3 | 35,21 | 0,035566 | 7,113131 | 102,61 | 137,82 |
| | 0,5 | 4 | 2,26 | 0,002283 | 0,456566 | 87,4 | 89,66 |
| | 0,6 | 1 | 0,19 | 0,000192 | 0,031987 | 102,63 | 102,82 |
| | 0,6 | 2 | 3,27 | 0,003303 | 0,550505 | 87,31 | 90,58 |
| | 0,6 | 3 | 41,5 | 0,041919 | 6,986532 | 102,58 | 144,08 |
| | 0,6 | 4 | 3,24 | 0,003273 | 0,545455 | 87,35 | 90,59 |
| | 0,9 | 1 | 3,35 | 0,003384 | 0,375982 | 102,63 | 105,98 |
| | 0,9 | 2 | 25,26 | 0,025515 | 2,835017 | 87,28 | 112,54 |
| | 0,9 | 3 | 63,12 | 0,063758 | 7,084175 | 105,96 | 169,08 |
| | 0,9 | 4 | 10,09 | 0,010192 | 1,132435 | 87,27 | 97,36 |
| | 1,2 | 1 | 10,26 | 0,010364 | 0,863636 | 102,62 | 112,88 |
| | 1,2 | 2 | 43,09 | 0,043525 | 3,627104 | 87,35 | 130,44 |
| | 1,2 | 3 | 58,58 | 0,059172 | 4,930976 | 102,51 | 161,09 |
| | 1,2 | 4 | 9,35 | 0,009444 | 0,787037 | 87,25 | 96,6 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,61 | 102,61 |
| | 0,3 | 2 | 0,33 | 0,000333 | 0,111111 | 87,36 | 87,69 |
| | 0,3 | 3 | 38,21 | 0,038596 | 12,86532 | 102,5 | 140,71 |
| | 0,3 | 4 | 0,43 | 0,000434 | 0,144781 | 87,37 | 87,8 |
| | 0,4 | 1 | 0,02 | 2,02E-05 | 0,005051 | 102,64 | 102,66 |
| | 0,4 | 2 | 0,5 | 0,00051 | 0,12626 | 87,83 | 88,33 |
| | 0,4 | 3 | 35,38 | 0,035737 | 8,934343 | 102,53 | 137,91 |
| | 0,4 | 4 | 1,26 | 0,001273 | 0,318182 | 87,32 | 88,58 |
| | 0,5 | 1 | 0,07 | 7,07E-05 | 0,014141 | 102,74 | 102,81 |
| | 0,5 | 2 | 0,85 | 0,000859 | 0,171717 | 87,36 | 88,21 |
| | 0,5 | 3 | 36 | 0,036364 | 7,272727 | 102,57 | 138,57 |
| | 0,5 | 4 | 2,09 | 0,002111 | 0,422222 | 87,39 | 89,48 |
| | 0,6 | 1 | 0,22 | 0,000222 | 0,037037 | 102,51 | 102,73 |
| | 0,6 | 2 | 3,21 | 0,003242 | 0,540404 | 87,27 | 90,48 |
| | 0,6 | 3 | 41,4 | 0,041818 | 6,969697 | 102,51 | 143,91 |
| | 0,6 | 4 | 3,21 | 0,003242 | 0,540404 | 87,3 | 90,51 |
| | 0,9 | 1 | 3,41 | 0,003444 | 0,382716 | 102,58 | 105,99 |
| | 0,9 | 2 | 24,33 | 0,024576 | 2,73064 | 87,3 | 111,63 |
| | 0,9 | 3 | 62,73 | 0,063364 | 7,040404 | 102,51 | 165,24 |
| | 0,9 | 4 | 9,92 | 0,01002 | 1,113356 | 87,29 | 97,21 |
| 1,2 | 1 | 9,94 | 0,01004 | 0,8367 | 102,63 | 112,57 | |
| 1,2 | 2 | 41,99 | 0,042414 | 3,534512 | 87,24 | 129,23 | |
| 1,2 | 3 | 58,15 | 0,058737 | 4,894781 | 102,57 | 160,72 | |
| 1,2 | 4 | 9,63 | 0,009727 | 0,810606 | 87,24 | 96,87 | |

| Média | | | | | |
|--|------------|----------|----------|---------------|--------------|
| Injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais | | | | | |
| V (m/s) | Ql (l/min) | Orifício | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0 | 0 | 12,73288 |
| | 0,3 | 2 | 0,10101 | 0,01214 | |
| | 0,3 | 3 | 12,45791 | 0,463999 | |
| | 0,3 | 4 | 0,173962 | 0,039458 | |
| | 0,4 | 1 | 0,001684 | 0,002916 | 9,119529 |
| | 0,4 | 2 | 0,037879 | 0,142425 | |
| | 0,4 | 3 | 8,795455 | 0,171661 | |
| | 0,4 | 4 | 0,284512 | 0,107563 | |
| | 0,5 | 1 | 0,015488 | 0,041633 | 7,818855 |
| | 0,5 | 2 | 0,175084 | 0,051316 | |
| | 0,5 | 3 | 7,189899 | 0,606987 | |
| | 0,5 | 4 | 0,438384 | 0,434089 | |
| | 0,6 | 1 | 0,035354 | 0,002916 | 7,998316 |
| | 0,6 | 2 | 0,46633 | 0,137141 | |
| | 0,6 | 3 | 6,927609 | 0,087881 | |
| | 0,6 | 4 | 0,569024 | 0,045267 | |
| | 0,9 | 1 | 0,372241 | 0,012764 | 11,34643 |
| | 0,9 | 2 | 2,772914 | 0,054941 | |
| | 0,9 | 3 | 7,083427 | 0,042654 | |
| | 0,9 | 4 | 1,117845 | 0,012943 | |
| 1,2 | 1 | 0,849327 | 0,013547 | 10,17817 | |
| 1,2 | 2 | 3,596521 | 0,053703 | | |
| 1,2 | 3 | 4,930135 | 0,03494 | | |
| 1,2 | 4 | 0,802189 | 0,013149 | | |

Tabela A.15- Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios, $V = 69 \text{ m/s}$ e $Z = 100 \text{ mm}$.

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0,36 | 0,000364 | 0,121212 | 102,53 | 102,89 |
| | 0,3 | 2 | 0,18 | 0,000182 | 0,060606 | 87,29 | 87,47 |
| | 0,3 | 3 | 26,36 | 0,026626 | 8,875421 | 102,54 | 128,9 |
| | 0,3 | 4 | 0,14 | 0,000141 | 0,047138 | 87,32 | 87,46 |
| | 0,4 | 1 | 0,5 | 0,000505 | 0,126263 | 102,62 | 103,12 |
| | 0,4 | 2 | 0,45 | 0,000455 | 0,113636 | 86,38 | 86,83 |
| | 0,4 | 3 | 35,22 | 0,035576 | 8,893939 | 87,31 | 122,53 |
| | 0,4 | 4 | 0,49 | 0,000495 | 0,123737 | 60,2 | 60,69 |
| | 0,5 | 1 | 0,49 | 0,000495 | 0,09899 | 102,56 | 103,05 |
| | 0,5 | 2 | 0,63 | 0,000636 | 0,127273 | 86,48 | 87,11 |
| | 0,5 | 3 | 38,37 | 0,038758 | 7,751515 | 87,37 | 125,74 |
| | 0,5 | 4 | 1,79 | 0,001808 | 0,361616 | 60,28 | 62,07 |
| | 0,6 | 1 | 0,47 | 0,000475 | 0,079125 | 102,54 | 103,01 |
| | 0,6 | 2 | 0,99 | 0,00099 | 0,166667 | 86,5 | 87,49 |
| | 0,6 | 3 | 37,65 | 0,03803 | 6,338384 | 87,39 | 125,04 |
| | 0,6 | 4 | 4,56 | 0,004606 | 0,767677 | 60,27 | 64,83 |
| | 0,9 | 1 | 0,29 | 0,000293 | 0,032548 | 102,56 | 102,85 |
| | 0,9 | 2 | 3,96 | 0,00396 | 0,444444 | 86,56 | 90,52 |
| | 0,9 | 3 | 40,2 | 0,040606 | 4,511785 | 87,38 | 127,58 |
| | 0,9 | 4 | 24,67 | 0,024919 | 2,768799 | 60,29 | 84,96 |
| 1,2 | 1 | 0,31 | 0,000313 | 0,026094 | 102,56 | 102,87 | |
| 1,2 | 2 | 8,42 | 0,008505 | 0,708754 | 86,64 | 95,06 | |
| 1,2 | 3 | 75,65 | 0,076414 | 6,367845 | 87,33 | 162,98 | |
| 1,2 | 4 | 50,27 | 0,050778 | 4,231481 | 60,2 | 110,47 | |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0,34 | 0,000343 | 0,114478 | 102,67 | 103,01 |
| | 0,3 | 2 | 0,22 | 0,000222 | 0,074074 | 87,29 | 87,51 |
| | 0,3 | 3 | 25,85 | 0,026111 | 8,703704 | 102,6 | 128,45 |
| | 0,3 | 4 | 0,19 | 0,000192 | 0,063973 | 87,33 | 87,52 |
| | 0,4 | 1 | 0,52 | 0,000525 | 0,131313 | 102,55 | 103,07 |
| | 0,4 | 2 | 0,43 | 0,000434 | 0,108586 | 86,44 | 86,87 |
| | 0,4 | 3 | 34,82 | 0,035172 | 8,792929 | 87,4 | 122,22 |
| | 0,4 | 4 | 0,63 | 0,000636 | 0,159091 | 60,23 | 60,86 |
| | 0,5 | 1 | 0,51 | 0,000515 | 0,10303 | 102,53 | 103,04 |
| | 0,5 | 2 | 0,68 | 0,000687 | 0,137374 | 86,48 | 87,16 |
| | 0,5 | 3 | 38,16 | 0,038545 | 7,709091 | 87,37 | 125,53 |
| | 0,5 | 4 | 1,79 | 0,001808 | 0,361616 | 60,27 | 62,06 |
| | 0,6 | 1 | 0,52 | 0,000525 | 0,087542 | 102,53 | 103,05 |
| | 0,6 | 2 | 0,95 | 0,00095 | 0,159933 | 86,51 | 87,46 |
| | 0,6 | 3 | 37,56 | 0,037939 | 6,323232 | 87,33 | 124,89 |
| | 0,6 | 4 | 4,6 | 0,004646 | 0,774411 | 60,29 | 64,89 |
| | 0,9 | 1 | 0,31 | 0,000313 | 0,034792 | 102,55 | 102,86 |
| | 0,9 | 2 | 3,95 | 0,00395 | 0,443322 | 86,61 | 90,56 |
| | 0,9 | 3 | 40,02 | 0,040424 | 4,491582 | 87,36 | 127,38 |
| | 0,9 | 4 | 25,22 | 0,025475 | 2,830527 | 60,26 | 85,48 |
| 1,2 | 1 | 0,34 | 0,000343 | 0,02862 | 102,57 | 102,91 | |
| 1,2 | 2 | 8,43 | 0,008515 | 0,709596 | 86,58 | 95,01 | |
| 1,2 | 3 | 72,78 | 0,073515 | 6,126263 | 87,3 | 160,08 | |
| 1,2 | 4 | 48,81 | 0,049303 | 4,108586 | 60,24 | 109,05 | |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0,37 | 0,000374 | 0,124579 | 102,54 | 102,91 |
| | 0,3 | 2 | 0,24 | 0,000242 | 0,080808 | 87,29 | 87,53 |
| | 0,3 | 3 | 28,23 | 0,028515 | 9,505051 | 102,6 | 130,83 |
| | 0,3 | 4 | 0,16 | 0,000162 | 0,053872 | 87,33 | 87,49 |
| | 0,4 | 1 | 0,52 | 0,000525 | 0,131313 | 102,53 | 103,05 |
| | 0,4 | 2 | 0,38 | 0,000384 | 0,09596 | 86,44 | 86,82 |
| | 0,4 | 3 | 34,72 | 0,035071 | 8,767677 | 87,36 | 122,08 |
| | 0,4 | 4 | 0,6 | 0,000606 | 0,151515 | 60,24 | 60,84 |
| | 0,5 | 1 | 0,52 | 0,000525 | 0,105051 | 102,54 | 103,06 |
| | 0,5 | 2 | 0,69 | 0,000697 | 0,139394 | 86,47 | 87,16 |
| | 0,5 | 3 | 37,95 | 0,038333 | 7,666667 | 87,36 | 125,31 |
| | 0,5 | 4 | 1,83 | 0,001848 | 0,369697 | 60,24 | 62,07 |
| | 0,6 | 1 | 0,5 | 0,000505 | 0,084175 | 102,52 | 103,02 |
| | 0,6 | 2 | 0,96 | 0,00097 | 0,161616 | 86,45 | 87,41 |
| | 0,6 | 3 | 37,43 | 0,037808 | 6,301347 | 87,33 | 124,76 |
| | 0,6 | 4 | 4,54 | 0,004586 | 0,76431 | 60,27 | 64,81 |
| | 0,9 | 1 | 0,33 | 0,000333 | 0,037037 | 102,53 | 102,86 |
| | 0,9 | 2 | 3,89 | 0,003929 | 0,436588 | 86,51 | 90,4 |
| | 0,9 | 3 | 40,02 | 0,040424 | 4,491582 | 87,37 | 127,39 |
| | 0,9 | 4 | 24,81 | 0,025061 | 2,784512 | 60,23 | 85,04 |
| 1,2 | 1 | 0,33 | 0,000333 | 0,027778 | 102,58 | 102,91 | |
| 1,2 | 2 | 8,21 | 0,008293 | 0,691077 | 86,52 | 94,73 | |
| 1,2 | 3 | 72,4 | 0,073131 | 6,094276 | 87,32 | 159,72 | |
| 1,2 | 4 | 49,23 | 0,049727 | 4,143939 | 60,3 | 109,53 | |

| Média Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | |
|---|------------|----------|----------|---------------|--------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Orifício | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 69 | 0,3 | 1 | 0,12009 | 0,005143 | 9,274972 |
| | 0,3 | 2 | 0,071829 | 0,010286 | |
| | 0,3 | 3 | 9,028058 | 0,421916 | |
| | 0,3 | 4 | 0,054994 | 0,008473 | |
| | 0,4 | 1 | 0,12963 | 0,002916 | 9,198653 |
| | 0,4 | 2 | 0,106061 | 0,009105 | |
| | 0,4 | 3 | 8,818182 | 0,066812 | |
| | 0,4 | 4 | 0,144781 | 0,018614 | |
| | 0,5 | 1 | 0,102357 | 0,003086 | 8,310438 |
| | 0,5 | 2 | 0,13468 | 0,006494 | |
| | 0,5 | 3 | 7,709091 | 0,042424 | |
| | 0,5 | 4 | 0,36431 | 0,004665 | |
| | 0,6 | 1 | 0,083614 | 0,004237 | 7,336139 |
| | 0,6 | 2 | 0,162738 | 0,003504 | |
| | 0,6 | 3 | 6,320988 | 0,01862 | |
| | 0,6 | 4 | 0,768799 | 0,005143 | |
| | 0,9 | 1 | 0,034792 | 0,002245 | 7,769173 |
| | 0,9 | 2 | 0,441452 | 0,004249 | |
| | 0,9 | 3 | 4,498316 | 0,011664 | |
| | 0,9 | 4 | 2,794613 | 0,03208 | |
| 1,2 | 1 | 0,027497 | 0,001286 | 11,0881 | |
| 1,2 | 2 | 0,703143 | 0,010457 | | |
| 1,2 | 3 | 6,196128 | 0,149569 | | |
| 1,2 | 4 | 4,161336 | 0,063268 | | |

• $V = 74 \text{ m/s}$ e $Z = 100 \text{ mm}$

Tabela A.16- Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício, $V = 74 \text{ m/s}$ e $Z = 100 \text{ mm}$.

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | |
|---|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,28 | 0,000283 | 0,094276 | 102,53 | 102,81 |
| | 0,3 | 2 | 2,89 | 0,002919 | 0,973064 | 87,33 | 90,22 |
| | 0,3 | 3 | 1,99 | 0,00201 | 0,670034 | 102,55 | 104,54 |
| | 0,3 | 4 | 5,29 | 0,005343 | 1,781145 | 87,31 | 92,6 |
| | 0,4 | 1 | 0,04 | 4,04E-05 | 0,010101 | 102,47 | 102,51 |
| | 0,4 | 2 | 7,69 | 0,007768 | 1,941919 | 87,28 | 94,97 |
| | 0,4 | 3 | 8,72 | 0,008808 | 2,20202 | 102,48 | 111,2 |
| | 0,4 | 4 | 13,51 | 0,013646 | 3,411616 | 87,3 | 100,81 |
| | 0,5 | 1 | 0,01 | 1,01E-05 | 0,00202 | 102,48 | 102,49 |
| | 0,5 | 2 | 14,78 | 0,014929 | 2,985859 | 87,26 | 102,04 |
| | 0,5 | 3 | 22,58 | 0,022808 | 4,561616 | 102,48 | 125,06 |
| | 0,5 | 4 | 24,17 | 0,024414 | 4,882828 | 87,28 | 111,45 |
| | 0,6 | 1 | 0,01 | 1,01E-05 | 0,001684 | 102,48 | 102,49 |
| | 0,6 | 2 | 22,62 | 0,022848 | 3,808081 | 87,28 | 109,9 |
| | 0,6 | 3 | 71,07 | 0,071788 | 11,96465 | 102,47 | 173,54 |
| | 0,6 | 4 | 23,43 | 0,023667 | 3,944444 | 87,31 | 110,74 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | |
|---|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,36 | 0,000364 | 0,121212 | 102,46 | 102,82 |
| | 0,3 | 2 | 1,7 | 0,001717 | 0,572391 | 87,33 | 89,03 |
| | 0,3 | 3 | 0,72 | 0,000727 | 0,242424 | 102,53 | 103,25 |
| | 0,3 | 4 | 4,97 | 0,00502 | 1,673401 | 87,26 | 92,23 |
| | 0,4 | 1 | 0,11 | 0,000111 | 0,027778 | 102,5 | 102,61 |
| | 0,4 | 2 | 5,86 | 0,005919 | 1,479798 | 87,32 | 93,18 |
| | 0,4 | 3 | 6,69 | 0,006758 | 1,689394 | 102,51 | 109,2 |
| | 0,4 | 4 | 12,82 | 0,012949 | 3,237374 | 87,31 | 100,13 |
| | 0,5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,54 | 102,54 |
| | 0,5 | 2 | 15,17 | 0,015323 | 3,064646 | 87,33 | 102,5 |
| | 0,5 | 3 | 27,54 | 0,027818 | 5,563636 | 102,53 | 130,07 |
| | 0,5 | 4 | 24,5 | 0,024747 | 4,949495 | 87,31 | 111,81 |
| | 0,6 | 1 | 0,01 | 1,01E-05 | 0,001684 | 102,5 | 102,51 |
| | 0,6 | 2 | 20,19 | 0,020394 | 3,39899 | 87,35 | 107,54 |
| | 0,6 | 3 | 63,69 | 0,064333 | 10,72222 | 102,51 | 166,2 |
| | 0,6 | 4 | 25,24 | 0,025495 | 4,249158 | 87,33 | 112,57 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | |
|---|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,3 | 0,000303 | 0,10101 | 102,51 | 102,81 |
| | 0,3 | 2 | 3,46 | 0,003495 | 1,164983 | 87,33 | 90,79 |
| | 0,3 | 3 | 2,44 | 0,002465 | 0,821549 | 102,52 | 104,96 |
| | 0,3 | 4 | 5,84 | 0,005899 | 1,96633 | 87,34 | 93,18 |
| | 0,4 | 1 | 0,12 | 0,000121 | 0,030303 | 102,5 | 102,62 |
| | 0,4 | 2 | 8,06 | 0,008141 | 2,035354 | 87,33 | 95,39 |
| | 0,4 | 3 | 7,75 | 0,007828 | 1,957071 | 102,52 | 110,27 |
| | 0,4 | 4 | 15,86 | 0,01602 | 4,005051 | 87,3 | 103,16 |
| | 0,5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,51 | 102,51 |
| | 0,5 | 2 | 16,08 | 0,016242 | 3,248485 | 87,31 | 103,39 |
| | 0,5 | 3 | 28,85 | 0,029141 | 5,828283 | 102,47 | 131,32 |
| | 0,5 | 4 | 24,33 | 0,024576 | 4,915152 | 87,29 | 111,62 |
| | 0,6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 102,53 | 102,53 |
| | 0,6 | 2 | 22,87 | 0,023101 | 3,850168 | 87,3 | 110,17 |
| | 0,6 | 3 | 74,55 | 0,075303 | 12,55051 | 102,51 | 177,06 |
| | 0,6 | 4 | 3,6 | 0,003636 | 0,606061 | 86,58 | 90,18 |

| Média Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | |
|--|------------|--------|----------|---------------|--------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,105499 | 0,014018 | 3,393939 |
| | 0,3 | 2 | 0,903479 | 0,302362 | |
| | 0,3 | 3 | 0,578002 | 0,540887 | |
| | 0,3 | 4 | 1,806958 | 0,148161 | |
| | 0,4 | 1 | 0,022727 | 0,011007 | 7,342593 |
| | 0,4 | 2 | 1,819024 | 0,297469 | |
| | 0,4 | 3 | 1,949495 | 0,256397 | |
| | 0,4 | 4 | 3,551347 | 0,402462 | |
| | 0,5 | 1 | 0,000673 | 0,001166 | 13,33401 |
| | 0,5 | 2 | 3,099663 | 0,134769 | |
| | 0,5 | 3 | 5,317845 | 0,668148 | |
| | 0,5 | 4 | 4,915825 | 0,033338 | |
| | 0,6 | 1 | 0,001122 | 0,000972 | 19,39506 |
| | 0,6 | 2 | 3,685746 | 0,249228 | |
| | 0,6 | 3 | 11,74579 | 0,933583 | |
| | 0,6 | 4 | 3,962402 | 0,278213 | |

Tabela A.17- Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios, $V = 74$ m/s e $Z = 100$ mm

| Medição 1: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|---|------------|--------|-------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,13 | 0,000131 | 0,043771 | 102,46 | 102,59 |
| | 0,3 | 2 | 0,09 | 9,09E-05 | 0,030303 | 87,3 | 87,39 |
| | 0,3 | 3 | 28,91 | 0,029202 | 9,734007 | 102,45 | 131,36 |
| | 0,3 | 4 | 0,16 | 0,000162 | 0,053872 | 87,26 | 87,42 |
| | 0,4 | 1 | 0,36 | 0,000364 | 0,090909 | 102,46 | 102,82 |
| | 0,4 | 2 | 0,22 | 0,000222 | 0,055556 | 87,35 | 87,57 |
| | 0,4 | 3 | 37,82 | 0,038202 | 9,550505 | 102,49 | 140,31 |
| | 0,4 | 4 | 0,37 | 0,000374 | 0,093434 | 87,26 | 87,63 |
| | 0,5 | 1 | 0,54 | 0,000545 | 0,109091 | 102,44 | 102,98 |
| | 0,5 | 2 | 0,3 | 0,000303 | 0,060606 | 87,38 | 87,68 |
| | 0,5 | 3 | 48,91 | 0,049404 | 9,880808 | 102,56 | 151,47 |
| | 0,5 | 4 | 0,55 | 0,000556 | 0,111111 | 87,36 | 87,91 |
| | 0,6 | 1 | 0,55 | 0,000556 | 0,092593 | 102,46 | 103,01 |
| | 0,6 | 2 | 0,57 | 0,000576 | 0,09596 | 87,29 | 87,86 |
| | 0,6 | 3 | 45,06 | 0,045515 | 7,585859 | 102,47 | 147,53 |
| | 0,6 | 4 | 2,08 | 0,002101 | 0,350168 | 87,32 | 89,4 |
| | 0,9 | 1 | 0,48 | 0,000485 | 0,053872 | 60,15 | 60,63 |
| | 0,9 | 2 | 3,28 | 0,003313 | 0,368126 | 86,34 | 89,62 |
| | 0,9 | 3 | 64,76 | 0,065414 | 7,268238 | 87,25 | 152,01 |
| | 0,9 | 4 | 4,27 | 0,004313 | 0,479237 | 102,49 | 106,76 |
| | 1,2 | 1 | 0,33 | 0,000333 | 0,027778 | 60,18 | 60,51 |
| | 1,2 | 2 | 6,8 | 0,006869 | 0,572391 | 86,54 | 93,34 |
| | 1,2 | 3 | 59,86 | 0,060465 | 5,038721 | 102,53 | 162,39 |
| | 1,2 | 4 | 10,48 | 0,010586 | 0,882155 | 87,28 | 97,76 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,02 | 2,02E-05 | 0,006734 | 102,51 | 102,53 |
| | 0,3 | 2 | 0,06 | 6,06E-05 | 0,020202 | 87,31 | 87,37 |
| | 0,3 | 3 | 39,92 | 0,040323 | 13,44108 | 102,51 | 142,43 |
| | 0,3 | 4 | 0,11 | 0,000111 | 0,037037 | 87,26 | 87,37 |
| | 0,4 | 1 | 0,34 | 0,000343 | 0,085859 | 102,5 | 102,84 |
| | 0,4 | 2 | 0,13 | 0,000131 | 0,032828 | 87,34 | 87,47 |
| | 0,4 | 3 | 48,17 | 0,048657 | 12,16414 | 102,51 | 150,68 |
| | 0,4 | 4 | 0,32 | 0,000323 | 0,080808 | 87,34 | 87,66 |
| | 0,5 | 1 | 0,51 | 0,000515 | 0,10303 | 102,52 | 103,03 |
| | 0,5 | 2 | 0,43 | 0,000434 | 0,086869 | 87,3 | 87,73 |
| | 0,5 | 3 | 58,93 | 0,059525 | 11,90505 | 102,5 | 161,43 |
| | 0,5 | 4 | 0,53 | 0,000535 | 0,107071 | 87,34 | 87,87 |
| | 0,6 | 1 | 0,57 | 0,000576 | 0,09596 | 102,51 | 103,08 |
| | 0,6 | 2 | 1,03 | 0,00104 | 0,173401 | 87,27 | 88,3 |
| | 0,6 | 3 | 64,61 | 0,065263 | 10,8771 | 102,52 | 167,13 |
| | 0,6 | 4 | 1,06 | 0,001071 | 0,178451 | 87,34 | 88,4 |
| | 0,9 | 1 | 0,38 | 0,000384 | 0,042649 | 60,26 | 60,64 |
| | 0,9 | 2 | 3,01 | 0,00304 | 0,337823 | 86,49 | 89,5 |
| | 0,9 | 3 | 61,41 | 0,06203 | 6,892256 | 102,64 | 164,05 |
| | 0,9 | 4 | 4,23 | 0,004273 | 0,474747 | 87,32 | 91,55 |
| 1,2 | 1 | 0,42 | 0,000424 | 0,035354 | 60,28 | 60,7 | |
| 1,2 | 2 | 7,16 | 0,007232 | 0,602694 | 86,63 | 93,79 | |
| 1,2 | 3 | 61,3 | 0,061919 | 5,159933 | 102,64 | 163,94 | |
| 1,2 | 4 | 10,24 | 0,010343 | 0,861953 | 87,3 | 97,54 | |

| Medição 3: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,05 | 5,05E-05 | 0,016835 | 102,51 | 102,56 |
| | 0,3 | 2 | 0,32 | 0,000323 | 0,107744 | 87,32 | 87,64 |
| | 0,3 | 3 | 40,65 | 0,041061 | 13,68687 | 102,5 | 143,15 |
| | 0,3 | 4 | 0,07 | 7,07E-05 | 0,023569 | 87,31 | 87,38 |
| | 0,4 | 1 | 0,3 | 0,000303 | 0,075758 | 102,52 | 102,82 |
| | 0,4 | 2 | 0,62 | 0,000626 | 0,156566 | 87,32 | 87,94 |
| | 0,4 | 3 | 47,7 | 0,048182 | 12,04545 | 102,57 | 150,27 |
| | 0,4 | 4 | 0,27 | 0,000273 | 0,068182 | 87,37 | 87,64 |
| | 0,5 | 1 | 0,46 | 0,000465 | 0,092929 | 102,54 | 103 |
| | 0,5 | 2 | 1 | 0,00101 | 0,20202 | 87,36 | 88,36 |
| | 0,5 | 3 | 53,37 | 0,053909 | 10,78182 | 102,52 | 155,89 |
| | 0,5 | 4 | 0,44 | 0,000444 | 0,088889 | 87,39 | 87,83 |
| | 0,6 | 1 | 0,64 | 0,000646 | 0,107744 | 102,54 | 103,18 |
| | 0,6 | 2 | 1,54 | 0,001556 | 0,259259 | 87,35 | 88,89 |
| | 0,6 | 3 | 62,55 | 0,063182 | 10,5303 | 102,53 | 165,08 |
| | 0,6 | 4 | 0,78 | 0,000788 | 0,131313 | 87,38 | 88,16 |
| | 0,9 | 1 | 0,48 | 0,000485 | 0,053872 | 60,3 | 60,78 |
| | 0,9 | 2 | 3,24 | 0,003273 | 0,363636 | 86,57 | 89,81 |
| | 0,9 | 3 | 58,93 | 0,059525 | 6,613917 | 102,59 | 161,52 |
| | 0,9 | 4 | 4,59 | 0,004636 | 0,515152 | 87,33 | 91,92 |
| 1,2 | 1 | 0,41 | 0,000414 | 0,034512 | 60,39 | 60,8 | |
| 1,2 | 2 | 7 | 0,007071 | 0,589226 | 86,6 | 93,6 | |
| 1,2 | 3 | 61,78 | 0,062404 | 5,200337 | 102,69 | 164,47 | |
| 1,2 | 4 | 9,88 | 0,00998 | 0,83165 | 87,38 | 97,26 | |

| Média | | | | | |
|---|------------|----------|----------|---------------|--------------|
| Injeção de líquido feita por 4orificios | | | | | |
| V (m/s) | Ql (l/min) | Orifício | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,022447 | 0,019146 | 12,40067 |
| | 0,3 | 2 | 0,05275 | 0,047894 | |
| | 0,3 | 3 | 12,28732 | 2,214645 | |
| | 0,3 | 4 | 0,038159 | 0,015183 | |
| | 0,4 | 1 | 0,084175 | 0,007715 | 11,5 |
| | 0,4 | 2 | 0,08165 | 0,065867 | |
| | 0,4 | 3 | 11,25337 | 1,475915 | |
| | 0,4 | 4 | 0,080808 | 0,012626 | |
| | 0,5 | 1 | 0,101684 | 0,008165 | 11,17643 |
| | 0,5 | 2 | 0,116498 | 0,075219 | |
| | 0,5 | 3 | 10,85589 | 1,014152 | |
| | 0,5 | 4 | 0,102357 | 0,011837 | |
| | 0,6 | 1 | 0,098765 | 0,007956 | 10,15937 |
| | 0,6 | 2 | 0,176207 | 0,081686 | |
| | 0,6 | 3 | 9,664422 | 1,808421 | |
| | 0,6 | 4 | 0,219978 | 0,115186 | |
| | 0,9 | 1 | 0,050131 | 0,00648 | 7,821175 |
| | 0,9 | 2 | 0,356528 | 0,016354 | |
| | 0,9 | 3 | 6,924804 | 0,328373 | |
| | 0,9 | 4 | 0,489712 | 0,022145 | |
| 1,2 | 1 | 0,032548 | 0,004152 | 6,612233 | |
| 1,2 | 2 | 0,588103 | 0,015183 | | |
| 1,2 | 3 | 5,132997 | 0,084108 | | |
| 1,2 | 4 | 0,858586 | 0,02542 | | |

Tabela A.18- Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orificios verticais, $V = 74$ m/s e $Z = 100$ mm

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 2 orificios verticais | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,49 | 0,000495 | 0,164983 | 102,46 | 102,95 |
| | 0,3 | 2 | 0,09 | 9,09E-05 | 0,030303 | 87,34 | 87,43 |
| | 0,3 | 3 | 4,23 | 0,004273 | 1,424242 | 102,52 | 106,75 |
| | 0,3 | 4 | 0,62 | 0,000626 | 0,208754 | 87,31 | 87,93 |
| | 0,4 | 1 | 0,43 | 0,000434 | 0,108586 | 102,46 | 102,89 |
| | 0,4 | 2 | 0,67 | 0,000677 | 0,169192 | 87,33 | 88 |
| | 0,4 | 3 | 25,41 | 0,025667 | 6,416667 | 102,5 | 127,91 |
| | 0,4 | 4 | 1,19 | 0,001202 | 0,300505 | 87,31 | 88,5 |
| | 0,5 | 1 | 0,33 | 0,000333 | 0,066667 | 102,5 | 102,83 |
| | 0,5 | 2 | 2 | 0,00202 | 0,40404 | 87,3 | 89,3 |
| | 0,5 | 3 | 21,58 | 0,021798 | 4,359596 | 102,51 | 124,09 |
| | 0,5 | 4 | 2,88 | 0,002909 | 0,581818 | 87,3 | 90,18 |
| | 0,6 | 1 | 0,24 | 0,000242 | 0,040404 | 102,49 | 102,73 |
| | 0,6 | 2 | 4,09 | 0,004131 | 0,688552 | 87,29 | 91,38 |
| | 0,6 | 3 | 20,03 | 0,020232 | 3,372054 | 102,51 | 122,54 |
| | 0,6 | 4 | 7,7 | 0,007778 | 1,296296 | 87,33 | 95,03 |
| | 0,9 | 1 | 0,47 | 0,000475 | 0,05275 | 60,27 | 60,74 |
| | 0,9 | 2 | 28,65 | 0,028939 | 3,215488 | 86,52 | 115,17 |
| | 0,9 | 3 | 42,44 | 0,042869 | 4,763187 | 102,62 | 145,06 |
| | 0,9 | 4 | 29,41 | 0,029707 | 3,300786 | 87,34 | 116,75 |
| 1,2 | 1 | 3,34 | 0,003374 | 0,281145 | 60,35 | 63,69 | |
| 1,2 | 2 | 64,6 | 0,065253 | 5,43771 | 86,53 | 151,13 | |
| 1,2 | 3 | 69,9 | 0,070606 | 5,883838 | 102,59 | 172,49 | |
| 1,2 | 4 | 39 | 0,039394 | 3,282828 | 87,3 | 126,3 | |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,53 | 0,000535 | 0,178451 | 102,5 | 103,03 |
| | 0,3 | 2 | 0,07 | 7,07E-05 | 0,023569 | 87,28 | 87,35 |
| | 0,3 | 3 | 12,36 | 0,012485 | 4,161616 | 102,48 | 114,84 |
| | 0,3 | 4 | 0,17 | 0,000172 | 0,057239 | 87,26 | 87,43 |
| | 0,4 | 1 | 0,63 | 0,000636 | 0,159091 | 102,5 | 103,13 |
| | 0,4 | 2 | 0,57 | 0,000576 | 0,143939 | 87,3 | 87,87 |
| | 0,4 | 3 | 12,51 | 0,012636 | 3,159091 | 102,49 | 115 |
| | 0,4 | 4 | 1,22 | 0,001232 | 0,308081 | 87,3 | 88,52 |
| | 0,5 | 1 | 0,37 | 0,000374 | 0,074747 | 102,5 | 102,87 |
| | 0,5 | 2 | 2,63 | 0,002657 | 0,531313 | 87,33 | 89,96 |
| | 0,5 | 3 | 12,15 | 0,012273 | 2,454545 | 102,53 | 114,68 |
| | 0,5 | 4 | 4,52 | 0,004566 | 0,913131 | 87,31 | 91,83 |
| | 0,6 | 1 | 0,29 | 0,000293 | 0,048822 | 102,48 | 102,77 |
| | 0,6 | 2 | 5,22 | 0,005273 | 0,878788 | 87,28 | 92,5 |
| | 0,6 | 3 | 11,19 | 0,011303 | 1,883838 | 102,5 | 113,69 |
| | 0,6 | 4 | 8,98 | 0,009071 | 1,511785 | 87,32 | 96,3 |
| | 0,9 | 1 | 0,57 | 0,000576 | 0,063973 | 60,3 | 60,87 |
| | 0,9 | 2 | 32,29 | 0,032616 | 3,624018 | 86,53 | 118,82 |
| | 0,9 | 3 | 49,73 | 0,050232 | 5,581369 | 102,61 | 152,34 |
| | 0,9 | 4 | 33 | 0,033333 | 3,703704 | 87,32 | 120,32 |
| 1,2 | 1 | 3,52 | 0,003556 | 0,296296 | 60,32 | 63,84 | |
| 1,2 | 2 | 63,33 | 0,06397 | 5,330808 | 86,53 | 149,86 | |
| 1,2 | 3 | 68,37 | 0,069061 | 5,755051 | 102,6 | 170,97 | |
| 1,2 | 4 | 39,19 | 0,039586 | 3,298822 | 87,36 | 126,55 | |

| Medição 3 Injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais | | | | | | | |
|--|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,6 | 0,000606 | 0,20202 | 102,64 | 103,24 |
| | 0,3 | 2 | 0,04 | 4,04E-05 | 0,013468 | 87,34 | 87,38 |
| | 0,3 | 3 | 14,07 | 0,014212 | 4,737374 | 102,51 | 116,58 |
| | 0,3 | 4 | 0,07 | 7,07E-05 | 0,023569 | 87,36 | 87,43 |
| | 0,4 | 1 | 0,61 | 0,000616 | 0,15404 | 102,51 | 103,12 |
| | 0,4 | 2 | 0,73 | 0,000737 | 0,184343 | 87,4 | 88,13 |
| | 0,4 | 3 | 15,19 | 0,015343 | 3,835859 | 102,52 | 117,71 |
| | 0,4 | 4 | 1,2 | 0,001212 | 0,30303 | 87,38 | 88,58 |
| | 0,5 | 1 | 0,45 | 0,000455 | 0,090909 | 102,49 | 102,94 |
| | 0,5 | 2 | 2,57 | 0,002596 | 0,519192 | 87,35 | 89,92 |
| | 0,5 | 3 | 11,52 | 0,011636 | 2,327273 | 102,54 | 114,06 |
| | 0,5 | 4 | 4,04 | 0,004081 | 0,816162 | 87,37 | 91,41 |
| | 0,6 | 1 | 0,36 | 0,000364 | 0,060606 | 102,48 | 102,84 |
| | 0,6 | 2 | 5,69 | 0,005747 | 0,957912 | 87,36 | 93,05 |
| | 0,6 | 3 | 11,51 | 0,011626 | 1,93771 | 102,51 | 114,02 |
| | 0,6 | 4 | 10,72 | 0,010828 | 1,804714 | 87,31 | 98,03 |
| | 0,9 | 1 | 0,57 | 0,000576 | 0,063973 | 60,32 | 60,89 |
| | 0,9 | 2 | 31,12 | 0,031434 | 3,492705 | 86,62 | 117,74 |
| | 0,9 | 3 | 48,97 | 0,049465 | 5,496072 | 102,64 | 151,61 |
| | 0,9 | 4 | 32,14 | 0,032465 | 3,607183 | 87,18 | 119,32 |
| 1,2 | 1 | 5,05 | 0,005101 | 0,425084 | 60,29 | 65,34 | |
| 1,2 | 2 | 62,18 | 0,062808 | 5,234007 | 86,57 | 148,75 | |
| 1,2 | 3 | 70,29 | 0,071 | 5,916667 | 102,8 | 173,09 | |
| 1,2 | 4 | 39,07 | 0,039465 | 3,288721 | 87,35 | 126,42 | |

| Média | | | | | |
|--|------------|----------|----------|---------------|--------------|
| Injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais | | | | | |
| V (m/s) | Ql (l/min) | Orifício | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,181818 | 0,018747 | 3,741863 |
| | 0,3 | 2 | 0,022447 | 0,008473 | |
| | 0,3 | 3 | 3,441077 | 1,770195 | |
| | 0,3 | 4 | 0,096521 | 0,098644 | |
| | 0,4 | 1 | 0,140572 | 0,027816 | 5,080808 |
| | 0,4 | 2 | 0,165825 | 0,020411 | |
| | 0,4 | 3 | 4,470539 | 1,71903 | |
| | 0,4 | 4 | 0,303872 | 0,003857 | |
| | 0,5 | 1 | 0,077441 | 0,012344 | 4,379798 |
| | 0,5 | 2 | 0,484848 | 0,070244 | |
| | 0,5 | 3 | 3,047138 | 1,138402 | |
| | 0,5 | 4 | 0,77037 | 0,170337 | |
| | 0,6 | 1 | 0,049944 | 0,010148 | 4,82716 |
| | 0,6 | 2 | 0,841751 | 0,138447 | |
| | 0,6 | 3 | 2,397868 | 0,8441 | |
| | 0,6 | 4 | 1,537598 | 0,25519 | |
| | 0,9 | 1 | 0,060232 | 0,00648 | 12,32174 |
| | 0,9 | 2 | 3,44407 | 0,208562 | |
| | 0,9 | 3 | 5,28021 | 0,449781 | |
| | 0,9 | 4 | 3,537224 | 0,210372 | |
| 1,2 | 1 | 0,334175 | 0,079093 | 14,81033 | |
| 1,2 | 2 | 5,334175 | 0,101894 | | |
| 1,2 | 3 | 5,851852 | 0,085424 | | |
| 1,2 | 4 | 3,290123 | 0,008088 | | |

Tabela A.19- Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais, $V = 74$ m/s e $Z = 100$ mm

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 60,15 | 60,15 |
| | 0,3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 87,84 | 87,84 |
| | 0,3 | 3 | 34,29 | 0,034636 | 11,54545 | 102,47 | 136,76 |
| | 0,3 | 4 | 0,37 | 0,000374 | 0,124579 | 86,34 | 86,71 |
| | 0,4 | 1 | 0,02 | 2,02E-05 | 0,005051 | 60,15 | 60,17 |
| | 0,4 | 2 | 1,22 | 0,001232 | 0,308081 | 87,29 | 88,51 |
| | 0,4 | 3 | 32,8 | 0,033131 | 8,282828 | 102,51 | 135,31 |
| | 0,4 | 4 | 0,8 | 0,000808 | 0,20202 | 86,51 | 87,31 |
| | 0,5 | 1 | 0,07 | 7,07E-05 | 0,014141 | 60,16 | 60,23 |
| | 0,5 | 2 | 2,4 | 0,002424 | 0,484848 | 87,3 | 89,7 |
| | 0,5 | 3 | 33,93 | 0,034273 | 6,854545 | 102,52 | 136,45 |
| | 0,5 | 4 | 1,39 | 0,001404 | 0,280808 | 86,57 | 87,96 |
| | 0,6 | 1 | 0,28 | 0,000283 | 0,047138 | 60,21 | 60,49 |
| | 0,6 | 2 | 3,71 | 0,003747 | 0,624579 | 87,32 | 91,03 |
| | 0,6 | 3 | 39,4 | 0,039798 | 6,632997 | 102,6 | 142 |
| | 0,6 | 4 | 1,72 | 0,001737 | 0,289562 | 86,53 | 88,25 |
| | 0,9 | 1 | 0,77 | 0,000778 | 0,08642 | 102,48 | 103,25 |
| | 0,9 | 2 | 14,59 | 0,014737 | 1,637486 | 87,32 | 101,91 |
| | 0,9 | 3 | 49,55 | 0,050051 | 5,561167 | 102,63 | 152,18 |
| | 0,9 | 4 | 8,56 | 0,008646 | 0,960718 | 87,24 | 95,8 |
| 1,2 | 1 | 4,05 | 0,004091 | 0,340909 | 102,64 | 106,69 | |
| 1,2 | 2 | 48,19 | 0,048677 | 4,056397 | 87,28 | 135,47 | |
| 1,2 | 3 | 60,5 | 0,061111 | 5,092593 | 102,58 | 163,08 | |
| 1,2 | 4 | 13,46 | 0,013596 | 1,132997 | 87,3 | 100,76 | |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 60,27 | 60,27 |
| | 0,3 | 2 | 0,76 | 0,000768 | 0,255892 | 87,31 | 88,07 |
| | 0,3 | 3 | 33,04 | 0,033374 | 11,12458 | 102,51 | 135,55 |
| | 0,3 | 4 | 0,43 | 0,000434 | 0,144781 | 86,52 | 86,95 |
| | 0,4 | 1 | 0,05 | 5,05E-05 | 0,012626 | 60,18 | 60,23 |
| | 0,4 | 2 | 1,38 | 0,001394 | 0,348485 | 87,3 | 88,68 |
| | 0,4 | 3 | 35,08 | 0,035434 | 8,858586 | 102,52 | 137,6 |
| | 0,4 | 4 | 1,53 | 0,001545 | 0,386364 | 86,55 | 88,08 |
| | 0,5 | 1 | 0,35 | 0,000354 | 0,070707 | 60,22 | 60,57 |
| | 0,5 | 2 | 2,3 | 0,002323 | 0,464646 | 87,32 | 89,62 |
| | 0,5 | 3 | 36,54 | 0,036909 | 7,381818 | 102,63 | 139,17 |
| | 0,5 | 4 | 2,26 | 0,002283 | 0,456566 | 86,56 | 88,82 |
| | 0,6 | 1 | 0,14 | 0,000141 | 0,023569 | 60,29 | 60,43 |
| | 0,6 | 2 | 3,79 | 0,003828 | 0,638047 | 87,25 | 91,04 |
| | 0,6 | 3 | 34,11 | 0,034455 | 5,742424 | 102,52 | 136,63 |
| | 0,6 | 4 | 2,29 | 0,002313 | 0,385522 | 86,58 | 88,87 |
| | 0,9 | 1 | 0,74 | 0,000747 | 0,083053 | 102,59 | 103,33 |
| | 0,9 | 2 | 12,85 | 0,01298 | 1,4422 | 87,32 | 100,17 |
| | 0,9 | 3 | 48,77 | 0,049263 | 5,473625 | 102,59 | 151,36 |
| | 0,9 | 4 | 8,74 | 0,008828 | 0,98092 | 87,29 | 96,03 |
| 1,2 | 1 | 5,63 | 0,005687 | 0,473906 | 102,77 | 108,4 | |
| 1,2 | 2 | 49,33 | 0,049828 | 4,152357 | 87,27 | 136,6 | |
| 1,2 | 3 | 61,23 | 0,061848 | 5,15404 | 102,54 | 163,77 | |
| 1,2 | 4 | 13,24 | 0,013374 | 1,114478 | 87,26 | 100,5 | |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais | | | | | | | |
|---|------------|--------|----------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 60,41 | 60,41 |
| | 0,3 | 2 | 0,63 | 0,000636 | 0,212121 | 87,31 | 87,94 |
| | 0,3 | 3 | 33,51 | 0,033848 | 11,28283 | 102,56 | 136,07 |
| | 0,3 | 4 | 0,39 | 0,000394 | 0,131313 | 86,52 | 86,91 |
| | 0,4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 60,39 | 60,39 |
| | 0,4 | 2 | 1,71 | 0,001727 | 0,431818 | 87,31 | 89,02 |
| | 0,4 | 3 | 35,47 | 0,035828 | 8,957071 | 102,56 | 138,03 |
| | 0,4 | 4 | 0,92 | 0,000929 | 0,232323 | 86,48 | 87,4 |
| | 0,5 | 1 | 0,17 | 0,000172 | 0,034343 | 60,35 | 60,52 |
| | 0,5 | 2 | 2,91 | 0,002939 | 0,587879 | 87,35 | 90,26 |
| | 0,5 | 3 | 30,93 | 0,031242 | 6,248485 | 102,56 | 133,49 |
| | 0,5 | 4 | 1,1 | 0,001111 | 0,222222 | 86,52 | 87,62 |
| | 0,6 | 1 | 0,56 | 0,000566 | 0,094276 | 60,31 | 60,87 |
| | 0,6 | 2 | 5 | 0,005051 | 0,841751 | 87,33 | 92,33 |
| | 0,6 | 3 | 38,17 | 0,038556 | 6,425926 | 102,59 | 140,76 |
| | 0,6 | 4 | 2,7 | 0,002727 | 0,454545 | 86,53 | 89,23 |
| | 0,9 | 1 | 0,78 | 0,000788 | 0,087542 | 102,73 | 103,51 |
| | 0,9 | 2 | 12,25 | 0,012374 | 1,37486 | 87,26 | 99,51 |
| | 0,9 | 3 | 48,64 | 0,049131 | 5,459035 | 102,61 | 151,25 |
| | 0,9 | 4 | 9,31 | 0,009404 | 1,044893 | 87,31 | 96,62 |
| 1,2 | 1 | 6,77 | 0,006838 | 0,569865 | 102,58 | 109,35 | |
| 1,2 | 2 | 49,41 | 0,049909 | 4,159091 | 87,28 | 136,69 | |
| 1,2 | 3 | 61,12 | 0,061737 | 5,144781 | 102,56 | 163,68 | |
| 1,2 | 4 | 13,56 | 0,013697 | 1,141414 | 87,33 | 100,89 | |

| Média | | | | | |
|--|------------|----------|----------|---------------|--------------|
| Injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais | | | | | |
| V (m/s) | Ql (l/min) | Orifício | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0 | 0 | 11,60718 |
| | 0,3 | 2 | 0,150,64 | 0,136865 | |
| | 0,3 | 3 | 11,31762 | 0,212584 | |
| | 0,3 | 4 | 0,133558 | 0,010286 | |
| | 0,4 | 1 | 0,005892 | 0,006355 | 9,341751 |
| | 0,4 | 2 | 0,362795 | 0,063098 | |
| | 0,4 | 3 | 8,699495 | 0,364188 | |
| | 0,4 | 4 | 0,273569 | 0,098851 | |
| | 0,5 | 1 | 0,039731 | 0,028665 | 7,700337 |
| | 0,5 | 2 | 0,512458 | 0,066093 | |
| | 0,5 | 3 | 6,828283 | 0,567123 | |
| | 0,5 | 4 | 0,319865 | 0,121956 | |
| | 0,6 | 1 | 0,054994 | 0,030,62 | 7,400112 |
| | 0,6 | 2 | 0,701459 | 0,121683 | |
| | 0,6 | 3 | 6,267116 | 0,466042 | |
| | 0,6 | 4 | 0,376543 | 0,082857 | |
| | 0,9 | 1 | 0,085672 | 0,002336 | 8,063973 |
| | 0,9 | 2 | 1,484848 | 0,136409 | |
| | 0,9 | 3 | 5,497942 | 0,055238 | |
| | 0,9 | 4 | 0,995511 | 0,043943 | |
| 1,2 | 1 | 0,46156 | 0,114976 | 10,84428 | |
| 1,2 | 2 | 4,122615 | 0,057445 | | |
| 1,2 | 3 | 5,130471 | 0,033129 | | |
| 1,2 | 4 | 1,12963 | 0,01378 | | |

Tabela A.20- Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios, $V = 74$ m/s e $Z = 100$ mm.

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | |
|---|------------|--------|-------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,3 | 0,000303 | 0,10101 | 102,41 | 102,71 |
| | 0,3 | 2 | 0,14 | 0,000141 | 0,047138 | 86,32 | 86,46 |
| | 0,3 | 3 | 18,79 | 0,01898 | 6,326599 | 87,21 | 106 |
| | 0,3 | 4 | 0,11 | 0,000111 | 0,037037 | 60,13 | 60,24 |
| | 0,4 | 1 | 0,42 | 0,000424 | 0,106061 | 102,56 | 102,98 |
| | 0,4 | 2 | 0,62 | 0,000626 | 0,156566 | 86,52 | 87,14 |
| | 0,4 | 3 | 30,43 | 0,030737 | 7,684343 | 87,43 | 117,86 |
| | 0,4 | 4 | 0,7 | 0,000707 | 0,176768 | 60,22 | 60,92 |
| | 0,5 | 1 | 0,41 | 0,000414 | 0,082828 | 102,61 | 103,02 |
| | 0,5 | 2 | 0,54 | 0,000545 | 0,109091 | 86,48 | 87,02 |
| | 0,5 | 3 | 35,95 | 0,036313 | 7,262626 | 87,56 | 123,51 |
| | 0,5 | 4 | 1,65 | 0,001667 | 0,333333 | 60,23 | 61,88 |
| | 0,6 | 1 | 0,46 | 0,000465 | 0,077441 | 102,61 | 103,07 |
| | 0,6 | 2 | 0,86 | 0,000869 | 0,144781 | 86,47 | 87,33 |
| | 0,6 | 3 | 34,3 | 0,034646 | 5,774411 | 87,41 | 121,71 |
| | 0,6 | 4 | 3,42 | 0,003455 | 0,575758 | 60,31 | 63,73 |
| | 0,9 | 1 | 0,39 | 0,000394 | 0,043771 | 102,58 | 102,97 |
| | 0,9 | 2 | 1,7 | 0,001717 | 0,190797 | 86,46 | 88,16 |
| | 0,9 | 3 | 34,88 | 0,035232 | 3,914703 | 87,5 | 122,38 |
| | 0,9 | 4 | 16,28 | 0,016444 | 1,82716 | 60,32 | 76,6 |
| | 1,2 | 1 | 0,3 | 0,000303 | 0,025253 | 102,51 | 102,81 |
| | 1,2 | 2 | 7,63 | 0,007707 | 0,642256 | 87,26 | 94,89 |
| | 1,2 | 3 | 56,47 | 0,05704 | 4,753367 | 102,53 | 159 |
| | 1,2 | 4 | 51,99 | 0,052515 | 4,376263 | 87,3 | 139,29 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,25 | 0,000253 | 0,084175 | 102,55 | 102,8 |
| | 0,3 | 2 | 0,14 | 0,000141 | 0,047138 | 86,45 | 86,59 |
| | 0,3 | 3 | 21,81 | 0,02203 | 7,343434 | 87,39 | 109,2 |
| | 0,3 | 4 | 0,17 | 0,000172 | 0,057239 | 60,19 | 60,36 |
| | 0,4 | 1 | 0,38 | 0,000384 | 0,09596 | 102,58 | 102,96 |
| | 0,4 | 2 | 0,3 | 0,000303 | 0,075758 | 86,47 | 86,77 |
| | 0,4 | 3 | 30,79 | 0,031101 | 7,775253 | 87,37 | 118,16 |
| | 0,4 | 4 | 0,84 | 0,000848 | 0,212121 | 60,24 | 61,08 |
| | 0,5 | 1 | 0,43 | 0,000434 | 0,086869 | 102,58 | 103,01 |
| | 0,5 | 2 | 0,54 | 0,000545 | 0,109091 | 86,49 | 87,03 |
| | 0,5 | 3 | 35,33 | 0,035687 | 7,137374 | 87,39 | 122,72 |
| | 0,5 | 4 | 1,5 | 0,001515 | 0,30303 | 60,28 | 61,78 |
| | 0,6 | 1 | 0,43 | 0,000434 | 0,072391 | 102,64 | 103,07 |
| | 0,6 | 2 | 0,73 | 0,000737 | 0,122896 | 86,47 | 87,2 |
| | 0,6 | 3 | 33,85 | 0,034192 | 5,698653 | 87,5 | 121,35 |
| | 0,6 | 4 | 1,81 | 0,001828 | 0,304714 | 60,37 | 62,18 |
| | 0,9 | 1 | 0,39 | 0,000394 | 0,043771 | 102,61 | 103 |
| | 0,9 | 2 | 1,76 | 0,001778 | 0,197531 | 86,81 | 88,57 |
| | 0,9 | 3 | 36,22 | 0,036586 | 4,065095 | 87,47 | 123,69 |
| | 0,9 | 4 | 18,82 | 0,01901 | 2,112233 | 60,3 | 79,12 |
| 1,2 | 1 | 0,27 | 0,000273 | 0,022727 | 102,6 | 102,87 | |
| 1,2 | 2 | 7,72 | 0,007798 | 0,649832 | 87,27 | 94,99 | |
| 1,2 | 3 | 57,56 | 0,058141 | 4,845118 | 102,58 | 160,14 | |
| 1,2 | 4 | 51,36 | 0,051879 | 4,323232 | 87,25 | 138,61 | |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,29 | 0,000293 | 0,097643 | 102,55 | 102,84 |
| | 0,3 | 2 | 0,2 | 0,000202 | 0,06734 | 86,44 | 86,64 |
| | 0,3 | 3 | 22,38 | 0,022606 | 7,535354 | 87,35 | 109,73 |
| | 0,3 | 4 | 0,14 | 0,000141 | 0,047138 | 60,24 | 60,38 |
| | 0,4 | 1 | 0,4 | 0,000404 | 0,10101 | 102,54 | 102,94 |
| | 0,4 | 2 | 0,3 | 0,000303 | 0,075758 | 86,48 | 86,78 |
| | 0,4 | 3 | 30,64 | 0,030949 | 7,737374 | 87,34 | 117,98 |
| | 0,4 | 4 | 0,61 | 0,000616 | 0,15404 | 60,24 | 60,85 |
| | 0,5 | 1 | 0,38 | 0,000384 | 0,076768 | 102,62 | 103 |
| | 0,5 | 2 | 0,54 | 0,000545 | 0,109091 | 86,46 | 87 |
| | 0,5 | 3 | 36,22 | 0,036586 | 7,317172 | 87,42 | 123,64 |
| | 0,5 | 4 | 1,46 | 0,001475 | 0,294949 | 60,27 | 61,73 |
| | 0,6 | 1 | 0,47 | 0,000475 | 0,079125 | 102,61 | 103,08 |
| | 0,6 | 2 | 0,86 | 0,000869 | 0,144781 | 86,51 | 87,37 |
| | 0,6 | 3 | 34,49 | 0,034838 | 5,806397 | 87,45 | 121,94 |
| | 0,6 | 4 | 2,85 | 0,002879 | 0,479798 | 60,34 | 63,19 |
| | 0,9 | 1 | 0,32 | 0,000323 | 0,035915 | 102,68 | 103 |
| | 0,9 | 2 | 1,77 | 0,001788 | 0,198653 | 86,59 | 88,36 |
| | 0,9 | 3 | 35,56 | 0,035919 | 3,991021 | 87,44 | 123 |
| | 0,9 | 4 | 19,95 | 0,020152 | 2,239057 | 60,34 | 80,29 |
| 1,2 | 1 | 0,29 | 0,000293 | 0,024411 | 102,56 | 102,85 | |
| 1,2 | 2 | 7,9 | 0,00798 | 0,664983 | 87,26 | 95,16 | |
| 1,2 | 3 | 56,92 | 0,057495 | 4,791246 | 102,56 | 159,48 | |
| 1,2 | 4 | 51,89 | 0,052414 | 4,367845 | 87,29 | 139,18 | |

| Média | | | | | |
|--|------------|----------|----------|---------------|--------------|
| Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | |
| V (m/s) | Ql (l/min) | Orifício | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,094276 | 0,008908 | 7,263749 |
| | 0,3 | 2 | 0,053872 | 0,011664 | |
| | 0,3 | 3 | 7,068462 | 0,649599 | |
| | 0,3 | 4 | 0,047138 | 0,010101 | |
| | 0,4 | 1 | 0,10101 | 0,005051 | 8,117003 |
| | 0,4 | 2 | 0,102694 | 0,046655 | |
| | 0,4 | 3 | 7,732323 | 0,045664 | |
| | 0,4 | 4 | 0,180976 | 0,029268 | |
| | 0,5 | 1 | 0,082155 | 0,005084 | 7,740741 |
| | 0,5 | 2 | 0,109091 | 1,65E-15 | |
| | 0,5 | 3 | 7,239057 | 0,092187 | |
| | 0,5 | 4 | 0,310438 | 0,020236 | |
| | 0,6 | 1 | 0,076319 | 0,003504 | 6,427048 |
| | 0,6 | 2 | 0,137486 | 0,012636 | |
| | 0,6 | 3 | 5,75982 | 0,055334 | |
| | 0,6 | 4 | 0,453423 | 0,137433 | |
| | 0,9 | 1 | 0,041152 | 0,004536 | 6,286569 |
| | 0,9 | 2 | 0,19566 | 0,004249 | |
| | 0,9 | 3 | 3,990273 | 0,075199 | |
| | 0,9 | 4 | 2,059484 | 0,210954 | |
| 1,2 | 1 | 0,02413 | 0,001286 | 9,828844 | |
| 1,2 | 2 | 0,652357 | 0,011572 | | |
| 1,2 | 3 | 4,796577 | 0,046107 | | |
| 1,2 | 4 | 4,35578 | 0,0285 | | |

• V = 74 m/s e Z = 160 mm

Tabela A.21- Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios, V = 74 m/s e Z = 160 mm

| Medição 1: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|---|------------|--------|-------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,55 | 0,000556 | 0,185185 | 102,46 | 103,01 |
| | 0,3 | 2 | 11,77 | 0,011889 | 3,962963 | 87,38 | 99,15 |
| | 0,3 | 3 | 8,44 | 0,008525 | 2,841751 | 102,59 | 111,03 |
| | 0,3 | 4 | 7,85 | 0,007929 | 2,643098 | 87,27 | 95,12 |
| | 0,6 | 1 | 1,91 | 0,001929 | 0,321549 | 102,65 | 104,56 |
| | 0,6 | 2 | 13,13 | 0,013263 | 2,210438 | 87,33 | 100,46 |
| | 0,6 | 3 | 5,94 | 0,006 | 1 | 102,57 | 108,51 |
| | 0,6 | 4 | 12,86 | 0,01299 | 2,164983 | 87,42 | 100,28 |
| | 0,9 | 1 | 3,48 | 0,003515 | 0,390572 | 102,59 | 106,07 |
| | 0,9 | 2 | 19,58 | 0,019778 | 2,197531 | 87,28 | 106,86 |
| | 0,9 | 3 | 2,47 | 0,002495 | 0,277217 | 102,56 | 105,03 |
| | 0,9 | 4 | 18,92 | 0,019111 | 2,123457 | 87,31 | 106,23 |
| | 1,2 | 1 | 3,78 | 0,003818 | 0,318182 | 102,56 | 106,34 |
| | 1,2 | 2 | 32,66 | 0,03299 | 2,749158 | 87,29 | 119,95 |
| | 1,2 | 3 | 2,77 | 0,002798 | 0,233165 | 102,65 | 105,42 |
| | 1,2 | 4 | 38,64 | 0,03903 | 3,252525 | 87,29 | 125,93 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|---|------------|--------|-------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,61 | 0,000616 | 0,205387 | 102,62 | 103,23 |
| | 0,3 | 2 | 12,33 | 0,012455 | 4,151515 | 87,34 | 99,67 |
| | 0,3 | 3 | 8,5 | 0,008586 | 2,861953 | 102,61 | 111,11 |
| | 0,3 | 4 | 8,36 | 0,008444 | 2,814815 | 87,35 | 95,71 |
| | 0,6 | 1 | 1,83 | 0,001848 | 0,308081 | 102,61 | 104,44 |
| | 0,6 | 2 | 13,6 | 0,013737 | 2,289562 | 87,33 | 100,93 |
| | 0,6 | 3 | 5,78 | 0,005838 | 0,973064 | 102,59 | 108,37 |
| | 0,6 | 4 | 15,07 | 0,015222 | 2,537037 | 87,32 | 102,39 |
| | 0,9 | 1 | 3,44 | 0,003475 | 0,386083 | 102,68 | 106,12 |
| | 0,9 | 2 | 19,98 | 0,020182 | 2,242424 | 87,33 | 107,31 |
| | 0,9 | 3 | 2,59 | 0,002616 | 0,290685 | 102,54 | 105,13 |
| | 0,9 | 4 | 22,02 | 0,022242 | 2,47138 | 87,35 | 109,37 |
| | 1,2 | 1 | 4,07 | 0,004111 | 0,342593 | 102,61 | 106,68 |
| | 1,2 | 2 | 31 | 0,031313 | 2,609428 | 87,31 | 118,31 |
| | 1,2 | 3 | 2,79 | 0,002818 | 0,234848 | 102,6 | 105,39 |
| | 1,2 | 4 | 39,46 | 0,039859 | 3,321549 | 87,41 | 126,87 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|---|------------|--------|-------|------------|----------|--------|--------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 1,02 | 0,00103 | 0,343434 | 102,62 | 103,64 |
| | 0,3 | 2 | 14,28 | 0,014424 | 4,808081 | 87,31 | 101,59 |
| | 0,3 | 3 | 8,43 | 0,008515 | 2,838384 | 102,62 | 111,05 |
| | 0,3 | 4 | 6,1 | 0,006162 | 2,053872 | 87,31 | 93,41 |
| | 0,6 | 1 | 2,14 | 0,002162 | 0,360269 | 102,65 | 104,79 |
| | 0,6 | 2 | 13,61 | 0,013747 | 2,291246 | 87,4 | 101,01 |
| | 0,6 | 3 | 5,83 | 0,005889 | 0,981481 | 102,6 | 108,43 |
| | 0,6 | 4 | 15,23 | 0,015384 | 2,563973 | 87,32 | 102,55 |
| | 0,9 | 1 | 3,56 | 0,003596 | 0,399551 | 102,69 | 106,25 |
| | 0,9 | 2 | 19,83 | 0,02003 | 2,225589 | 87,4 | 107,23 |
| | 0,9 | 3 | 2,52 | 0,002545 | 0,282828 | 102,59 | 105,11 |
| | 0,9 | 4 | 23,83 | 0,024071 | 2,674523 | 87,37 | 111,2 |
| | 1,2 | 1 | 4,34 | 0,004384 | 0,36532 | 102,62 | 106,96 |
| | 1,2 | 2 | 31,19 | 0,031505 | 2,625421 | 87,39 | 118,58 |
| | 1,2 | 3 | 2,7 | 0,002727 | 0,227273 | 102,61 | 105,31 |
| | 1,2 | 4 | 39,04 | 0,039434 | 3,286195 | 87,34 | 126,38 |

| Média Injeção de líquido feita por 4 orifícios | | | | | |
|---|------------|----------|----------|---------------|--------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Orifício | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,244669 | 0,086128 | 9,903479 |
| | 0,3 | 2 | 4,30752 | 0,443632 | |
| | 0,3 | 3 | 2,847363 | 0,012747 | |
| | 0,3 | 4 | 2,503928 | 0,399105 | |
| | 0,6 | 1 | 0,329966 | 0,027093 | 6,000561 |
| | 0,6 | 2 | 2,263749 | 0,046176 | |
| | 0,6 | 3 | 0,984848 | 0,01378 | |
| | 0,6 | 4 | 2,421998 | 0,222988 | |
| | 0,9 | 1 | 0,392069 | 0,006858 | 5,320614 |
| | 0,9 | 2 | 2,221848 | 0,022679 | |
| | 0,9 | 3 | 0,283577 | 0,006765 | |
| | 0,9 | 4 | 2,42312 | 0,278685 | |
| | 1,2 | 1 | 0,342031 | 0,023574 | 6,521886 |
| | 1,2 | 2 | 2,661336 | 0,076476 | |
| | 1,2 | 3 | 0,231762 | 0,003978 | |
| | 1,2 | 4 | 3,286756 | 0,034515 | |

- $V = 74 \text{ m/s}$ e $Z = 220 \text{ mm}$

Tabela A.22- Resultados das 3 medições e das médias feitas para a fração de filme em cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios, $V = 74 \text{ m/s}$ e $Z = 220 \text{ mm}$

| Medição 1: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,55 | 0,000556 | 0,185185 | 87,27 | 87,82 |
| | 0,3 | 2 | 8,57 | 0,008657 | 2,885522 | 102,5 | 111,07 |
| | 0,3 | 3 | 14,57 | 0,014717 | 4,905724 | 87,36 | 101,93 |
| | 0,3 | 4 | 12,43 | 0,012556 | 4,185185 | 102,46 | 114,89 |
| | 0,6 | 1 | 1,53 | 0,001545 | 0,257576 | 87,32 | 88,85 |
| | 0,6 | 2 | 10,7 | 0,010808 | 1,801347 | 102,52 | 113,22 |
| | 0,6 | 3 | 7,87 | 0,007949 | 1,324916 | 87,36 | 95,23 |
| | 0,6 | 4 | 19,54 | 0,019737 | 3,289562 | 102,53 | 122,07 |
| | 0,9 | 1 | 4,56 | 0,004606 | 0,511785 | 87,37 | 91,93 |
| | 0,9 | 2 | 29,48 | 0,029778 | 3,308642 | 102,53 | 132,01 |
| | 0,9 | 3 | 4,19 | 0,004232 | 0,470258 | 87,36 | 91,55 |
| | 0,9 | 4 | 29,63 | 0,029929 | 3,325477 | 102,56 | 132,19 |
| | 1,2 | 1 | 8,88 | 0,00897 | 0,747475 | 87,37 | 96,25 |
| | 1,2 | 2 | 55,15 | 0,055707 | 4,642256 | 102,53 | 157,68 |
| | 1,2 | 3 | 5,61 | 0,005667 | 0,472222 | 87,45 | 93,06 |
| | 1,2 | 4 | 42,03 | 0,042455 | 3,537879 | 102,52 | 144,55 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,78 | 0,000788 | 0,262626 | 87,45 | 88,23 |
| | 0,3 | 2 | 8,65 | 0,008737 | 2,912458 | 102,55 | 111,2 |
| | 0,3 | 3 | 12,68 | 0,012808 | 4,26936 | 87,38 | 100,06 |
| | 0,3 | 4 | 12,46 | 0,012586 | 4,195286 | 102,55 | 115,01 |
| | 0,6 | 1 | 2,26 | 0,002283 | 0,380471 | 87,38 | 89,64 |
| | 0,6 | 2 | 11,02 | 0,011131 | 1,855219 | 102,56 | 113,58 |
| | 0,6 | 3 | 8,93 | 0,00902 | 1,503367 | 87,33 | 96,26 |
| | 0,6 | 4 | 19,97 | 0,020172 | 3,361953 | 102,59 | 122,56 |
| | 0,9 | 1 | 6,48 | 0,006545 | 0,727273 | 87,37 | 93,85 |
| | 0,9 | 2 | 25,2 | 0,025455 | 2,828283 | 102,55 | 127,75 |
| | 0,9 | 3 | 4,03 | 0,004071 | 0,452301 | 87,33 | 91,36 |
| | 0,9 | 4 | 30,85 | 0,031162 | 3,462402 | 102,59 | 133,44 |
| | 1,2 | 1 | 10,15 | 0,010253 | 0,854377 | 87,4 | 97,55 |
| | 1,2 | 2 | 54,02 | 0,054566 | 4,547138 | 102,45 | 156,47 |
| | 1,2 | 3 | 5,47 | 0,005525 | 0,460438 | 87,28 | 92,75 |
| | 1,2 | 4 | 43,62 | 0,044061 | 3,671717 | 102,53 | 146,15 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita pelos 4 orifícios | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Ql (l/min) | Parede | M (g) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 74 | 0,3 | 1 | 1,25 | 0,001263 | 0,420875 | 87,37 | 88,62 |
| | 0,3 | 2 | 8,98 | 0,009071 | 3,023569 | 102,52 | 111,5 |
| | 0,3 | 3 | 14,19 | 0,014333 | 4,777778 | 87,43 | 101,62 |
| | 0,3 | 4 | 11,72 | 0,011838 | 3,946128 | 102,53 | 114,25 |
| | 0,6 | 1 | 2,98 | 0,00301 | 0,501684 | 87,41 | 90,39 |
| | 0,6 | 2 | 12,4 | 0,012525 | 2,087542 | 102,52 | 114,92 |
| | 0,6 | 3 | 7,78 | 0,007859 | 1,309764 | 87,4 | 95,18 |
| | 0,6 | 4 | 20,53 | 0,020737 | 3,456229 | 102,57 | 123,1 |
| | 0,9 | 1 | 7,68 | 0,007758 | 0,861953 | 87,31 | 94,99 |
| | 0,9 | 2 | 28,27 | 0,028556 | 3,17284 | 102,49 | 130,76 |
| | 0,9 | 3 | 4,09 | 0,004131 | 0,459035 | 87,34 | 91,43 |
| | 0,9 | 4 | 30,5 | 0,030808 | 3,42312 | 102,52 | 133,02 |
| | 1,2 | 1 | 10,2 | 0,010303 | 0,858586 | 87,42 | 97,62 |
| | 1,2 | 2 | 53,03 | 0,053566 | 4,463805 | 102,56 | 155,59 |
| | 1,2 | 3 | 5,41 | 0,005465 | 0,455387 | 87,38 | 92,79 |
| | 1,2 | 4 | 42,49 | 0,042919 | 3,576599 | 102,59 | 145,08 |

| Média | | | | | |
|--|-------------------|-----------------|---------------|----------------------|---------------------|
| Injeção de líquido feita por 4orifícios | | | | | |
| V (m/s) | Ql (l/min) | Orifício | Ff (%) | Desvio Padrão | Ff total (%) |
| 74 | 0,3 | 1 | 0,289562 | 0,120132 | 11,9899 |
| | 0,3 | 2 | 2,940516 | 0,073176 | |
| | 0,3 | 3 | 4,650954 | 0,336605 | |
| | 0,3 | 4 | 4,108866 | 0,141026 | |
| | 0,6 | 1 | 0,37991 | 0,122055 | 7,04321 |
| | 0,6 | 2 | 1,914703 | 0,152088 | |
| | 0,6 | 3 | 1,379349 | 0,10767 | |
| | 0,6 | 4 | 3,369248 | 0,083572 | |
| | 0,9 | 1 | 0,700337 | 0,176631 | 7,667789 |
| | 0,9 | 2 | 3,103255 | 0,247624 | |
| | 0,9 | 3 | 0,460531 | 0,009072 | |
| | 0,9 | 4 | 3,403666 | 0,070505 | |
| | 1,2 | 1 | 0,820146 | 0,06297 | 9,429293 |
| | 1,2 | 2 | 4,551066 | 0,08929 | |
| | 1,2 | 3 | 0,462682 | 0,008639 | |
| | 1,2 | 4 | 3,595398 | 0,068871 | |

APÊNDICE B

Resultados dos dados experimentais na forma de gráficos da fração de filme obtida em cada parede separadamente do lavador em função da vazão de líquido para as velocidades do gás de 59 m/s, 64 m/s, 69 m/s e 74 m/s, e para todas as configurações de injeção de líquido.

● $V = 59 \text{ m/s}$ e $Z = 100 \text{ mm}$

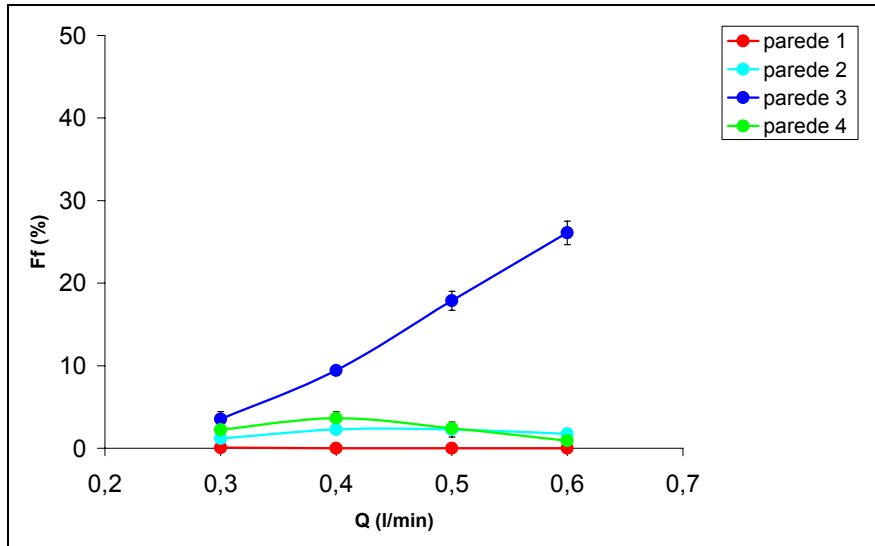


Figura B1-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício e velocidade do gás de 59 m/s e $Z = 100 \text{ mm}$.

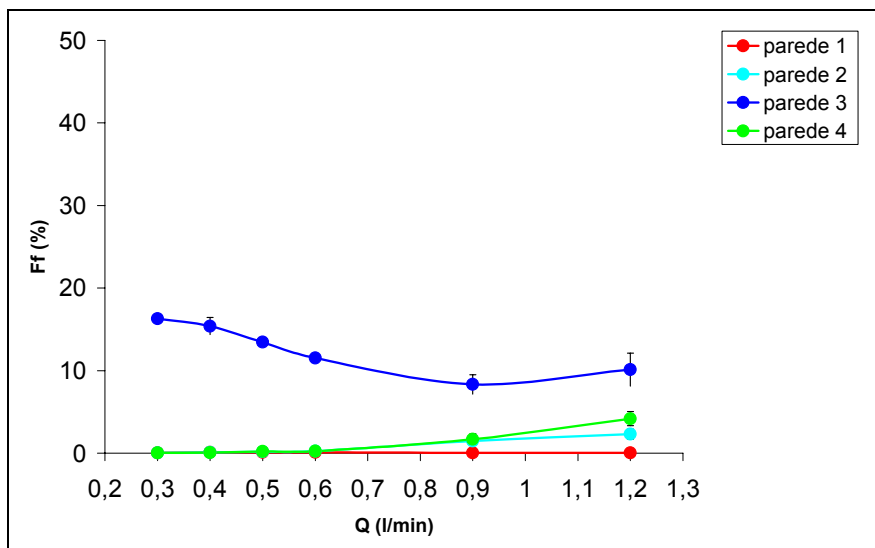


Figura B2-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios e velocidade do gás de 59 m/s e $Z = 100 \text{ mm}$.

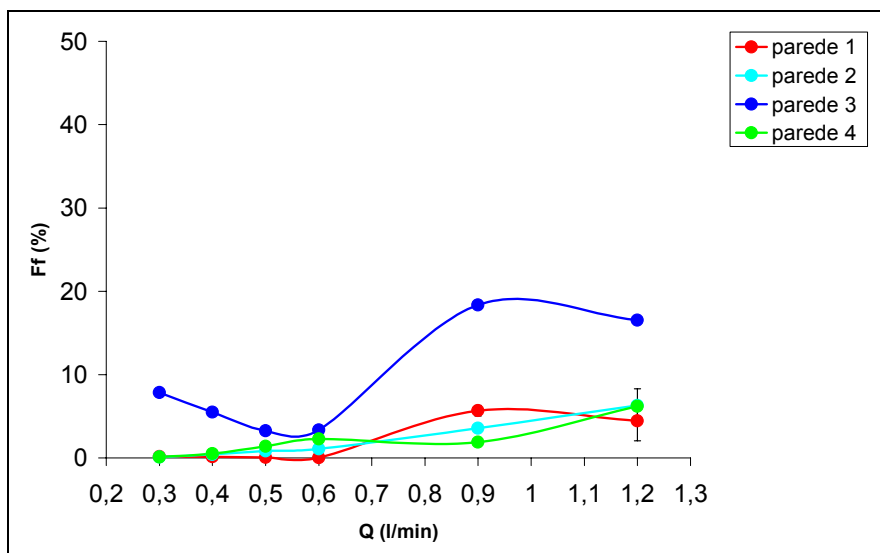


Figura B3-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais e velocidade do gás de 59 m/s e $Z = 100 \text{ mm}$.

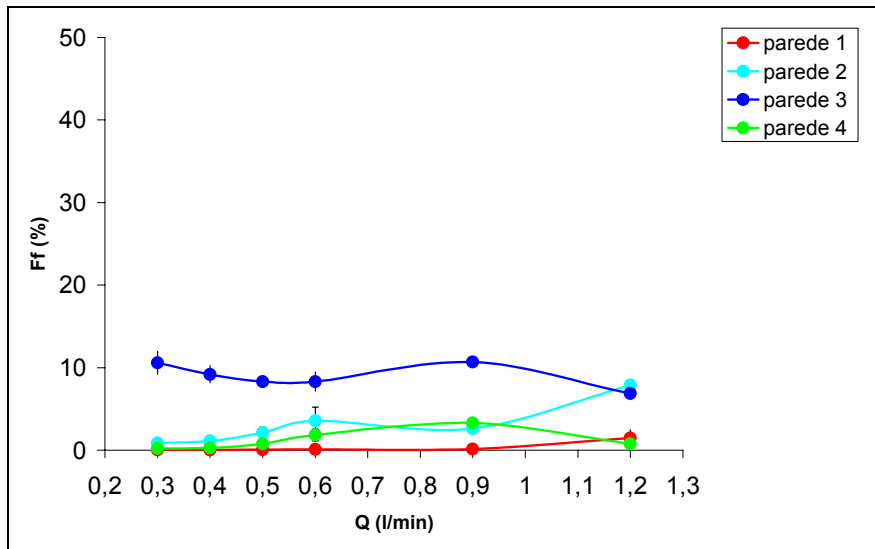


Figura B4-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais e velocidade do gás de 59 m/s e $Z = 100$ mm.

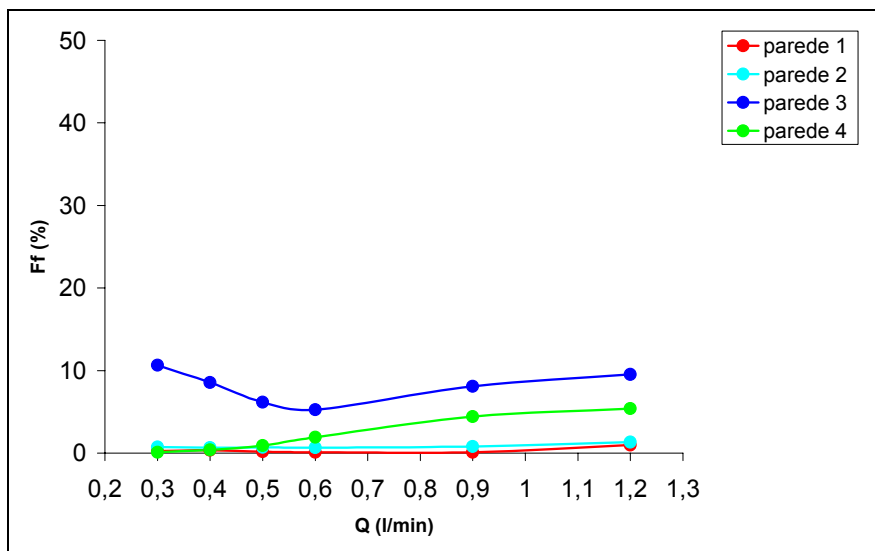


Figura B5-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios e velocidade do gás de 59 m/s e $Z = 100$ mm.

● $V = 64$ m/s e $Z = 100$ mm

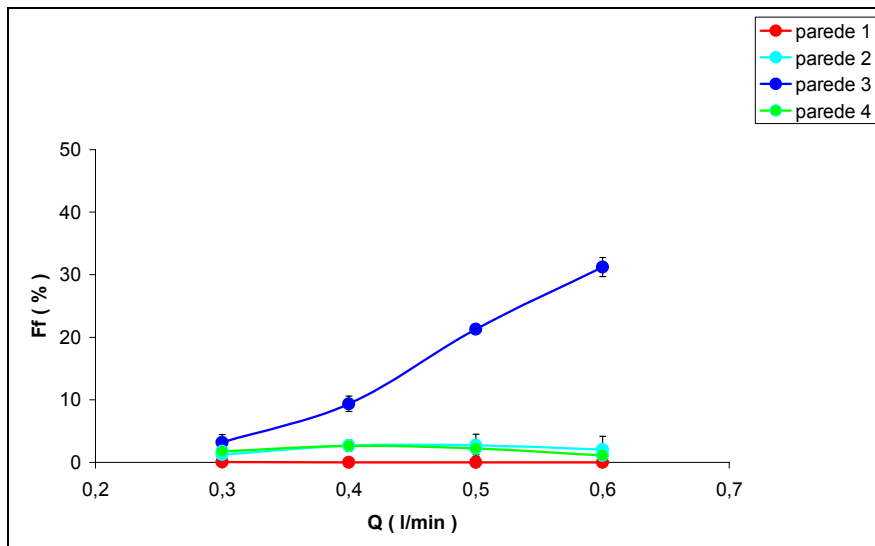


Figura B6-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício e velocidade do gás de 64 m/s e $Z = 100$ mm.

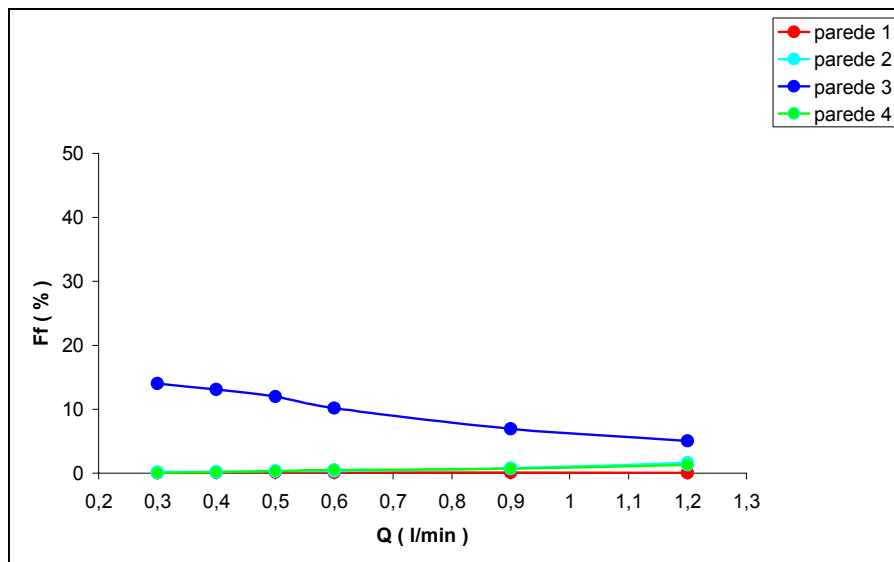


Figura B7-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios e velocidade do gás de 64 m/s e $Z = 100$ mm.

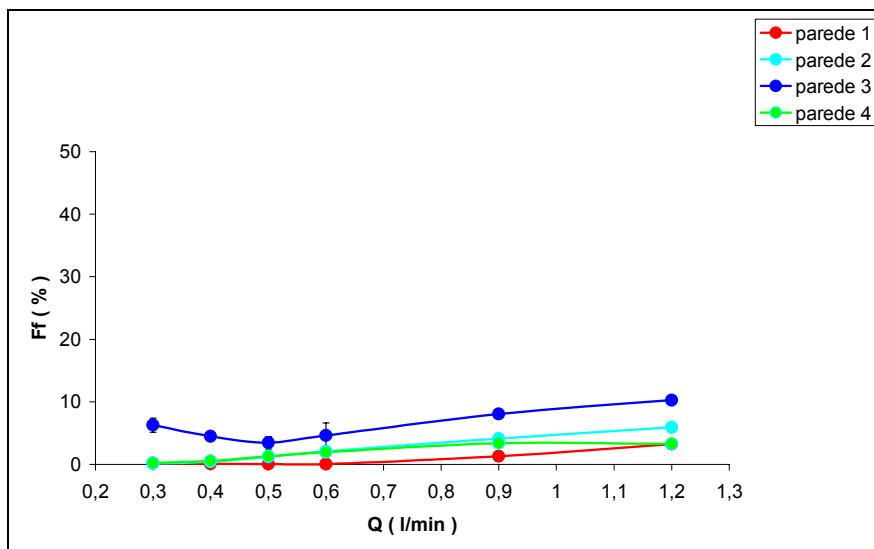


Figura B8-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais e velocidade do gás de 64 m/s e $Z = 100$ mm.

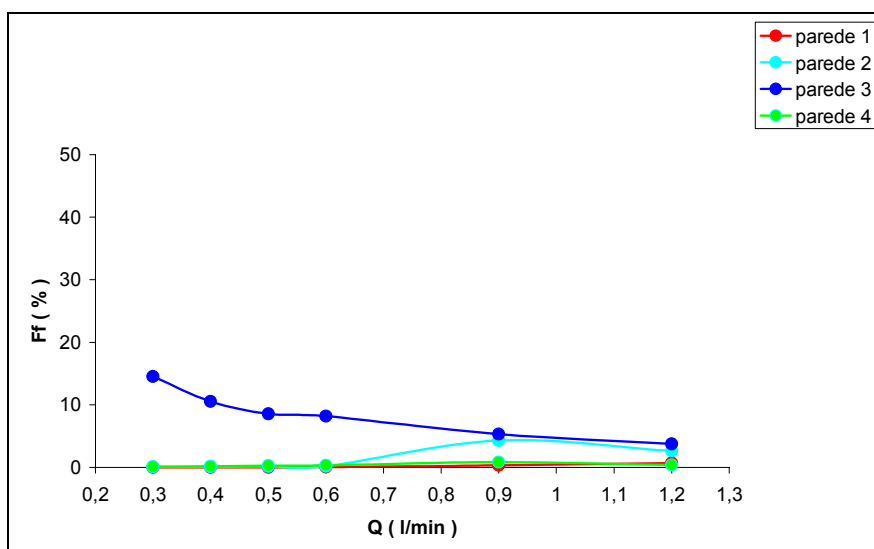


Figura B9-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais e velocidade do gás de 64 m/s e $Z = 100$ mm

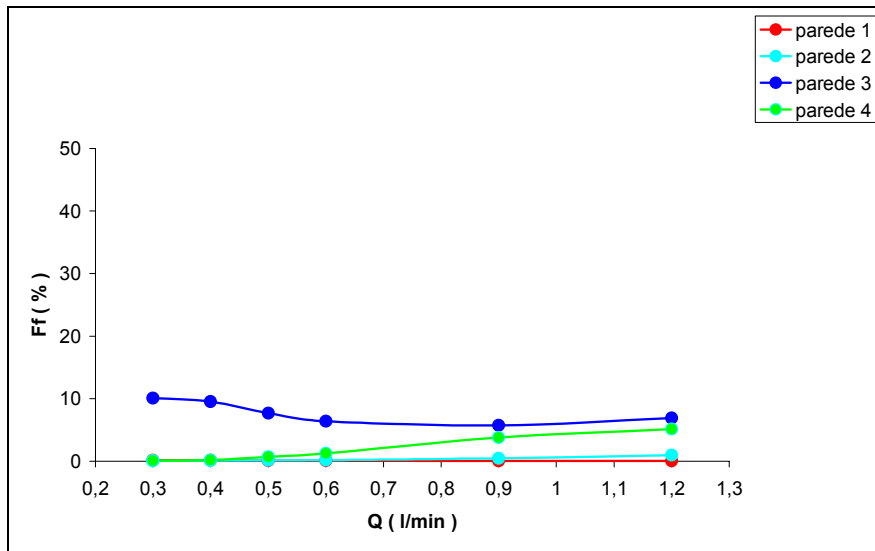


Figura B10-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios e velocidade do gás de 64 m/s e $Z = 100$ mm

● $V = 69$ m/s e $Z = 100$ mm

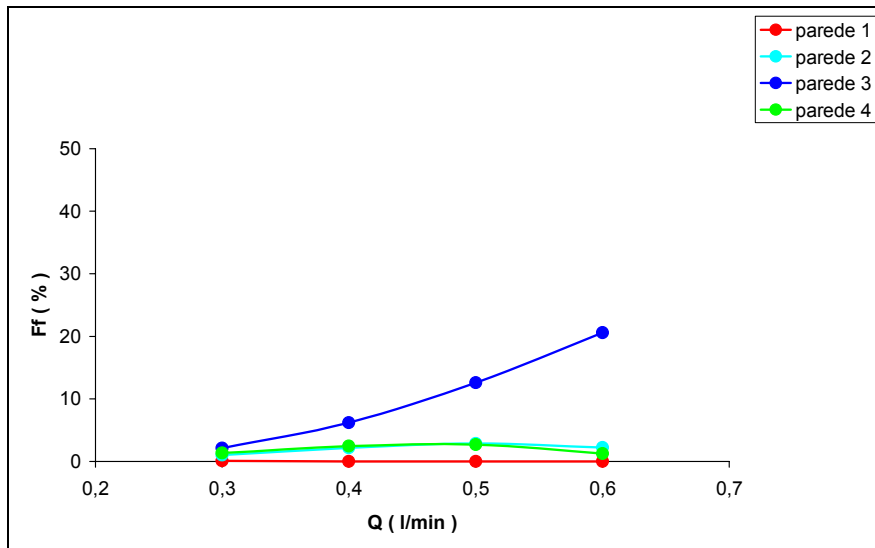


Figura B11-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício e velocidade do gás de 69 m/s e $Z = 100$ mm

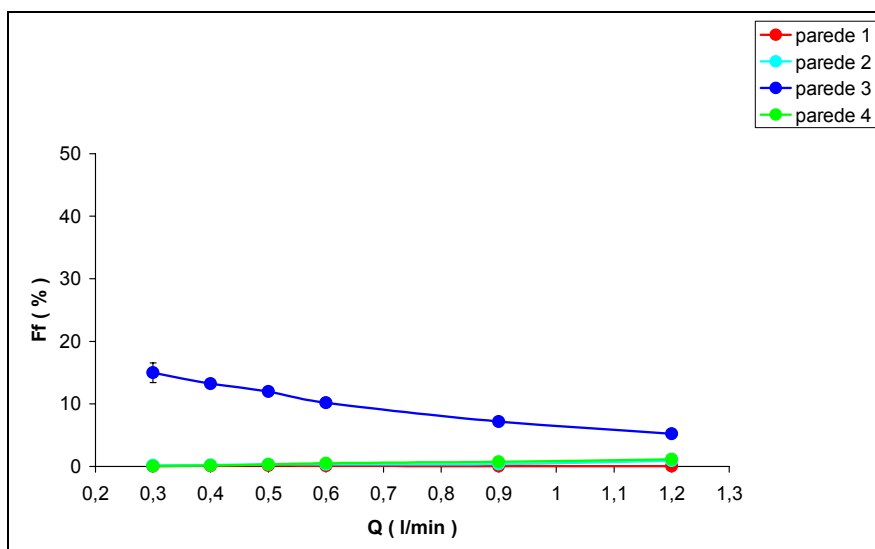


Figura B12-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios e velocidade do gás de 69 m/s e $Z = 100$ mm

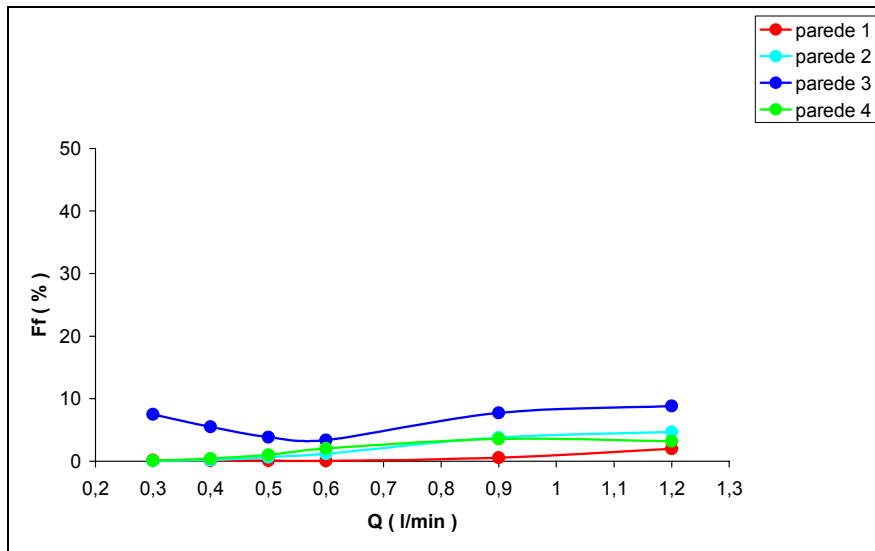


Figura B13-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais e velocidade do gás de 69 m/s e $Z = 100$ mm

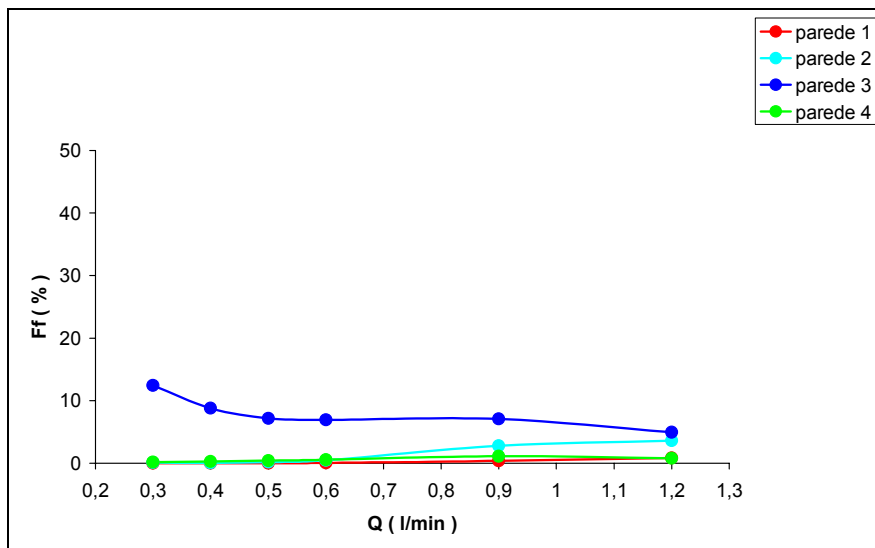


Figura B14-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais e velocidade do gás de 69 m/s e $Z = 100$ mm

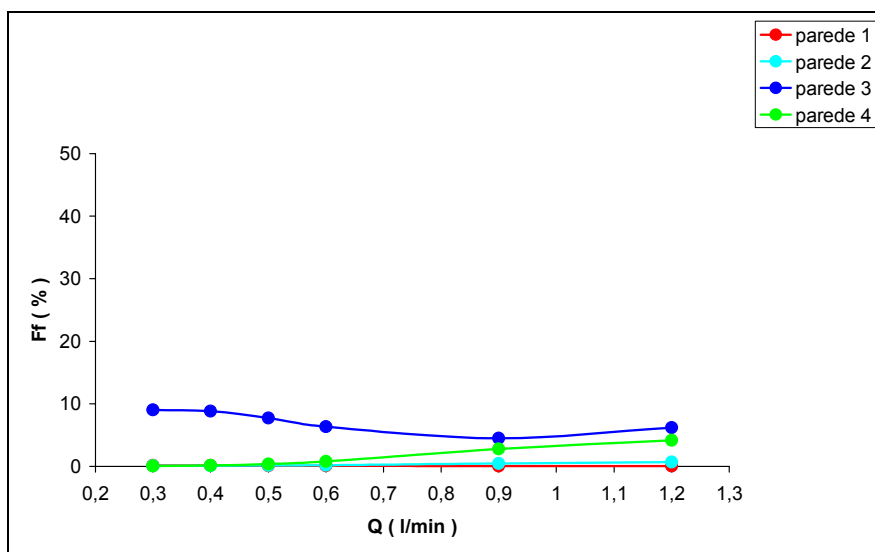


Figura B15-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios e velocidade do gás de 69 m/s e $Z = 100$ mm

• $V = 74 \text{ m/s}$ e $Z = 100 \text{ mm}$

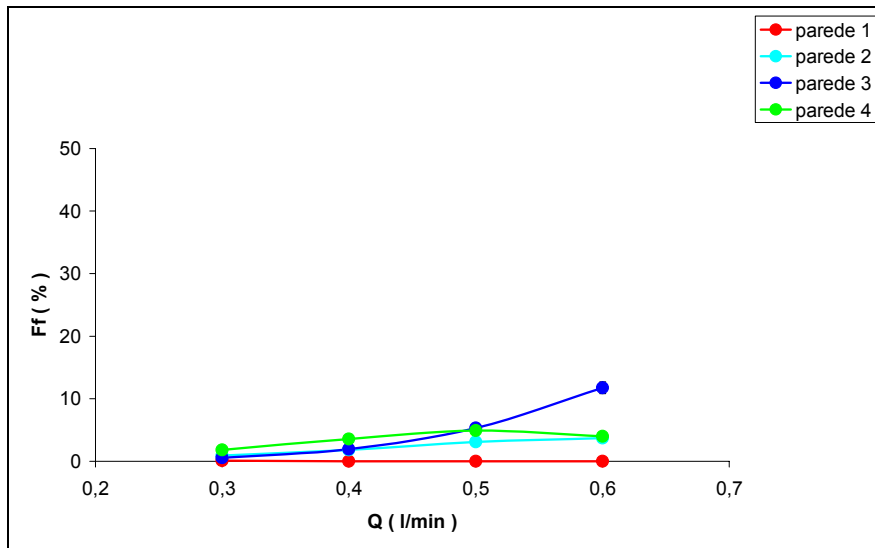


Figura B16-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 1 orifício e velocidade do gás de 74 m/s e $Z = 100 \text{ mm}$

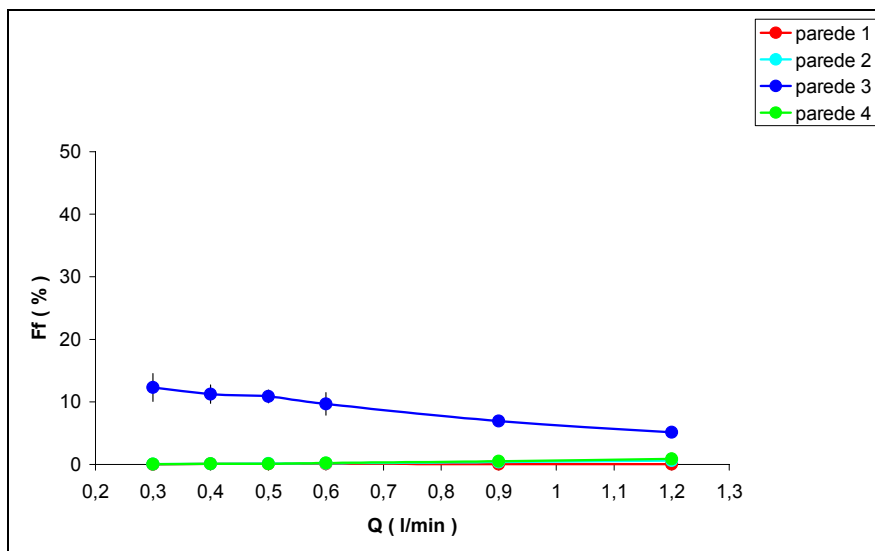


Figura B17-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios e velocidade do gás de 74 m/s e $Z = 100 \text{ mm}$

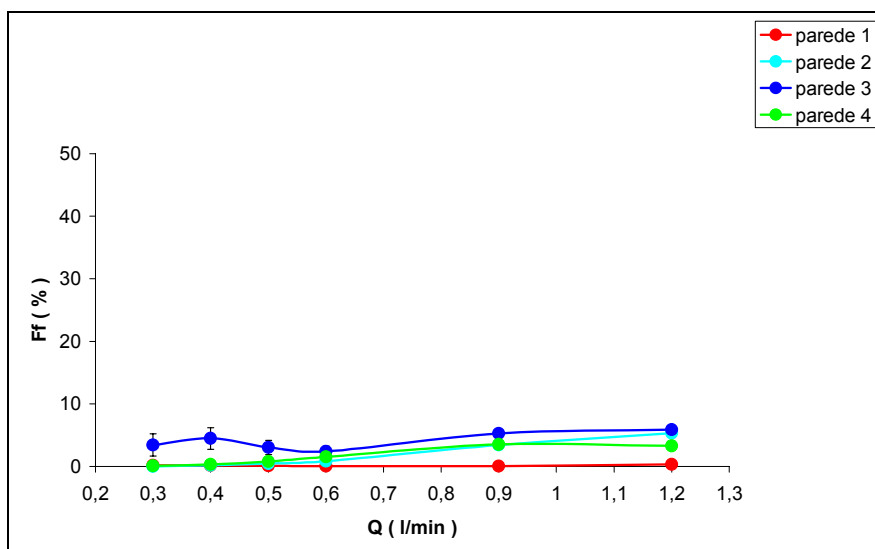


Figura B18-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios verticais e velocidade do gás de 74 m/s e $Z = 100 \text{ mm}$

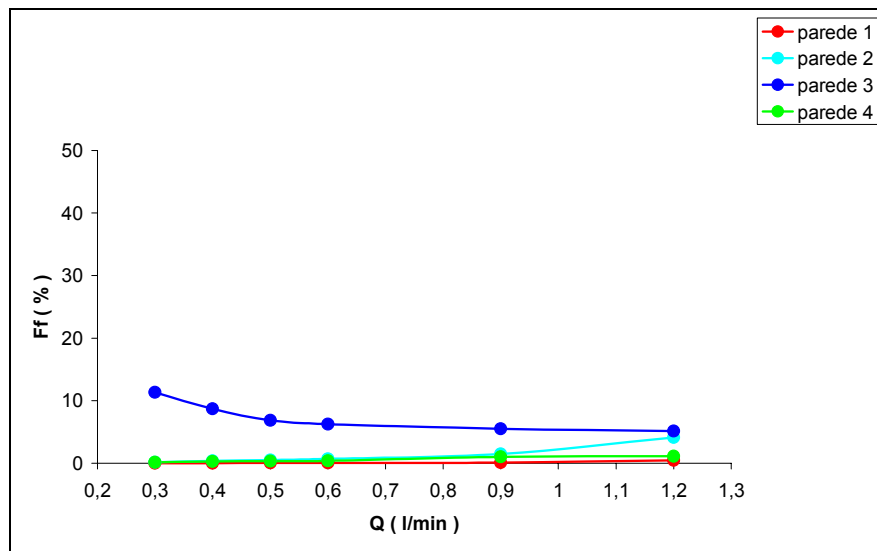


Figura B19-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 2 orifícios horizontais e velocidade do gás de 74 m/s e $Z = 100$ mm

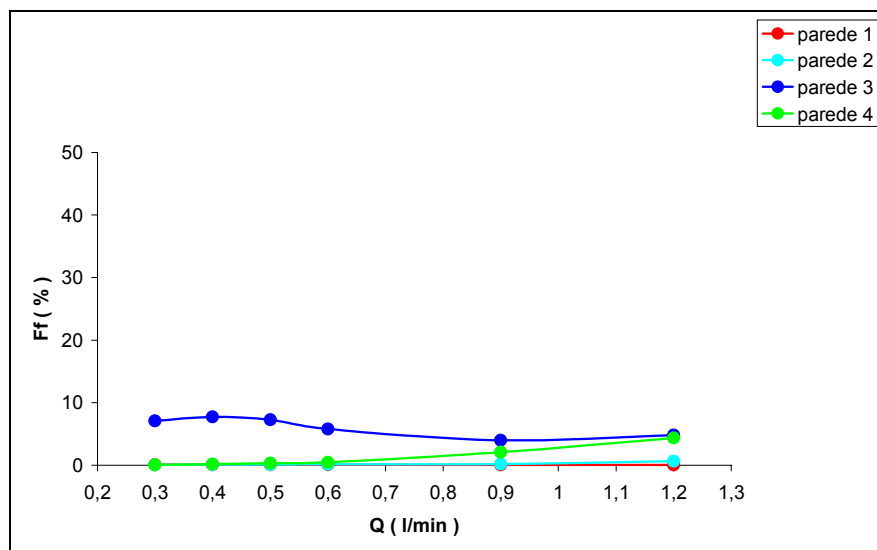


Figura B20-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 3 orifícios e velocidade do gás de 74 m/s e $Z = 100$ mm

● $V = 74$ m/s e $Z = 160$ mm

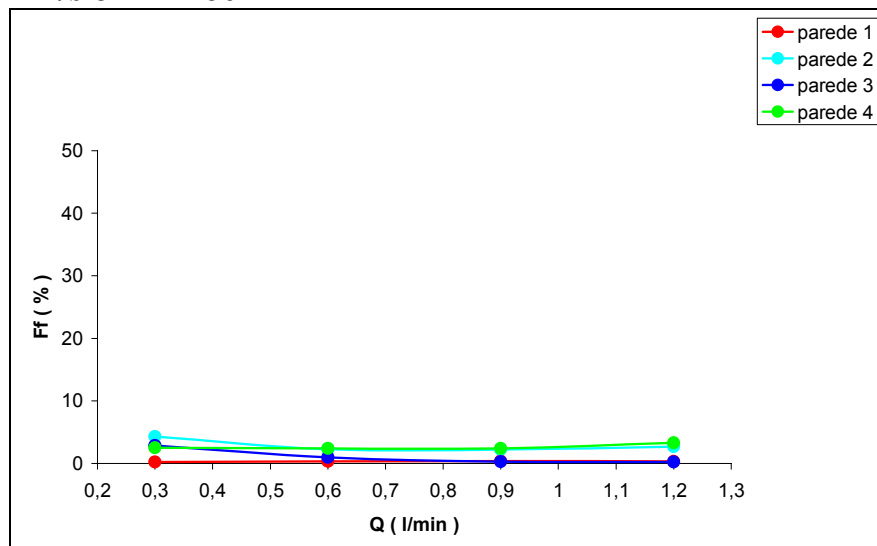


Figura B21-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios e velocidade do gás de 74 m/s e $Z = 160$ mm

• $V = 74 \text{ m/s}$ e $Z = 220 \text{ mm}$

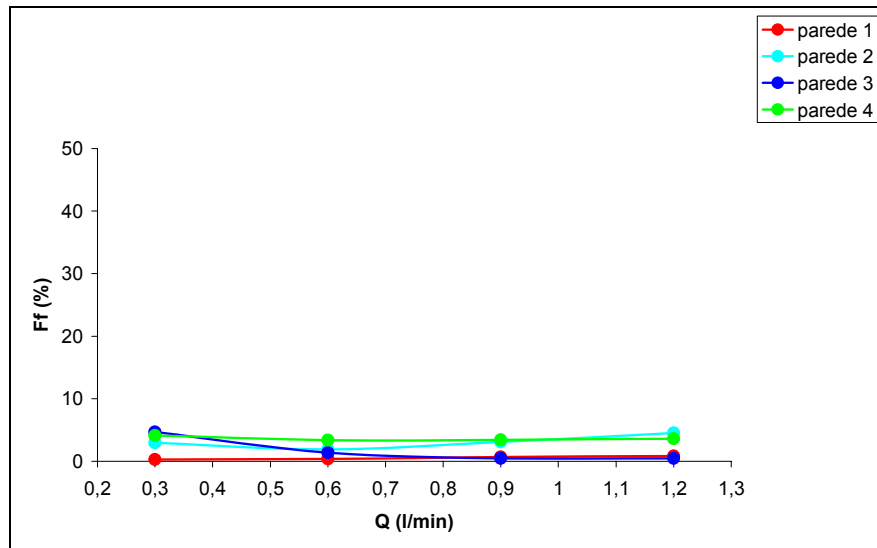


Figura B22-Fração de filme obtida de cada parede separadamente com injeção de líquido feita por 4 orifícios e velocidade do gás de 74 m/s e $Z = 220 \text{ mm}$

APÊNDICE C

Tabelas referentes aos cálculos da penetração do jato e da razão L/G.

A penetração do jato foi calculada de acordo com a Equação (3.8).

$$l_{\max} = 1,458 \times 10^{-4} \cdot \frac{\rho_l}{\rho_g} \cdot \frac{L}{G} \cdot \frac{A_{th}}{D_0 \cdot N_0} \quad (3.8)$$

Onde;

$$\rho_l = 990 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_g = 1,135 \text{ kg/m}^3$$

Q_l (L/min), vazão de líquido

$Q_g = A_{th} \times V$ (m^3/min), vazão do gás,

V (m/min): velocidade do gás na garganta do lavador

$A_{th} = 0,00108 \text{ m}^2$ (altura \times largura), da garganta do lavador.

$D_0 = 1 \text{ mm}$ (diâmetro dos orifícios)

N_0 : número de orifícios usados na injeção de líquido. (1, 2, 3 e 4)

$$\frac{L}{G} = \frac{Q_l}{Q_g} \text{ (l/m}^3\text{)}, \text{ razão líquido gás.}$$

Tabela C1-Valores referentes aos cálculos de l_{\max} e L/G, para $V = 59 \text{ m/s}$.

| V (m/s) | V (m/min) | Ql (l/min) | Qg (m ³ /min) | L/G (l/m ³) | l _{máx} (mm) | |
|------------|--------------|---------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|---|
| 59 | 3540 | 0,3 | 3,8232 | 0,078468 | 10,81453 | Por 1 orifício |
| | | 0,4 | | 0,104624 | 14,41937 | |
| | | 0,5 | | 0,13078 | 18,02422 | |
| | | 0,6 | | 0,156937 | 21,62906 | |
| | | 0,3 | | 0,078468 | 5,388731 | Por 2 orifícios Verticais e/ou Horizontais |
| | | 0,4 | | 0,104624 | 7,184975 | |
| | | 0,5 | | 0,13078 | 8,981218 | |
| | | 0,6 | | 0,156937 | 10,77746 | |
| | | 0,9 | | 0,235405 | 16,16619 | |
| | | 1,2 | | 0,313873 | 21,55492 | |
| | | 0,3 | | 0,078468 | 3,592487 | Por 3 orifícios |
| | | 0,4 | | 0,104624 | 4,789983 | |
| | | 0,5 | | 0,13078 | 5,987479 | |
| | | 0,6 | | 0,156937 | 7,184975 | |
| | | 0,9 | | 0,235405 | 10,77746 | |
| | | 1,2 | | 0,313873 | 14,36995 | |
| | | 0,3 | | 0,078468 | 2,694365 | Por 4 orifícios |
| | | 0,4 | | 0,104624 | 3,592487 | |
| | | 0,5 | | 0,13078 | 4,490609 | |
| | | 0,6 | | 0,156937 | 5,388731 | |
| | | 0,9 | | 0,235405 | 8,083096 | |
| | | 1,2 | | 0,313873 | 10,77746 | |

Tabela C2-Valores referentes aos cálculos de $l_{máx}$ e L/G , para $V = 64$ m/s.

| V (m/s) | V (m/min) | Ql (l/min) | Qg (m³/min) | L/G (l/m³) | l_{máx} (mm) | |
|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|---|--|---------------------------------------|---|
| 64 | 3840 | 0,3 | 4,1472 | 0,072338 | 9,969645 | Por 1 orifício |
| | | 0,4 | | 0,096451 | 13,29286 | |
| | | 0,5 | | 0,120563 | 16,61607 | |
| | | 0,6 | | 0,144676 | 19,93929 | |
| | | 0,3 | | 0,072338 | 4,967736 | Por 2 orifícios Verticais e/ou Horizontais |
| | | 0,4 | | 0,096451 | 6,623648 | |
| | | 0,5 | | 0,120563 | 8,279561 | |
| | | 0,6 | | 0,144676 | 9,935473 | |
| | | 0,9 | | 0,217014 | 14,90321 | |
| | | 1,2 | | 0,289352 | 19,87095 | |
| | | 0,3 | | 0,072338 | 3,311824 | Por 3 orifícios |
| | | 0,4 | | 0,096451 | 4,415766 | |
| | | 0,5 | | 0,120563 | 5,519707 | |
| | | 0,6 | | 0,144676 | 6,623648 | |
| | | 0,9 | | 0,217014 | 9,935473 | |
| | | 1,2 | | 0,289352 | 13,2473 | |
| | | 0,3 | | 0,072338 | 2,483868 | Por 4 orifícios |
| | | 0,4 | | 0,096451 | 3,311824 | |
| | | 0,5 | | 0,120563 | 4,13978 | |
| | | 0,6 | | 0,144676 | 4,967736 | |
| 0,9 | 0,217014 | 7,451604 | | | | |
| 1,2 | 0,289352 | 9,935473 | | | | |

Tabela C3-Valores referentes aos cálculos de $l_{máx}$ e L/G , para $V = 69$ m/s.

| V (m/s) | V (m/min) | Ql (l/min) | Qg (m³/min) | L/G (l/m³) | l_{máx} (mm) | |
|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|---|--|---------------------------------------|---|
| 69 | 4140 | 0,3 | 4,4712 | 0,067096 | 9,247207 | Por 1 orifício |
| | | 0,4 | | 0,089461 | 12,32961 | |
| | | 0,5 | | 0,111827 | 15,41201 | |
| | | 0,6 | | 0,134192 | 18,49441 | |
| | | 0,3 | | 0,067096 | 4,607755 | Por 2 orifícios Verticais e/ou Horizontais |
| | | 0,4 | | 0,089461 | 6,143674 | |
| | | 0,5 | | 0,111827 | 7,679592 | |
| | | 0,6 | | 0,134192 | 9,215511 | |
| | | 0,9 | | 0,201288 | 13,82327 | |
| | | 1,2 | | 0,268384 | 18,43102 | |
| | | 0,3 | | 0,067096 | 3,071837 | Por 3 orifícios |
| | | 0,4 | | 0,089461 | 4,095783 | |
| | | 0,5 | | 0,111827 | 5,119728 | |
| | | 0,6 | | 0,134192 | 6,143674 | |
| | | 0,9 | | 0,201288 | 9,215511 | |
| | | 1,2 | | 0,268384 | 12,28735 | |
| | | 0,3 | | 0,067096 | 2,303878 | Por 4 orifícios |
| | | 0,4 | | 0,089461 | 3,071837 | |
| | | 0,5 | | 0,111827 | 3,839796 | |
| | | 0,6 | | 0,134192 | 4,607755 | |
| 0,9 | 0,201288 | 6,911633 | | | | |
| 1,2 | 0,268384 | 9,215511 | | | | |

Tabela C4-Valores referentes aos cálculos de $l_{m\acute{a}x}$ e L/G , para $V = 74$ m/s.

| V (m/s) | V (m/min) | Ql (l/min) | Qg (m³/min) | L/G (l/m³) | l_{máx} (mm) | |
|--------------------------|----------------------------|-----------------------------|---|--|---------------------------------------|---|
| 74 | 4440 | 0,3 | 4,7952 | 0,062563 | 8,622395 | Por 1 orifício |
| | | 0,4 | | 0,083417 | 11,49653 | |
| | | 0,5 | | 0,104271 | 14,37066 | |
| | | 0,6 | | 0,125125 | 17,24479 | |
| | | 0,3 | | 0,062563 | 4,296421 | Por 2 orifícios Verticais e/ou Horizontais |
| | | 0,4 | | 0,083417 | 5,728561 | |
| | | 0,5 | | 0,104271 | 7,160701 | |
| | | 0,6 | | 0,125125 | 8,592841 | |
| | | 0,9 | | 0,187688 | 12,88926 | |
| | | 1,2 | | 0,25025 | 17,18568 | |
| | | 0,3 | | 0,062563 | 2,86428 | Por 3 orifícios |
| | | 0,4 | | 0,083417 | 3,819041 | |
| | | 0,5 | | 0,104271 | 4,773801 | |
| | | 0,6 | | 0,125125 | 5,728561 | |
| | | 0,9 | | 0,187688 | 8,592841 | |
| | | 1,2 | | 0,25025 | 11,45712 | |
| | | 0,3 | | 0,062563 | 2,14821 | Por 4 orifícios |
| | | 0,4 | | 0,083417 | 2,86428 | |
| | | 0,5 | | 0,104271 | 3,580351 | |
| | | 0,6 | | 0,125125 | 4,296421 | |
| 0,9 | 0,187688 | 6,444631 | | | | |
| 1,2 | 0,25025 | 8,592841 | | | | |

APÊNDICE D

Resultados dos dados experimentais na forma de gráficos da fração de filme líquido total em função da penetração máxima do jato calculada a partir da Equação (3.8) para as velocidades do gás de 59 m/s, 64 m/s, 69 m/s e 74 m/s, e para todas as configurações de injeção de líquido.

- $V = 59 \text{ m/s}$ e $Z = 100 \text{ mm}$

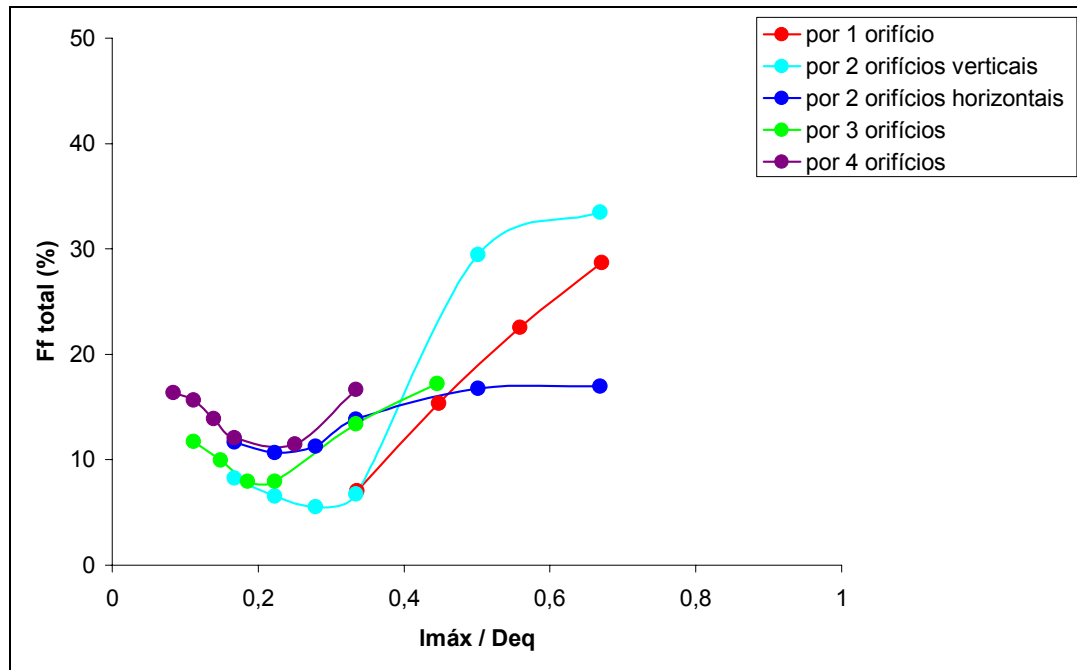


Figura D1-Fração de filme total extraído nas paredes do lavador em função da penetração do jato/diâmetro equivalente para a velocidade do gás de 59 m/s e comprimento da garganta de 100 mm.

- $V = 64 \text{ m/s}$ e $Z = 100 \text{ mm}$

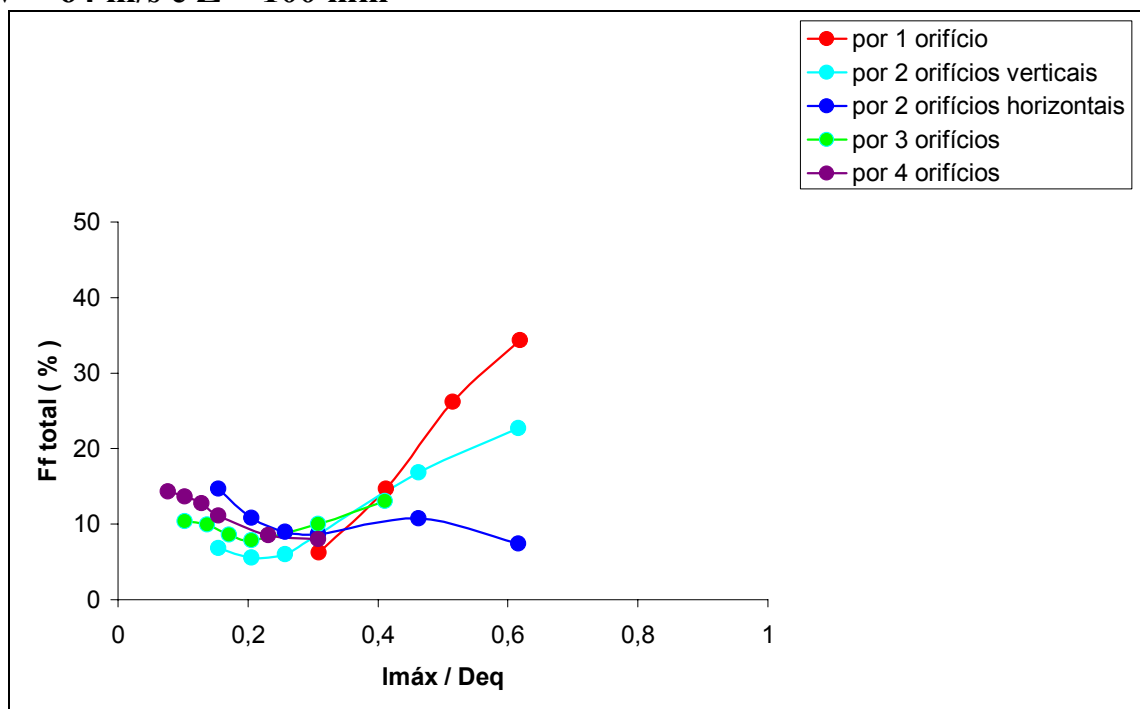


Figura D2-Fração de filme total extraído nas paredes do lavador em função da penetração do jato/ diâmetro equivalente para a velocidade do gás de 64 m/s e comprimento da garganta de 100 mm.

- $V = 69 \text{ m/s}$ e $Z = 100 \text{ mm}$

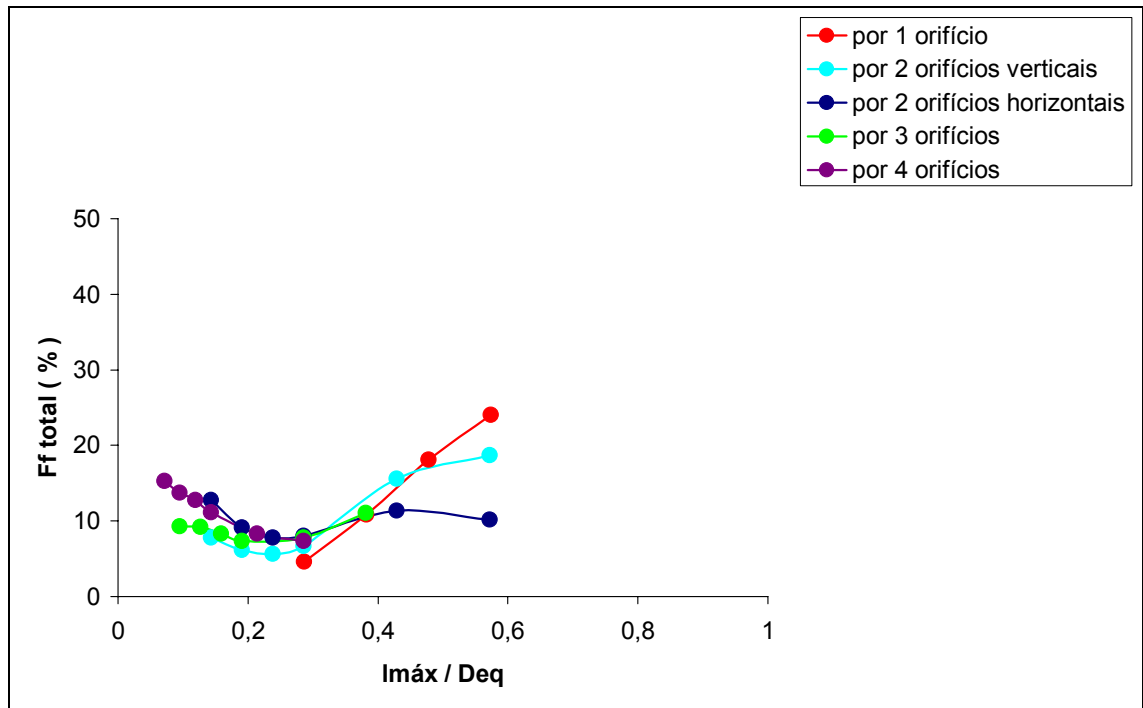


Figura D3-Fração de filme total extraído nas paredes do lavador em função da penetração do jato/ diâmetro equivalente para a velocidade do gás de 69 m/s e comprimento da garganta de 100 mm.

- $V = 74 \text{ m/s}$ e $Z = 100 \text{ mm}$

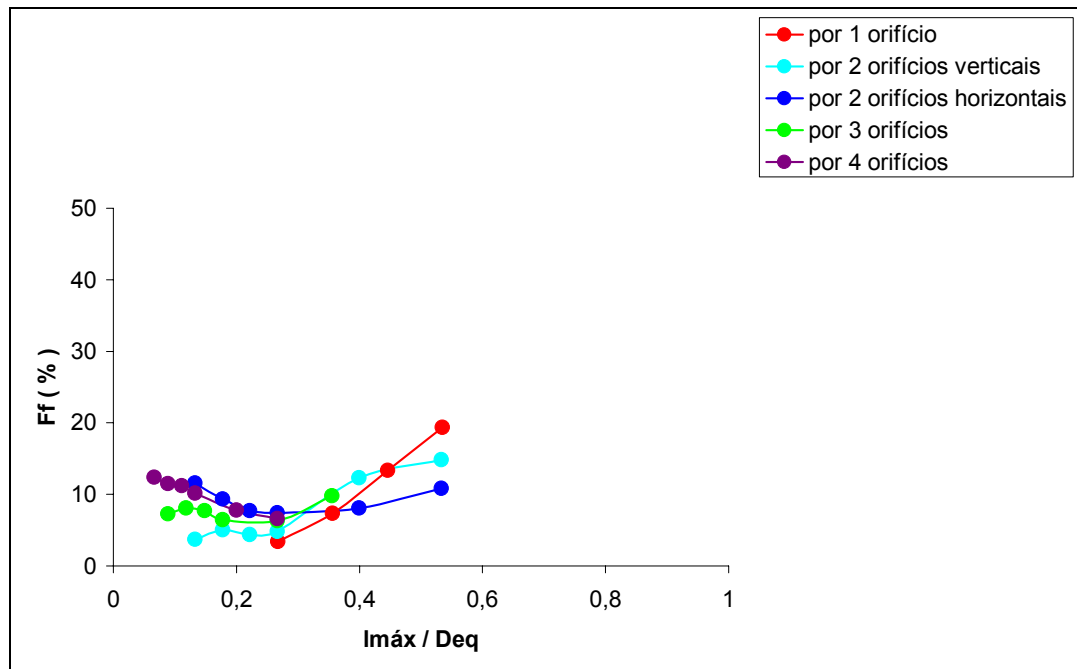


Figura D4-Fração de filme total extraído nas paredes do lavador em função da penetração do jato/ diâmetro equivalente para a velocidade do gás de 74 m/s e comprimento da garganta de 100 mm.

APÊNDICE E

Resultados dos dados experimentais na forma de gráficos da fração de filme líquido total em função da razão líquido gás para as velocidades do gás de 59 m/s, 64 m/s, 69 m/s e 74 m/s, e para todas as configurações de injeção de líquido.

● $V = 59 \text{ m/s}$ e $Z = 100 \text{ mm}$

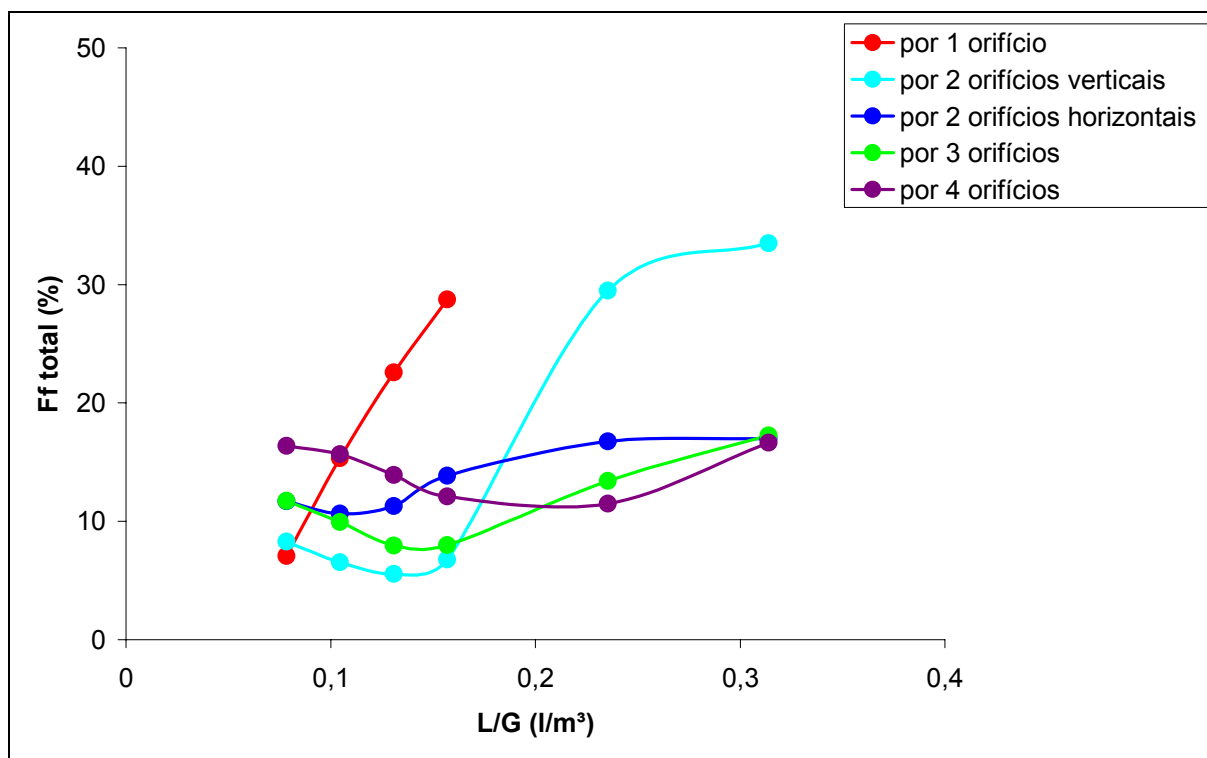


Figura E1-Fração de filme total em função de L/G para velocidade do gás de 59 m/s e comprimento da garganta de 100 mm .

● $V = 64 \text{ m/s}$ e $Z = 100 \text{ mm}$

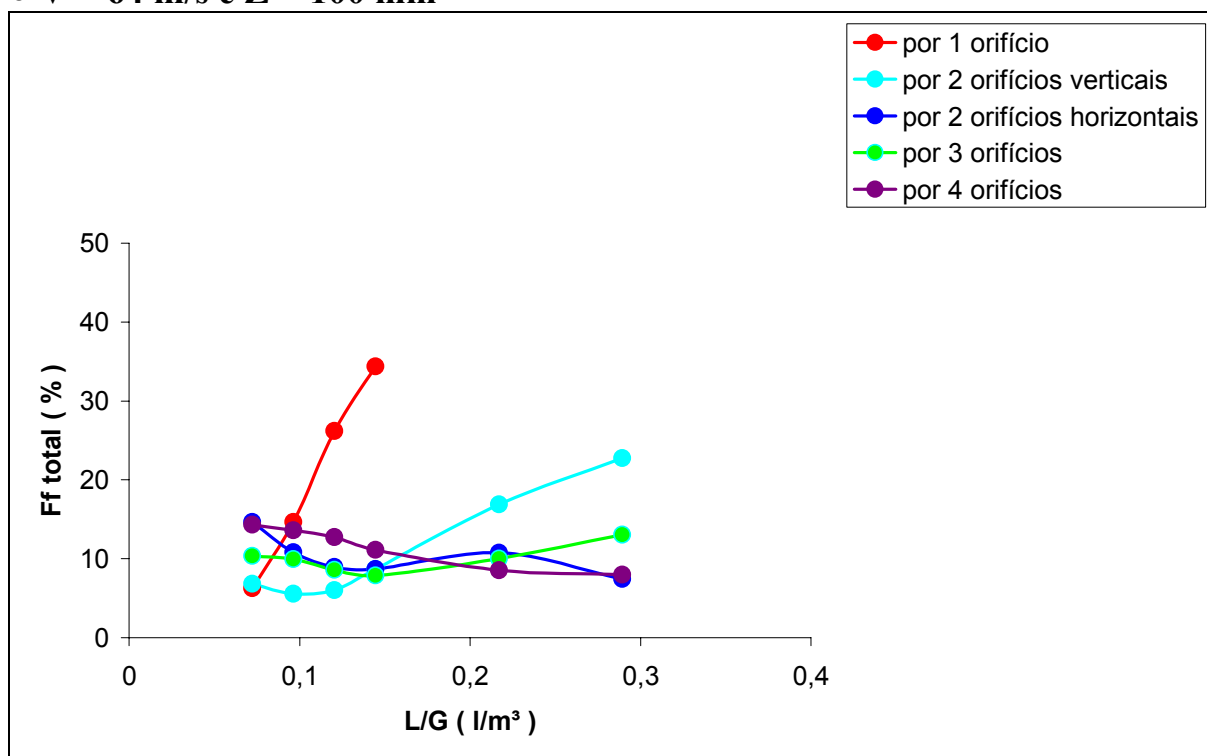


Figura E2-Fração de filme total em função de L/G para velocidade do gás de 64 m/s e comprimento da garganta de 100 mm .

● $V = 69 \text{ m/s}$ e $Z = 100 \text{ mm}$

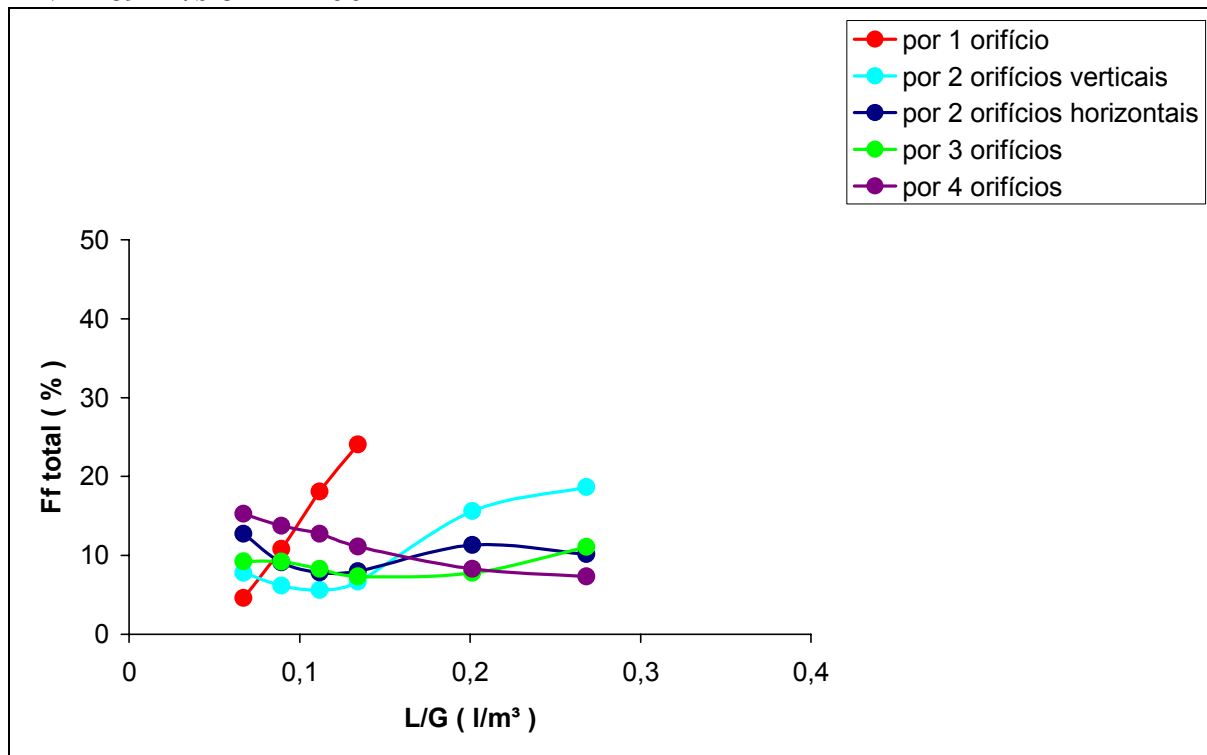


Figura E3-Fração de filme total em função de L/G para velocidade do gás de 69 m/s e comprimento da garganta de 100 mm .

● $V = 74 \text{ m/s}$ e $Z = 100 \text{ mm}$

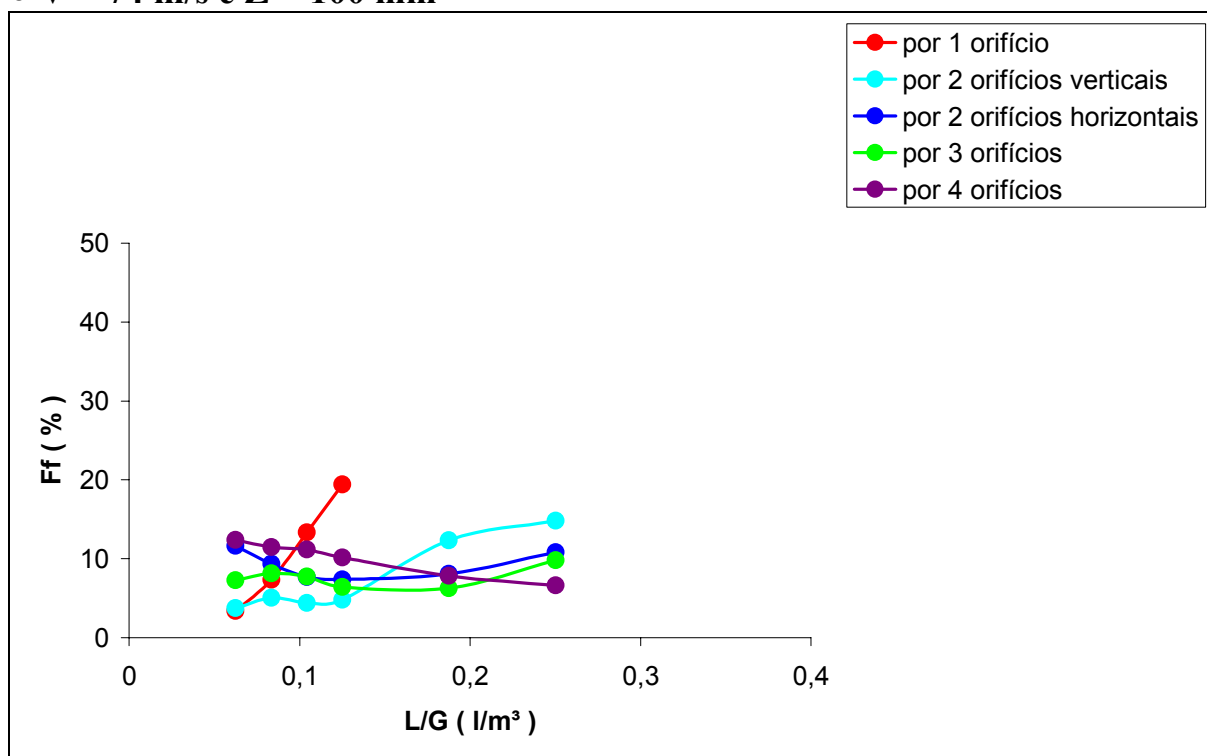


Figura E4-Fração de filme total em função de L/G para velocidade do gás de 74 m/s e comprimento da garganta de 100 mm .

APÊNDICE F

Imagens fotográficas do jato

• $V = 59$ m/s e injeção por 1 orifício



Figura F1-Injeção de líquido feita pelo orifício superior (1) com $V = 59$ m/s e $Q = 0,3$ l/min

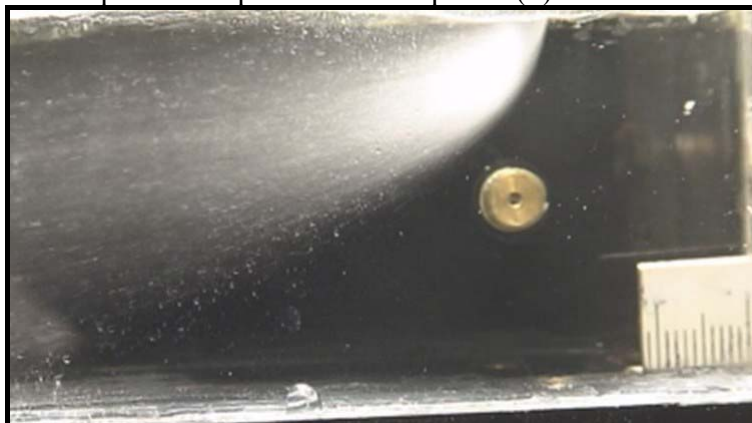


Figura F2-Injeção de líquido feita pelo orifício superior (1) com $V = 59$ m/s e $Q = 0,4$ l/min



Figura F3-Injeção de líquido feita pelo orifício superior (1) com $V = 59$ m/s e $Q = 0,5$ l/min

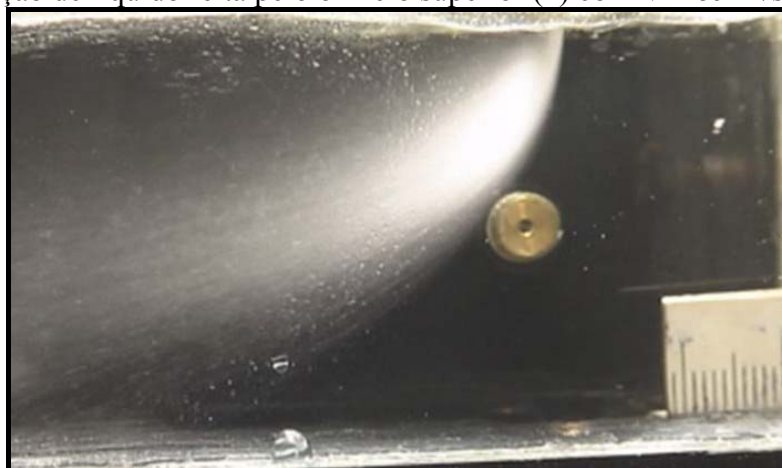


Figura F4-Injeção de líquido feita pelo orifício superior (1) com $V = 59$ m/s e $Q = 0,6$ l/min

● $V = 74$ m/s e injeção por 1 orifício



Figura F5-Injeção de líquido feita pelo orifício superior (1) com $V = 74$ m/s e $Q = 0,3$ l/min

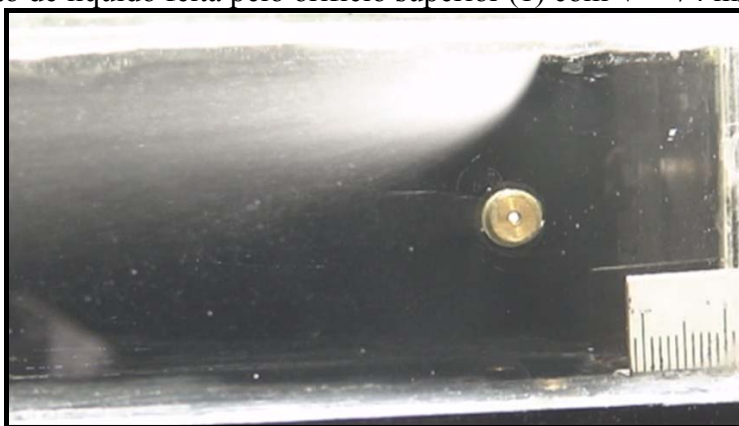


Figura F6-Injeção de líquido feita pelo orifício superior (1) com $V = 74$ m/s e $Q = 0,4$ l/min

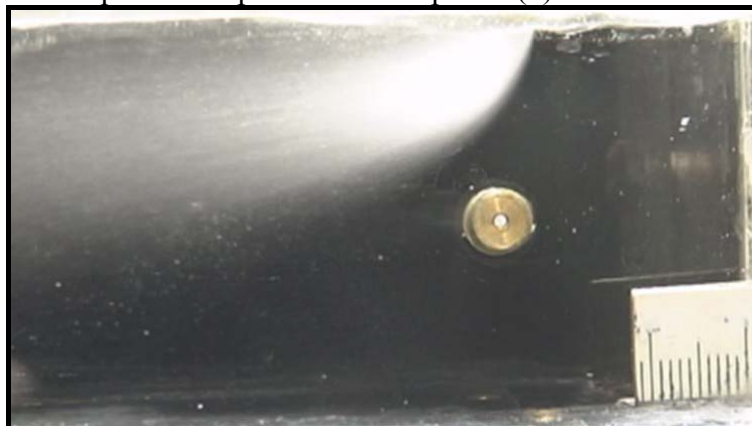


Figura F7-Injeção de líquido feita pelo orifício superior (1) com $V = 74$ m/s e $Q = 0,5$ l/min

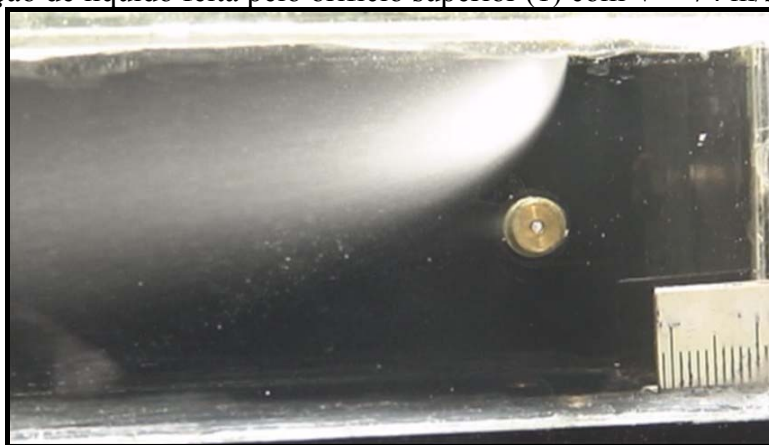


Figura F8-Injeção de líquido feita pelo orifício superior (1) com $V = 74$ m/s e $Q = 0,6$ l/min

• $V = 59$ m/s e injeção por 2 orifícios verticais.



Figura F9-Injeção de líquido feita por 2 orifícios (1 e 3) com $V = 59$ m/s e $Q = 0,3$ l/min

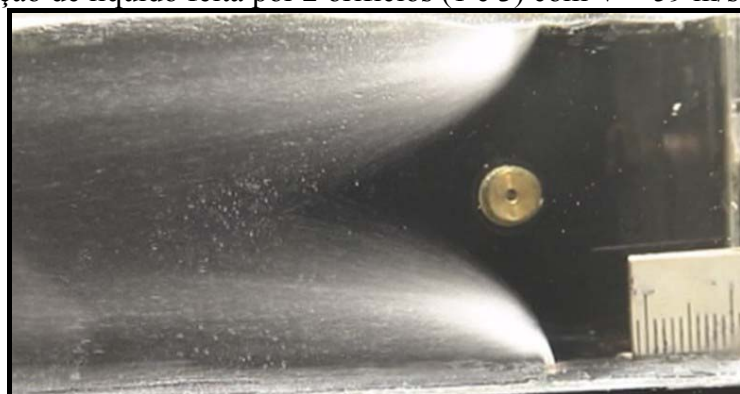


Figura F10-Injeção de líquido feita por 2 orifícios (1 e 3) com $V = 59$ m/s e $Q = 0,6$ l/min

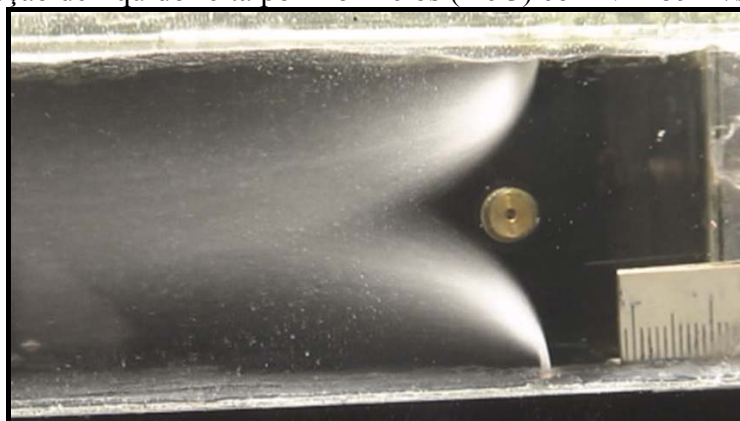


Figura F11-Injeção de líquido feita por 2 orifícios (1 e 3) com $V = 59$ m/s e $Q = 0,9$ l/min

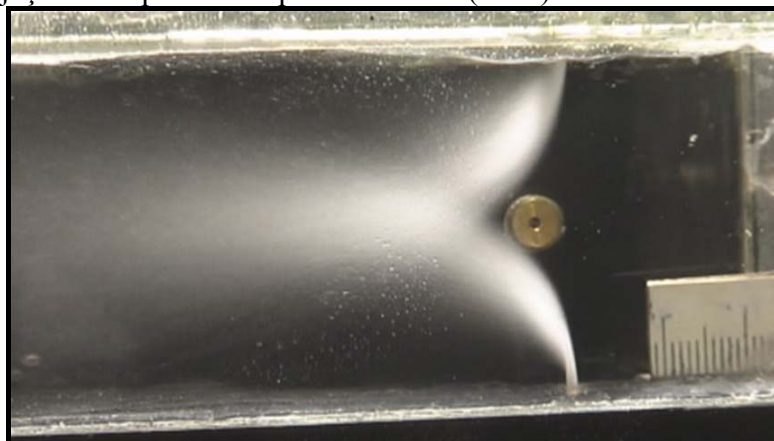


Figura F12-Injeção de líquido feita por 2 orifícios (1 e 3) com $V = 59$ m/s e $Q = 1,2$ l/min

• $V = 74$ m/s e injeção por 2 orifícios verticais.

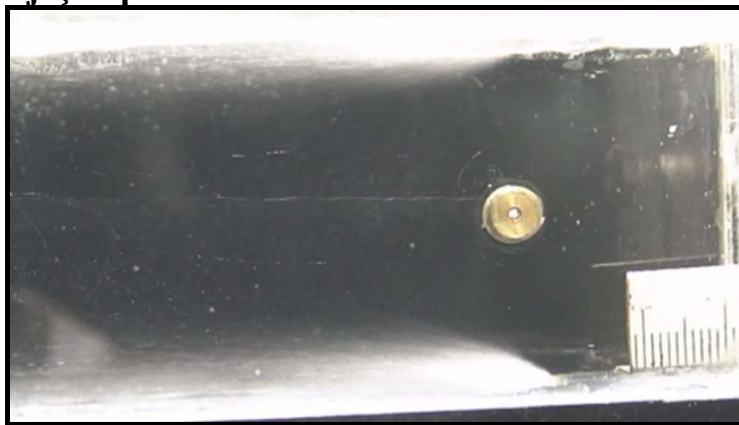


Figura F13-Injeção de líquido feita por 2 orifícios (1 e 3) com $V = 74$ m/s e $Q = 0,3$ l/min

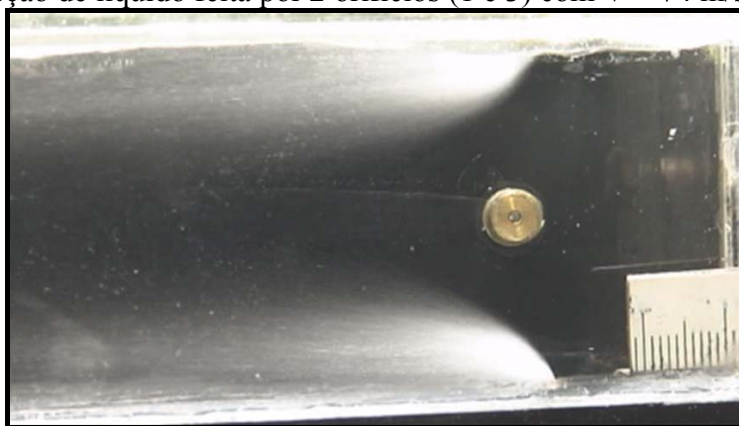


Figura F14-Injeção de líquido feita por 2 orifícios (1 e 3) com $V = 74$ m/s e $Q = 0,6$ l/min

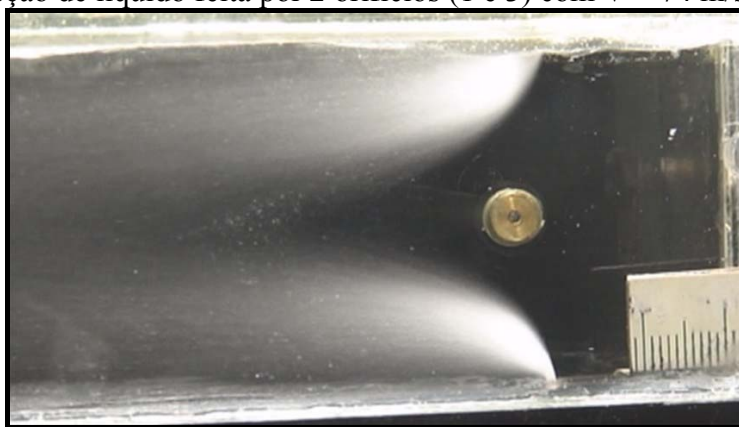


Figura F15-Injeção de líquido feita por 2 orifícios (1 e 3) com $V = 74$ m/s e $Q = 0,9$ l/min

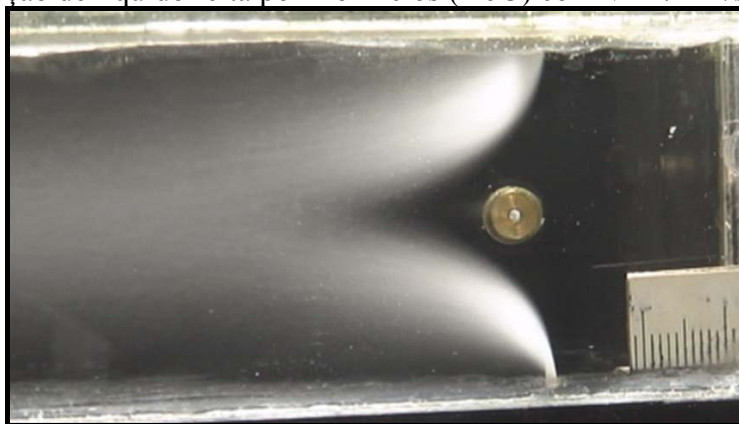


Figura F16-Injeção de líquido feita por 2 orifícios (1 e 3) com $V = 74$ m/s e $Q = 1,2$ l/min

• $V = 59$ m/s e injeção por 3 orifícios.

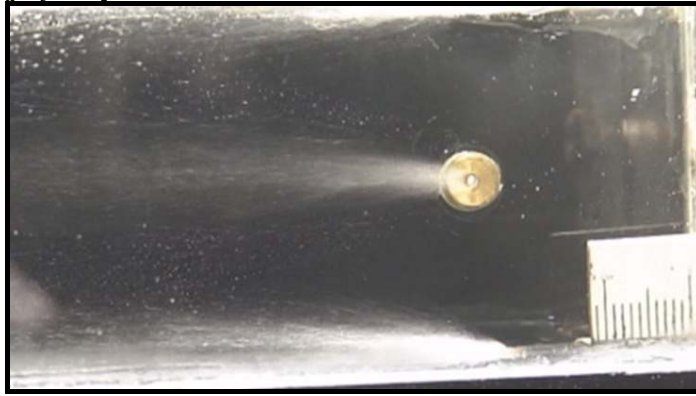


Figura F17-Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 59$ m/s e $Q = 0,3$ l/min

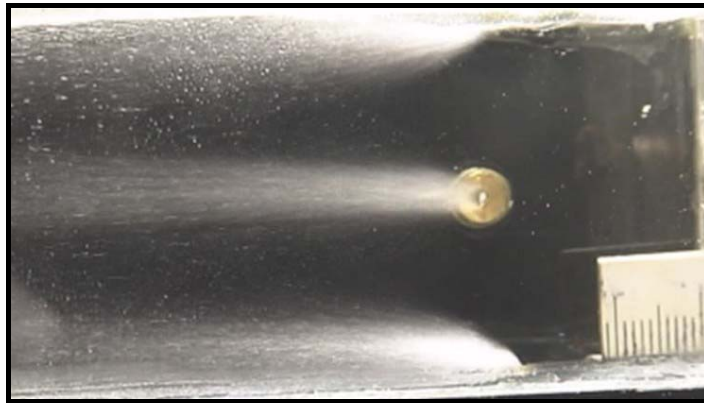


Figura F18-Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 59$ m/s e $Q = 0,6$ l/min

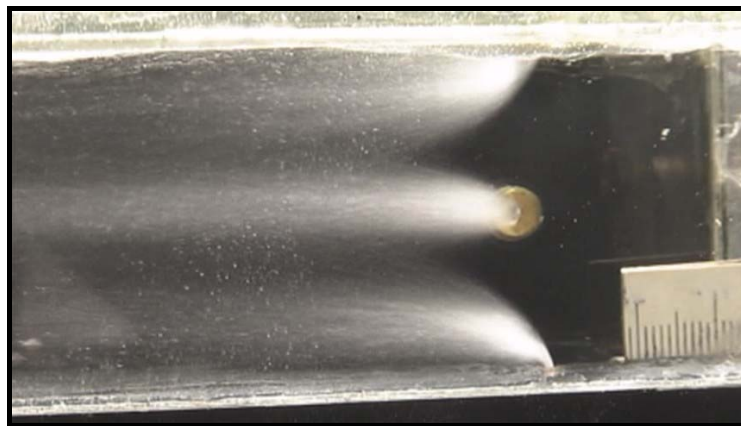


Figura F19-Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 59$ m/s e $Q = 0,9$ l/min

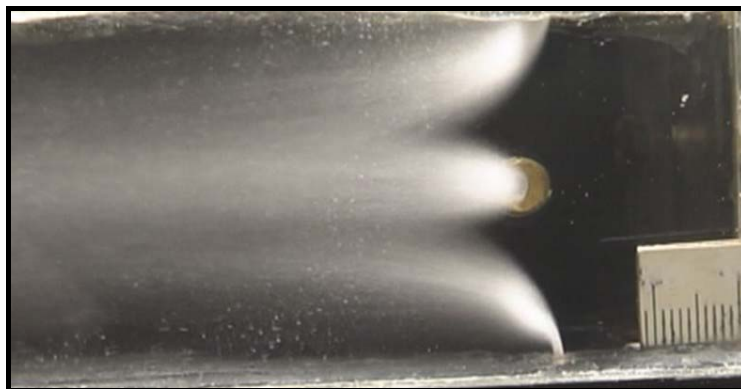


Figura F20-Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 59$ m/s e $Q = 1,2$ l/min

• $V = 74$ m/s e injeção por 3 orifícios.

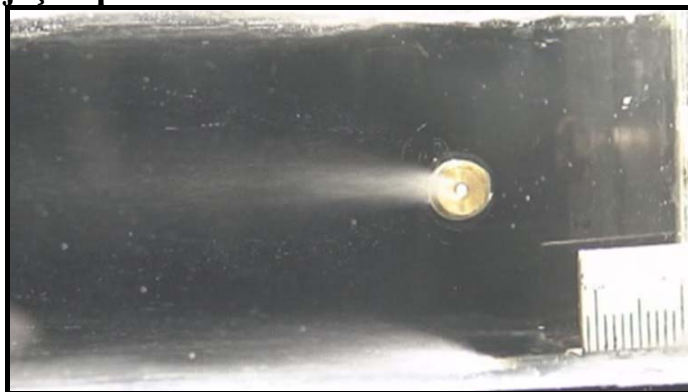


Figura F21-Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 74$ m/s e $Q = 0,3$ l/min

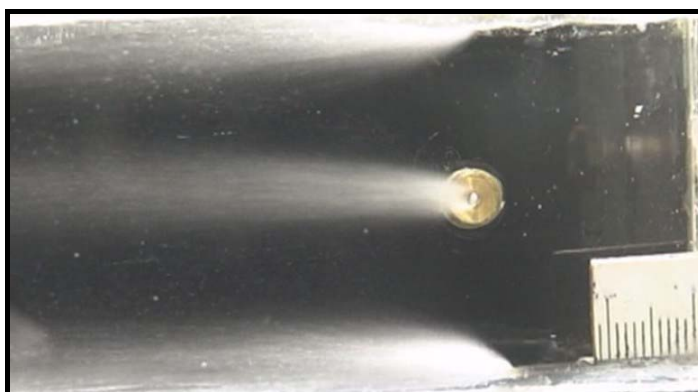


Figura F22-Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 74$ m/s e $Q = 0,6$ l/min

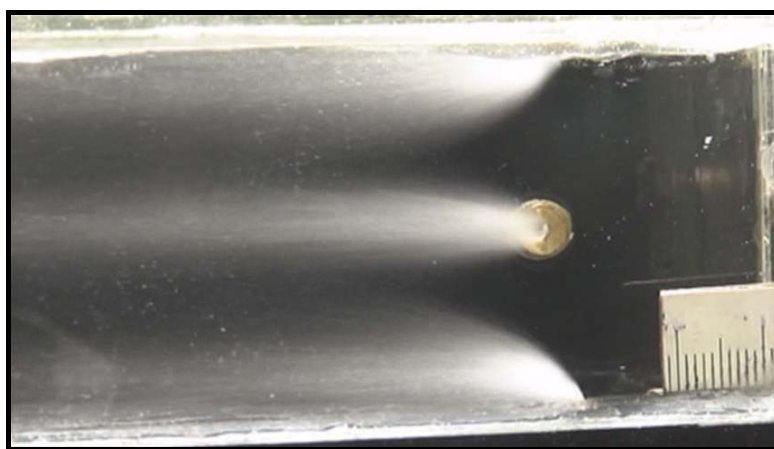


Figura F23-Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 74$ m/s e $Q = 0,9$ l/min

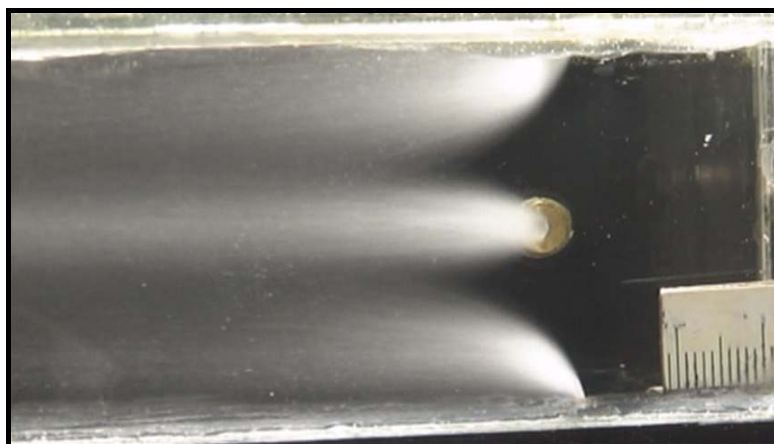


Figura F24-Injeção de líquido feita por 3 orifícios com $V = 74$ m/s e $Q = 1,2$ l/min

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)