



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

Fração de Filme em Lavadores Venturi

São Carlos – São Paulo

2010

Universidade Federal de São Carlos

Andressa Pinheiro Guerra

Fração de Filme em Lavadores Venturi

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de São Carlos como requisito parcial necessário à obtenção do título de Mestre em Engenharia Química, área de concentração em Pesquisa e Desenvolvimento de Processos Químicos.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Silveira Gonçalves

São Carlos – São Paulo

2010

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

G934ff

Guerra, Andressa Pinheiro.

Fração de filme em lavadores Venturi / Andressa Pinheiro
Guerra. -- São Carlos : UFSCar, 2010.
204 f.

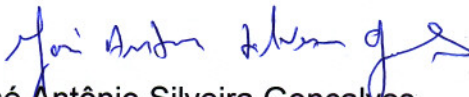
Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São
Carlos, 2010.

1. Ar - poluição. 2. Filme líquido. 3. Lavador Venturi. 4.
Limpeza de gases. 5. Jato - penetração. I. Título.

CDD: 628.53 (20^a)


MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE
ANDRESSA PINHEIRO GUERRA APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SÃO CARLOS, EM 30 DE JULHO DE 2010.

BANCA EXAMINADORA:


José Antônio Silveira Gonçalves
Orientador, UFSCar


Vádila Giovana Guerra
Co-orientadora, UFSCar


Mônica Lopes Aguiar
UFSCar


Maria Angélica Martins Costa
UNESP

DEDICATÓRIA

À minha mãe Irinéa (in memoriam)

Ao meu pai Napoleão

Ao meu irmão Lucas

Ao meu namorado Wagner

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre está operando em minha vida, ajudando-me a superar os momentos difíceis.

Aos meus pais, Maria Irinéia Pinheiro Guerra, que Deus a tenha em seus braços, e Napoleão Pinheiro Guerra, pelas palavras de força e pelo carinho, amor, compreensão, amizade e segurança. Amo muito vocês.

Ao professor José Antônio Silveira Gonçalves pelos ensinamentos, pela amizade e por me orientar neste trabalho.

À professora Vádila Giovana Guerra pela co-orientação, pelas contribuições, pela amizade e carinho.

A todos os professores que contribuíram para formação do conhecimento adquirido neste trabalho, em especial, aos professores José Renato Coury e José Teixeira Freire.

Ao meu namorado, Wagner Baratela, pelo amor, pelas palavras de apoio e companheirismo. Agradeço a Deus por estar em minha vida.

A todos os colegas e amigos do Laboratório de Controle Ambiental e do Departamento de Engenharia Química. Em especial, a Maribel, Néstor, João Victor, Patrícia, Simone, Abigail, Onias, Cristiane, Lana.

Ao Oscar e Adilson pelo suporte durante a realização dos experimentos.

Ao CNPq pelo suporte financeiro.

RESUMO

O lavador Venturi é um equipamento aplicado na remoção de material particulado, absorção de gases solúveis e redução de odores de correntes gasosas. O presente equipamento utiliza um líquido de lavagem que colide com um gás em alta velocidade dentro do lavador, este líquido é atomizado e forma gotas, as quais atuam na coleta de partículas. No decorrer do processo, uma parte das gotas se deposita na parede do lavador, formando um filme. Esse filme aumenta a queda de pressão e, conseqüentemente, afeta o desempenho do aparelho. Este trabalho teve com objetivo estudar a fração de filme, visando reduzir a perda de carga e obter uma melhor eficiência do lavador Venturi, reduzindo os gastos operacionais. Nesta pesquisa foram utilizados dois lavadores do tipo Pease-Anthony, de seção transversal circular, posicionados na vertical. No propósito de adquirir mais informações sobre a influência da fração de filme no desempenho do lavador foram variadas algumas características como distância do ponto de injeção, ângulo de convergência, número de orifícios de injeção, diâmetro da garganta. As velocidades de gás utilizadas foram 50, 70 e 90 m/s e penetração do jato de 5% a 85%. A fração de filme variou com a penetração do jato líquido e mostrou um intervalo de mínima formação de filme nas paredes do lavador para todas as configurações. Maiores quantidades de filme foram coletadas nas menores e maiores penetrações do jato. A fração de líquido na parede também variou com a velocidade do gás, configuração de orifícios de injeção de líquido, distância do ponto de injeção e diâmetro da garganta, sendo nesta a fração de filme maior no lavador de menor diâmetro. Entretanto, o ângulo da seção convergente não influenciou na variação da fração de filme em nenhuma das condições estudadas em relação à penetração do jato, sendo obtido um comportamento diferente entre os ângulos apenas em relação à velocidade do gás. As diferentes configurações de orifícios, quando utilizada penetrações excessivas, mudaram a trajetória do jato.

Palavras-chaves: fração de filme, filme líquido, lavador venturi.

ABSTRACT

Venturi scrubber is an equipment applied to particulate material removal, soluble gases absorption, and gas stream odors reduction. This device utilizes of a liquid wash that collides a high velocity gas inside the scrubber. Liquid is then atomized, producing drops, which collect the particles. During the process, part of the drops retain at scrubber walls as a film. The referred film increases pressure drop, affecting efficiency. Our study aim, by observing the film fraction, was to reduce the pressure loss, increasing the scrubber efficiency, and lowering operational costs. Two Pease-Anthony circular transverse-section scrubbers, vertically set, were used. In order to obtain more information on the film fraction influence to the scrubber performance, some features such as dimensionless axial distance to the injection point, convergence angle, number of injection points, and throat diameter, were varied. Gas velocities used were 50, 70, and 90 m/s, as for jet penetration, 5% to 85%. Film fraction has varied to liquid jet penetration, and has shown a interval of minimal film formation on scrubber walls, to each specific configuration. Largest quantities of film were collected on the lower and higher jet penetrations. Liquid fraction on the scrubber walls has also varied to the gas velocity, liquid injection orifices configuration, dimensionless axial distance from the injection point, and throat diameter. The convergence section angle, however, has not influenced the film fraction variation in any of the studied conditions, in terms of the jet penetration. A different behavior among the angles, were only obtained with the gas velocity. Different orifice configurations, under excessive penetrations, have changed the jet trajectory.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| RESUMO..... | 6 |
| ABSTRACT..... | 7 |
| LISTA DE FIGURAS | 12 |
| LISTA DE TABELAS | 18 |
| NOMENCLATURA..... | 21 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 22 |
| 1.1 Objetivos..... | 23 |
| 1.1.1. Objetivo Geral | 23 |
| 1.1.2. Objetivos específicos..... | 23 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 24 |
| 2.1 Fração de líquido na forma de filme em lavadores Venturi | 24 |
| 2.1.1 Descrição..... | 24 |
| 2.1.2 Variáveis que influenciam no comportamento do filme líquido | 25 |
| 2.1.2.1 Velocidade do gás..... | 25 |
| 2.1.2.2 Razão líquido-gás | 28 |
| 2.1.2.3 Penetração do jato..... | 31 |
| 2.1.2.4 Configuração dos orifícios de injeção | 31 |
| 2.1.2.5 Diâmetro da garganta | 32 |
| 2.1.2.6 Distância a partir do ponto de injeção | 32 |
| 2.1.2.7 Distribuição de gotas | 33 |
| 2.1.3 Métodos de Extração de Filme | 33 |
| 2.1.3.1 Metodologia Utilizada por COSTA (2002)..... | 33 |
| 2.1.3.2 Metodologia Utilizada por GONÇALVES (2000)..... | 34 |
| 2.1.4 Modelos Propostos para Fração de Filme..... | 34 |
| 2.1.4.1 Modelo de AZZOPARDI e colaboradores | 34 |
| 2.1.4.2 Modelo de FATHIKALAJAHI e colaboradores (1995) | 36 |
| 2.1.4.3 Modelo de Viswanathan e colaboradores (1997) | 37 |
| 2.1.4.4 Modelo de Fernandez e Colaboradores (1999)..... | 37 |
| 2.1.4.5 Modelo de GONÇALVES e Colaboradores (2000)..... | 38 |
| 2.1.4.6 Modelo de GONÇALVES e Colaboradores (2004)..... | 39 |

| | |
|---|----|
| 3. METODOLOGIA..... | 41 |
| 3.1. Dimensões dos lavadores Venturi circulares..... | 41 |
| 3.2. Condições experimentais..... | 44 |
| 3.3. Planejamento experimental..... | 44 |
| 3.4. Calibração dos rotâmetros..... | 46 |
| 3.5. Testes preliminares..... | 47 |
| 3.5.1. Fração de filme em função da pressão na garganta do lavador..... | 47 |
| 3.5.2. Fração de filme em função da abertura do estrangulador..... | 49 |
| 3.6. Circuito experimental..... | 51 |
| 3.7 Fração de líquido escoando na forma de filme..... | 56 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 59 |
| 4.1 Comportamento do filme líquido no lavador Venturi circular de maior dimensão em função das variáveis..... | 59 |
| 4.1.1 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da penetração do jato para todas as configurações de orifícios de injeção e ângulo de convergência de 34°..... | 59 |
| 4.1.2 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da razão L/G para $V_g = 50, 70$ e 90 m/s, $Z = 140$ mm, 3 e 6 orifícios de injeção em funcionamento e ângulo de convergência de 34°..... | 60 |
| 4.1.3 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da velocidade do gás para três penetrações, 6 orifícios de injeção em funcionamento e ângulo de convergência de 34°..... | 62 |
| 4.1.4 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da distância do ponto de injeção para 3 orifícios de injeção em funcionamento e ângulo de convergência de 34°..... | 63 |
| 4.2 Comportamento do filme líquido no lavador Venturi circular de menor dimensão em função das variáveis..... | 66 |
| 4.2.1 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da penetração do jato para todas as configurações de orifícios de injeção e ângulo de convergência de 34°..... | 66 |
| 4.2.2 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da razão L/G para $V_g = 50, 70$ e 90 m/s, $Z = 67,5$ mm, 6 orifícios de injeção em funcionamento e ângulo de convergência de 34°..... | 68 |
| 4.2.3 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da velocidade do gás para três penetrações, 3 orifícios de injeção em funcionamento e ângulo de convergência de 34°..... | 69 |

| | |
|---|-----|
| 4.2.4 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da velocidade do gás para três configurações de orifícios de injeção, $l_{\text{máx}}/2R_o = 0,27$, $Z = 27,5$ mm e ângulo de convergência de 34° | 71 |
| 4.2.5 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da distância do ponto de injeção para 3 orifícios de injeção em funcionamento e ângulo de convergência de 34° | 72 |
| 4.2.6 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da penetração do jato para os ângulos de convergência de 14° e 34° | 74 |
| 4.2.7 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da velocidade do gás para os ângulos de convergência de 14° e 34° | 75 |
| 4.3 Comportamento do filme líquido no lavador Venturi em função do diâmetro da garganta | 76 |
| 4.4 Comparação entre os dados experimentais e algumas correlações propostas na literatura..... | 77 |
| 5. CONCLUSÕES E PRÓXIMAS ETAPAS..... | 80 |
| 5.1 Conclusões..... | 80 |
| 5.2 Sugestões para trabalhos futuros | 81 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 82 |
| APÊNDICE A - Tabelas de calibração dos rotômetros e vazões de líquido para todas as condições experimentais nos lavadores Venturi circulares | 85 |
| APÊNDICE B - Resultados dos testes preliminares na forma de gráficos da fração de filme em função da abertura do estrangulador no lavador Venturi de dimensão maior. | 98 |
| APÊNDICE C - Resultados dos dados experimentais na forma de tabelas da fração de filme obtido no lavador Venturi de dimensão maior para as velocidades do gás de 50m/s, 70 m/s e 90 m/s, para as configurações de injeção de líquido de 3 e 6 orifícios, e ângulo de convergência de 34° | 101 |
| APÊNDICE D - Resultados dos dados experimentais na forma de gráficos da fração de filme obtido no lavador Venturi de dimensão maior para as velocidades do gás de 50m/s, 70 m/s e 90 m/s, para todas as configurações de injeção de líquido e ângulo de convergência de 34° | 126 |
| APÊNDICE E - Resultados dos dados experimentais na forma de tabelas da fração de filme obtido no lavador Venturi de dimensão menor para as velocidades do gás de 50m/s, 70 m/s e 90 m/s, para todas as configurações de injeção de líquido, distância do ponto de injeção de 27,5 mm e ângulo de convergência de 14° | 131 |
| APÊNDICE F - Resultados dos dados experimentais na forma de tabelas da fração de filme obtido no lavador Venturi de dimensão menor para as | |

| | |
|---|-----|
| velocidades do gás de 50m/s, 70 m/s e 90 m/s, para todas as configurações de injeção de líquido, distâncias do ponto de injeção e ângulo de convergência de 34°..... | 144 |
| APÊNDICE G - Resultados dos dados experimentais na forma de gráficos da fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato obtido no lavador Venturi de dimensão menor para as velocidades do gás de 50m/s, 70 m/s e 90 m/s, para todas as configurações de injeção de líquido, distâncias do ponto de injeção e ângulo de convergência de 34°..... | 181 |
| APÊNDICE H - Resultados dos dados experimentais na forma de gráficos da fração de filme em função da razão L/G obtido no lavador Venturi de dimensão menor para as velocidades do gás de 50m/s, 70 m/s e 90 m/s, para 1 e 3 orifícios de injeção de líquido, 67,5 mm de distância do ponto de injeção e ângulo de convergência de 34°..... | 185 |
| APÊNDICE I - Resultados dos dados experimentais na forma de gráficos da fração de filme em função da velocidade do gás na garganta obtido no lavador Venturi de dimensão menor para 3 frações de penetração máxima do jato e para 1 e 6 orifícios de injeção de líquido e ângulo de convergência de 34°..... | 187 |
| APÊNDICE J - Resultados dos dados experimentais na forma de gráficos da fração de filme em função da distância do ponto de injeção de líquido dividida pelo diâmetro da garganta obtido no lavador Venturi de dimensão menor para 3 frações de penetração máxima do jato e para 1 e 6 orifícios de injeção de líquido e ângulo de convergência de 34°..... | 192 |
| APÊNDICE L - Resultados dos dados experimentais na forma de gráficos da fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta e velocidade do gás em comparação aos ângulos de convergência para uma distância do ponto de injeção igual a 27,5 mm..... | 196 |
| ANEXO A - Notação utilizada na descrição do sistema de injeção..... | 202 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 3.1 – Esquema dos lavadores Venturi de seção transversal circular..... | 41 |
| Figura 3.2 – Lavador Venturi e divisão de seções..... | 42 |
| Figura 3.3 – Sistema de encaixe das peças do lavador Venturi. Dimensões em mm..... | 43 |
| Figura 3.4 - Variação da fração de filme em função da pressão na garganta do lavador Venturi de menor dimensão para velocidade do gás de 50 m/s, fração de penetração máxima do jato de 0,15 e 6 orifícios de injeção de líquido. ... | 48 |
| Figura 3.5 - Variação da fração de filme em função da pressão na garganta do lavador Venturi de maior dimensão para velocidade do gás de 50 m/s, fração de fração de penetração máxima do jato de 0,05 e 6 orifícios de injeção de líquido..... | 49 |
| Figura 3.6 - Variação da fração de filme em função da abertura do estrangulador no lavador Venturi de menor dimensão para velocidade do gás de 50 m/s, fração de penetração máxima do jato de 0,05 e 3 orifícios de injeção de líquido em funcionamento..... | 50 |
| Figura 3.7 - Variação da fração de filme em função da abertura do estrangulador no lavador Venturi de menor dimensão para velocidade do gás de 50 m/s, fração de penetração máxima do jato de 0,85 e 6 orifícios de injeção de líquido em funcionamento..... | 50 |
| Figura 3.8 - Variação da fração de filme em função da abertura do estrangulador no lavador Venturi de menor dimensão para velocidade do gás de 90 m/s, fração de penetração máxima do jato de 0,05 e 3 orifícios de injeção de líquido em funcionamento..... | 51 |
| Figura 3.9 – Representação esquemática do circuito para experimentos realizados com os lavadores Venturi..... | 52 |
| Figura 3.10 – Vista de cima da peça de injeção de líquido do lavador. Dimensões em mm..... | 54 |
| Figura 3.11 – Trajetória dos jatos de acordo com as frações de penetração do jato. (a) $l_{máx}/2R_0=0,05$ a $0,25$; (b) $l_{máx}/2R_0=0,35$ a $0,45$; (c) $l_{máx}/2R_0=0,65$ a $0,85$ (modificado de Guntheroth, 1966)..... | 55 |
| Figura 3.12 - Extração do filme pelo método da fenda. | 57 |
| Figura 3.13 - Estrangulador. | 57 |
| Figura 4.1 - Variação da fração de filme em função da penetração do jato para velocidade do gás de 50 m/s e $Z= 140$ mm. | 59 |
| Figura 4.2 - Variação da fração de filme em função da penetração do jato para velocidade do gás de 90 m/s $Z= 140$ mm. | 60 |

| | |
|--|----|
| Figura 4.3 - Variação da fração de filme em função da razão L/G para lavador de maior dimensão com 3 orifícios em funcionamento e $Z=140\text{mm}$ | 61 |
| Figura 4.4 - Variação da fração de filme em função da razão L/G para lavador de maior dimensão com 6 orifícios em funcionamento e $Z=140\text{mm}$ | 62 |
| Figura 4.5 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para as 3 frações de penetrações do jato $Z=140\text{ mm}$ | 63 |
| Figura 4.6 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção para as três velocidades e fração de penetração de jato de 0,05..... | 64 |
| Figura 4.7 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção para as três velocidades e fração de penetração de jato de 0,25..... | 65 |
| Figura 4.8 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção para as três velocidades e fração de penetração de jato de 0,45..... | 65 |
| Figura 4.9 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 50 m/s e $Z=67,5\text{ mm}$ | 66 |
| Figura 4.10 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 70 m/s e $Z=67,5\text{ mm}$ | 67 |
| Figura 4.11 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 90 m/s e $Z=67,5\text{ mm}$ | 68 |
| Figura 4.12 - Fração de filme em função da fração da razão L/G para 6 orifícios de injeção de líquido em funcionamento e $Z=67,5\text{ mm}$ | 69 |
| Figura 4.13 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 3 orifícios de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 7,5 mm. | 70 |
| Figura 4.14 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 3 orifícios de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 27,5 mm..... | 70 |
| Figura 4.15 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 3 orifícios de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 67,5 mm..... | 71 |
| Figura 4.16 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 configurações de injeção de líquido, fração de penetração máxima do jato igual a 0,27 e uma distância do ponto de injeção de líquido de 27,5 mm. | 72 |

| | |
|--|-----|
| Figura 4.17 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,28 e 3 orifícios de injeção em funcionamento..... | 73 |
| Figura 4.18 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,53 e 3 orifícios de injeção em funcionamento..... | 73 |
| Figura 4.19 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,72 e 3 orifícios de injeção em funcionamento..... | 74 |
| Figura 4.20 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 50 m/s e 6 orifícios de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência..... | 75 |
| Figura 4.21 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para penetração de 0,26 e 1 orifício de injeção em funcionamento em comparação aos ângulos de convergência..... | 76 |
| Figura 4.22 - Variação da fração de filme em função do diâmetro da garganta para 6 orifícios de injeção em funcionamento e $Z=60$ mm..... | 77 |
| Figura 4.23 – Desempenho do modelo de Viswanathan <i>et al.</i> (1997) com relação a velocidade do gás. | 78 |
| Figura 4.24 - Desempenho do modelo de GONÇALVES <i>et al.</i> (2000) em relação a velocidade do gás. | 78 |
| Figura 4.25 – Desempenho do modelo de VISWANATHAN <i>et al.</i> (1997) em relação a configuração de orifícios de injeção..... | 79 |
| Figura 4.26 – Desempenho do modelo de GONÇALVES <i>et al.</i> (2000) em relação a configuração de orifícios de injeção..... | 79 |
| Figura B1 – Variação da fração de filme em função da abertura do estrangulador para uma velocidade de 50 m/s, penetração de jato de 0,85, 6 orifícios de injeção e $Z=140$ mm..... | 99 |
| Figura B2 – Variação da fração de filme em função da abertura do estrangulador para uma velocidade de 50 m/s, penetração de jato de 0,85, 3 orifícios de injeção e $Z=140$ mm..... | 99 |
| Figura B3 – Variação da fração de filme em função da abertura do estrangulador para uma velocidade de 90 m/s, penetração de jato de 0,45, 6 orifícios de injeção e $Z=140$ mm..... | 100 |
| Figura B4 – Variação da fração de filme em função da abertura do estrangulador para uma velocidade de 90 m/s, penetração de jato de 0,45, 3 orifícios de injeção e $Z=140$ mm..... | 100 |

| | |
|---|-----|
| Figura D1 – Variação da fração de filme em função da fração de penetração do jato para velocidade de 50 m/s e $Z=20$ mm no lavador de maior dimensão. . | 127 |
| Figura D2 – Variação da fração de filme em função da fração de penetração do jato para velocidade de 50 m/s e $Z=60$ mm no lavador de maior dimensão. . | 127 |
| Figura D3 – Variação da fração de filme em função da fração de penetração do jato para velocidade de 70 m/s e $Z=20$ mm no lavador de maior dimensão. . | 128 |
| Figura D4 – Variação da fração de filme em função da fração de penetração do jato para velocidade de 70 m/s e $Z=60$ mm no lavador de maior dimensão. . | 128 |
| Figura D5 – Variação da fração de filme em função da fração de penetração do jato para velocidade de 70 m/s e $Z=140$ mm no lavador de maior dimensão. . | 129 |
| Figura D6 – Variação da fração de filme em função da fração de penetração do jato para velocidade de 90 m/s e $Z=20$ mm no lavador de maior dimensão. . | 129 |
| Figura D7 – Variação da fração de filme em função da fração de penetração do jato para velocidade de 90 m/s e $Z=60$ mm no lavador de maior dimensão. . | 130 |
| Figura G1 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 50 m/s e $Z = 7,5$ mm..... | 182 |
| Figura G2 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 50 m/s e $Z = 27,5$ mm..... | 182 |
| Figura G3 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 70 m/s e $Z = 7,5$ mm..... | 183 |
| Figura G4 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 70 m/s e $Z = 27,5$ mm..... | 183 |
| Figura G5 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 90 m/s e $Z = 7,5$ mm..... | 184 |
| Figura G6 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 90 m/s e $Z = 27,5$ mm..... | 184 |
| Figura H1 - Fração de filme em função da razão L/G para 1 orifício de injeção de líquido em funcionamento..... | 186 |
| Figura H2 - Fração de filme em função da fração da razão L/G para 3 orifícios de injeção de líquido em funcionamento. | 186 |

- Figura I1 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 1 orifício de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 7,5 mm. 188
- Figura I2 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 1 orifício de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 27,5 mm. 188
- Figura I3 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 1 orifício de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 67,5 mm. 189
- Figura I4 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 6 orifícios de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 7,5 mm. 189
- Figura I5 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 6 orifícios de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 27,5 mm. 190
- Figura I6 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 6 orifícios de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 67,5 mm. 190
- Figura I7 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 configurações de injeção de líquido, fração de penetração máxima do jato igual a 0,27 e uma distância do ponto de injeção de líquido de 7,5 mm. 191
- Figura I8 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 configurações de injeção de líquido, fração de penetração máxima do jato igual a 0,27 e uma distância do ponto de injeção de líquido de 67,5 mm. 191
- Figura J1 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,26 e 1 orifício de injeção em funcionamento. 193
- Figura J2 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,49 e 1 orifício de injeção em funcionamento. 193
- Figura J3 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,70 e 1 orifício de injeção em funcionamento. 194
- Figura J4 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,30 e 6 orifícios de injeção em funcionamento. 194

| | |
|--|-----|
| Figura J5 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,58 e 6 orifícios de injeção em funcionamento..... | 195 |
| Figura J6 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,80 e 6 orifícios de injeção em funcionamento..... | 195 |
| Figura L1 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 50 m/s e 1 orifício de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência..... | 197 |
| Figura L2 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 50 m/s e 3 orifícios de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência..... | 197 |
| Figura L3 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 70 m/s e 1 orifício de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência..... | 198 |
| Figura L4 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 70 m/s e 3 orifícios de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência..... | 198 |
| Figura L5 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 70 m/s e 6 orifícios de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência..... | 199 |
| Figura L6 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 90 m/s e 1 orifício de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência..... | 199 |
| Figura L7 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 90 m/s e 3 orifícios de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência..... | 200 |
| Figura L8 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 90 m/s e 6 orifícios de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência..... | 200 |
| Figura L9 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para penetração de 0,26 e 3 orifícios de injeção em funcionamento em comparação aos ângulos de convergência..... | 201 |
| Figura L10 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para penetração de 0,26 e 6 orifícios de injeção em funcionamento em comparação aos ângulos de convergência..... | 201 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 2.1 - Fonte de dados em distribuição de líquido em Venturis | 26 |
| Tabela 2.2 - Especificações dos equipamentos de GONÇALVES et al. (2000, 2004).. | 27 |
| Tabela 2.3 - Especificações dos equipamentos de COSTA et al. (2002) | 28 |
| Tabela 2.4 - Especificações dos equipamentos de AZZOPARDI e GOVAN (1984).... | 29 |
| Tabela 2.5 - Características do experimento de VISWANATHAN et al.(1984,1997) .. | 30 |
| Tabela 2.6 – Características do experimento de DAHER (2008)..... | 31 |
| Tabela 3.1 – Dimensões dos lavadores Venturi de seção transversal circular | 43 |
| Tabela 3.2 – Velocidades do ar utilizadas nos experimentos com os lavadores Venturi circulares. | 44 |
| Tabela A1 – Calibração dos rotômetros | 86 |
| Tabela A2 – Vazões de líquido a partir das frações de penetração máxima do jato para velocidade do gás na garganta de 50 m/s no lavador Venturi de menor dimensão..... | 87 |
| Tabela A3 – Vazões de líquido a partir das frações de penetração máxima do jato para velocidade do gás na garganta de 70 m/s no lavador Venturi de menor dimensão..... | 88 |
| Tabela A4 – Vazões de líquido a partir das frações de penetração máxima do jato para velocidade do gás na garganta de 90 m/s no lavador Venturi de menor dimensão..... | 89 |
| Tabela A5 – Vazões de líquido a partir das frações de penetração máxima do jato para velocidade do gás na garganta de 50 m/s no lavador Venturi de maior dimensão..... | 90 |
| Tabela A6 – Vazões de líquido a partir das frações de penetração máxima do jato para velocidade do gás na garganta de 70 m/s no lavador Venturi de maior dimensão..... | 91 |
| Tabela A7 - Vazões de líquido a partir das frações de penetração máxima do jato para velocidade do gás na garganta de 90 m/s no lavador Venturi de maior dimensão..... | 92 |
| Tabela A8 – Calibração do rotômetro KI em relação às vazões de líquido utilizadas no lavador Venturi de menor dimensão. | 93 |
| Tabela A9 – Calibração dos rotômetros da Tecnofluid em relação às vazões de líquido utilizadas no lavador Venturi de menor dimensão. | 94 |

| | |
|---|-----|
| Tabela A10 – Calibração do rotâmetro KI em relação às vazões de líquido utilizadas no lavador Venturi de maior dimensão. | 95 |
| Tabela A11 – Calibração dos rotômetros da Tecnofluid em relação às vazões de líquido utilizadas no lavador Venturi de maior dimensão. | 96 |
| Tabela C1 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=50$ m/s, $Z=20$ mm e ângulo de convergência de 34° | 102 |
| Tabela C2 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=50$ m/s, $Z=60$ mm e ângulo de convergência de 34° | 106 |
| Tabela C3 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=50$ m/s, $Z=140$ mm e ângulo de convergência de 34° | 110 |
| Tabela C4 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=70$ m/s, $Z=20$ mm e ângulo de convergência de 34° | 114 |
| Tabela C5 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=70$ m/s, $Z=60$ mm e ângulo de convergência de 34° | 116 |
| Tabela C6 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=70$ m/s, $Z=140$ mm e ângulo de convergência de 34° | 118 |
| Tabela C7 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=90$ m/s, $Z=20$ mm e ângulo de convergência de 34° | 120 |
| Tabela C8 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=90$ m/s, $Z=60$ mm e ângulo de convergência de 34° | 122 |
| Tabela C9 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=90$ m/s, $Z=140$ mm e ângulo de convergência de 34° | 124 |
| Tabela E1 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=50$ m/s, $Z=27,5$ mm e ângulo de convergência de 14° | 132 |
| Tabela E2 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=70$ m/s, $Z=27,5$ mm e ângulo de convergência de 14° | 136 |
| Tabela E3 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=90$ m/s, $Z=27,5$ mm e ângulo de convergência de 14° | 140 |
| Tabela F1 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=50$ m/s, $Z=7,5$ mm e ângulo de convergência de 34° | 145 |
| Tabela F2 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=50$ m/s, $Z=27,5$ mm e ângulo de convergência de 34° | 149 |
| Tabela F3 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=50$ m/s, $Z=67,5$ mm e ângulo de convergência de 34° | 153 |

| | |
|---|-----|
| Tabela F4 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=70$ m/s, $Z=7,5$ mm e ângulo de convergência de 34° | 157 |
| Tabela F5 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=70$ m/s, $Z=27,5$ mm e ângulo de convergência de 34° | 161 |
| Tabela F6 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=70$ m/s, $Z=67,5$ mm e ângulo de convergência de 34° | 165 |
| Tabela F7 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=90$ m/s, $Z=7,5$ mm e ângulo de convergência de 34° | 169 |
| Tabela F8 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=90$ m/s, $Z=27,5$ mm e ângulo de convergência de 34° | 173 |
| Tabela F9 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=90$ m/s, $Z=67,5$ mm e ângulo de convergência de 34° | 177 |
| Tabela A.1 – Significado e valores possíveis dos dígitos A, B, C e D na Equação A.1 | 203 |
| Tabela A.2 – Abreviaturas comuns utilizadas no detalhamento do sistema de injeção | 204 |

NOMENCLATURA

| | |
|-----------|--|
| A_{th} | Área da seção transversal na garganta, m^2 |
| A | Constante da equação de desprendimento extra no início da garganta, adimensional |
| C_d | Concentração mássica de gotas, kg/m^3 |
| C_E | Concentração homogênea de equilíbrio hidrodinâmico, kg/m^3 |
| D_d | Diâmetro da gota, m |
| D_{eq} | Diâmetro equivalente, m |
| D_{or} | Diâmetro do orifício, m |
| D_v | Diâmetro local do lavador Venturi, m |
| D_{ep} | Taxa de deposição para cada posição axial, kg/sm^2 |
| E_d | Coefficiente de difusividade da gota, m^2/s |
| Ent | Taxa de desprendimento de gotas por superfície de parede, kg/sm^2 |
| Ent' | Medida do desprendimento extra que ocorre no início da garganta do Venturi, kg/sm^2 |
| F_f | Fração de filme líquido, adimensional |
| $F-IBC-P$ | Injeção de líquido do tipo filme por parede porosa, posicionada antes do início da seção convergente |
| G | Vazão volumétrica de gás, m^3/s |
| $JT-IT-W$ | Injeção de líquido do tipo jatos transversais, por orifícios posicionados na garganta, em um único estágio |
| $JT-MT-W$ | Injeção de líquido do tipo jatos transversais, por orifícios posicionados na garganta, em múltiplos estágios |
| K | Constante de troca de massa, adimensional |
| L | Vazão volumétrica do líquido, L/s |
| L/G | Razão entre as vazões volumétricas de líquido e gás, L/m^3 |
| L^{**} | Penetração transversal máxima da linha central do jato, m |
| $l_{máx}$ | Penetração transversal máxima da linha central do jato, m |
| \bar{l} | Penetração do jato, adimensional |
| MW_g | Peso molecular do gás, $kg/kmol$ |
| N_{or} | Número de orifícios de injeção de líquido, adimensional |
| PM | Parede molhada |
| Q_t | Vazão de líquido, L/s |

| | |
|-------------|--|
| Q_g | Vazão de ar, m ³ /s |
| Q_f | Vazão volumétrica de filme, m ³ /s |
| Re_a | Taxa de re-atomização, kg/(m ² .s) |
| Re | Número de Reynolds, adimensional |
| R_0 | Metade da distância entre a parede pela qual o líquido é injetado e a parede oposta, m |
| V_j | Velocidade do jato, m/s |
| V_g | Velocidade do gás na garganta, m/s |
| We | Número de Weber, adimensional |
| We_{crit} | Número de Weber crítico, adimensional |
| Z | Distância ao longo do Venturi, m |

LETRAS GREGAS

| | |
|----------|---|
| μ_g | Viscosidade do gás, kg/m ³ |
| μ_l | Viscosidade do líquido, kg/m ³ |
| ρ_l | Densidade do líquido, kg/m ³ |
| ρ_g | Densidade do gás, kg/m ³ |

SUBSCRITOS

| | |
|--------|---------------------------------|
| $Crit$ | Crítico |
| Eq | Equivalente |
| F | Filme |
| G | Gás |
| J | Jato |
| L | Líquido |
| $Máx$ | Máximo |
| Or | Orifício |
| Th | Garganta do lavador Venturi |
| t | Tubo antes da seção convergente |
| W | Parede |

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as rigorosas leis ambientais requerem o desenvolvimento de equipamentos de alta eficiência utilizados na limpeza de gases, que tenham baixo custo e sejam capazes de remover partículas poluidoras do fluxo gasoso. Um destes equipamentos é o lavador Venturi.

Os lavadores Venturi são equipamentos utilizados industrialmente em operações de limpeza de gases e controle da poluição atmosférica. Estes equipamentos oferecem uma excelente eficiência de remoção entre 80-90 % (em diversas situações, superior a 90%) para partículas de 0,5 a 5 μm de diâmetro. Ele consiste basicamente em um tubo de seção transversal circular ou retangular e é composto por três partes distintas: a seção de convergência, a garganta e o difusor. A eficiência de coleta de partículas no lavador Venturi é influenciada por vários fatores, tais como o tamanho da partícula, a razão líquido-gás, a penetração do jato líquido, a distribuição do tamanho das gotas ao longo da garganta, a configuração geométrica do lavador e a fração de filme.

Em um típico lavador Venturi, um líquido, normalmente água, é introduzido em sua garganta. Como a água escoar abaixo da convergência, a aceleração repentina da velocidade do gás na garganta atomiza o líquido. Logo que a água é atomizada, ela coleta as partículas principalmente por impactação destas sobre as gotas de água. Este processo de impacto é possível com o resultado da diferença entre a alta velocidade do gás e a baixa velocidade das gotas. Assim que a mistura gás-gota passa pela garganta, a velocidade de ambos, gás e gotas, desaceleram na seção divergente. Neste ponto, uma maior impactação faz com que a maioria das gotas de água retorne a fase líquida. A água é então enviada para um separador, onde ela é separada do fluxo de gás. Durante este processo, uma fração de 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, fazendo com que sua eficiência diminua e a perda de carga do lavador aumente. A perda de carga depende da energia gasta para acelerar as gotas e também do atrito entre o gás e a superfície rugosa do filme. Esta perda de carga faz com que haja um aumento no custo de operação do lavador Venturi.

Pelos motivos abordados acima, a fração de filme é de suma importância para o eficiente funcionamento do lavador Venturi. Muitos autores desconsideram a fração de filme

em seus modelos, uma das causas está na dificuldade em se descrever matematicamente este fenômeno.

1.1 Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Avaliar e quantificar a fração de líquido que se deposita nas paredes de lavadores Venturi na forma de filme. O estudo foi desenvolvido visando contribuir para o aperfeiçoamento dos projetos de lavadores Venturi, e, diante disso, reduzir o custo operacional para as empresas no controle de efluentes gasosos industriais.

1.1.2. Objetivos específicos

- Estudar a formação do filme a fim de evidenciar as condições de mínima deposição de líquido nas paredes e máxima utilização do líquido de limpeza na coleta de partículas;
- Ampliar o conjunto de dados experimentais de fração de filme em lavadores Venturi disponível na literatura, estudando variações do diâmetro da garganta, do ângulo de convergência, da distância do ponto de injeção, da penetração relativa dos jatos (de 5 % a 85%), em diferentes condições operacionais;
- Divulgar os resultados obtidos, permitindo que engenheiros possam utilizá-los em projetos e otimização de lavadores Venturi, contribuindo para melhor eficiência do processo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica sobre a fração de filme líquido depositada nas paredes do equipamento em função de diversas variáveis que a influenciam, como a velocidade do gás na garganta do lavador, a razão L/G, a penetração do jato, configuração dos orifícios de injeção, diâmetro da garganta e distância do ponto de injeção.

2.1 Fração de líquido na forma de filme em lavadores Venturi

2.1.1 Descrição

Na ordem de maximizar a eficiência e minimizar a queda de pressão, diversos modelos de escoamento são requeridos. Uma característica importante do escoamento, que é ignorada em muitos modelos desenvolvidos para lavadores Venturi, é a ocorrência de um filme líquido nas paredes do Venturi. Isto pode ocorrer nos tipos de lavadores Venturi conhecidos como Pease-Anthony, por causa do líquido que é injetado como um jato na garganta, as gotas se depositam para formar um filme, podendo ser re-atomizadas deste filme, diminuindo assim a deposição. No tipo de Venturi parede molhada, o líquido é introduzido como um filme nas paredes a frente da seção convergente para prevenir corrosões e adesões de partículas pegajosas. É assumido que este líquido é completamente atomizado no começo da garganta. Embora, AZZOPARDI (1993) afirme que há fortes evidências que nem todo o líquido é atomizado.

A fração de líquido injetada escoando sobre as paredes como um filme não participa eficientemente da remoção de partículas. A negligência deste fenômeno pode ter contribuído para diferenças nas estimativas de eficiência de coleta total por modelos anteriores, como o modelo de CALVERT et al., 1972 e de BOLL, 1973.

A divisão de líquido entre gotas e filme pode ser caracterizada pela fração do filme, ou seja, a fração da vazão total de líquido seguindo ao longo das paredes do lavador. A variação axial deste parâmetro tem sido estudada por um número limitado de pesquisadores: VISWANATHAN (1984) e LEITH (1985). Outros autores determinaram a fração de filme no difusor. Segundo LEITH (1985), no início da garganta, a fração de desprendimento da gota foi de 80%, ou seja, 20% do líquido seguiram como um filme líquido pelas paredes do Venturi. No difusor, os dados foram confusos com fração de desprendimento maior que 90% no final do difusor.

Segundo AZZOPARDI (1991) *apud* DAHER et al. (2009), em qualquer sistema de injeção de líquido em um lavador Venturi, nem todo o líquido irá escoar no núcleo do gás como gotas: uma fração dele escoará como um filme aderido às paredes do equipamento. O desempenho do lavador é significativamente afetado pela presença da fração de líquido, já que:

- a) a eficiência de coleta depende da área superficial por unidade de volume do líquido, que é reduzida se parte do líquido está na forma de filme em vez de gotas;
- b) a queda de pressão depende da energia gasta na aceleração do líquido (ambos, filme e gotas, incluindo novamente as gotas arrastadas) e o atrito do gás com as paredes ou com as ondas da superfície do filme. Estas quantidades irão variar dependendo da fração de líquido como filme;
- c) em muitas aplicações práticas, a presença do filme é uma vantagem, como ele previne a deposição de partículas aderentes sobre as paredes.

Várias tentativas têm sido feitas (CALVERT et al., 1972; BOLL, 1973; TAHERI e SHEIH, 1975) teoricamente para calcular a eficiência de coleta de partículas de um lavador Venturi. Os modelos publicados não são capazes de prever o desempenho da razão L/G porque eles não relatam a falta de uniformidade do fluxo na garganta. Esta má distribuição pode ser uma razão principal para a previsão superestimada da capacidade de coleta de partículas do lavador Venturi por modelos unidimensionais anteriores, que assumiam uniformidade na cobertura da garganta, desconsiderando o escoamento de filme nas paredes.

De acordo com VISWANATHAN et al. (1997), a fração de filme pode ser correlacionada com a penetração do jato, mostrando que a seleção das injeções nas paredes não pode ser arbitrária, pois atua diretamente na quantidade de líquido que escoar no núcleo.

2.1.2 Variáveis que influenciam no comportamento do filme líquido

2.1.2.1 Velocidade do gás

AZZOPARDI (1993) avaliou o desempenho de seu modelo AZZOPARDI et al. (1991) através de modelos propostos por vários autores na previsão da divisão de líquido entre gotas e filme com base em dados obtidos em lavadores de diferentes escalas e sistemas de injeção de líquido, apresentados na Tabela 2.1 (Antes da leitura deste item é recomendado ler o Anexo A para melhor entendimento das tabelas).

AZZOPARDI (1993) comparou as previsões do modelo de AZZOPARDI et al. (1991) com os dados de AZZOPARDI e GOVAN (1984), TEIXEIRA et al. (1988) e AZZOPARDI et al. (1989) para verificar as previsões de seu modelo em relação a divisão de líquido entre gotas e filme. Os resultados, expressos em gráficos, estão dentro $\pm 25\%$, uma previsão dentro da obtida para escoamentos em tubos.

AZZOPARDI (1993) analisou os efeitos de alguns parâmetros na previsão da fração de filme, que conseqüentemente implicam na limpeza do gás e na queda de pressão. Em todos os casos analisados os ângulos da seção convergente e do difusor, assim como o comprimento da garganta não variaram. O diâmetro da garganta variava entre 0,01 a 0,2 m. Os resultados foram conduzidos pelas seguintes condições: a velocidade do gás era de 100 m/s e a razão L/G era de 1,51 L/m³.

Tabela 2.1 - Fonte de dados em distribuição de líquido em Venturis

| Fonte | Tipo | Diâmetro da garganta (m) | Ângulo de Convergência | Ângulo do difusor | Metodologia de Medida |
|--------------------------|------|--------------------------|------------------------|-------------------|---------------------------------|
| Azzopardi e Govan (1984) | PM | 0,01 | 34 | 10 | Fração de filme-fenda |
| Teixeira et al. (1988) | PM | 0,019 | 68 | 19,4 | Fração de filme (parede porosa) |
| Azzopardi et al. (1989) | PM | 0,01 | 34 | 5 | Fração de filme (parede porosa) |

*PM – Parede molhada.

AZZOPARDI (1993) apresentou o comportamento da fração de filme no final do lavador Venturi em função da velocidade do gás para três diâmetros de garganta diferentes. No menor diâmetro, a fração de filme permaneceu quase que constante. No diâmetro intermediário, a fração de filme decresceu com o aumento da velocidade do gás. No diâmetro maior, a fração de filme decresceu com o aumento da velocidade do gás até um ponto onde permaneceu constante.

GONÇALVES (2000) e GONÇALVES *et al.* (2000, 2004) obtiveram dados experimentais a partir de dois lavadores Venturi em escala laboratorial, um com secção transversal retangular e o outro circular, ambos do tipo Pease-Anthony. Outras especificações dos equipamentos são mostradas na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Especificações dos equipamentos de GONÇALVES *et al.* (2000, 2004)

| Características | Equipamento 1 | Equipamento 2 |
|------------------------------------|---------------|---------------|
| Geometria | Circular | Retangular |
| Área da garganta (m ²) | 0,00438 | 0,02528 |
| V _{g,th} (m/s) | 50-90 | 58,3-74,6 |
| L/G (l/m ³) | 0,5-2,0 | 0,0025-0,0062 |
| Sistema de injeção | JT-1T-W | JT-1T-W |
| Ângulo do difusor (graus) | 17,5 | 8,2° |

Para um Venturi de seção circular, a garganta continha 5 orifícios de 1 mm de diâmetro para injeção de líquido, localizados 1,0 mm abaixo do começo da garganta. Este experimento permitiu variar a velocidade do gás, a razão líquido-gás e o número de orifícios de injeção. Alguns orifícios podiam ser bloqueados, isto era possível para variar o número de orifícios de injeção de um experimento para o outro. A combinação de diferentes escoamentos de fluidos e diferentes números de orifícios de injeção permitiu variar a penetração máxima do jato (l^{**}), calculada pela correlação de VISWANATHAN *et al.* (1983), reproduzida como Equação 2.1, de 10% a 85% do diâmetro da garganta.

$$l^{**} = 0,1145 \frac{\rho_l V_j}{\rho_g V_g} D_{or} \quad (2.1)$$

No Venturi de seção retangular, o líquido era injetado por um orifício de 1 mm de diâmetro na garganta.

A metodologia usada para quantificar a razão de escoamento do filme e a fração de filme, consistiu de remoção de filme do lavador por uma fenda posicionada a 8, 55, 140 mm abaixo do plano de orifícios de injeção, correspondendo a duas posições na garganta e uma posição no final do difusor. A fenda tinha 1 mm de largura e 1 mm de uma lamina de aço sobressaída que ajudou a direcionar o filme para fenda.

GONÇALVES (2000) e GONÇALVES *et al.* (2000, 2004) mostraram que o aumento da velocidade de gás diminui a fração de filme. O efeito do aumento da velocidade do gás na turbulência do meio deveria aumentar a deposição por difusão. Contudo, ao mesmo tempo, as gotas são rapidamente aceleradas, passando pela garganta em menor tempo, e, portanto, elas apresentam menor tempo para se depositarem. Assim, um efeito acaba contrabalanceando o outro. Possivelmente, a razão deste efeito seria a taxa de reatomização.

COSTA (2002) estudou a variação fração de filme nas paredes de um lavador Venturi retangular posicionado na horizontal, dimensionado como mostra a Tabela 2.3. O método de extração do filme foi a utilização de uma fenda de 1 mm de largura, que continha uma lâmina de aço de 1 mm que sobressaía para ajudar a direcionar o filme para fenda.

Tabela 2.3 - Especificações dos equipamentos de COSTA *et al.* (2002)

| Características | Equipamento |
|------------------------------------|---------------|
| Geometria | Retangular |
| Área da garganta (m ²) | 0,02528 |
| V _{g,th} (m/s) | 58,3-74,6 |
| L/G (l/m ³) | 0,0025-0,0062 |
| Sistema de injeção | JT-1T-W |
| Ângulo do difusor (graus) | 8,2° |

COSTA (2002) notou que para uma menor vazão de líquido e na posição mais distante do ponto de injeção, o aumento da velocidade resultou em uma menor fração de filme. Já para uma maior vazão de líquido, o autor mostrou que se obteve maiores frações de filme, sendo que esta diminuiu com o aumento da velocidade do gás. Na maior velocidade, a fração de filme diminuiu acentuadamente devido ao achatamento do jato.

2.1.2.2 Razão líquido-gás

AZZOPARDI e GOVAN (1984) estudaram o comportamento do filme líquido com um lavador Venturi circular posicionado na vertical, suas dimensões são apresentadas na Tabela 2.4. O método de injeção de líquido foi através de parede molhada.

AZZOPARDI e GOVAN (1984), em seus arranjos experimentais, mediram o escoamento de filme no final da garganta para vários comprimentos de garganta, velocidades do gás e razões líquido-gás. Em todos os casos, o líquido foi introduzido como filme na

parede. Eles mostraram que o escoamento na garganta do Venturi era similar ao ocorrido em tubos. O desprendimento ocorria aleatoriamente do filme líquido nas paredes da garganta. O efeito do aumento da razão líquido-gás, mantendo a velocidade do gás constante, ocasionou o aumento da quantidade de líquido presente como gotas e aumentou seu desprendimento. Além disso, na maior vazão de líquido, os autores notaram que o filme ocupava uma significativa fração da seção transversal da garganta.

Tabela 2.4 - Especificações dos equipamentos de AZZOPARDI e GOVAN (1984)

| Características | Equipamento |
|------------------------------------|---------------|
| Geometria | Circular |
| Área da garganta (m ²) | 0,00785 |
| V _{g,th} (m/s) | 42,7-91,4 |
| L/G (l/m ³) | 0,0025-0,0062 |
| Sistema de injeção | F-1BC-P |
| Ângulo do difusor (graus) | 9,6° |

AZZOPARDI (1993) estudou o comportamento da fração de filme no final do lavador Venturi em função da razão L/G para quatro diâmetros de garganta diferentes. No menor diâmetro, a fração de filme permaneceu praticamente constante. No diâmetro intermediário, a fração de filme decresceu com o aumento da razão L/G. Já para o maior diâmetro, a fração de filme permaneceu constante, sendo ela a menor fração de filme nos quatro diâmetros estudados. AZZOPARDI (1993) mostrou que a fração de filme é inversamente proporcional ao diâmetro da garganta do lavador.

VISWANATHAN *et al.* (1984, 1997) usaram um lavador de escala piloto de seção transversal retangular com injeção de líquido na forma jatos. As dimensões deste equipamento são mostradas na Tabela 2.5. O líquido era introduzido por 17 orifícios na parede superior e 8 orifícios na parede inferior. O filme, que escoava como nas paredes, foi extraído por uma parede porosa, em três posições, sendo uma na garganta e duas no difusor.

VISWANATHAN *et al.* (1984, 1997) mostraram altas proporções de líquido injetado escoando como filme na parede para baixas razões L/G comparado com altas razões L/G. Isso ocorreu em todas as velocidades estudadas. Seus resultados indicaram que a taxa de deposição das gotas do escoamento na parede excedeu a taxa de reatomização em todos os comprimentos do lavador, especialmente para baixas vazões de líquido. À medida que a razão

L/G aumentou, VISWANATHAN *et al.* (1984, 1997) observaram que a fração de líquido injetado que escoava na parede reduziu.

Tabela 2.5 - Características do experimento de VISWANATHAN *et al.* (1984,1997)

| Características | Equipamento |
|------------------------------------|-------------|
| Geometria | Retangular |
| Área da garganta (m ²) | 0,01161 |
| V _{g,th} (m/s) | 46-76 |
| L/G (l/m ³) | 0,395-1,765 |
| Sistema de injeção | JT-MT-W |
| Ângulo do difusor (graus) | n.d. |

FATHIKALAJAHI *et al.* (1995) utilizou os dados experimentais de VISWANATHAN *et al.* (1984) para validar seu modelo, encontrando uma boa concordância entre a previsão e os valores experimentais. Mostrando que para baixas razões L/G, a fração de filme era alta, e, à medida que a razão L/G aumentava, a fração de filme diminuía.

Os resultados de GONÇALVES (2000) e GONÇALVES *et al.* (2000, 2004) indicaram que a fração de filme em um lavador Pease-Anthony tem alta dependência da razão L/G, e podem ser muito altas para pequenas razões L/G. À medida que a razão L/G aumentava, a fração de filme diminuía até um ponto onde voltava a crescer, diferentemente de VISWANATHAN *et al.* (1984, 1997) que mostrou que quando a razão L/G aumentava, a fração de filme era sempre decrescente.

DAHER (2008) utilizou um lavador de secção transversal retangular montado horizontalmente e com injeção pelas quatro paredes, a fim de apresentar dados experimentais sobre a fração de filme em relação à injeção de líquido. O aparelho foi fabricado em acrílico e construído em módulos para permitir diferentes configurações geométricas. Outras características da metodologia e do equipamento estão indicadas na Tabela 2.6.

Uma válvula ajustava a pressão interna no lavador, pois a técnica que foi usada para extrair o filme requeria a pressão interna maior do que a externa.

A injeção de líquido era feita por 1 a 4 orifícios de 1,0 mm de diâmetro na parede da garganta localizados a 30 mm de começo da garganta. Os orifícios eram bloqueados, permitindo diferentes configurações de injeção. Cinco combinações diferentes foram utilizadas.

Os resultados de DAHER (2008) mostraram que independente da velocidade aplicada, a menor razão L/G apresentou a maior fração de filme. E para a menor velocidade, a maior razão L/G apresentou uma maior fração de filme.

Tabela 2.6 – Características do experimento de DAHER (2008)

| Características | Equipamento |
|------------------------------------|-------------|
| Geometria | Retangular |
| Área da garganta (m ²) | 0,02695 |
| Vg,th (m/s) | 59-74 |
| L/G (l/m ³) | 0,06-0,31 |
| Sistema de injeção | JT-1T-W |
| Ângulo do difusor (graus) | 8,6° |

GUERRA (2009) utilizou um lavador Venturi retangular posicionado na horizontal com injeção na forma de jatos com as mesmas dimensões do utilizado por DAHER (2008), como apresentado na Tabela 2.6. GUERRA (2009) mostrou que independente da velocidade do gás na garganta do lavador Venturi o aumento da razão L/G proporcionou o aumento da fração de filme líquido para a injeção de líquido de um único orifício. Já para a injeção através de 4 orifícios, o aumento da razão L/G fez com que a fração de líquido na forma de filme diminuísse.

2.1.2.3 Penetração do jato

GUERRA *et al.* (2008) e GUERRA (2009) mostraram a influência significativa da penetração do jato na deposição de filme. Observaram que para baixas e altas penetrações, a fração de filme era alta, mas nesse intervalo era possível notar um ponto de mínima formação de filme. O que também foi notado por DAHER (2008) e por GONÇALVES (2000) e GONÇALVES *et al.* (2000, 2004) para um lavador circular posicionado na vertical com uma configuração diferente.

2.1.2.4 Configuração dos orifícios de injeção

DAHER (2008) e GUERRA (2009) verificaram que o número de orifícios em funcionamento influenciou significativamente a fração de filme líquido. A injeção através de um orifício foi a responsável pela maior deposição de líquido nas paredes do lavador na

maioria dos casos estudados. No caso da injeção de líquido por um único orifício, o aumento na vazão de líquido ocasionou o aumento da penetração do jato. A penetração excessiva do jato na garganta do lavador fazia com que as gotas recém formadas se depositassem na parede oposta a da injeção. No caso da injeção através de 4 orifícios, a vazão foi dividida pelos quatro orifícios em funcionamento. Assim, o contato entre os jatos ocasionou uma melhor distribuição do líquido no centro da garganta, diminuindo a fração de filme aderido às paredes e a interação entre os jatos.

2.1.2.5 Diâmetro da garganta

AZZOPARDI (1993) mostrou a influência do diâmetro da garganta na fração de filme em um lavador circular com injeção na forma de filme para quatro diâmetros diferentes. Quanto menor o diâmetro da garganta, maior era a fração de filme.

2.1.2.6 Distância a partir do ponto de injeção

VISWANATHAN *et al.* (1985) utilizou um lavador retangular na vertical com injeção na forma de jato para medir a fração de filme ao longo da distância do ponto de injeção. Para todas as diferentes vazões de líquido aplicadas, a fração de filme permaneceu constante, mostrando que não houve variação ao longo da distância axial.

AZZOPARDI (1993) fez predições com seu modelo de AZZOPARDI *et al.* (1991) em um lavador Venturi circular. Predições da fração de filme no final do difusor são comparadas com dados de AZZOPARDI e GOVAN (1984), TEIXEIRA *et al.* (1988) e AZZOPARDI *et al.* (1989). Os resultados ficaram dentro dos $\pm 25\%$.

AZZOPARDI (1993) mostrou a previsão da variação axial da fração de filme para um conjunto de venturis parede molhada. O estudo mostrou que para a menor unidade (escala de laboratório) apenas 20% do líquido foi atomizado, principalmente no começo da garganta. Em contraste, o de maior escala (0,2 m de diâmetro de garganta), o arraste foi indicado antes do começo da garganta e apenas uma pequena porção de filme líquido para todo difusor. Os tamanhos intermediários mostraram comportamento entre esses dois extremos. O exame da previsão indicou uma relação entre a queda de pressão e fração arrastada para o conjunto de lavadores utilizados. A queda de pressão diminui monotonicamente com a fração de filme, o que não era de estranhar que uma parte significativa das perdas fosse devido à aceleração/desaceleração gotas.

GONÇALVES *et al.* (2000, 2004) mostraram a evolução da fração de filme em função da distância axial adimensional a partir do ponto de injeção de líquido, para lavadores Venturi de seção circular e retangular, respectivamente. Perto do ponto de injeção a fração de filme era menor, aumentando à medida que se afastava deste. Apesar dos dados terem mostrado claramente que a fração de filme variou com a distância axial, pareceu existir uma região, longe do ponto de injeção, aonde a fração de filme permaneceu aproximadamente constante.

DAHER (2008) mostrou dados experimentais da fração de filme em função da distância axial a partir do plano de injeção do líquido em um lavador retangular posicionado na horizontal. Observou-se que com o aumento do comprimento da garganta, a fração de filme líquido depositado diminuía e depois aumentava, à medida que se afasta do ponto de injeção, não foi observada nenhuma tendência em relação a esse comportamento.

GUERRA (2009) verificou que o aumento da distância entre o ponto de injeção e o ponto de extração do filme líquido não influenciou significativamente a fração de filme depositada.

2.1.2.7 Distribuição de gotas

GUERRA (2009) mostrou que o aumento da velocidade do gás ocasionava melhora do processo de atomização e, conseqüente, formação de pequenas gotas, as quais possuíam menor inércia, fazendo com que ocorresse a diminuição da fração de líquido na forma de filme. Já uma menor velocidade do gás formava gotas grandes, que com maior inércia, tendiam a depositar-se na parede do equipamento, ocasionando maior formação de filme aderido a parede.

2.1.3 Métodos de Extração de Filme

2.1.3.1 Metodologia Utilizada por COSTA (2002)

Em seus estudos COSTA (2002) verificou que o filme não fluía de dentro do lavador para fora porque a pressão interna do equipamento era aproximadamente igual a pressão atmosférica, por isso foi preciso succionar este filme. Este 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 seguia 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, determinava-se a quantidade de líquido coletado.

2.1.3.2 Metodologia Utilizada por GONÇALVES (2000)

Foram utilizados por GONÇALVES (2000) dois métodos de extração e coleta de filme: método da parede porosa e método da fenda. O método da parede porosa consistia na retirada do filme através de uma parede porosa. Uma peça contendo um tubo poroso, um reservatório e uma conexão externa com uma torneira (válvula), que era inserida entre dois blocos do lavador Venturi. Quando a pressão no interior do tubo poroso era maior do que a pressão externa, os fluidos no interior tendiam a escapar através dos poros para o reservatório, e daí para o ambiente exterior através da torneira.

O outro método de extração de filme líquido é denominado de método da fenda e foi inspirado no trabalho de HAY *et al.* (1996).

O método da fenda utiliza uma peça para remoção de líquido. O filme líquido é desviado pela lâmina em direção a fenda, acumula-se em um pequeno reservatório, e escorre para fora do lavador, passando por um canal, uma mangueira e uma torneira. Nos ensaios realizados por GONÇALVES (2000), a pressão interna era positiva o 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 de 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 era extraído. Visualmente, observou-se o filme transbordando pela lâmina, neste caso. Com a torneira muito aberta, muito gás era retirado.

2.1.4 Modelos Propostos para Fração de Filme

2.1.4.1 Modelo de AZZOPARDI e colaboradores

AZZOPARDI e GOVAN (1984) e AZZOPARDI *et al.* (1991) foram os primeiros a propor um modelo para o escoamento do filme em lavadores Venturi. Estes pesquisadores se basearam na teoria do escoamento anular em tubo de seção transversal. A mudança na taxa de escoamento do filme líquido em lavadores Venturi foi obtida por um

balanço de massa entre a taxa de deposição e a taxa de desprendimento de gotas do filme, como apresentado na Equação 2.2:

$$\frac{dW_{LF}}{dz} = \pi D_v (Dep - Ent) \quad (2.2)$$

em que W_{LF} é a vazão mássica do filme líquido (kg/s), Dep é a taxa de deposição de gotas por superfície de parede (kg/s.m²) e D_v é o diâmetro local do lavador Venturi (m).

A taxa de deposição Dep para cada posição axial e a taxa de desprendimento Ent podem ser calculadas pelas Equações 2.3 e 2.4, respectivamente:

$$Dep = k C_d \quad (2.3)$$

$$Ent = k C_E + Ent' \quad (2.4)$$

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 Ent' é uma medida do desprendimento extra que ocorre no início da garganta do Venturi (Equação 2.5), que depende do ângulo da secção convergente e pode ser estimada através das correlações propostas por FERNANDEZ *et al.* (1999).

$$Ent' = A(We - We_{crit}) \quad (2.5)$$

onde A é uma constante da equação, We é número de Weber, que quantifica a razão de desprendimento e We_{crit} é o número crítico de Weber, que é uma correlação que relaciona o número de Weber com os diferentes tamanhos de ângulos da secção convergente.

O modelo de AZZOPARDI *et al.* (1991) foi desenvolvido a partir de estudos experimentais em um lavador Venturi de secção transversal circular, com injeção de líquido na forma de filme. No caso de jatos, basta considerar que a fração atomizado no início da garganta seja igual a 1.

A única limitação que os autores impõem ao seu modelo é que ele seja aplicado aos lavadores de secção transversal circular.

2.1.4.2 Modelo de FATHIKALAJAHI e colaboradores (1995)

Várias investigações teóricas e experimentais da distribuição da concentração de gotas em lavadores atomizados têm sido relatadas na literatura.

Vários autores (TAHERI e SHEIH, 1975; BEG e TAHERI, 1977; VISWANATHAN, 1997 e ANANTHANARAYANAN e VISWANATHAN, 1999) propuseram a inclusão da não uniformidade na distribuição de concentração de 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 (COSTA, 2002).

A maioria dos modelos citados desconsidera que as gotas depositadas, desprendem-se e retornam 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 esses autores, o fluxo de gotas que atinge a parede em uma determinada posição axial pode ser escrito como:

$$Dep = E_d \left. \frac{\partial C_d}{\partial r} \right|_w \quad (2.6)$$

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

Se Rea é a taxa de re-atomização, então a vazão volumétrica do filme (Q_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 2.7.

$$Q_f = \frac{\pi}{6} D_d^3 \left[\int_z \int_x \left(-E_d \frac{\partial C_d}{\partial x} - Rea \right) dx dz + \int_z \int_y \left(-E_d \frac{\partial C_d}{\partial y} - Rea \right) dy dz \right] \quad (2.7)$$

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 pode ser obtido das correlações de LONGWELL e WEISS (1953) ou FATHIKALAJAHI *et al.* (1995).

FATHIKALAJAHI *et al.* (1995) utilizou os mesmos dados experimentais que VISWANATHAN *et al.* (1984) para prever a fração de filme através da Equação 2.7. Os resultados foram comparados com os dados experimentais de VISWANATHAN *et al.* (1984), indicando um alto nível de concordância entre os valores previstos e os experimentais.

2.1.4.3 Modelo de Viswanathan e colaboradores (1997)

O modelo de VISWANATHAN *et al.* (1997) consiste de um ajuste numérico a um conjunto de dados experimentais, obtidos em um lavador Venturi retangular, com injeção na forma de jatos. O filme foi extraído por uma parede porosa localizada após o ponto de injeção de líquido. Os autores propuseram a seguinte correlação para o cálculo da fração de filme, apresentada na Equação 2.8.

$$F_f = 3,92 \times 10^5 \left[(L/G)(MW_g / \rho_g)(R_0/D_0) \right]^{-1,7} (V_{g,th})^{-1,29} \quad (2.8)$$

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.

2.1.4.4 Modelo de Fernandez e Colaboradores (1999)

FERNANDEZ ALONSO *et al.* (1999) com base em seus experimentos a fim de avaliar o modelo de AZZOPARDI *et al.* (1991) observaram que o modelo avaliado superestimava a previsão da fração de desprendimento adicional no início da garganta. Como tem sido identificado, o número de Weber é importante na quantificação da razão de desprendimento e, então, da fração de desprendimento. Este é definido como:

$$W_e = \frac{\rho_g u_{gs} \delta}{\sigma} \quad (2.9)$$

onde, u_{gs} é a velocidade superficial do gás na garganta, ρ_g a densidade do gás, σ a tensão superficial e δ a espessura do filme antes do início da garganta.

Então, FERNANDEZ ALONSO *et al.* (1999) modificaram o modelo de AZZOPARDI *et al.* (1991) para melhorar a estimativa de desprendimento. Com isso, o arraste adicional no início da garganta, descrito pelos presentes autores, é mostrado na Equação (2.5).

Obviamente, a fração de arraste nunca pode ser maior do que um. Então, a equação se descreve como:

$$Ent' = 1 - \left(\frac{We_{crit}}{We} \right)^n \quad (2.10)$$

2.1.4.5 Modelo de GONÇALVES e Colaboradores (2000)

Com base nos experimentos realizados por GONÇALVES *et al.* (2000), descritos no item 2.1.2.1, os presentes autores propuseram uma correlação, apresentada na Equação 2.11, com a finalidade de minimizar as limitações presentes no modelo de VISWANATHAN *et al.* (1997). Esta equação é adimensional, inclui o número de orifícios através do parâmetro $l_{máx}$ e é capaz de prever o ponto mínimo e a curvatura.

$$F_f = 200,5 \left[1,01 \frac{l_{máx}}{D_{eq,th}} - \left(\frac{l_{máx}}{D_{eq,th}} \right)^{1,75} \right]^{-1,66} (Re_{th})^{-0,80} \quad (2.11)$$

$$onde \quad l_{máx} = 1,458 \times 10^{-4} \frac{\rho_l}{\rho_g} \frac{L}{G} \frac{A_{th}}{D_0 n_0} \quad , \quad L/G \text{ em } l/m^3$$

em que $l_{máx}$ é a penetração máxima da linha central do jato (m), $D_{eq,th}$ é o diâmetro equivalente da garganta (m) e A_{th} é a área da garganta (m²).

GONÇALVES *et al.* (2000) compararam as estimativas da nova correlação com todos os dados disponíveis. Novamente, os autores visualizaram que a nova correlação falhava na previsão da fração de filme em pontos próximos ao ponto de injeção, e, portanto, não poderia ser recomendada para esta finalidade. Entretanto, para pontos distantes da injeção, as estimativas da Equação 2.11 eram, no seu conjunto, melhores que as do modelo de VISWANATHAN *et al.* (1997), mas ainda não eram totalmente satisfatórias. GONÇALVES *et al.* (2000) relataram a dificuldade de se propor uma única correlação experimental que

possa prever em todos os casos um fenômeno tão complexo como a vazão de filme líquido em um lavador Venturi.

2.1.4.6 Modelo de GONÇALVES e Colaboradores (2004)

Ao comparar os dados obtidos com os dados do modelo de VISWANATHAN *et al.* (1997), a fim de avaliar a correlação proposta por estes, GONÇALVES *et al.* (2004) mostraram que o modelo de VISWANATHAN *et al.* (1997) falhava mais significativamente para pontos próximos a injeção e para penetrações de jato incomuns (muito baixas ou excessivas). A correlação de VISWANATHAN *et al.* (1997) previa que a fração de filme sempre decrescia com o aumento da razão L/G e GONÇALVES *et al.* (2004) mostraram um outro comportamento.

A partir dos resultados, GONÇALVES *et al.* (2004) propuseram uma nova correlação que atendesse os critérios abaixo:

A fração de filme varia com a distância do ponto de injeção. Para $z=0$, a fração de filme era zero; onde para um grande z , a fração de filme é independente da penetração do jato e determinada apenas por condições de escoamento (número de Reynolds);

Entre os dois extremos da fração de filme é principalmente governado pela função da penetração do jato, sendo alta tanto para baixa como para excessiva penetração.

$$F_f = \left(\frac{\bar{z}}{\bar{z} + 0.653} \right) \left[1 + F(\bar{l}) \exp(-0.0391 \bar{z}) \right] \frac{10000}{\text{Re}_{th}^{0.802}} \quad (2.12)$$

$$F(\bar{l}) = 11.92 (\bar{l}^{1.57} - \bar{l}) + 1 \quad (2.13)$$

onde: \bar{z} é a distância ao longo do Venturi.

$$\bar{z} = \frac{z}{D_{eq,th}} \quad (2.14)$$

e \bar{l} é a penetração do jato sobre a dimensão da garganta

$$\bar{l} = \frac{0.1145 V_j \rho_l D_{or}}{V_g \rho_g (2R_0)} = \frac{l^{**}}{(2R_0)} \quad (2.15)$$

Os dados obtidos nos experimentos dos autores e nos de VISWANATHAN *et al.* (1997) foram usados por GONÇALVES *et al.* (2004) para validar a nova correlação. Os resultados mostraram uma razoável concordância. A nova correlação proposta era satisfatória em muitos pontos em que o modelo de VISWANATHAN *et al.* (1997) não era satisfatório.

3. METODOLOGIA

Dois lavadores Venturi de seção transversal circular em escala de laboratório foram utilizados com a finalidade de obter dados experimentais acerca da fração de filme aderido as paredes do equipamento, variando-se diversas condições.

3.1. Dimensões dos lavadores Venturi circulares

A Figura 3.1 mostra de forma esquemática os lavadores Venturi de seções transversais circulares projetados e fabricados para serem utilizados em experimentos realizados na Universidade Federal de São Carlos, de modo que na Figura 3.1 é mostrado apenas um lavador, pois os dois equipamentos são estruturalmente iguais, diferenciando-se

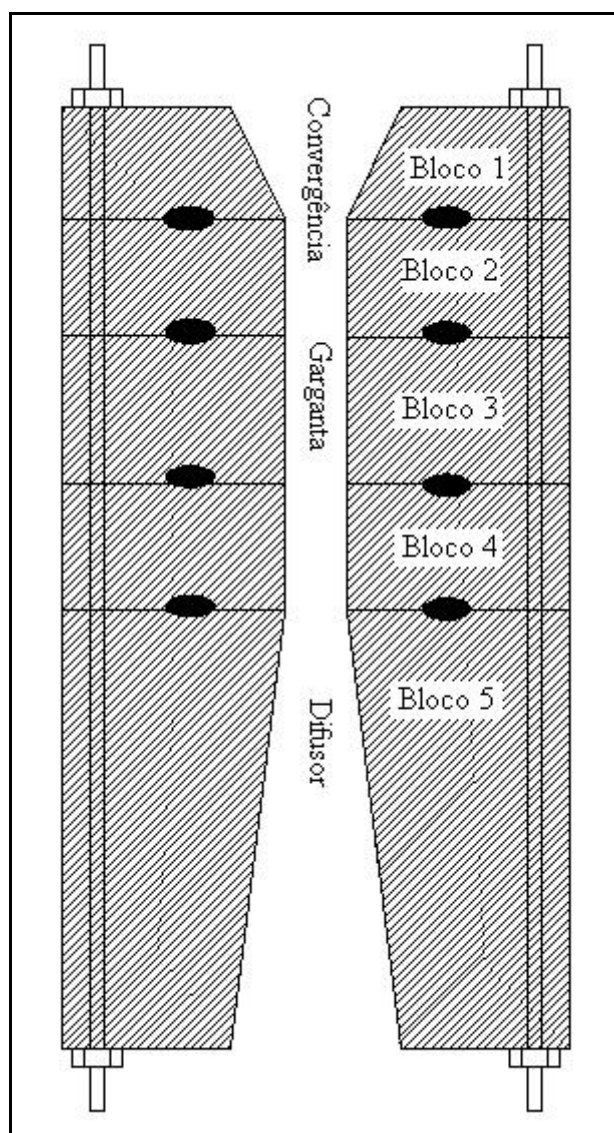


Figura 3.1 – Esquema dos lavadores Venturi de seção transversal circular.

apenas nas dimensões. O lavador Venturi circular de menor dimensão foi projetado com o mesmo diâmetro da garganta do utilizado no trabalho de GONÇALVES 2000. Já maior lavador foi fabricado com dimensões duas vezes maior que o menor lavador, a fim de estudar o comportamento do filme com relação à variação do diâmetro da garganta. No lavador de menor dimensão foram fabricadas duas peças da seção convergente, com a intenção de analisar o filme líquido em função da variação do ângulo de convergência, sendo que a maioria dos autores estudou o meio ângulo de convergência igual a 17° , e este trabalho utilizou meio ângulos de convergência fora dos estudados usualmente. Os equipamentos foram fabricados a partir de um bloco maciço de resina acrílica, cilíndrico, como mostra a Figura 3.2, que posteriormente se subdividiu em 5 blocos, cujos interiores foram usinados de modo a formar os lavadores Venturi quando os blocos eram colocados na ordem adequada.

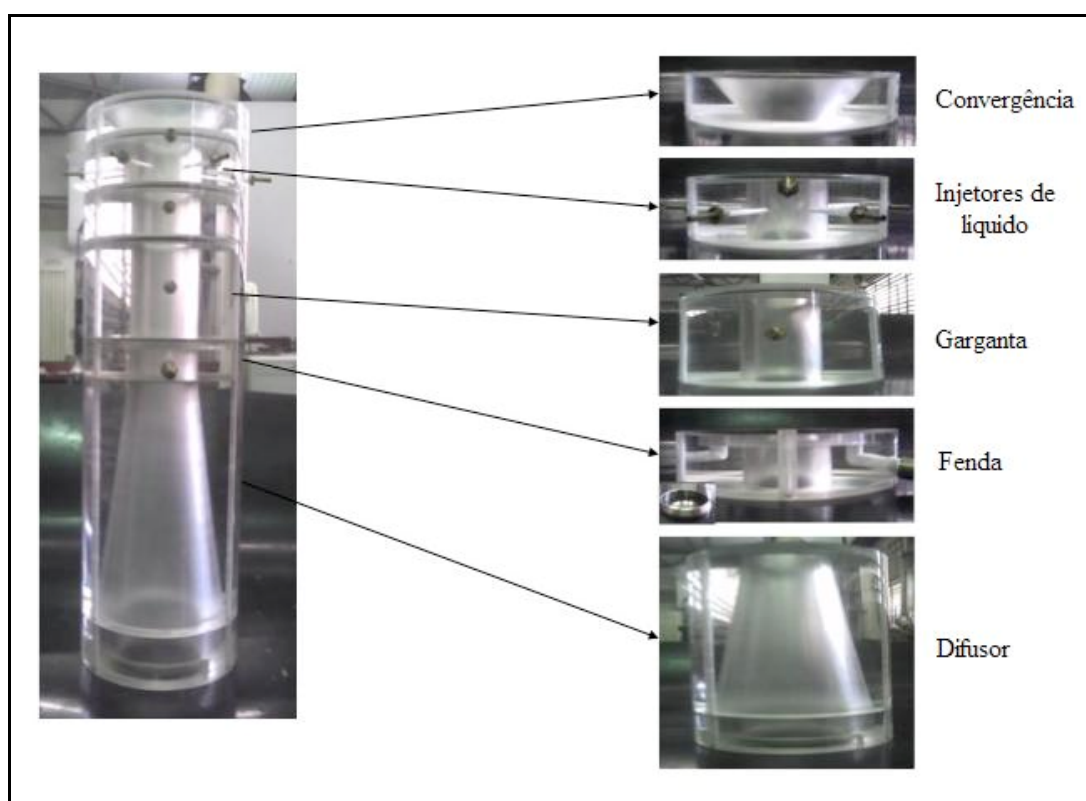


Figura 3.2 – Lavador Venturi e divisão de seções.

Os blocos eram mantidos juntos através de 4 parafusos de metal longos, com porcas em ambas extremidades, que atravessavam todos os blocos. O vazamento entre os blocos era evitado através de um sistema de encaixe especial entre os mesmos, como mostrado na Figura 3.3 aliado ao uso de anéis de borracha, que eram comprimidos quando as porcas eram

apertadas. Os valores das dimensões dos encaixes representados por letras na Figura 3.3 estão na Tabela 3.1.

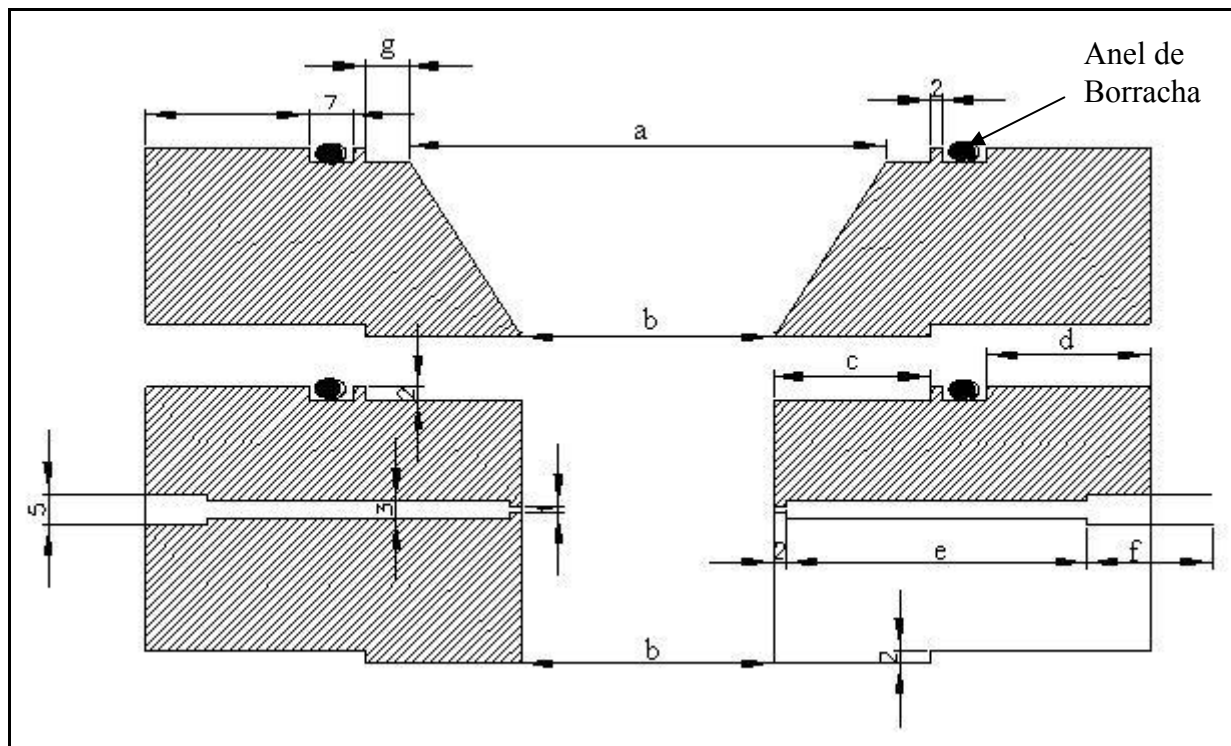


Figura 3.3 – Sistema de encaixe das peças do lavador Venturi. Dimensões em mm.

As dimensões dos lavadores de seção transversal circular são apresentadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Dimensões dos lavadores Venturi de seção transversal circular

| Grandeza | Lavador menor | Lavador maior |
|---|---------------|---------------|
| Diâmetro de entrada e saída (a) | 35 mm | 76 mm |
| Diâmetro da garganta (b) | 20 mm | 40 mm |
| Comprimento da seção convergente | 30 mm e 11 mm | 26 mm |
| Distância do ponto de injeção menor | 7,5 mm | 20 mm |
| Distância do ponto de injeção intermediária | 27,5 mm | 60 mm |
| Distância do ponto de injeção maior | 67,5 mm | 140 mm |
| Comprimento da seção divergente | 86 mm | 206 mm |
| Meio ângulo convergente | 14° e 34° | 34° |
| Meio ângulo divergente | 5° | 5° |
| C | 17 mm | 25 mm |

| | | |
|---|--------|-------|
| D | 14 mm | 16 mm |
| E | 32 mm | 42 mm |
| F | 19 mm | 19 mm |
| G | 9,5 mm | 7 mm |

3.2. Condições experimentais

Para realização das medidas experimentais variaram-se as velocidades de gás na garganta em 50, 70 e 90 m/s. Estas velocidades foram escolhidas por estarem dentro da faixa normalmente utilizada na indústria (45-90 m/s). As velocidades do gás na entrada, como mostra a Tabela 3.2, referem-se as condições de entrada do lavador Venturi de menor dimensão (1,10 atm e 33°C) e de maior dimensão(1,20 atm e 42°C).

Tabela 3.2 – Velocidades do ar utilizadas nos experimentos com os lavadores Venturi circulares.

| Velocidade do ar na garganta, $V_{g,th}$ (m/s) | Velocidade do ar antes da convergência no lavador menor, $V_{g,t}$ (m/s) | Velocidade do ar antes da convergência no lavador maior, $V_{g,t}$ (m/s) |
|---|--|--|
| 50 | 16,3 | 13,9 |
| 70 | 22,9 | 19,4 |
| 90 | 29,4 | 24,9 |

As penetrações máximas de jato (l_{max}) divididas pela distância da parede de injeção até a parede oposta ($2Ro$) utilizadas foram de 0,05 a 0,85, a fim de se obter uma faixa mais ampla do comportamento do filme líquido em função da penetração do jato. Foram variados também a configuração dos orifícios, distância do ponto de injeção e ângulo de convergência.

3.3. Planejamento experimental

A fim de organizar os experimentos foi realizado um planejamento experimental tendo em vista as variáveis utilizadas no processo. Nos lavadores foram variadas as seguintes condições: velocidade do gás na garganta (50 m/s, 70 m/s e 90 m/s), frações de penetração do jato líquido (0,05, 0,15, 0,25, 0,35, 0,45, 0,65 e 0,85), 3 distâncias do ponto de injeção, 3 configurações dos orifícios de injeção e 2 ângulos de convergência, sendo este

último variado apenas no lavador de menor dimensão. Os ensaios foram todos realizados em triplicata. A fórmula do planejamento dos experimentos é dada pela Equação 3.1.

$$n^k = \text{número total de experimentos} \quad (3.1)$$

onde n é a quantidade de níveis e k é o fator de repetição da quantidade de níveis.

Então, o planejamento do lavador Venturi de menor dimensão ficou da seguinte forma: com relação a velocidade do gás na garganta ($n=3$), penetração do jato ($n=7$), distância do ponto de injeção ($n=3$), ângulo de convergência ($n=2$), configuração dos orifícios de injeção ($n=3$) e como os experimentos foram realizados em triplicata, a Equação (3.1) foi multiplicada por 3. Logo:

$$n^k = (3^3 \times 2^1 \times 7^1) \times 3 = 1.134 \text{ experimentos} \quad (3.2)$$

Já no lavador de maior dimensão, a única diferença é que o ângulo de convergência não é variado. Logo:

$$n^k = (3^3 \times 1^1 \times 7^1) \times 3 = 567 \text{ experimentos} \quad (3.3)$$

Obtendo-se um total de 1.701 experimentos. Concluiu-se que era um número grande de experimentos a serem realizados no período desta pesquisa. Então, resolveu-se tornar os experimentos mais objetivos, direcionando-os para o estudo das variáveis que influenciam a fração de filme, reduzindo assim o número de experimentos.

Primeiramente, foram realizados experimentos no lavador de maior dimensão, onde foram utilizadas apenas 2 configurações de orifícios, ao invés de 3, a com 3 e 6 orifícios de injeção em funcionamento. Mais tarde, observou-se que para entender o comportamento com relação a configuração dos orifícios e trajetória do jato foi necessário que os experimentos com a configuração de 1 orifício de injeção em funcionamento fossem realizados, o que foi feito apenas no lavador Venturi de menor dimensão.

No lavador de menor dimensão, no ângulo de convergência de 34° , os experimentos foram realizados em todas as condições experimentais. Já no ângulo de 14° , os ensaios foram realizados apenas em uma distância do ponto de injeção, pois como no outro ângulo haviam sido feitos em todas as distâncias, não seria necessário repetir com outro ângulo.

3.4. Calibração dos rotâmetros

Através das condições experimentais determinadas, como a velocidade do gás, a penetração do jato e a configuração dos orifícios de injeção, foram calculadas as vazões de líquido utilizadas no processo. Para se obter as vazões de líquido experimentais foi utilizado um rearranjo da equação da penetração máxima do jato de VISWANATHAN *et al.* (1983), como mostrada na Equação 3.4. As vazões de líquido calculadas para todas as condições experimentais estão apresentadas da Tabela A2 a Tabela A7.

$$Q_l = \frac{l_{m\acute{a}x} Q_g}{1,458 \times 10^4} \frac{\rho_g}{\rho_l} \frac{D_{or} N_{or}}{A_{th}} \quad (3.4)$$

onde Q_l é a vazão de líquido, $l_{m\acute{a}x}$ é a penetração máxima do jato, ρ_g é a densidade do gás, ρ_l é a densidade do líquido, D_o é o diâmetro dos orifícios de injeção de líquido, N_o é o número de orifícios de injeção de líquido e A_{th} é a área da garganta.

Para controlar a vazão de líquido injetada na garganta do equipamento foram utilizados três rotâmetros, sendo um da marca Key Instruments com capacidade de medir vazões na faixa de 100 a 1.500 mL/min; os outros dois da marca Tecnofluid, um com capacidade de medir vazões na faixa de 20 a 140 L/h e outro com capacidade de medir na faixa de 100 a 700 L/h.

Na calibração dos rotâmetros, a água utilizada era puxada por uma bomba helicoidal e elevada pela mesma até estes últimos. Nestes aparelhos foi obtida a medida de vazão, marcada na escala por um flutuador. Primeiramente, foram feitas medidas nas principais escalas dos rotâmetros, a fim de verificar se a vazão marcada nos rotâmetros era a mesma ao calibrar o equipamento. A medida era realizada por uma mangueira saída diretamente do rotâmetro, onde o líquido era coletado por uma proveta em um determinado instante de tempo. Após esse procedimento, com a leitura do volume coletado na proveta e o tempo de coleta, era verificada a vazão de líquido real dos rotâmetros. Os ensaios foram feitos em triplicada. A calibração dos rotâmetros está apresentada na Tabela A1.

A partir da calibração dos rotâmetros, as vazões de líquido calculadas pela Equação 3.4, para todas as condições experimentais, foram marcadas nos rotâmetros através da interpolação entre as vazões de líquido calculadas e as vazões dos rotâmetros (para localizar no rotâmetro as vazões calculadas), e da interpolação entre as vazões de líquido

calculadas e o papel milimetrado, que tem a função de criar uma nova escala. As interpolações das vazões são mostradas da Tabela A8 a A11.

3.5. Testes preliminares

Foram realizados testes preliminares em um lavador Venturi circular posicionado na vertical, montado no laboratório de Controle Ambiental. O objetivo destes testes foi a familiarização com o princípio de funcionamento dos equipamentos, identificação dos parâmetros experimentais relevantes e determinação de condições experimentais como a pressão ideal para extração do filme e abertura do estrangulador.

3.5.1. Fração de filme em função da pressão na garganta do lavador

É conhecido que para a extração do filme líquido, a pressão interna do equipamento tem que ser maior que a externa. Para determinar qual pressão na garganta seria ideal para a extração do filme foram realizados testes.

No lavador de menor dimensão foram escolhidas a velocidade do gás de 50 m/s na garganta, a vazão de líquido de 25 L/h, que corresponde a uma fração de penetração do jato ($I_{máx}/2R_o$) de 0,15, e a configuração de 6 orifícios de injeção em funcionamento, devido ao jato nesta penetração estar mais próximo da parede do equipamento e ser extraída uma maior quantidade de filme nesta condição, sendo assim, nas outras condições a pressão determinada também serviria para as outras condições estudadas, onde a quantidade de filme coletado das paredes era menor. A pressão na garganta dos lavadores Venturi foi modificada a fim de observar o comportamento do filme perante essa variação.

Ao utilizar esta condição experimental e mantendo-a constante, variou-se a pressão na garganta do equipamento para ser estabelecida superior à pressão atmosférica a fim de gerar uma diferença de pressão que facilitasse a saída do filme líquido.

Conforme a pressão no interior do equipamento aumentava, a fração de filme aderida às paredes coletada aumentava, até um ponto onde a variação de pressão não influenciava mais na variação deste filme, como mostra a Figura 3.4. Então, as condições experimentais foram ajustadas de modo que, antes da injeção de líquido, a pressão na garganta era de 1,05 atm, sendo que no tubo (antes da entrada no lavador) essa pressão era de 1,10 atm.

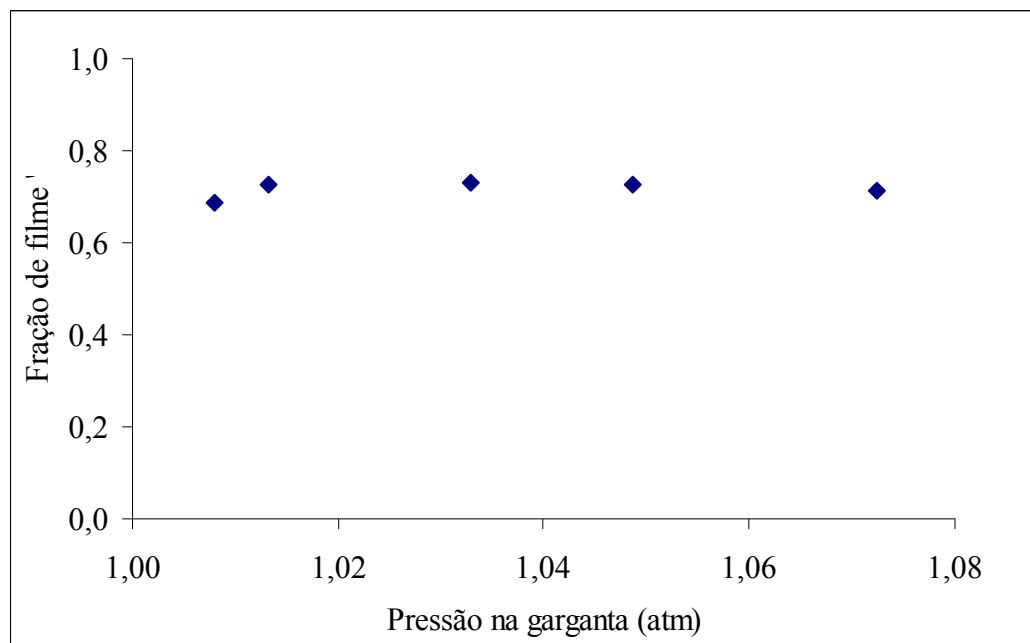


Figura 3.4 - Variação da fração de filme em função da pressão na garganta do lavador Venturi de menor dimensão para velocidade do gás de 50 m/s, fração de penetração máxima do jato de 0,15 e 6 orifícios de injeção de líquido.

No lavador de maior dimensão foram escolhidas a velocidade do gás de 50 m/s na garganta, a vazão de líquido de 17 L/h (que corresponde a uma fração de penetração do jato de 0,05) e a configuração de 6 orifícios de injeção em funcionamento. Então, as condições experimentais foram ajustadas de modo, antes da injeção de líquido, a pressão na garganta era de 1,10 atm, sendo que no tubo (antes da entrada no lavador) essa pressão era de 1,20 atm. A Figura 3.5 mostra o comportamento da fração de filme em função da pressão na garganta para o lavador de maior dimensão.

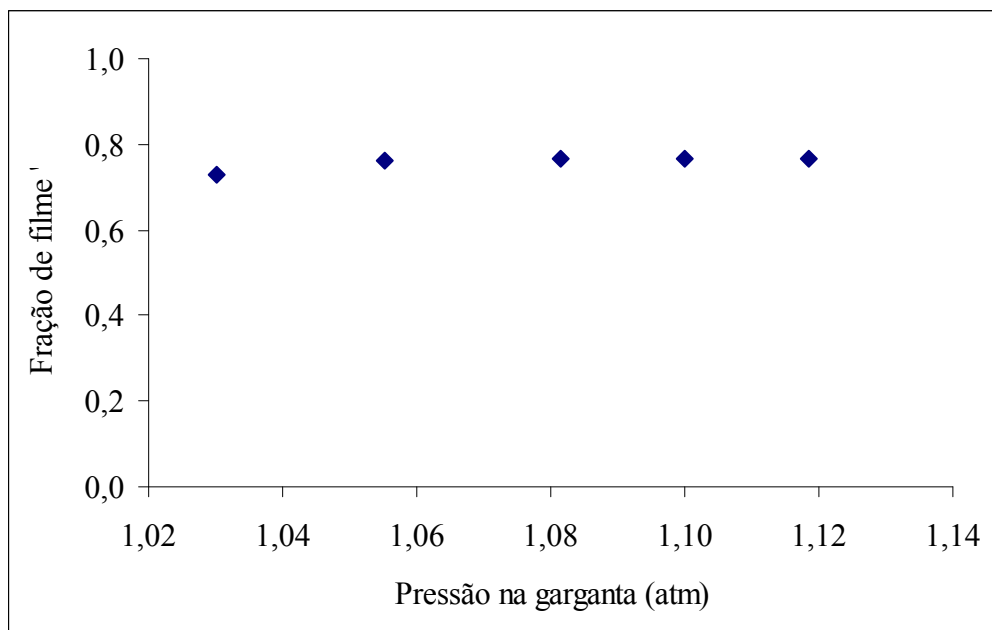


Figura 3.5 - Variação da fração de filme em função da pressão na garganta do lavador Venturi de maior dimensão para velocidade do gás de 50 m/s, fração de fração de penetração máxima do jato de 0,05 e 6 orifícios de injeção de líquido.

3.5.2. Fração de filme em função da abertura do estrangulador

Como nessa extração, além de filme, também há saída de gás, possivelmente carregando gotas, um estrangulador foi utilizado para minimizar essa saída de gás. Para isso, foram realizados testes, variando-se a velocidade, a penetração e a configuração de orifícios, a fim de obter a abertura ideal para a extração do filme líquido em função da fração de filme coletada.

Após determinada a pressão ideal para facilitar a saída do filme do interior do equipamento, foi necessário determinar a abertura do estrangulador localizado na mangueira por onde saía o filme coletado pela lâmina. Para determinar a abertura do estrangulador foram avaliadas várias condições experimentais para observar se havia mudança na abertura de uma condição para outra. Então, mantendo as condições experimentais fixas e variando apenas a abertura do estrangulador, notou-se que quando se aumentava a abertura do estrangulador, a fração de filme aumentava até um ponto onde independente da variação da abertura, a fração de filme permanecia constante, como mostram as Figuras 3.6, 3.7 e 3.8.

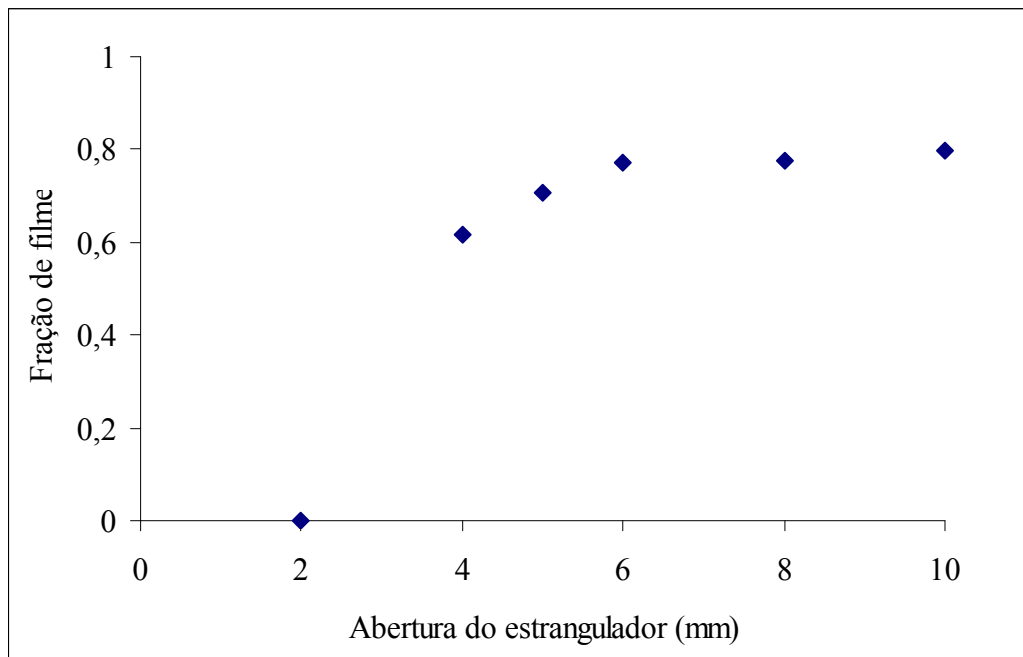


Figura 3.6 - Variação da fração de filme em função da abertura do estrangulador no lavador Venturi de menor dimensão para velocidade do gás de 50 m/s, fração de penetração máxima do jato de 0,05 e 3 orifícios de injeção de líquido em funcionamento.

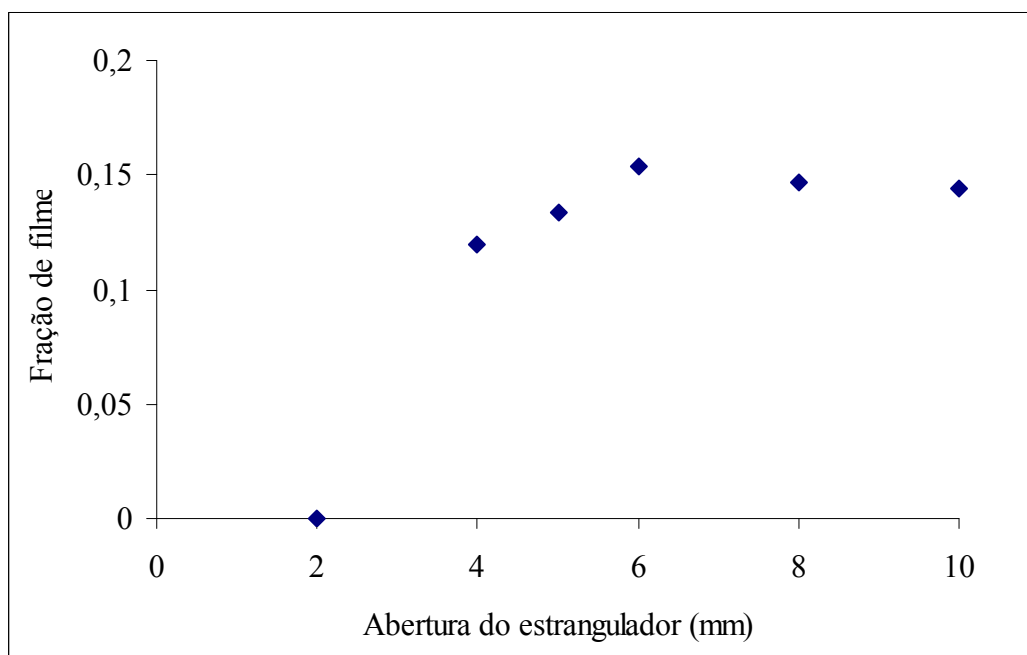


Figura 3.7 - Variação da fração de filme em função da abertura do estrangulador no lavador Venturi de menor dimensão para velocidade do gás de 50 m/s, fração de penetração máxima do jato de 0,85 e 6 orifícios de injeção de líquido em funcionamento.

O estrangulador deve ser aberto 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.

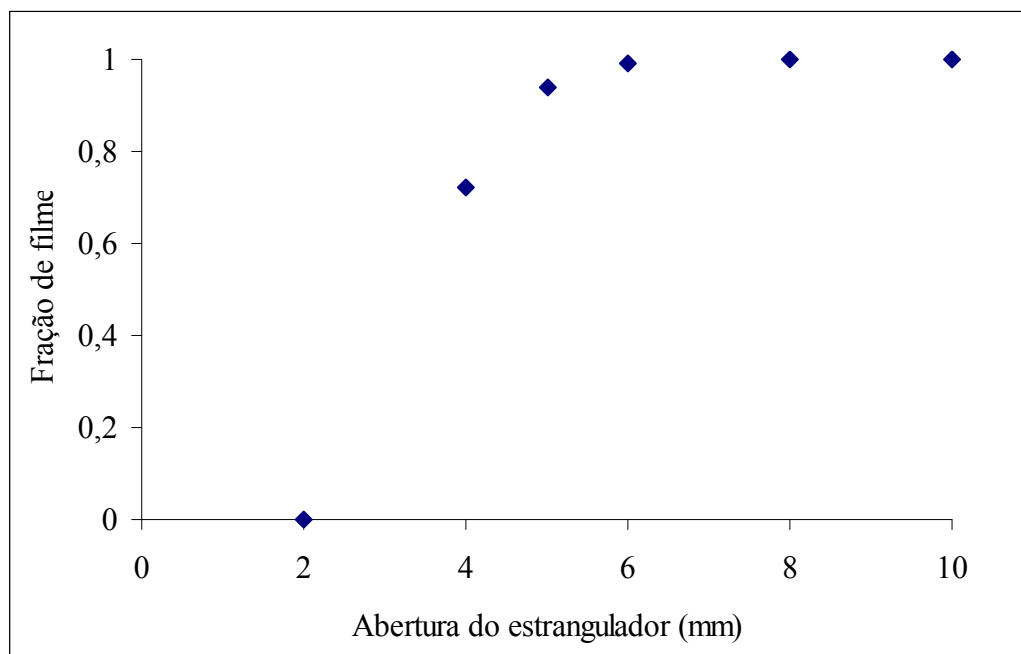


Figura 3.8 - Variação da fração de filme em função da abertura do estrangulador no lavador Venturi de menor dimensão para velocidade do gás de 90 m/s, fração de penetração máxima do jato de 0,05 e 3 orifícios de injeção de líquido em funcionamento.

De acordo com os experimentos realizados, em todas as condições analisadas, a melhor abertura para extração do filme, tanto no menor quanto no maior lavador, foi de 6 mm. Esta abertura permitiu extrair todo o filme com a menor saída de ar, juntamente com gotas. O comportamento do filme líquido em função da abertura do estrangulador para o lavador Venturi de maior dimensão pode ser visto da Figura B1 a B4.

3.6. Circuito experimental

Os lavadores eram posicionados sempre verticalmente, de modo que o gás e o líquido escoavam de cima para baixo. A Figura 3.9 mostra um esquema do circuito utilizado. Os fluidos utilizados em todos os experimentos foram o ar seco e a água. Como não foram realizados ensaios de eficiência de coleta, mas apenas ensaios relativos a hidrodinâmica, não foi injetado pó no equipamento.

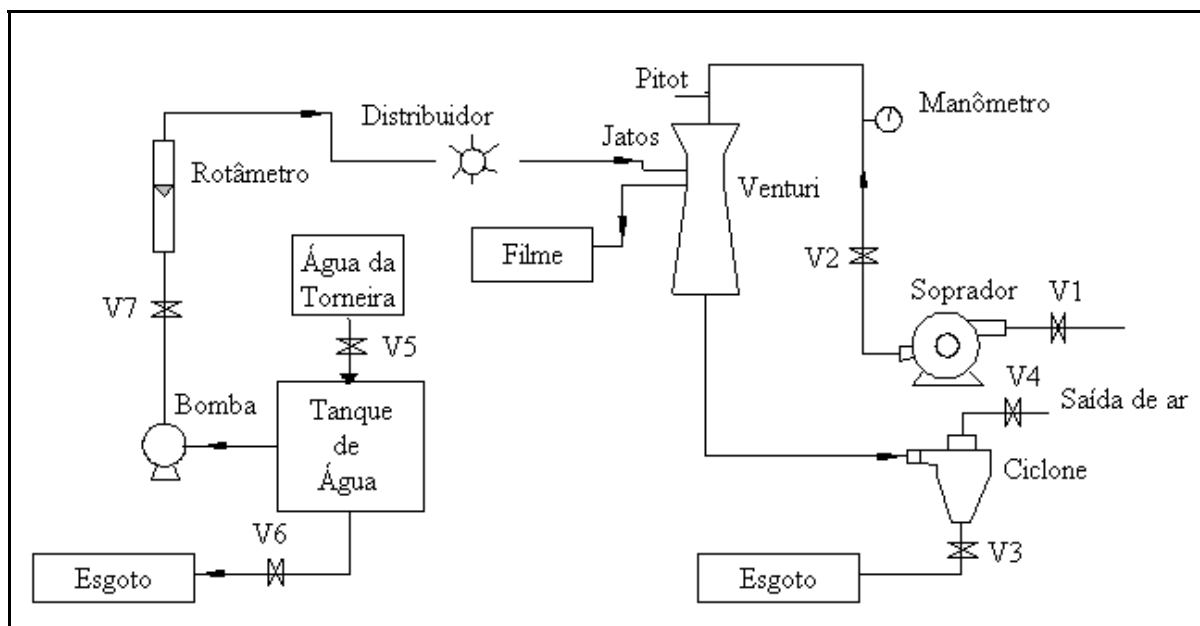


Figura 3.9 – Representação esquemática do circuito para experimentos realizados com os lavadores Venturi.

A vazão de ar era proveniente de dois sopradores, um para cada lavador. Para o menor lavador foi utilizado um soprador da marca Ibram, modelo CR-09 com vazão máxima de $7,5 \text{ m}^3/\text{min}$, já para o maior lavador foi utilizado um soprador da marca Elam, modelo CRE-06 com vazão máxima de $23 \text{ m}^3/\text{min}$. A vazão de ar efetivamente injetada no equipamento era ajustada pelas válvulas V1 e V4 posicionadas na saída do soprador. Em média, entretanto, a pressão e a temperatura do ar, na tubulação, antes da entrada no equipamento, eram, respectivamente, em torno de $1,10 \text{ atm}$ e 33°C (para o lavador de menor dimensão) e de $1,20 \text{ atm}$ e 42°C (para o lavador de maior dimensão). A temperatura do ar na tubulação era superior a temperatura do ar externo porque o ar ganhava temperatura ao circular pelos tubos, tanto por troca de calor quanto por atrito com a tubulação, soprador. Seguindo pela tubulação, a velocidade do ar era medida com um tubo de Pitot de $1/8 - 6$ polegadas de comprimento da marca *Dwyer Instruments* acoplado a um micromanômetro digital da marca KIMO, modelo 200 G e a pressão pelo manômetro de Bourdon da *Wärme*, modelo 1.WS.1420 com escala de 0 a 4 atm, onde essas medidas eram realizadas longe de quaisquer obstáculos como curvas ou válvulas.

A pressão no início da garganta era medida por um manômetro digital MD 200 D, que media $1,05 \text{ atm}$ para o menor lavador e $1,10 \text{ atm}$ para o maior lavador, e ajustada pelas válvulas V1 e V4.

Após o ajuste da velocidade do ar e da pressão na garganta, o líquido era injetado na garganta do equipamento. Para injeção foram utilizadas duas bombas helicoidais,

onde uma tinha potência de 0,5 CV e outra de 1 CV. A água utilizada provinha da torneira e era mantida em um tanque e a vazão total de injeção era medida através de três rotâmetros, que poderiam ser trocados de acordo com a vazão de líquido utilizada. Após a passagem da água pelos rotâmetros, o líquido era conduzido até uma peça de distribuição, que através de mangueiras flexíveis, era destinado até a peça de injeção. O módulo de injeção de líquido possuía seis orifícios de 1 mm de diâmetro localizados a 12 mm (para o lavador menor) e 20 mm (para o lavador maior) após o final da seção convergente e igualmente espaçados em volta da circunferência, como mostra a Figura 3.10.

Quando se desejava diminuir o número de orifícios em funcionamento eram colocados estranguladores para obstruir a entrada de líquido pelos orifícios que não estavam em funcionamento. As configurações de injeção eram de 3 ou 6 orifícios em funcionamento no lavador de maior dimensão e 1, 3 ou 6 orifícios em funcionamento no lavador de menor dimensão. Essa diferença entre os dois lavadores foi com objetivo de reduzir o número de experimentos, como mostrado no item 3.3. Mais tarde, foi preciso realizar os experimentos nas 3 configurações, a fim de analisar um comportamento diferente entre as configurações, que ocorria mesmo com as penetrações de jato iguais, por isso no lavador de menor dimensão foram realizados ensaios nas 3 configurações e não em apenas 2 como no lavador de maior dimensão.

No final da garganta, havia uma peça especial por onde o filme aderido à parede do equipamento era extraído. O líquido, que estava na forma de gotas, era arrastado pelo gás até o final do equipamento, sendo conduzido para um ciclone, acoplado na saída do lavador, que possibilitava a separação do líquido do gás. Deste modo, após a operação de separação do ar e da água efetuada no ciclone comum, a água era descartada, devido ao ciclone está enferrujado, mas a água de coleta do filme era reaproveitada, voltando para o tanque. Assim, a água era utilizada durante todo dia. A temperatura da água era aproximadamente 25°C.

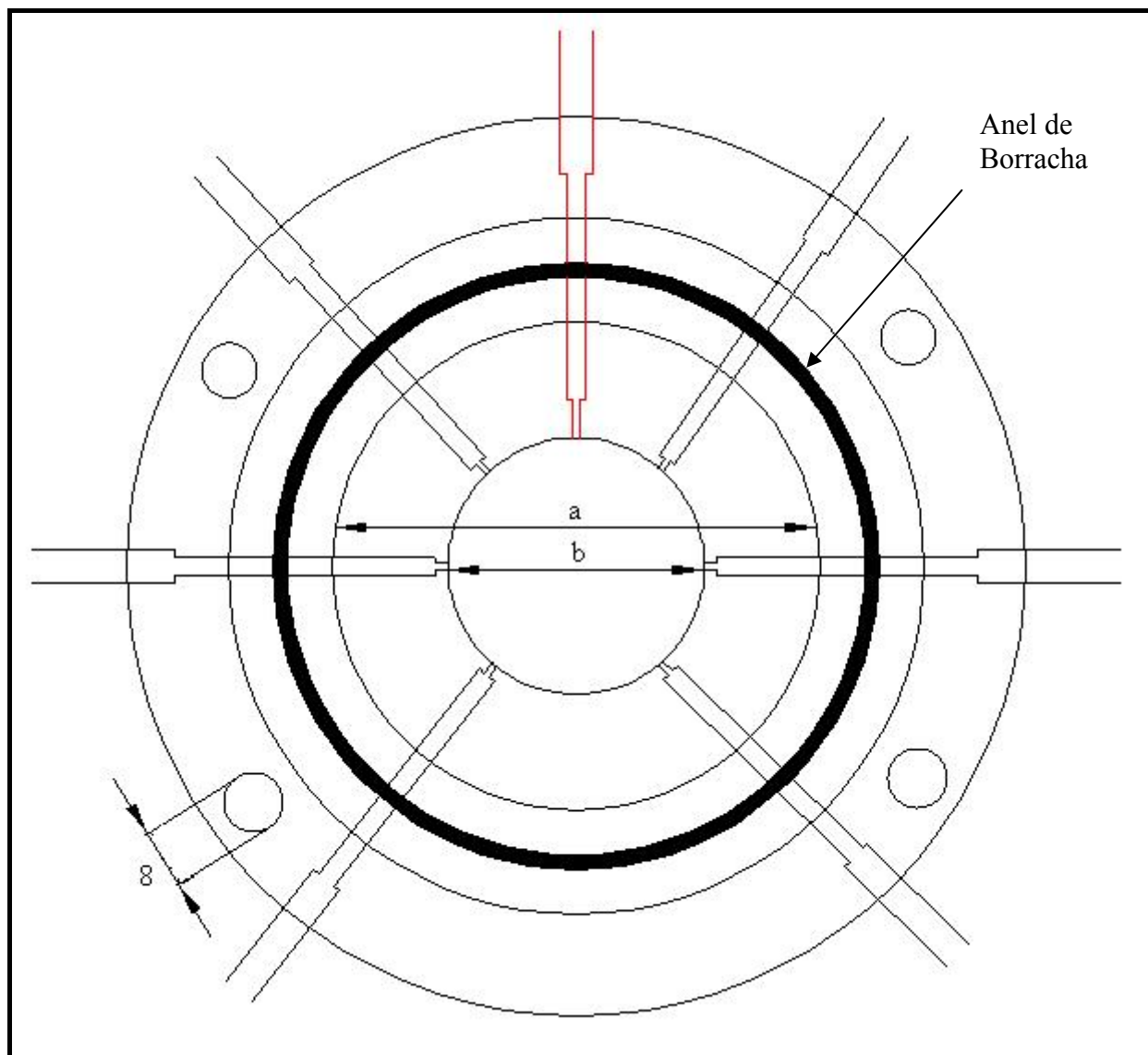


Figura 3.10 – Vista de cima da peça de injeção de líquido do lavador. Dimensões em mm.

No decorrer da realização dos experimentos, observou-se que ao injetar líquido na garganta, a velocidade do gás diminuía. No lavador de maior dimensão, a velocidade e pressão na garganta eram corrigidas nas válvulas V1 e V4 após a injeção de líquido. Já no lavador de menor dimensão, não foi possível fazer o mesmo que o lavador maior, pois não era possível este ajuste com as válvulas. Então, a fração de penetração do jato era corrigida para cada condição experimental pela Equação 3.4. Em alguns casos, a penetração máxima do jato ultrapassou o intervalo determinado inicialmente (0,05 a 0,85). A redução da velocidade ocorreu devido a quanto mais líquido era injetado na garganta, a área da seção transversal desta era reduzida, como mostra a Equação 3.5, a vazão de gás era proporcional à área. Se a área da passagem do gás era minimizada, a vazão de gás também diminuía.

$$Q_g = V_g A \quad (3.5)$$

onde Q_g é a vazão de gás, V_g a velocidade do gás e A a área de seção transversal da garganta.

A Figura 3.11 mostra a trajetória do jato líquido de acordo com a fração de penetração do jato utilizada. Outro fenômeno observado durante os experimentos, é que para as frações de penetração excessiva, onde o jato ultrapassa a metade da distância de uma parede de injeção a parede oposta, como mostra a Figura 3.11.c, nas configurações de 3 e 6 orifícios de injeção em funcionamento, a penetração excessiva não ultrapassava esta distância.

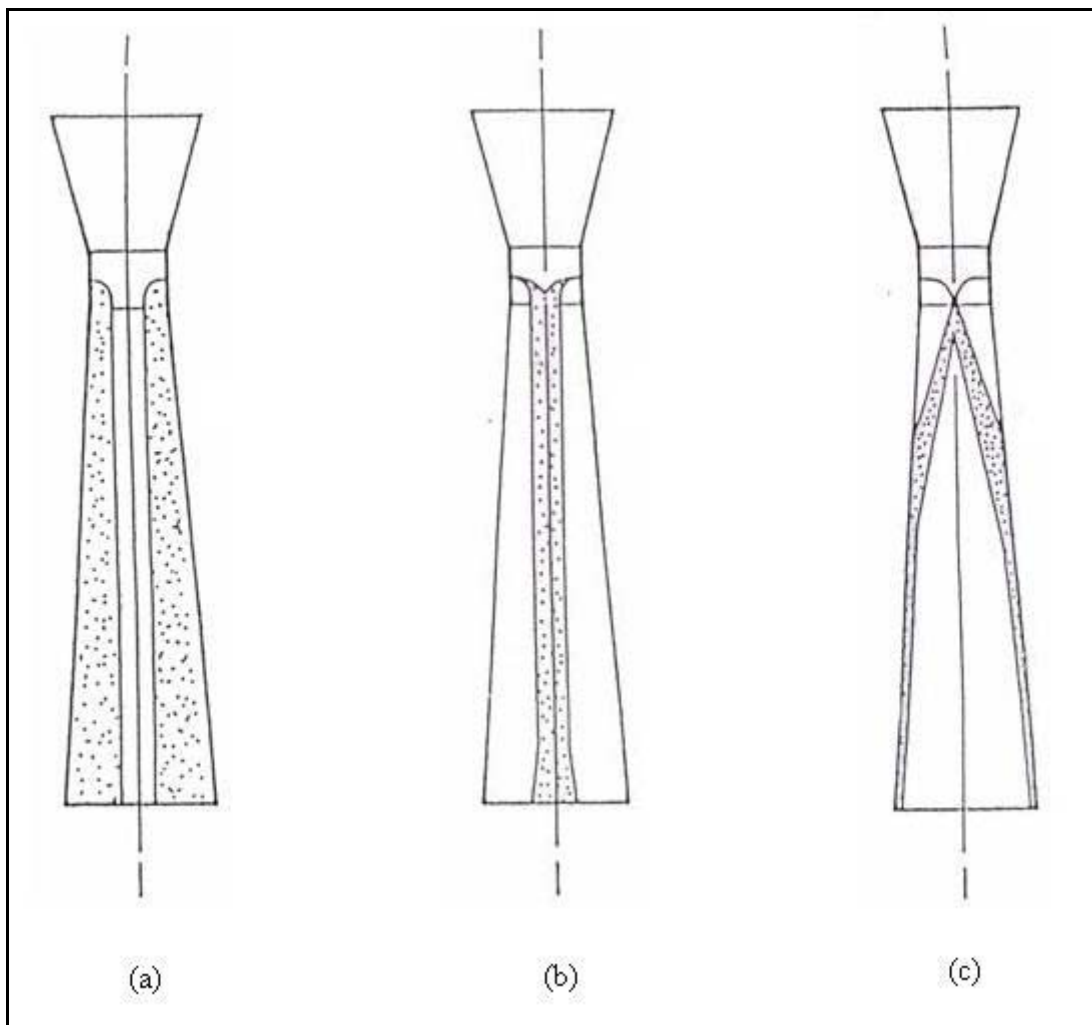


Figura 3.11 – Trajetória dos jatos de acordo com as frações de penetração do jato. (a) $l_{m\acute{a}x}/2R_0=0,05$ a $0,25$; (b) $l_{m\acute{a}x}/2R_0=0,35$ a $0,45$; (c) $l_{m\acute{a}x}/2R_0=0,65$ a $0,85$ (modificado de Guntheroth, 1966).

Como nestas configurações de injeção há mais líquido no interior da garganta, este líquido reduzia a área disponível para a passagem do ar e como o gás forçava para passar entre o líquido, ele passava entre os espaços dos orifícios de injeção, próximo a parede,

empurrando o jato líquido para o centro do escoamento, impedindo que o jato se aproximasse da parede. Assim, há menor formação de filme líquido na parede. Diferentemente, do que ocorreu com a configuração de 1 orifício de injeção, que sua penetração excessiva direcionasse a parede oposta, pois há um maior espaço disponível para a passagem do gás, sem alterar a trajetória do jato.

3.7 Fração de líquido escoando na forma de filme

A fração de líquido escoando na forma de filme é um importante parâmetro que afeta o desempenho de lavadores Venturi. Por este motivo, foram realizados diversos ensaios com o objetivo de medir experimentalmente esta fração.

A fração do líquido escoando na forma de filme foi medida experimentalmente nos lavadores Venturi de seção circular posicionados na vertical utilizando o método da fenda. Esta metodologia foi inspirada no trabalho de HAY *et al.* (1996) e foi utilizada satisfatoriamente por GONÇALVES (2000) para extração do filme líquido.

A análise da fração de filme foi realizada mediante a retirada do filme das paredes do equipamento e posteriormente efetuou-se a pesagem. Na Figura 3.12, a retirada do filme foi feita através de uma seção de teste especial, contendo uma fenda por onde o líquido na forma de filme escoava. Uma lâmina de aço inox que penetra 1 mm na seção de testes, ajudou a direcionar o filme para a fenda. Devido a uma diferença de pressão, o filme foi carregado através da fenda para fora do equipamento. Os ensaios foram realizados em triplicata, onde cada replica era feita em dias diferentes a fim de evitar erros experimentais e influências climáticas. O tratamento dos dados experimentais adquiridos está apresentado nas Tabelas B1 a C9.

Neste método, certa quantidade de ar, carrega consigo algumas gotas que inevitavelmente escapam pela fenda. Para controlar o processo de extração foi utilizado um estrangulador nas mangueiras de saída do filme. As características e dimensões dos estranguladores podem ser vistas na Figura 3.13. Os estranguladores foram colocados em uma posição, de modo a minimizar a quantidade de ar extraído, e ao mesmo tempo garantir a extração de todo o filme.

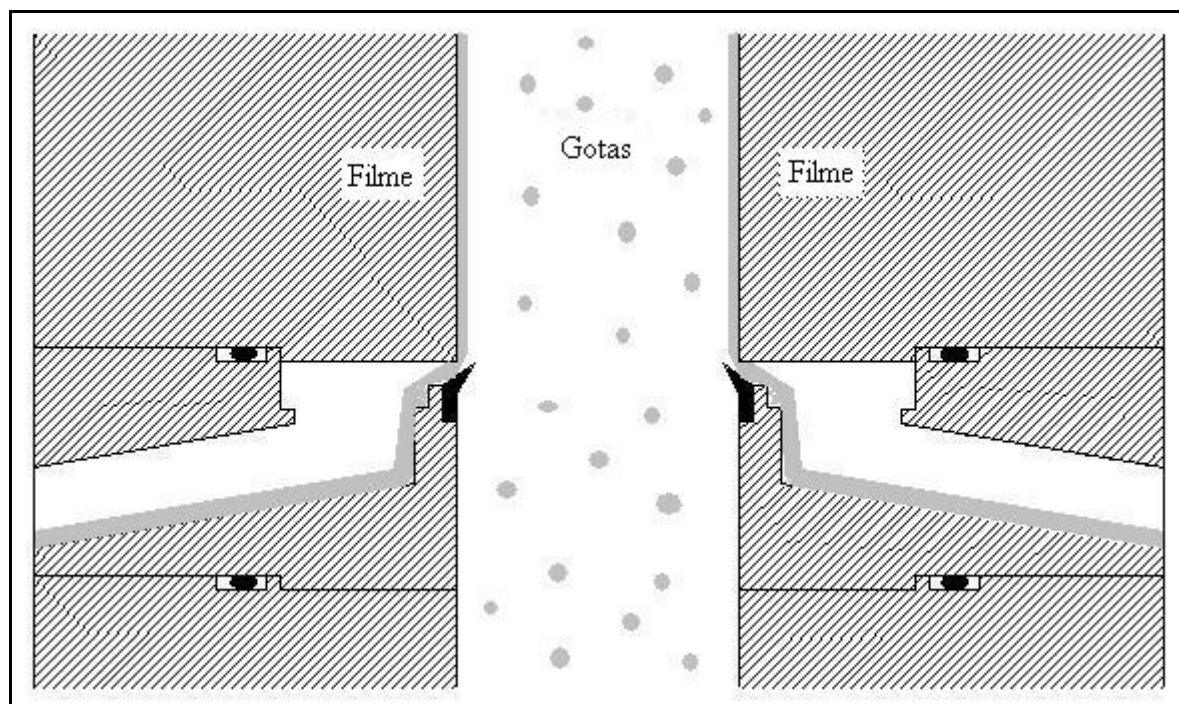


Figura 3.12 - Extração do filme pelo método da fenda.

A seção de testes para a remoção de filme foi posicionada em três distâncias a partir do ponto de injeção, mostrados na Tabela 3.1, permitindo medir a fração de filme em vários pontos ao longo do eixo do equipamento.

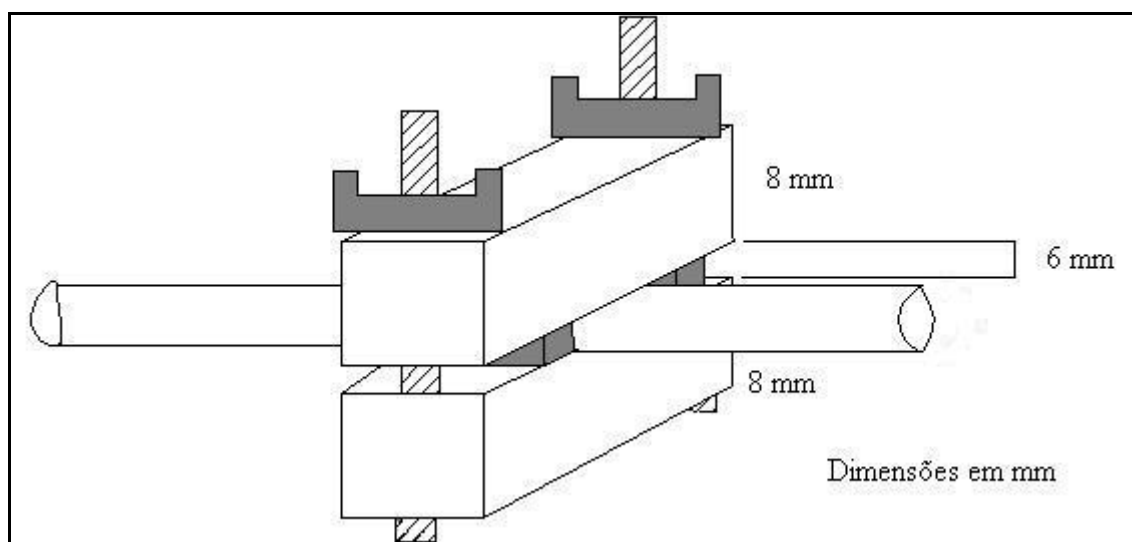


Figura 3.13 - Estrangulador.

A fração de filme foi calculada através da Equação 3.6:

$$Ff = \frac{Q_v}{Q_l} \quad (3.6)$$

onde:

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

Q_v é a vazão volumétrica calculada através da Equação (3.7)

$$Q_v (l/min) = \frac{M}{\rho_l} \quad (3.7)$$

M é a massa em gramas do líquido coletada da parede do equipamento, obtida através da Equação 3.8 e ρ_l é a densidade do líquido ($\rho_l = 997$ g/l), que é a densidade da água a 25°C, medindo a temperatura da água no tanque.

$$M(g) = Rc - Rv \quad (3.8)$$

onde:

Rc é o recipiente de coleta do líquido cheio e Rv é o recipiente de coleta de líquido vazio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo mostra os resultados experimentais do comportamento da fração de filme em função da fração de penetração do jato, da velocidade do gás, da distância do ponto de injeção, do diâmetro da garganta, do ângulo de convergência e da configuração dos orifícios de injeção.

4.1 Comportamento do filme líquido no lavador Venturi circular de maior dimensão em função das variáveis

4.1.1 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da penetração do jato para todas as configurações de orifícios de injeção e ângulo de convergência de 34°

A penetração do jato é um parâmetro importante na distribuição de líquido dentro do lavador. Dependendo da penetração, as gotas recém formadas estão inicialmente concentradas mais distantes ou mais perto da parede, e isso influencia a fração de filme. As Figuras 4.1 e 4.2 mostram a penetração do jato adimensionalizada ($l_{máx}/2Ro$) em função da fração de filme total depositada na parede. A penetração do jato foi calculada através da Equação 3.4.

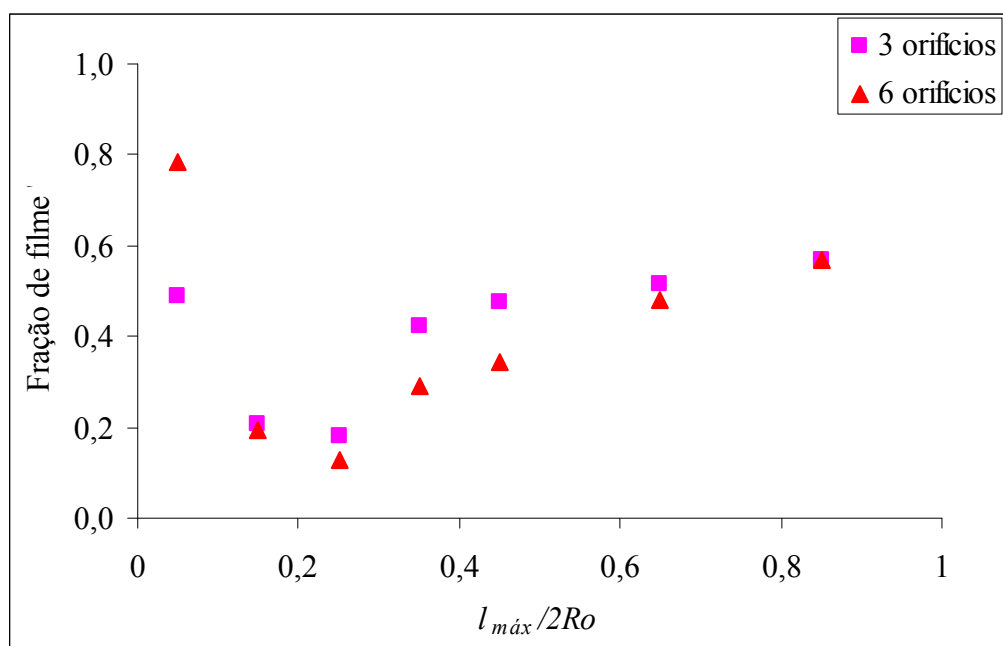


Figura 4.1 - Variação da fração de filme em função da penetração do jato para velocidade do gás de 50 m/s e $Z=140$ mm.

Nas Figuras 4.1 e 4.2, pode-se observar que independente da configuração de orifícios de injeção de líquido, as curvas apresentaram comportamentos semelhantes, com um ponto de mínima formação de filme em $l_{m\acute{a}x}/2Ro$ aproximadamente igual a 0,25.

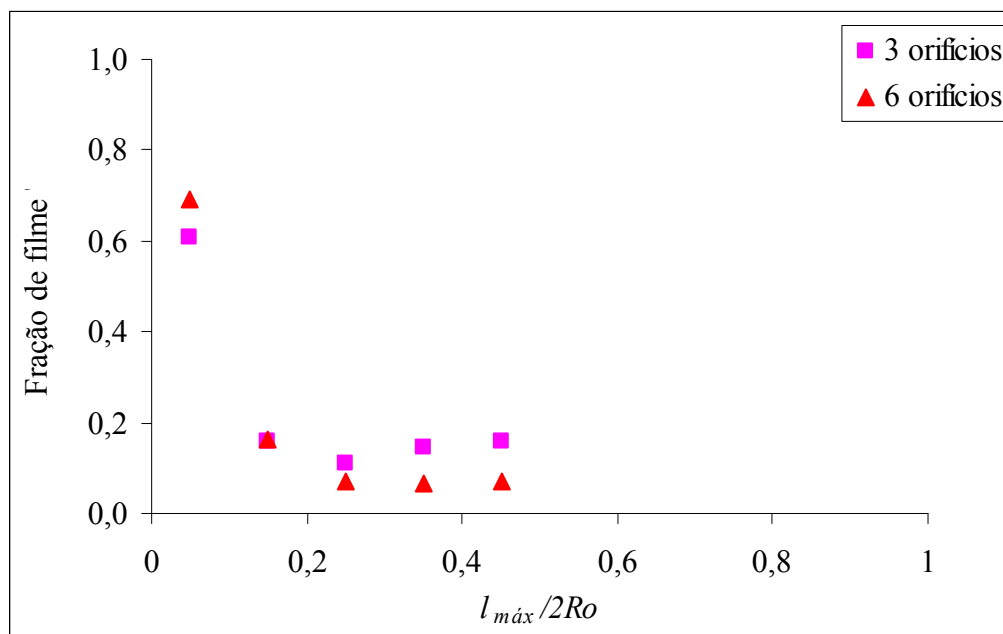


Figura 4.2 - Variação da fração de filme em função da penetração do jato para velocidade do gás de 90 m/s $Z=140$ mm.

Ainda pode ser verificado que a velocidade do gás influenciou no comportamento da fração de filme. Conforme mostrado nas Figuras 4.1 e 4.2, o aumento da velocidade do gás ocasionou a diminuição da fração de filme, pois quanto maior a velocidade do gás, maior será seu efeito na trajetória do jato. Desse modo, há uma maior formação de pequenas gotas, que possuem menor inércia, sendo elas levadas pelo fluxo gasoso com mais facilidade, evitando, assim, sua deposição nas paredes e, assim, diminuindo a fração de líquido na forma de filme. O comportamento da fração de filme em outras condições experimentais pode ser observado da Figura D1 a D7.

4.1.2 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da razão L/G para $V_g = 50, 70$ e 90 m/s, $Z = 140$ mm, 3 e 6 orifícios de injeção em funcionamento e ângulo de convergência de 34°

A Figura 4.3 mostra o comportamento da fração de filme em função da razão L/G para as três velocidades estudadas. Observou-se que independente da velocidade

utilizada, a fração de filme apresentou o mesmo comportamento. Onde a partir de um ponto, a fração de filme volta a crescer.

Nas velocidades de 70 m/s e 90 m/s, o comportamento da fração de filme só foi obtido até aproximadamente a razão L/G igual a $0,4 \text{ l/m}^3$, pois não foi possível aumentar a injeção de líquido na garganta sem haver deformação das mangueiras de injeção, o que comprometia a validade dos ensaios.

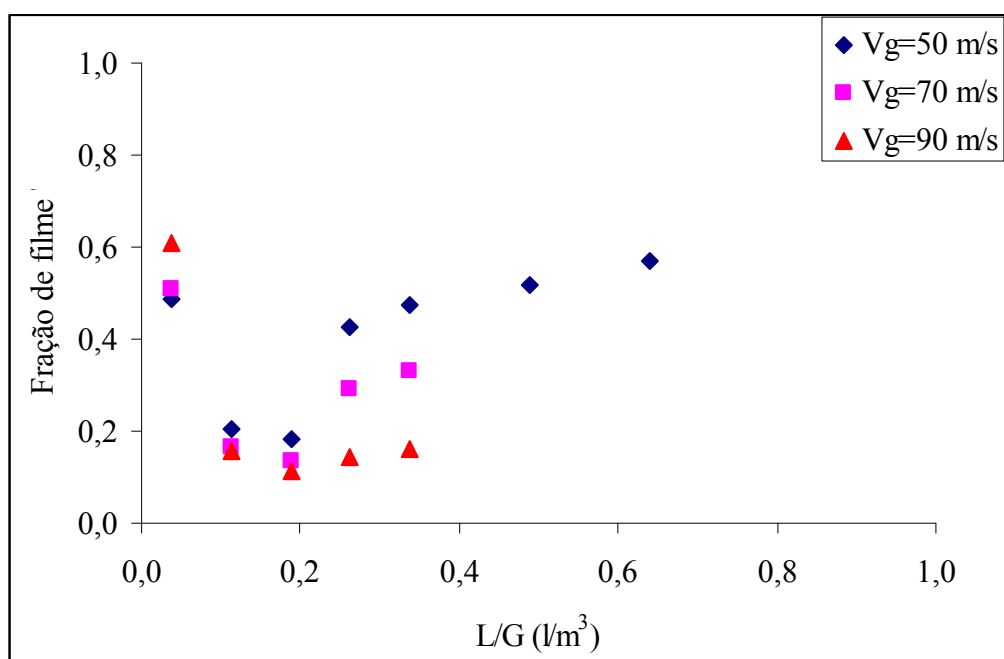


Figura 4.3 - Variação da fração de filme em função da razão L/G para lavador de maior dimensão com 3 orifícios em funcionamento e $Z=140\text{mm}$.

Já na Figura 4.4, para as menores velocidades do gás, a fração de filme decresceu com o aumento da razão L/G até um ponto (aproximadamente $0,4 \text{ L/m}^3$) que a fração de filme voltava a crescer.

Na maior velocidade do gás, a fração de filme foi sempre decrescente. No trabalho de GONÇALVES *et al.* 2000 foi encontrado o mesmo comportamento da fração de filme para a menor velocidade, porém não foi possível, pelos autores, determinar o comportamento da fração de filme nas outras velocidades do gás.

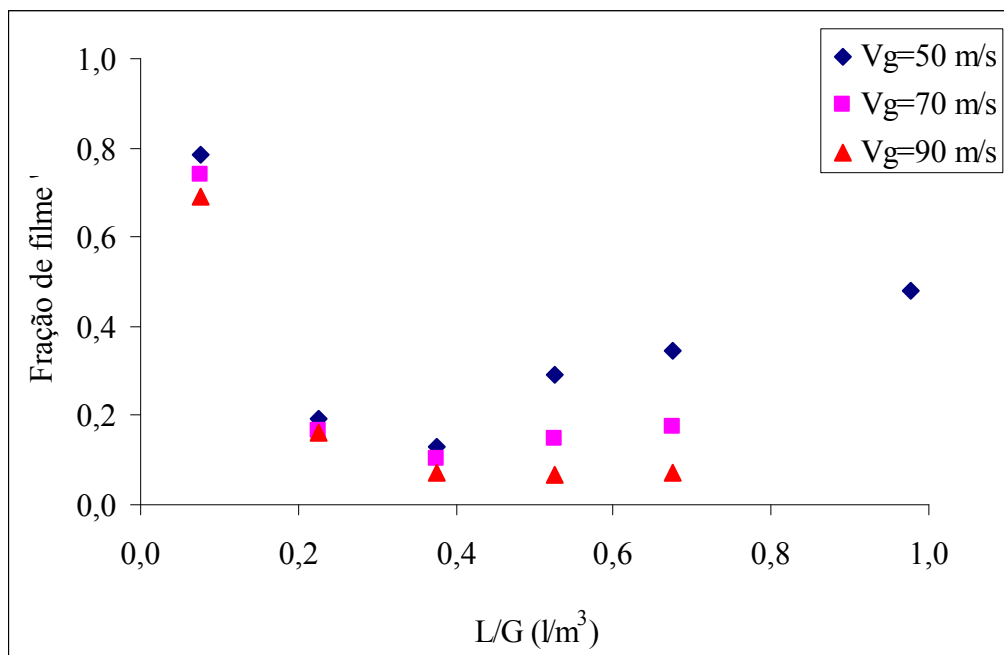


Figura 4.4 - Variação da fração de filme em função da razão L/G para lavador de maior dimensão com 6 orifícios em funcionamento e $Z=140\text{mm}$.

4.1.3 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da velocidade do gás para três penetrações, 6 orifícios de injeção em funcionamento e ângulo de convergência de 34°

De acordo com os resultados, a velocidade do gás influenciou no comportamento da fração de filme, como mostra a Figura 4.5, a qual apresenta a variação da fração de filme com a velocidade do gás na garganta do lavador Venturi para diferentes frações de penetração do jato ($l_{\text{máx}}/2Ro$).

Para a fração de penetração igual a 0,05; ou seja, menor penetração de jato, a fração de filme aumentou à medida que a velocidade do gás aumentou, pois, como a penetração era baixa, a maior velocidade empurrou o líquido para parede, fazendo com que haja uma maior quantidade de filme nas paredes, quando comparado a menor velocidade de gás.

Para a fração de penetração do jato intermediária, igual a 0,25; a fração de filme diminuiu levemente com o incremento da velocidade do gás. Tal comportamento pode ser atribuído ao fato de que nessa penetração, os jatos estavam localizados nas proximidades do centro da garganta do lavador. Neste caso, o aumento da velocidade do gás contribuiu de forma menos acentuada na deposição de líquido nas paredes do equipamento.

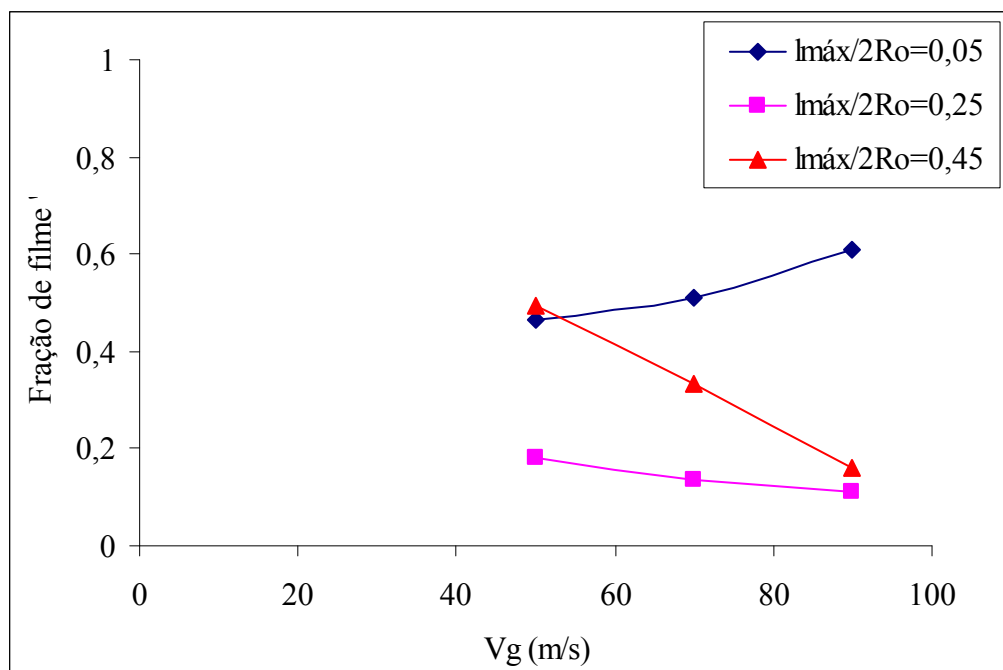


Figura 4.5 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para as 3 frações de penetrações do jato $Z=140$ mm.

Já para a maior fração de penetração (0,45), a fração de filme diminuiu bruscamente com o aumento da velocidade do gás, observando-se que nesta penetração o aumento da velocidade do gás influenciou significativamente na fração de filme, pois à medida que a velocidade do gás aumentava, ocorria um maior desprendimento de pequenas gotas do jato, durante o processo de atomização, ocasionado pelo aumento das forças cisalhantes. Segundo Guerra *et al.* (2009), as gotas de menor tamanho possuem menor inércia, desta forma, essas gotas possuem maior tendência a seguir o escoamento do gás, do que se depositarem nas paredes do lavador.

4.1.4 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da distância do ponto de injeção para 3 orifícios de injeção em funcionamento e ângulo de convergência de 34°

As Figuras 4.6, 4.7 e 4.8 mostram o comportamento da fração de filme com a distância do ponto de injeção do líquido. Como pode ser visto na Figura 4.6, para a menor fração de penetração do jato de 0,05; a fração de filme aumentou à medida que se afastou do ponto de injeção, até aproximadamente $Z/2R_o$ igual a 1,5. Tal comportamento sugere o favorecimento de deposição das gotas nas paredes do equipamento. Depois do ponto $Z/2R_o$ igual a 1,5; a fração de filme começou a diminuir, sugerindo a ocorrência de reatomização do

líquido, que seria o desprendimento de gotas providas do filme já depositado. Tal comportamento sugere que para baixas penetrações, existiria um equilíbrio entre a deposição e o desprendimento de gotas. Verificou-se que a diminuição da fração de filme após o ponto Z/R_o igual a 1,5 foi mais acentuada para as menores velocidades do gás. Neste caso, a reatomização foi favorecida nas condições de menores velocidades do gás.

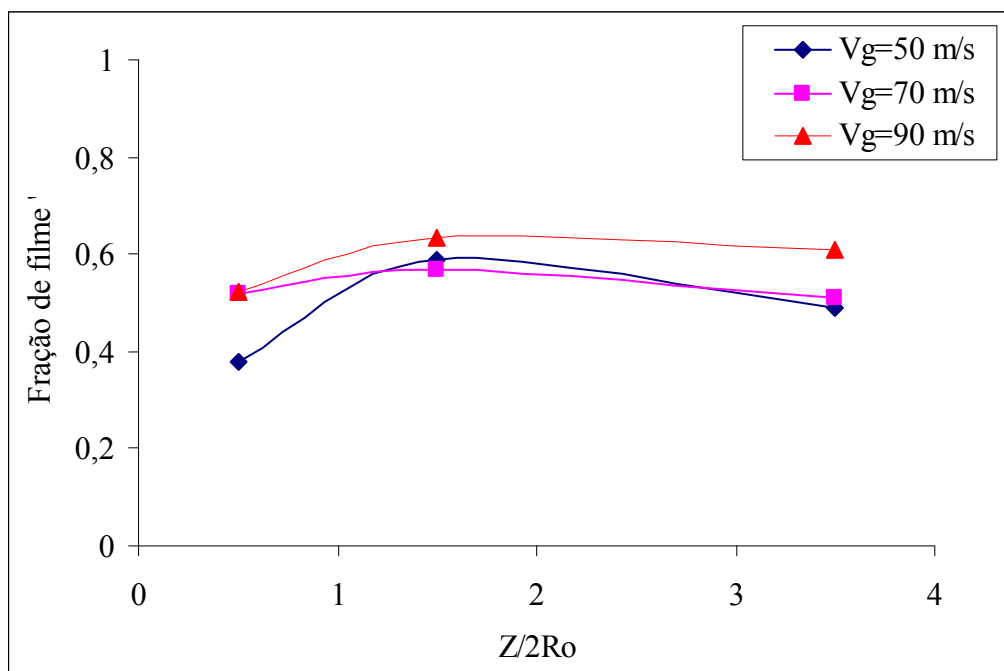


Figura 4.6 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção para as três velocidades e fração de penetração de jato de 0,05.

Como pode ser observado na Figura 4.7, para a fração de penetração de 0,25, a fração de filme foi praticamente constante próximo ao ponto de injeção, até o ponto $Z/2R_o$ igual a 1,5; após este ponto pode ter ocorrido a deposição do líquido. Este comportamento ocorreu independentemente das velocidades do gás aplicadas, pois a penetração do jato de 0,25 estava localizada no centro do escoamento e a deposição de gotas possuía menor influência da variação da velocidade do gás. Nessa condição de operação, as gotas estariam na linha central do lavador e fluindo em posições mais distantes da parede do equipamento.

Para penetração de 0,45, a fração de filme apresentou comportamento crescente desde o ponto de injeção, sendo mais acentuado para a menor velocidade de gás, como pode ser visto na Figura 4.8. Altas velocidades do gás favorecem a geração de pequenas gotas, as quais possuem menor inércia. Já as menores velocidades do gás favorecem a geração de gotas maiores, com maior inércia, e maior tendência a se depositar nas paredes do equipamento

(Guerra *et al.*, 2009). Tal deposição seria mais acentuada para os casos de penetrações maiores, devido à maior proximidade de gotas com as paredes opostas à injeção.

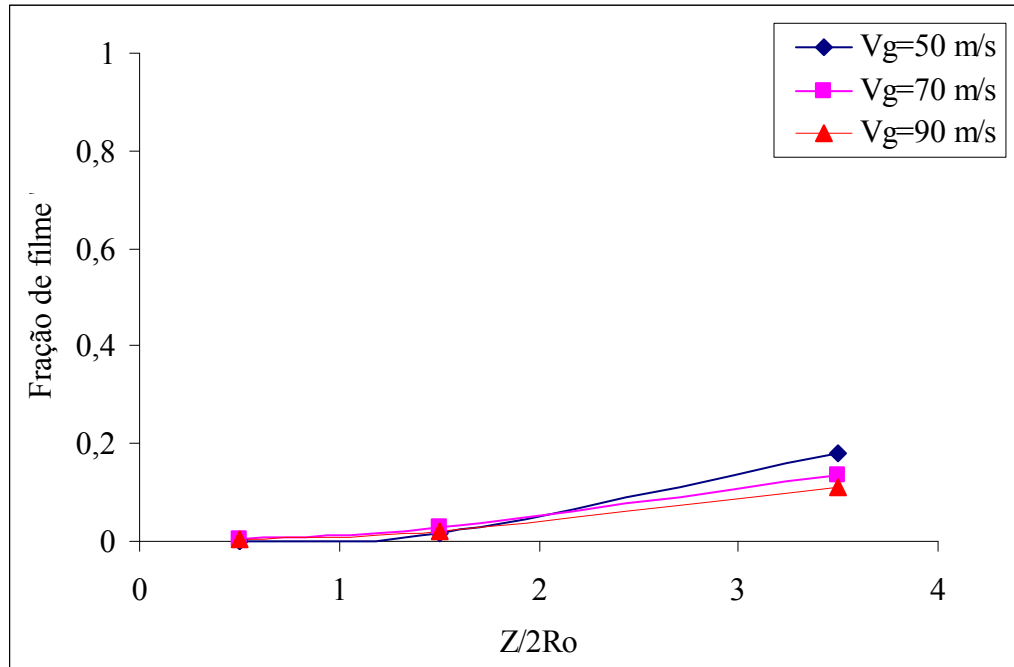


Figura 4.7 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção para as três velocidades e fração de penetração de jato de 0,25.

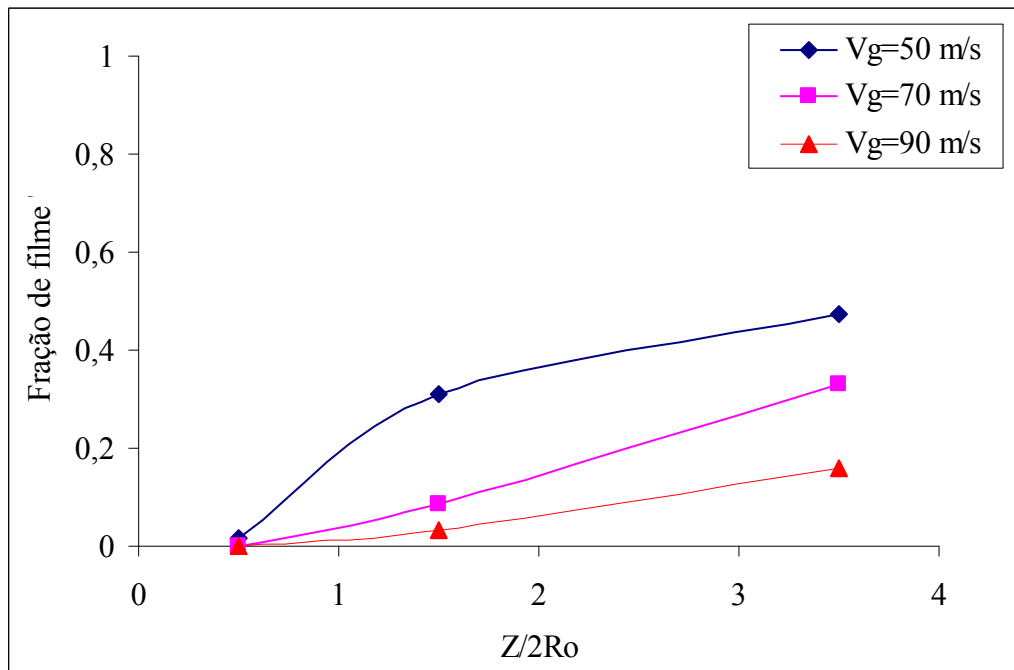


Figura 4.8 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção para as três velocidades e fração de penetração de jato de 0,45.

4.2 Comportamento do filme líquido no lavador Venturi circular de menor dimensão em função das variáveis

4.2.1 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da penetração do jato para todas as configurações de orifícios de injeção e ângulo de convergência de 34°

A influência da penetração do jato na fração de filme líquido pode ser vista detalhadamente nas Figuras 4.9, 4.10 e 4.11, as quais mostram a fração de filme em função da penetração do jato ($l_{máx}$) adimensionalizada pelo diâmetro da garganta do lavador ($2Ro$). Este valor adimensional se refere à fração em que o jato penetrou na garganta do lavador Venturi.

Na Figura 4.9, pode-se observar que independente da configuração dos orifícios de injeção, as curvas apresentaram o mesmo comportamento possuindo um intervalo de mínima formação de filme (0,25 – 0,45) de acordo com cada configuração utilizada.

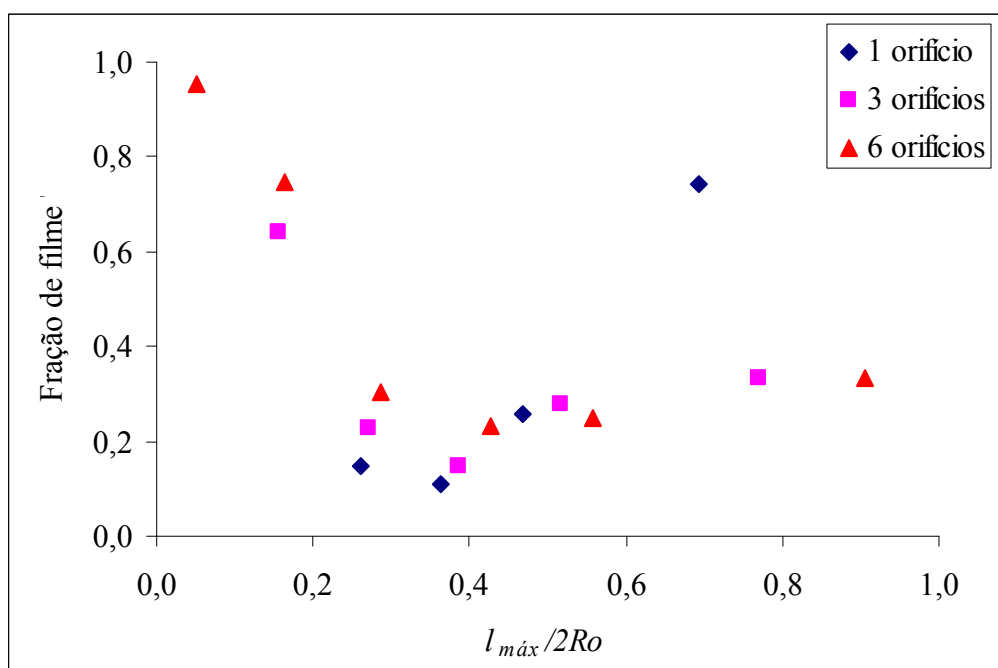


Figura 4.9 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 50 m/s e $Z = 67,5$ mm.

Após o ponto de mínima formação de filme, onde se iniciava a penetração excessiva, o comportamento do jato para as condições estudadas foi diferente, pois se observou na Figura 4.9 que para 1 orifício de injeção, a fração de filme aumentou mais do que para os orifícios 3 e 6. Isto ocorreu porque quando se aumenta o número de orifícios de injeção, a área disponível para passagem do gás era reduzida. Como o gás forçava para passar

entre o líquido, nos orifícios 3 e 6, o jato acabava não indo para a parede, pois era forçado pelo gás a ficar posicionado no centro (diminuindo a formação de filme na parede), diferente do 1 orifício de injeção, onde o gás tinha mais espaço para passar sem alterar a trajetória do jato. Este fenômeno também foi observado no lavador de maior dimensão, onde na penetração de jato excessiva, a configuração de 3 orifícios em funcionamento formava mais filme do que a configuração de 6 orifícios, mesmo esta injetando maior quantidade de líquido do que a de 3 orifícios.

Analisando as Figuras 4.9, 4.10 e 4.11, o aumento da velocidade do gás na garganta do lavador proporcionou a diminuição da fração de filme. Apesar deste aumento da velocidade do gás ocasionar o achatamento do jato líquido, diminuindo a penetração, ele ocasionou melhora do processo de atomização, à medida que um maior desprendimento de pequenas gotas do jato ocorria devido ao aumento das forças cisalhantes. Segundo GUERRA *et al.* (2009), as gotas de menor tamanho possuem menor inércia, desta forma, essas gotas possuem maior tendência a seguir o escoamento do gás do que se depositar nas paredes do lavador. Isto também pode ser notado no lavador de maior dimensão.

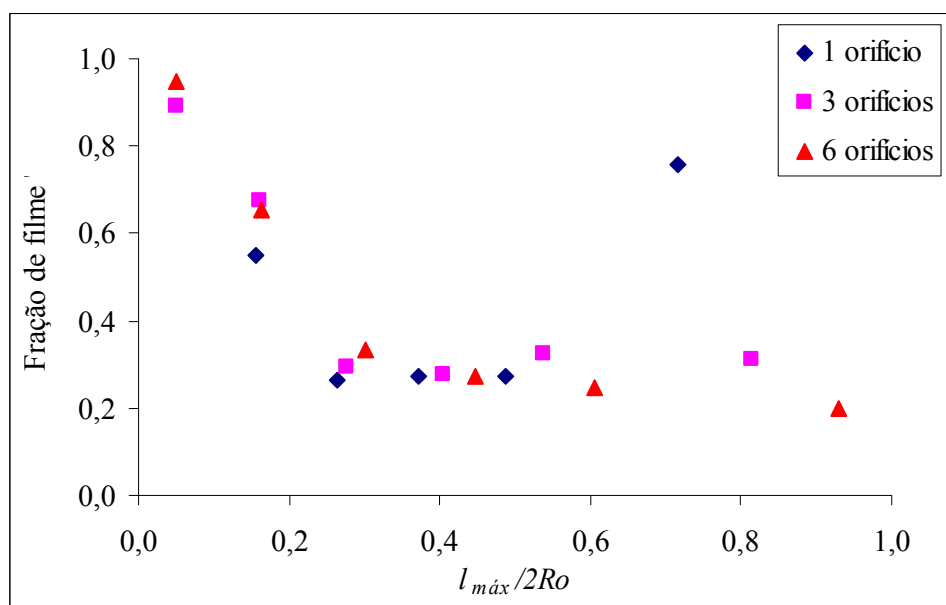


Figura 4.10 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 70 m/s e $Z = 67,5$ mm.

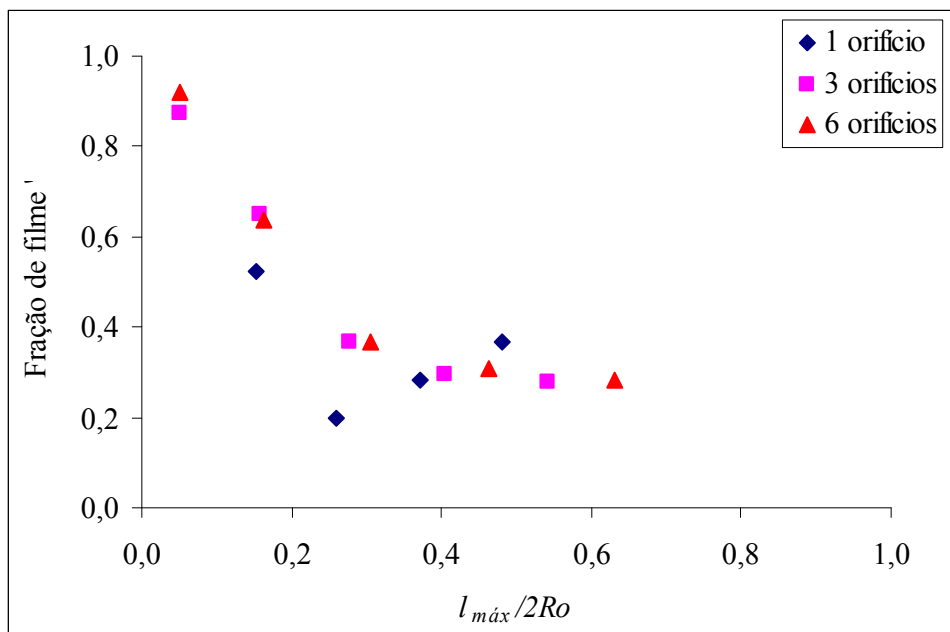


Figura 4.11 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 90 m/s e $Z = 67,5$ mm.

4.2.2 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da razão L/G para $V_g = 50, 70$ e 90 m/s, $Z = 67,5$ mm, 6 orifícios de injeção em funcionamento e ângulo de convergência de 34°

A Figura 4.12 mostra o comportamento da fração de filme em função da razão L/G para as três velocidades estudadas em injeção de líquido por 6 orifícios. Observou-se que para a velocidade de 50 m/s, a partir de um ponto, a fração de filme voltava a crescer, diferente das outras velocidades maiores (70 m/s e 90 m/s), que diminuía até ficar aproximadamente constante. Já nas Figuras H1 e H2, a fração de filme voltou a aumentar em todas as velocidades para a configuração de 1 orifício. A configuração de 3 orifícios de injeção tem o mesmo comportamento da configuração de 6 orifícios. Este comportamento diferente entre as configurações pode ser devido à mudança na trajetória do jato, como já discutido no item 4.2.1.

A única tendência que se observou é que para diferentes configurações de injeção de líquido, tanto no lavador de menor dimensão como no de maior (como mostrado no item 4.1.2), na velocidade do gás de 50 m/s, a fração de filme decresceu a medida que a razão L/G aumentou e a partir de um ponto voltou a crescer, o que não ocorreu nas maiores velocidades do gás e maiores configurações de orifícios, indicando que as maiores velocidades influenciavam no comportamento do filme líquido aderido as paredes

dependendo da condição experimental aplicada. Isso sugere que outros autores, como VISWANATHAN *et al.* (1997), FATHIKALAJAHI *et al.* (1995) e GONÇALVES *et al.* (2004), determinaram foi o comportamento da fração de filme em uma determinada condição, na qual a fração de filme fica constante com o aumento da razão L/G.

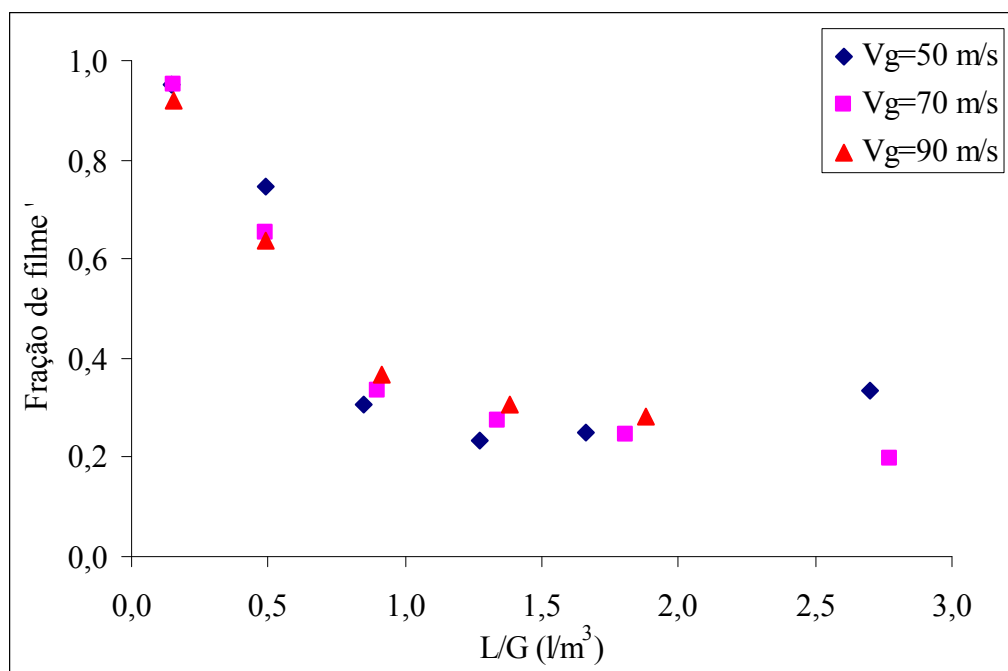


Figura 4.12 - Fração de filme em função da fração da razão L/G para 6 orifícios de injeção de líquido em funcionamento e $Z=67,5$ mm.

4.2.3 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da velocidade do gás para três penetrações, 3 orifícios de injeção em funcionamento e ângulo de convergência de 34°

De acordo com os resultados, a velocidade do gás influenciou no comportamento da fração de filme, como mostra as Figuras 4.13, 4.14 e 4.15, a qual apresenta a variação da fração de filme com a velocidade do gás na garganta do lavador Venturi para diferentes frações de penetração do jato ($l_{m\acute{a}x}/2R_o = \text{penetração do jato}/\text{diâmetro da garganta do lavador Venturi}$). Cada figura está representada por uma distância do ponto de injeção. E à medida que a distância do ponto de injeção aumentou, observou-se um aumento na fração de filme, indicando que ao longo do equipamento houve deposição de líquido nas paredes.

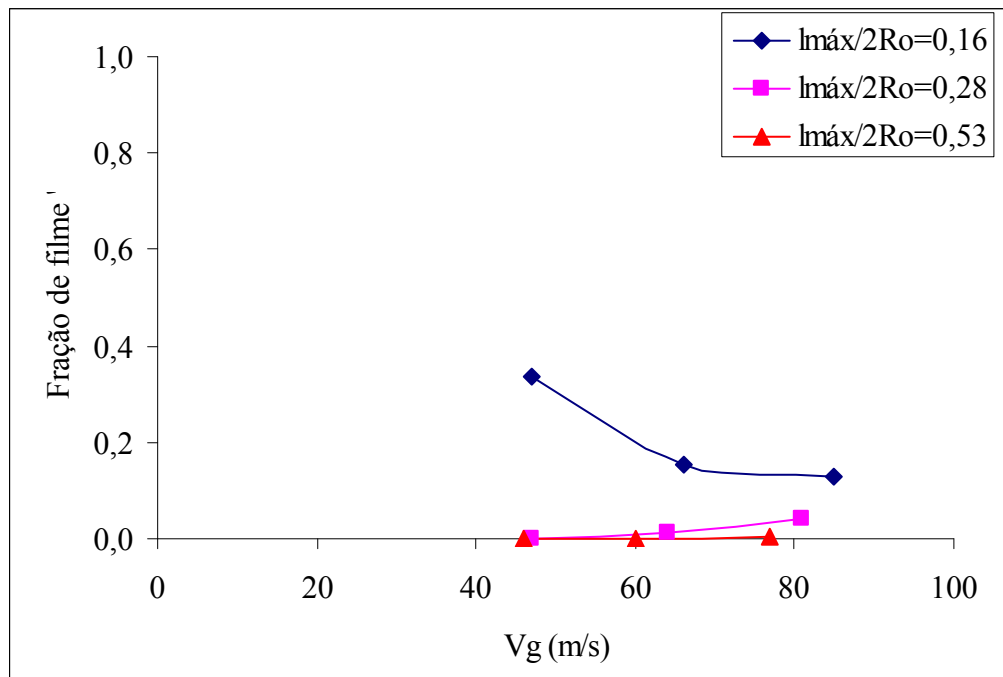


Figura 4.13 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 3 orifícios de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 7,5 mm.

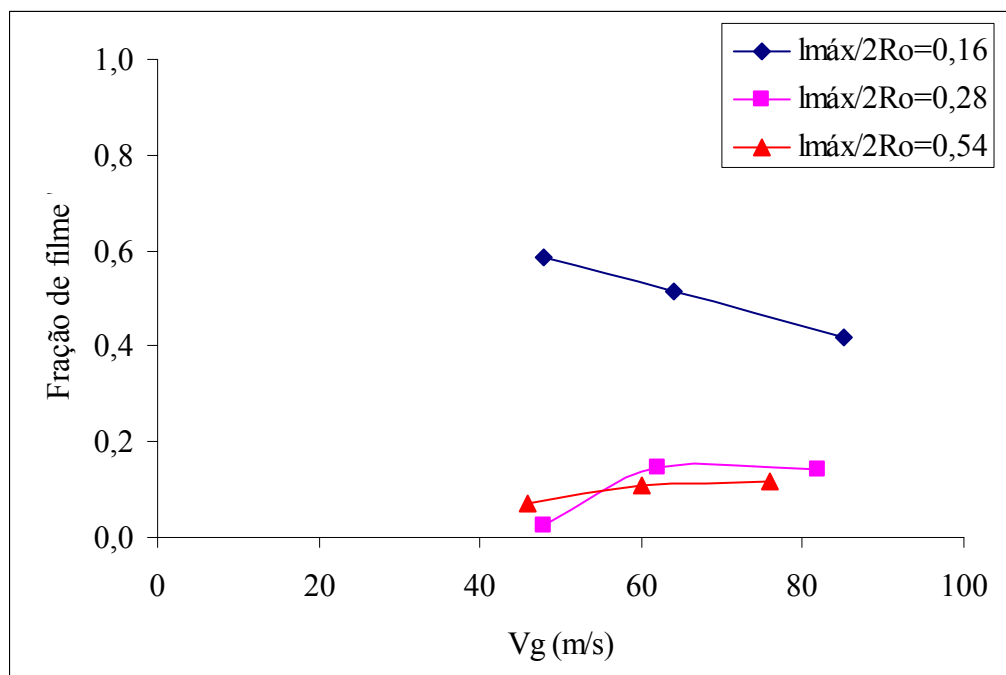


Figura 4.14 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 3 orifícios de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 27,5 mm.

Na Figura 4.15, em que o escoamento está mais estável, devido a maior distância do ponto de injeção, observou-se que para a menor penetração (0,16), a fração de

filme diminuiu levemente com o aumento da velocidade. Isto deve ter ocorrido devido ao aumento da velocidade gerar o desprendimento de pequenas gotas do jato, e essas gotas seguirem o escoamento ao invés de depositarem-se na parede. Já para penetração intermediária (0,28), a fração de filme aumentou com o aumento da velocidade. Isso devido a maior velocidade empurrar o líquido para parede, fazendo com que houvesse uma maior quantidade de filme nas paredes, quando comparado a menor velocidade de gás. Já para a maior fração de penetração (0,54), a fração de filme diminuiu bruscamente à medida que a velocidade do gás aumentava, observando-se que nesta penetração o aumento da velocidade do gás influenciou significativamente na fração de filme, pois houve uma melhora no processo de atomização.

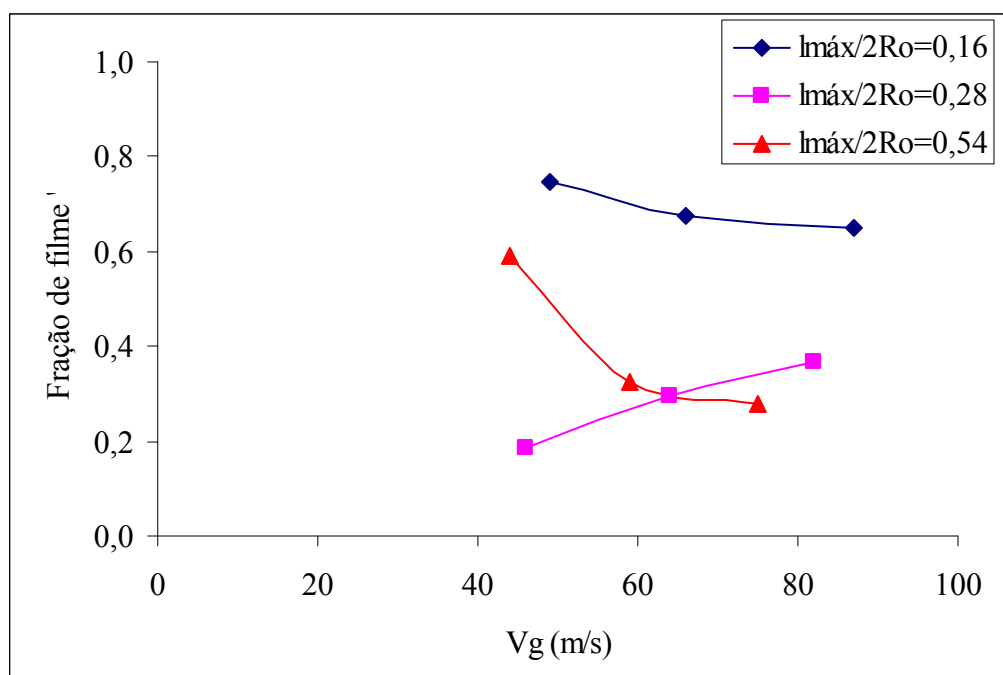


Figura 4.15 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 3 orifícios de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 67,5 mm.

4.2.4 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da velocidade do gás para três configurações de orifícios de injeção, $l_{máx}/2Ro = 0,27$, $Z = 27,5$ mm e ângulo de convergência de 34°

Na Figura 4.16, verifica-se o comportamento da fração de filme em função da velocidade do gás para as três configurações de injeção de líquido utilizadas. Diante dos

resultados apresentados observou-se que o comportamento da fração de filme foi diferente para as três configurações de injeção. Para 1 orifício, a fração de filme permaneceu praticamente constante, tendo uma leve redução para a maior velocidade (90 m/s), podendo ter ocorrido desprendimento de gotas do filme. Já com 3 e 6 orifícios, a fração de filme aumentou com o incremento da velocidade, devido a maior quantidade de líquido disponível na garganta, favorecendo a deposição.

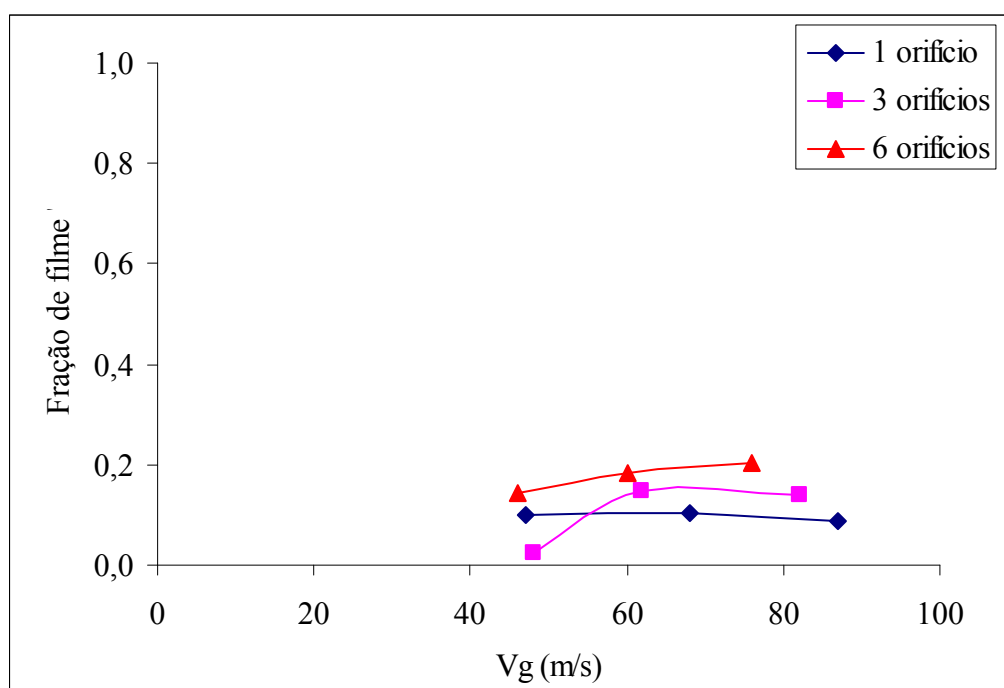


Figura 4.16 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 configurações de injeção de líquido, fração de penetração máxima do jato igual a 0,27 e uma distância do ponto de injeção de líquido de 27,5 mm.

4.2.5 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da distância do ponto de injeção para 3 orifícios de injeção em funcionamento e ângulo de convergência de 34°

As Figuras 4.17, 4.18 e 4.19 mostram o comportamento da fração de filme com a distância do ponto de injeção do líquido.

Como pode ser visto na Figura 4.17, para menor penetração de jato de 0,28, a fração de filme aumentou à medida que se afastou do ponto de injeção, indicando que ao longo do equipamento houve deposição de gotas na parede. Isto ocorreu devido a grande disposição de gotas próximo ao ponto de injeção que foram se depositando na parede, também

devido à proximidade do jato com a parede, que aumentava de acordo com o aumento da velocidade, pois o jato era empurrado para a parede.

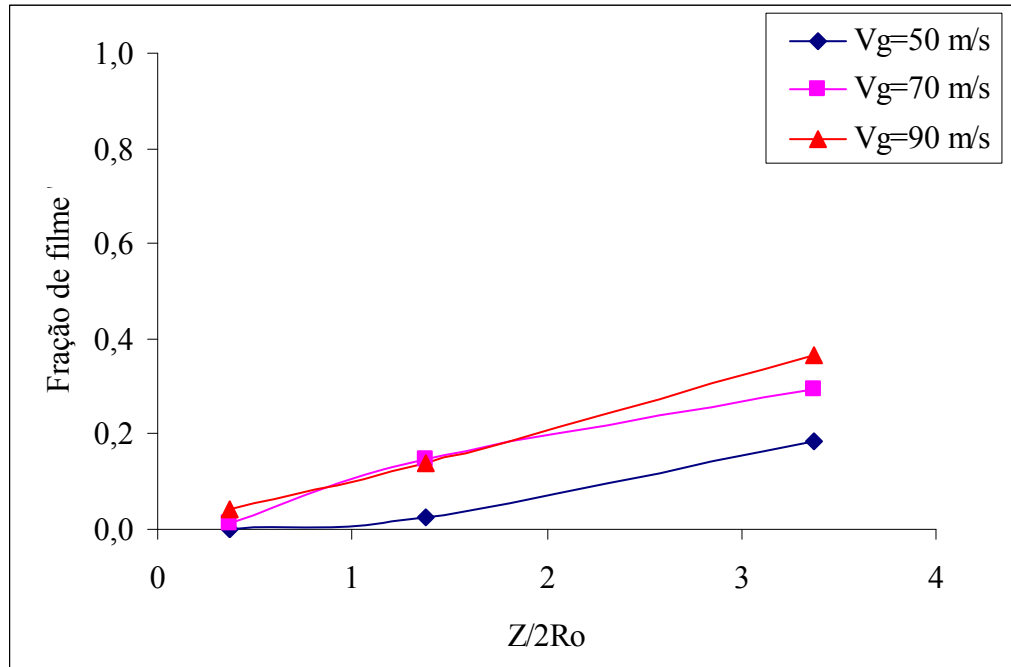


Figura 4.17 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,28 e 3 orifícios de injeção em funcionamento.

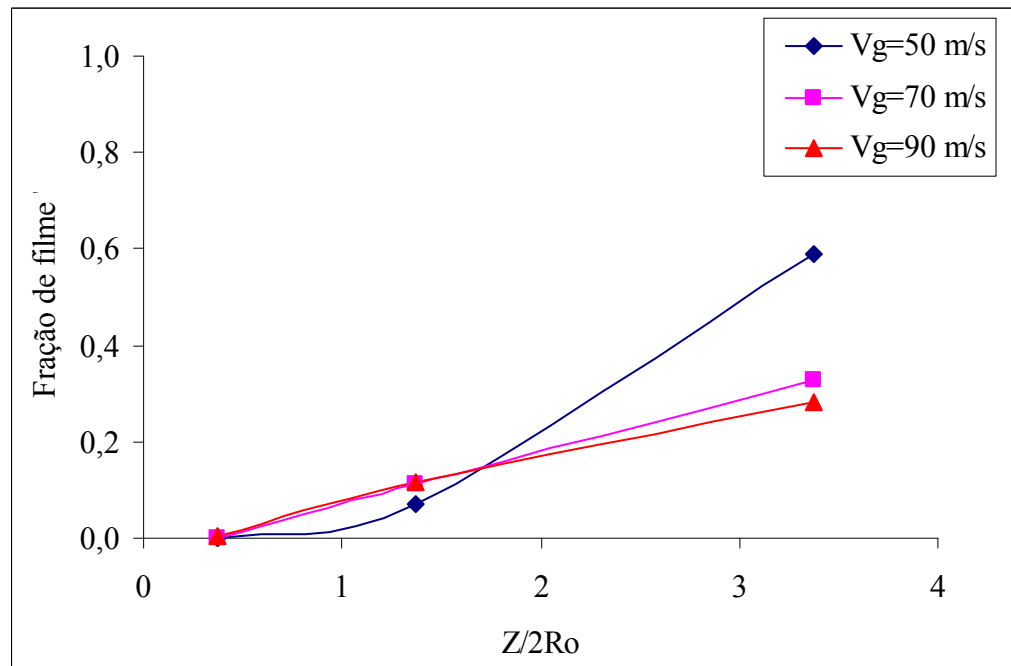


Figura 4.18 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,53 e 3 orifícios de injeção em funcionamento.

Na Figura 4.18, para penetração de jato intermediária de (0,53), a fração de filme aumentou à medida que se afastou do ponto de injeção, indicando que ao longo do equipamento houve deposição de gotas na parede, como apresentado na Figura 4.17. No entanto, a partir do ponto de $Z/2R_0$ igual a 1,5, a fração de filme foi maior para a menor velocidade (50 m/s). Altas velocidades do gás favorecem a geração de pequenas gotas, as quais possuem menor inércia. Já as menores velocidades do gás favorecem a geração de gotas maiores, com maior inércia, e maior tendência a se depositar nas paredes do equipamento. O mesmo comportamento ocorreu na Figura 4.19.

No lavador de menor dimensão ocorreu apenas deposição de gotas ao longo do equipamento, diferente do lavador de maior dimensão, mostrado no item 4.1.4, onde também ocorreu reatomização do líquido. Esse comportamento no menor lavador pode ser devido a grande quantidade de líquido injetado na garganta para uma pequena área, favorecendo assim a deposição de líquido na parede.

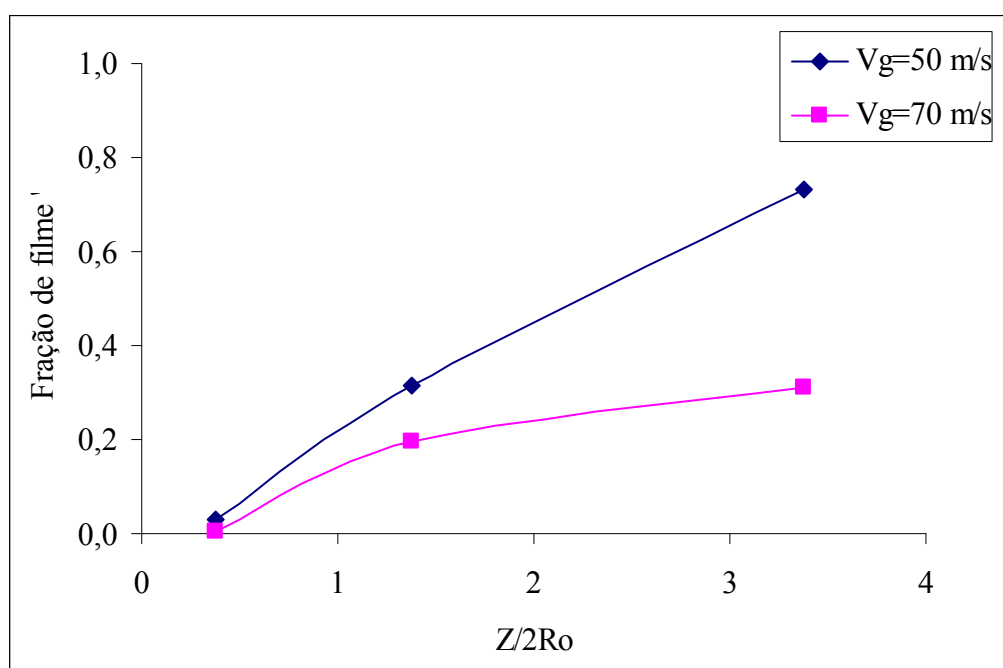


Figura 4.19 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,72 e 3 orifícios de injeção em funcionamento.

4.2.6 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da penetração do jato para os ângulos de convergência de 14° e 34°

A Figura 4.20 mostra a fração de filme em função da fração de penetração do jato para os dois ângulos de convergência estudados. Observou-se que nos dois ângulos não houve diferença da fração de filme ao longo da penetração do jato, isto pode ser notado para as outras condições apresentadas da Figura L1 a L8. Também não houve variação da velocidade do gás de um ângulo para o outro.

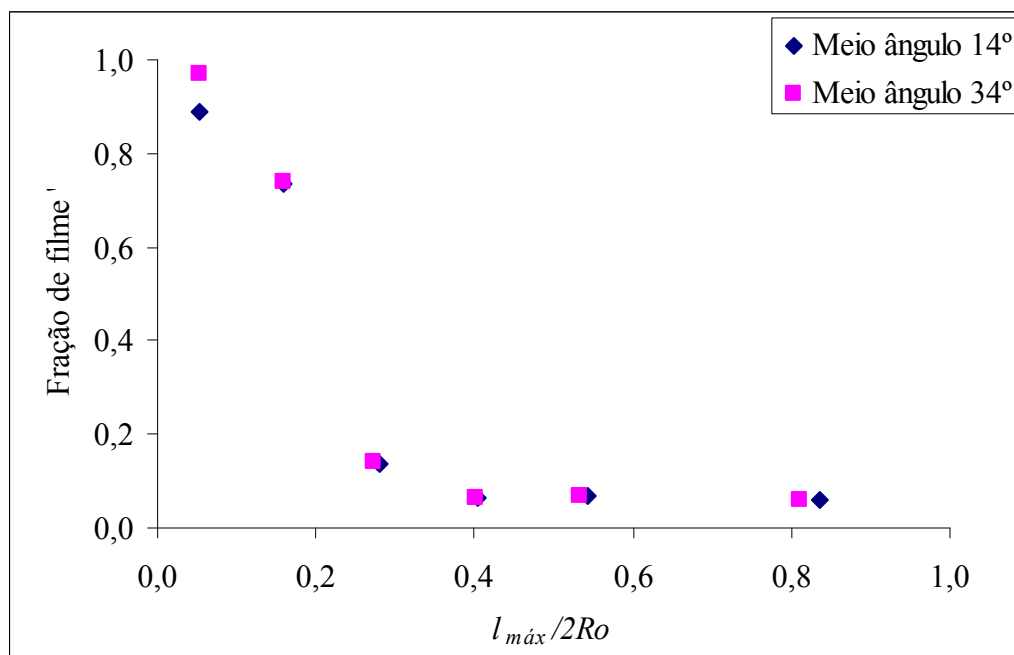


Figura 4.20 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 50 m/s e 6 orifícios de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência.

4.2.7 Fração de filme extraída da parede do lavador em função da velocidade do gás para os ângulos de convergência de 14° e 34°

A Figura 4.21 apresenta a variação da fração de filme em função da velocidade do gás para os dois ângulos de convergência analisados. Notou-se que a fração de filme se comportou diferente nos dois ângulos. No de menor ângulo (14°), a fração de filme aumentou com o aumento da velocidade. Já no de maior ângulo (34°), a fração de filme permaneceu praticamente constante à variação da velocidade. Este comportamento pode ser devido a turbulência do gás, pois a medida que a velocidade do gás aumentou, o número de Reynolds também aumentou, e o atrito do gás nos diferentes ângulos de convergência pode ter interferido nesta diferença. Outras condições apresentadas nas Figuras L9 e L10 mostraram que não houve uma tendência no comportamento, pois para uma mesma fração de penetração

de jato e diferentes configurações de orifícios, o comportamento entre os ângulos foi diferente, sugerindo uma diferença na trajetória do jato, dependendo da configuração de orifícios utilizada, como descrito anteriormente.

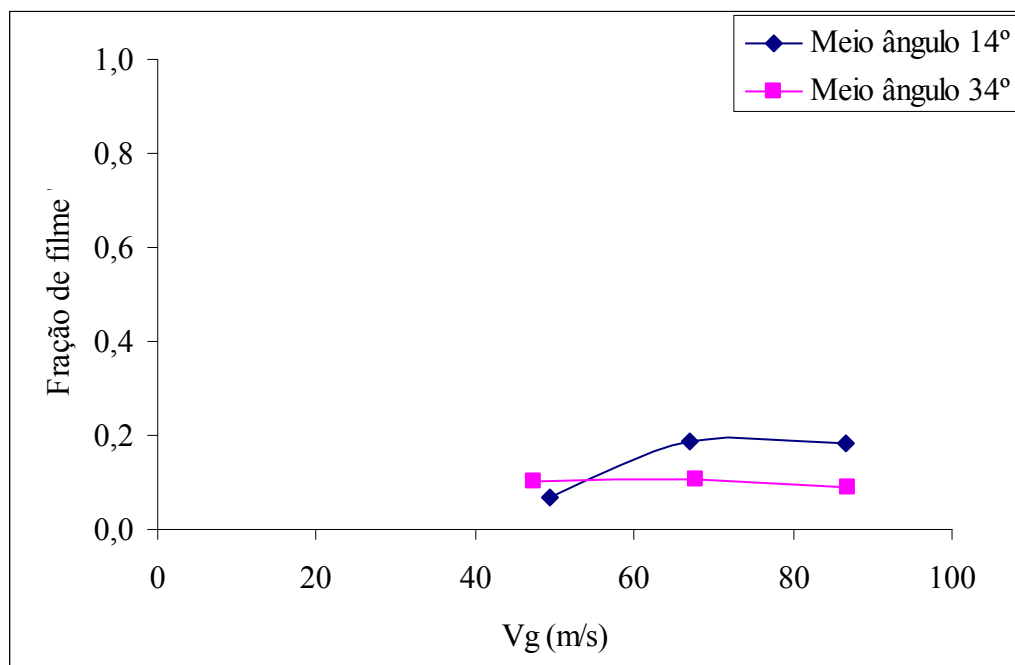


Figura 4.21 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para penetração de 0,26 e 1 orifício de injeção em funcionamento em comparação aos ângulos de convergência

4.3 Comportamento do filme líquido no lavador Venturi em função do diâmetro da garganta

A Figura 4.22 mostra o comportamento da fração de filme em relação ao diâmetro da garganta. A fração de filme foi maior no lavador de menor diâmetro de garganta. Isto foi devido a grande quantidade de líquido injetado na garganta para uma pequena área, obtendo uma maior deposição de líquido na parede do lavador de menor dimensão em relação ao lavador de maior dimensão.

Este comportamento também foi observado por AZZOPARDI (1993) em um lavador Venturi de injeção de líquido do tipo parede molhada.

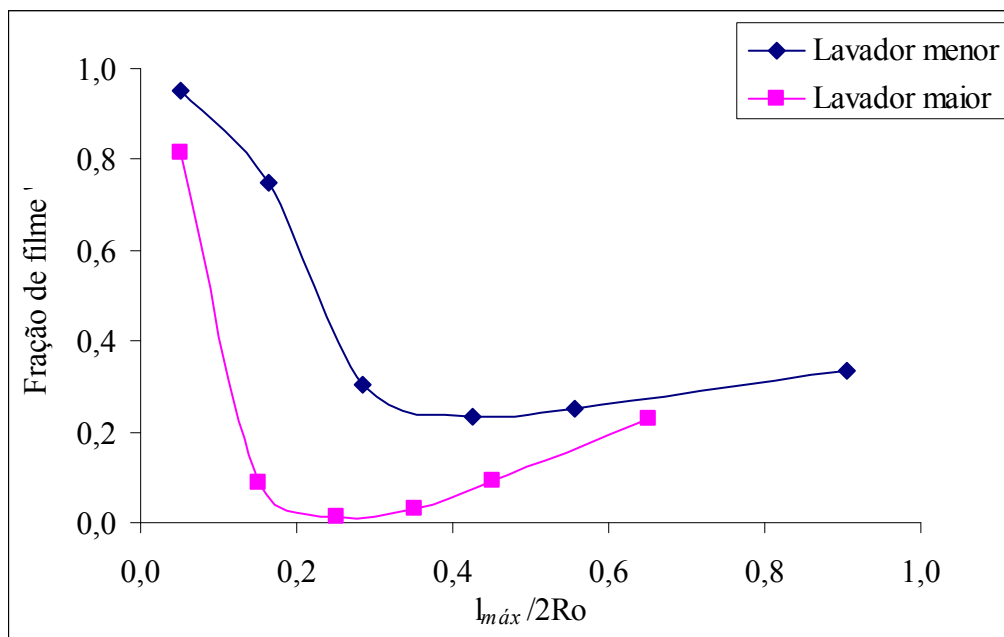


Figura 4.22 - Variação da fração de filme em função do diâmetro da garganta para 6 orifícios de injeção em funcionamento e $Z=60$ mm.

4.4 Comparação entre os dados experimentais e algumas correlações propostas na literatura

As Figuras 4.23 e 4.24 comparam os modelos de VISWANATHAN *et al.* (1997) e de GONÇALVES *et al.* (2000) com um conjunto de dados experimentais. Não foi possível incluir nas Figuras 4.23 e 4.24 os dados referentes à menor e maior penetração do jato, pois as previsões dos modelos para fração de filme eram maiores que 2, o que não tem sentido físico.

O modelo de VISWANATHAN *et al.* (1997), Figura 4.23, prever apenas alguns pontos ($l_{máx}/2R_o=0,16$ e $0,29$) na velocidade de 50 m/s, já nas maiores velocidades (70 m/s e 90 m/s), observa-se que valores previstos pela correlação de VISWANATHAN *et al.* (1997) ficaram abaixo dos resultados experimentais.

Já a Figura 4.24 mostra o desempenho do modelo de GONÇALVES *et al.* (2000). Este modelo ajustou melhor o conjunto de dados experimentais, comparando com o modelo de VISWANATHAN *et al.* (1997), tendo uma menor previsão na velocidade de 50 m/s.

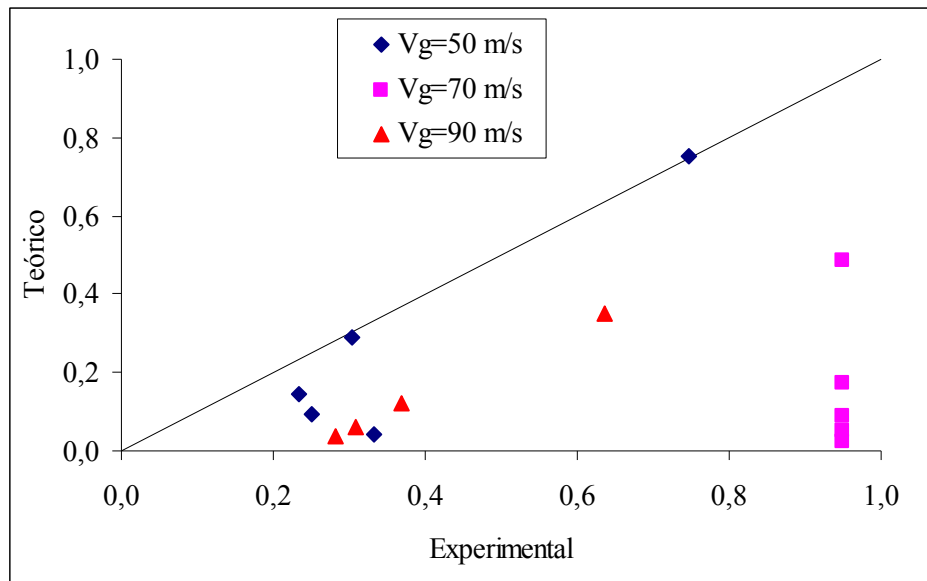


Figura 4.23 – Desempenho do modelo de Viswanathan *et al.* (1997) com relação a velocidade do gás.

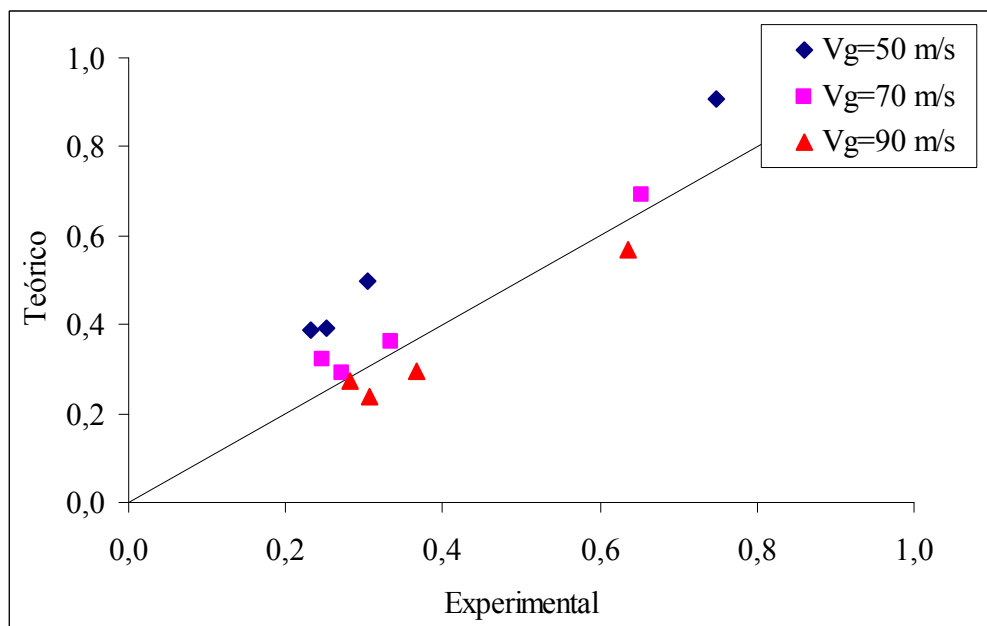


Figura 4.24 - Desempenho do modelo de GONÇALVES *et al.* (2000) em relação a velocidade do gás.

As Figuras 4.25 e 4.26 apresentam o desempenho dos modelos de VISWANATHAN *et al.* (1997) e GONÇALVES *et al.* (2000) com relação a configuração dos orifícios de injeção de líquido.

As Figuras 4.25 e 4.26 mostram que as Equações 2.8 e 2.11, dos modelos de VISWANATHAN *et al.* (1997) e GONÇALVES *et al.* (2000), respectivamente, não ajustaram bem os dados quando a configuração dos orifícios foi variada.

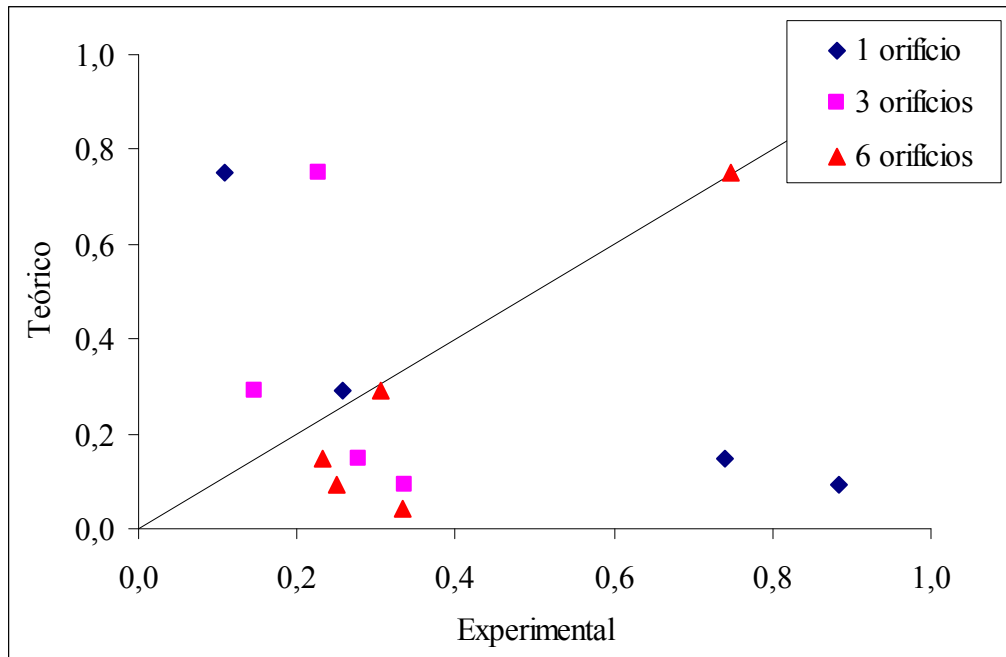


Figura 4.25 – Desempenho do modelo de VISWANATHAN *et al.* (1997) em relação a configuração de orifícios de injeção.

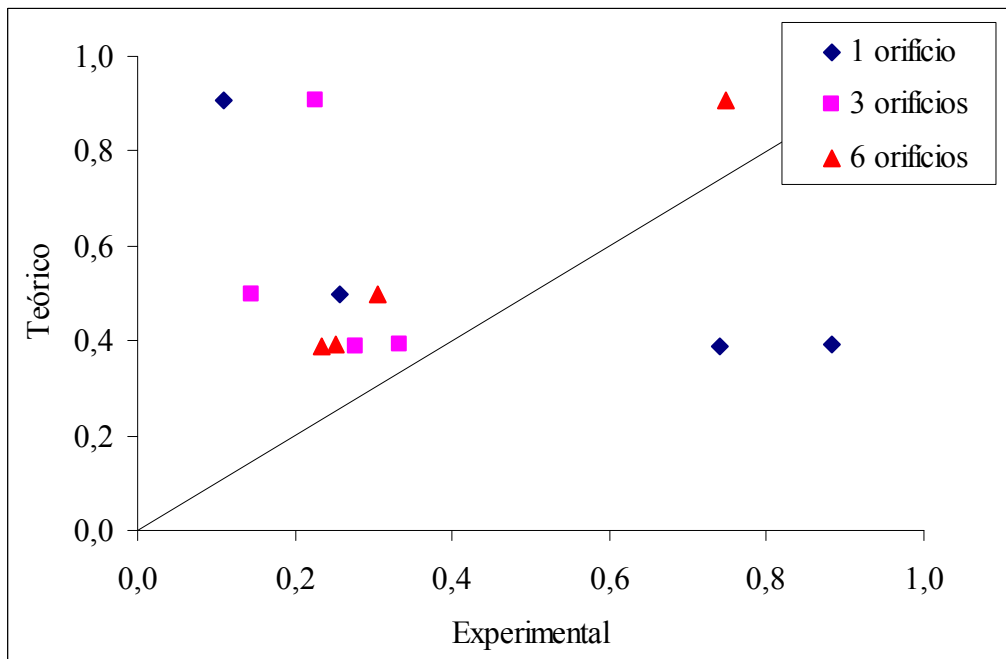


Figura 4.26 – Desempenho do modelo de GONÇALVES *et al.* (2000) em relação a configuração de orifícios de injeção.

Segundo GONÇALVES (2000) torna-se difícil propor uma única correlação experimental que possa prever em todos os casos um fenômeno tão complexo como a fração de filme líquido em um lavador Venturi.

5. CONCLUSÕES E PRÓXIMAS ETAPAS

5.1 Conclusões

- A fração de filme variou com a penetração do jato líquido e mostrou um intervalo de mínima formação de filme ($l_{máx}/2Ro=0,25$ a $0,45$) nas paredes do lavador para todas as configurações.
- A fração de filme variou com a velocidade do jato, configuração de orifícios de injeção de líquido e distância do ponto de injeção.
- As diferentes configurações de orifícios, quando utilizada penetrações excessivas, mudaram a trajetória do jato, pois o gás força o jato a se posicionar no centro do escoamento ao invés de ir para a parede mudando, assim a penetração do jato, sugerindo que a Equação 3.4 seja corrigida.
- A fração de filme foi maior nas menores e maiores penetrações, pois para uma penetração menor, o jato se aproximou mais da parede e para uma penetração de maior, os jatos se cruzam, depositando-se no lado oposto, havendo um crescimento na deposição de líquido na parede, o que não ocorreu em penetrações intermediárias, pois os jatos estão no centro do escoamento.
- O ângulo da seção convergente não influenciou na variação da fração de filme em nenhuma das condições estudadas em relação à penetração do jato, mas foi obtido um comportamento diferente entre os ângulos em relação à velocidade do gás.
- A fração de filme foi maior no lavador de menor diâmetro de garganta, pois o menor diâmetro favorece a deposição de líquido na parede do equipamento.
- Com relação à velocidade do gás, o modelo de GONÇALVES *et al.* (2000) ajustou os dados melhores do que o modelo de VISWANATHAN *et al.* (1997). Já com relação a variação na configuração de orifícios, nenhum dos dois modelos ajustou bem o conjunto de dados.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

- Estudar o comportamento do jato líquido em diferentes penetrações, pois como mostrado, dependendo da configuração de orifícios, o gás não permite que o jato se aproxime da parede nas penetrações excessivas.
- Estudar um ajuste melhor para Equação (3.4).
- Comparar lavadores de geometrias diferentes, mas com as mesmas dimensões e condições experimentais.
- Estudar os lavadores em orientações de escoamento diferentes (vertical e horizontal), a fim de analisar o efeito da gravidade na deposição de filme.
- Realizar testes para a determinação da fração de filme ajustando as condições após a injeção de líquido, pois como mostrado no trabalho realizado, ao injetar o líquido, a velocidade do gás foi modificada e, conseqüentemente, a penetração do jato.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANANTHANARAYANAN, N.V.; VISWANATHAN, S. Predicting the liquid flux distribution and collection efficiency in cylindrical Venturi scrubbers. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, v.38, p.223-232, 1999.

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

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

AZZOPARDI, B.J.; MEMORY, S.B.; SMITH, P. Data from an experimental study of annular flow in a Venturi. United Kingdom Atomic Energy Authority, report AERER-13352,1989.

AZZOPARDI, B.J.; TEIXEIRA S.F.C.F.; GOVAN A.H.; BOTT, T.R. An improved model for pressure drop in Venturi scrubbers. *Trans. Inst. Chem. Eng.*, v.69, parte B, p.237-245, Novembro, 1991.

BEG, S.A.; TAHERI, M. Test of mathematical modeling for the design of high energy scrubbers. *Atmospheric Environment*, v. 11, p.911-915, 1977.

BOLL, R.H. Particle collection and pressure drop in Venturi scrubbers. *Industrial and Engineering Chemistry Fundamentals* v.12, p.40-50, 1973.

CALVERT, S.; LUNDGREN, D.; MEHTA, D.S. Venturi scrubber performance. *Journal of the AirPollution Control Association*, v.22, p.529-532, 1972.

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

DAHER, M.A.F. Fração de filme líquido nas paredes de um lavador Venturi. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de São Carlos, Brasil, 2008.

DAHER, M.A.F.; GONÇALVES, J.A.S.; GUERRA, V.G.; COURY, J.R. Na Experimental study on film fraction in a rectangular horizontal Venturi scrubber. *International Journal of Environment and Waste Management*, 2009 (paper in press).

FATHIKALAJAHI, J.; TALAIE, M.R.; TAHERI, M. Theoretical study of liquid droplet dispersion in a Venturi scrubber. *J. Air Waste Manage Assoc.*, v.45, p.181-185, Março, 1995.

FERNANDEZ ALONSO, D.; AZZOPARDI, B.J.; HILLS, J.H. Gas/liquid flow in laboratory-scale venturis. *Process Safety and Environmental Protection: Transactions of the Institution of Chemical Engineers*, v. 77 Parte B, p. 205-211, Julho, 1999.

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

GONÇALVES, J.A.S.; MARTINS COSTA, M.A.; ALONSO, D.F.; COURY, J.R. Estimativa da fração de filme em lavadores Venturi. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, XIII, 2000, Águas de São Pedro. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química (CD-ROM), 2000.

GONCALVES, J.A.S.; COSTA, M.A.M.; FALAGUASTA, M.C.R.; COURY, J. R. Film Fraction in Pease-Anthony Venturi Scrubbers. In: International Congress of Chemical and Process Engineering, XVI, 2004, Praga. Proceedings of the CHISA 2004 (CD-ROM), 2004. v. CD-ROM.

GUERRA, V.G. Investigação do efeito de injeção de líquido por orifícios múltiplos na formação de gotas em um lavador Venturi. Tese de doutorado, Universidade Federal de São Carlos, Brasil, 2009.

GUERRA, V. G.; DAHER, M.A.F.; GONÇALVES, J.A.S.; COURY, J.R. Estudo da deposição de filme líquido nas paredes de um lavador Venturi com injeção de líquido nas paredes através de múltiplos orifícios. XVII Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2008. CD-ROM.

GUERRA, V.G.; GONÇALVES, J.A.S.; COURY, J.R. Experimental investigation on the effect of liquid injection by multiple orifices in the formation of droplets in a Venturi scrubber. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 161, 351-359, 2009.

GUNTHEROTH, H. Suspended substance and liquid separation from Gases with Venturi scrubber. *Progress Reports*, VDI Publication, Series 3, n. 13, 1966.

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.

LEITH, D.; MARTIN, KP.; COOPER, DW. Liquid utilization in a Venturi scrubber. *Filtration and Separation*, May/June: 191-195, 1985

LONGELL, J.P.; WEISS, M.A. Mixing and distribution of liquid in high-velocity air stream. *Industrial and Engineering Chemistry*, v.45, n.3, p.667-677, 1953.

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

TEIXEIRA, J.C.F.; AZZOPARDI, B.J.; BOTT, T.R. The effect of inserts on drop sizes in Vertical annular flow. In: Proceedings of the 2nd UK National Heat Transfer Conference, September, 14-16. V.II, p.121, 1988.

VISWANATHAN, S.; GNYP, A.W.; PIERRE, C.C. Annular flow pressure drop model for Pease-Anthony type Venturi scrubbers. *AIChE Journal*, v. 31, n.12, p. 1947-1958, 1985.

VISWANATHAN, S.; GNYP, A.W.; PIERRE, C.C. Examination of gas-liquid flow in a Venturi scrubber. *Ind. Eng. Chem. Fundam.*, v. 23, p. 303-308, 1984.

VISWANATHAN, S.; GNYP, A.W.; PIERRE, C.C. Jet penetration measurements in a Venturi scrubber. *Canadian Journal of Chemical Engineering*, v. 61, p. 504-508, 1983.

VISWANATHAN S.; GNYP, A.W.; ST. PIERRE, C.C. Estimating film flow rate in a Venturi scrubber. *Particul. Sci. Technol.*, v.15, p.65-76, 1997.

APÊNDICE A

Tabelas de calibração dos rotâmetros e vazões de líquido para todas as condições experimentais nos lavadores Venturi circulares

Tabela A1 – Calibração dos rotâmetros

| Rotâmetro | Vazões Rotâmetro | Unidades | Vazões Calibradas | | | | |
|--------------------------------|---------------------|----------|-------------------|----------|----------|----------|----------|
| | | | (ml/5s) | (ml/10s) | (ml/20s) | (ml/30s) | (ml/min) |
| KI | 100 | ml/min | | | | 38 | 76 |
| | 200 | ml/min | | | | 90 | 180 |
| | 300 | ml/min | | | | 139 | 278 |
| | 400 | ml/min | | | | 190 | 380 |
| | 500 | ml/min | | | | 240 | 480 |
| Tecnofluid 20 - 140 l/h | 20 | l/h | | | | 126 | 15 |
| | 30 | l/h | | | | 188 | 23 |
| | 40 | l/h | | | | 260 | 31 |
| | 50 | l/h | | | | 340 | 41 |
| | 60 | l/h | | | | 436 | 52 |
| | 70 | l/h | | | | 520 | 62 |
| | 80 | l/h | | | | 610 | 73 |
| | 90 | l/h | | | | 690 | 83 |
| | 100 | l/h | | | | 780 | 94 |
| | 110 | l/h | | | | 860 | 103 |
| | 120 | l/h | | | | 960 | 115 |
| | 130 | l/h | | | 700 | | 126 |
| 140 | l/h | | | 770 | | 139 | |
| Tecnofluid 100 - 700 l/h | 100 | l/h | | 220 | | | 79 |
| | 200 | l/h | | 370 | | | 133 |
| | 300 | l/h | | 540 | | | 194 |
| | 400 | l/h | | 710 | | | 256 |
| | 500 | l/h | | 900 | | | 324 |
| | 600 | l/h | | 1054 | | | 379 |
| | 700 | l/h | 630 | | | | 454 |

Tabela A2 – Vazões de líquido a partir das frações de penetração máxima do jato para velocidade do gás na garganta de 50 m/s no lavador Venturi de menor dimensão

| V (m/s) | V (m/min) | Qg (m ³ /min) | Nº de orifícios | Imáx/2Ro (mm) | Lmáx (mm) | Ql (l/min) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) |
|------------|--------------|-----------------------------|--------------------|------------------|--------------|---------------|----------------|-------------|
| 50 | 3000 | 0,942 | 1 orifício | 0,05 | 1 | 0,02548 | 25 | 2* |
| | | | | 0,15 | 3 | 0,07077 | 71 | 4* |
| | | | | 0,25 | 5 | 0,11795 | 118 | 7 |
| | | | | 0,35 | 7 | 0,16513 | 165 | 10 |
| | | | | 0,45 | 9 | 0,21231 | 212 | 13 |
| | | | | 0,65 | 13 | 0,30667 | 307 | 18 |
| | | | | 0,85 | 17 | 0,40103 | 401 | 24 |
| | | | 3 orifícios | 0,05 | 1 | 0,07643 | 76 | 5* |
| | | | | 0,15 | 3 | 0,21231 | 212 | 13 |
| | | | | 0,25 | 5 | 0,35385 | 354 | 21 |
| | | | | 0,35 | 7 | 0,49539 | 495 | 30 |
| | | | | 0,45 | 9 | 0,63692 | 637 | 38 |
| | | | | 0,65 | 13 | 0,92000 | 920 | 55 |
| | | | | 0,85 | 17 | 1,20308 | 1203 | 72 |
| | | | 6 orifícios | 0,05 | 1 | 0,14154 | 142 | 8 |
| | | | | 0,15 | 3 | 0,42462 | 425 | 25 |
| | | | | 0,25 | 5 | 0,70769 | 708 | 42 |
| | | | | 0,35 | 7 | 0,99077 | 991 | 59 |
| | | | | 0,45 | 9 | 1,27385 | 1274 | 76 |
| | | | | 0,65 | 13 | 1,84000 | 1840 | 110 |
| | | | | 0,85 | 17 | 2,40616 | 2406 | 144 |

*Vazões não disponíveis.

Tabela A3 – Vazões de líquido a partir das frações de penetração máxima do jato para velocidade do gás na garganta de 70 m/s no lavador Venturi de menor dimensão.

| V | V | Qg | Nº de | Imáx/2Ro | Imáx | Ql | Ql | Ql |
|-------|---------|-----------------------|-------------|----------|------|---------|----------|-------|
| (m/s) | (m/min) | (m ³ /min) | orifícios | (mm) | (mm) | (l/min) | (ml/min) | (l/h) |
| 70 | 4200 | 1,3188 | 1 orifício | 0,05 | 1 | 0,03303 | 33 | 2* |
| | | | | 0,15 | 3 | 0,09908 | 99 | 6 |
| | | | | 0,25 | 5 | 0,16513 | 165 | 10 |
| | | | | 0,35 | 7 | 0,23118 | 231 | 14 |
| | | | | 0,45 | 9 | 0,29723 | 297 | 18 |
| | | | | 0,65 | 13 | 0,42933 | 429 | 26 |
| | | | | 0,85 | 17 | 0,56144 | 561 | 34* |
| | | | 3 orifícios | 0,05 | 1 | 0,09908 | 99 | 6 |
| | | | | 0,15 | 3 | 0,29723 | 297 | 18 |
| | | | | 0,25 | 5 | 0,49539 | 495 | 30 |
| | | | | 0,35 | 7 | 0,69354 | 694 | 42 |
| | | | | 0,45 | 9 | 0,89169 | 892 | 54 |
| | | | | 0,65 | 13 | 1,28800 | 1288 | 77 |
| | | | | 0,85 | 17 | 1,68431 | 1684 | 101* |
| | | | 6 orifícios | 0,05 | 1 | 0,19815 | 198 | 12 |
| | | | | 0,15 | 3 | 0,59446 | 594 | 36 |
| | | | | 0,25 | 5 | 0,99077 | 991 | 59 |
| | | | | 0,35 | 7 | 1,38708 | 1387 | 83 |
| | | | | 0,45 | 9 | 1,78339 | 1783 | 107 |
| | | | | 0,65 | 13 | 2,57601 | 2576 | 155 |
| | | | | 0,85 | 17 | 3,36862 | 3369 | 202* |

*Vazões não disponíveis.

Tabela A4 – Vazões de líquido a partir das frações de penetração máxima do jato para velocidade do gás na garganta de 90 m/s no lavador Venturi de menor dimensão

| V | V | Qg | N° de | Imáx/2Ro | Imáx | Ql | Ql | Ql |
|-------|---------|----------|-------------|----------|------|---------|----------|-------|
| (m/s) | (m/min) | (m3/min) | orifícios | (mm) | (mm) | (l/min) | (ml/min) | (l/h) |
| 90 | 5400 | 1,6956 | 1 orifício | 0,05 | 1 | 0,04246 | 42 | 3* |
| | | | | 0,15 | 3 | 0,12738 | 127 | 8 |
| | | | | 0,25 | 5 | 0,21231 | 212 | 13 |
| | | | | 0,35 | 7 | 0,29723 | 297 | 18 |
| | | | | 0,45 | 9 | 0,38215 | 382 | 23 |
| | | | | 0,65 | 13 | 0,55200 | 552 | 33* |
| | | | | 0,85 | 17 | 0,72185 | 722 | 43* |
| | | | 3 orifícios | 0,05 | 1 | 0,12738 | 127 | 8 |
| | | | | 0,15 | 3 | 0,38215 | 382 | 23 |
| | | | | 0,25 | 5 | 0,63692 | 637 | 38 |
| | | | | 0,35 | 7 | 0,89169 | 892 | 54 |
| | | | | 0,45 | 9 | 1,14646 | 1146 | 69 |
| | | | | 0,65 | 13 | 1,65600 | 1656 | 99* |
| | | | | 0,85 | 17 | 2,16554 | 2166 | 130* |
| | | | 6 orifícios | 0,05 | 1 | 0,25477 | 255 | 15 |
| | | | | 0,15 | 3 | 0,76431 | 764 | 46 |
| | | | | 0,25 | 5 | 1,27385 | 1274 | 76 |
| | | | | 0,35 | 7 | 1,78339 | 1783 | 107 |
| | | | | 0,45 | 9 | 2,29293 | 2293 | 138 |
| | | | | 0,65 | 13 | 3,31201 | 3312 | 199* |
| | | | | 0,85 | 17 | 4,33109 | 4331 | 260* |

*Vazões não disponíveis.

Tabela A5 – Vazões de líquido a partir das frações de penetração máxima do jato para velocidade do gás na garganta de 50 m/s no lavador Venturi de maior dimensão

| V (m/s) | V (m/min) | Qg (m ³ /min) | Nº de orifícios | Imáx/2Ro (mm) | Imáx (mm) | Ql (l/min) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) |
|------------|--------------|-----------------------------|--------------------|------------------|--------------|---------------|----------------|-------------|
| 50 | 3000 | 3,768 | 1 orifício | 0,05 | 2 | 0,04718 | 47 | 3 |
| | | | | 0,15 | 6 | 0,14154 | 142 | 8 |
| | | | | 0,25 | 10 | 0,23590 | 236 | 14 |
| | | | | 0,35 | 14 | 0,33026 | 330 | 20 |
| | | | | 0,45 | 18 | 0,42462 | 425 | 25 |
| | | | | 0,65 | 26 | 0,61333 | 613 | 37 |
| | | | | 0,85 | 34 | 0,80205 | 802 | 48 |
| | | | 3 orifícios | 0,05 | 2 | 0,14154 | 142 | 8 |
| | | | | 0,15 | 6 | 0,42462 | 425 | 25 |
| | | | | 0,25 | 10 | 0,70769 | 708 | 42 |
| | | | | 0,35 | 14 | 0,99077 | 991 | 59 |
| | | | | 0,45 | 18 | 1,27385 | 1274 | 76 |
| | | | | 0,65 | 26 | 1,84000 | 1840 | 110 |
| | | | | 0,85 | 34 | 2,40616 | 2406 | 144 |
| | | | 6 orifícios | 0,05 | 2 | 0,28308 | 283 | 17 |
| | | | | 0,15 | 6 | 0,84923 | 849 | 51 |
| | | | | 0,25 | 10 | 1,41539 | 1415 | 85 |
| | | | | 0,35 | 14 | 1,98154 | 1982 | 119 |
| | | | | 0,45 | 18 | 2,54770 | 2548 | 153 |
| | | | | 0,65 | 26 | 3,68001 | 3680 | 221 |
| | | | | 0,85 | 34 | 4,81232 | 4812 | 289 |

Tabela A6 – Vazões de líquido a partir das frações de penetração máxima do jato para velocidade do gás na garganta de 70 m/s no lavador Venturi de maior dimensão

| V (m/s) | V (m/min) | Qg (m ³ /min) | Nº de orifícios | Imáx/2Ro (mm) | Imáx (mm) | Ql (l/min) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) |
|------------|--------------|-----------------------------|--------------------|------------------|--------------|---------------|----------------|-------------|
| 70 | 4200 | 5,2752 | 1 orifício | 0,05 | 2 | 0,06605 | 66 | 4 |
| | | | | 0,15 | 6 | 0,19815 | 198 | 12 |
| | | | | 0,25 | 10 | 0,33026 | 330 | 20 |
| | | | | 0,35 | 14 | 0,46236 | 462 | 28 |
| | | | | 0,45 | 18 | 0,59446 | 594 | 36 |
| | | | | 0,65 | 26 | 0,85867 | 859 | 52 |
| | | | | 0,85 | 34 | 1,12287 | 1123 | 67 |
| | | | 3 orifícios | 0,05 | 2 | 0,19815 | 198 | 12 |
| | | | | 0,15 | 6 | 0,59446 | 594 | 36 |
| | | | | 0,25 | 10 | 0,99077 | 991 | 59 |
| | | | | 0,35 | 14 | 1,38708 | 1387 | 83 |
| | | | | 0,45 | 18 | 1,78339 | 1783 | 107 |
| | | | | 0,65 | 26 | 2,57601 | 2576 | 155* |
| | | | | 0,85 | 34 | 3,36862 | 3369 | 202* |
| | | | 6 orifícios | 0,05 | 2 | 0,39631 | 396 | 24 |
| | | | | 0,15 | 6 | 1,18893 | 1189 | 71 |
| | | | | 0,25 | 10 | 1,98154 | 1982 | 119 |
| | | | | 0,35 | 14 | 2,77416 | 2774 | 166 |
| | | | | 0,45 | 18 | 3,56678 | 3567 | 214 |
| | | | | 0,65 | 26 | 5,15201 | 5152 | 309* |
| | | | | 0,85 | 34 | 6,73725 | 6737 | 404* |

*Vazões não disponíveis.

Tabela A7 - Vazões de líquido a partir das frações de penetração máxima do jato para velocidade do gás na garganta de 90 m/s no lavador Venturi de maior dimensão

| V | V | Qg | Nº de | Imáx/2Ro | Imáx | Ql | Ql | Ql |
|-------|---------|-----------------------|-------------|----------|------|---------|----------|-------|
| (m/s) | (m/min) | (m ³ /min) | orifícios | (mm) | (mm) | (l/min) | (ml/min) | (l/h) |
| 90 | 5400 | 6,7824 | 1 orifício | 0,05 | 2 | 0,08492 | 85 | 5* |
| | | | | 0,15 | 6 | 0,25477 | 255 | 15 |
| | | | | 0,25 | 10 | 0,42462 | 425 | 25 |
| | | | | 0,35 | 14 | 0,59446 | 594 | 36 |
| | | | | 0,45 | 18 | 0,76431 | 764 | 46 |
| | | | | 0,65 | 26 | 1,10400 | 1104 | 66* |
| | | | | 0,85 | 34 | 1,44370 | 1444 | 87* |
| | | | 3 orifícios | 0,05 | 2 | 0,25477 | 255 | 15 |
| | | | | 0,15 | 6 | 0,76431 | 764 | 46 |
| | | | | 0,25 | 10 | 1,27385 | 1274 | 76 |
| | | | | 0,35 | 14 | 1,78339 | 1783 | 107 |
| | | | | 0,45 | 18 | 2,29293 | 2293 | 138 |
| | | | | 0,65 | 26 | 3,31201 | 3312 | 199* |
| | | | | 0,85 | 34 | 4,33109 | 4331 | 260* |
| | | | 6 orifícios | 0,05 | 2 | 0,50954 | 510 | 31 |
| | | | | 0,15 | 6 | 1,52862 | 1529 | 92 |
| | | | | 0,25 | 10 | 2,54770 | 2548 | 153 |
| | | | | 0,35 | 14 | 3,56678 | 3567 | 214 |
| | | | | 0,45 | 18 | 4,58586 | 4586 | 275 |
| | | | | 0,65 | 26 | 6,62402 | 6624 | 397* |
| | | | | 0,85 | 34 | 8,66218 | 8662 | 520* |

*Vazões não disponíveis

Tabela A8 – Calibração do rotâmetro KI em relação às vazões de líquido utilizadas no lavador Venturi de menor dimensão.

| QI | QI | Interpolação | Interpolação | Relação |
|-----------------|--------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| (ml/min) | (l/h) | Rotâm.(ml/min) | Pap. Milim. | Rotâmetro |
| 25 | 2 | * | * | * |
| 33 | 2 | * | * | * |
| 42 | 3 | * | * | * |
| 71 | 4 | * | * | * |
| 76 | 5 | 100 | 0 | KI 100 - 200 ml/min |
| 99 | 6 | 122 | 2 | |
| 118 | 7 | 140 | 4 | |
| 127 | 8 | 149 | 5 | |
| 142 | 8 | 163 | 6 | |
| 165 | 10 | 186 | 9 | |
| 198 | 12 | 219 | 2 | |
| 212 | 13 | 233 | 3 | |
| 231 | 14 | 252 | 5 | |
| 255 | 15 | 276 | 8 | |

Tabela A9 – Calibração dos rotâmetros da Tecnofluid em relação às vazões de líquido utilizadas no lavador Venturi de menor dimensão.

| Ql | Ql | Interpolação | Interpolação | Relação |
|-----------------|--------------|----------------------|---------------------|--------------------------|
| (ml/min) | (l/h) | Rotâm.(l/min) | Pap. Milim. | Rotâmetro |
| 297 | 18 | 24 | 4 | Tecnofluid 20 - 30 l/h |
| 307 | 18 | 24 | 4 | |
| 354 | 21 | 28 | 8 | |
| 382 | 23 | 30 | 10 | |
| 401 | 24 | 32 | 2 | Tecnofluid 30 - 40 l/h |
| 425 | 25 | 33 | 3 | |
| 429 | 26 | 34 | 4 | |
| 495 | 30 | 38 | 8 | |
| 552 | 33 | 42 | 2 | Tecnofluid 40 - 50 l/h |
| 561 | 34 | 43 | 3 | |
| 594 | 36 | 45 | 5 | |
| 637 | 38 | 47 | 8 | |
| 694 | 42 | 51 | 1 | Tecnofluid 50 - 60 l/h |
| 708 | 42 | 51 | 2 | |
| 722 | 43 | 52 | 3 | |
| 764 | 46 | 54 | 5 | |
| 892 | 54 | 61 | 1 | Tecnofluid 60 - 70 l/h |
| 920 | 55 | 63 | 3 | |
| 991 | 59 | 67 | 7 | |
| 1146 | 69 | 76 | 7 | Tecnofluid 70 - 80 l/h |
| 1203 | 72 | 79 | 11 | |
| 1274 | 76 | 83 | 4 | Tecnofluid 80 - 90 l/h |
| 1288 | 77 | 84 | 5 | |
| 1387 | 83 | 90 | 11 | |
| 1656 | 99 | 106 | 7 | Tecnofluid 100 - 110 l/h |
| 1684 | 101 | 108 | 9 | |
| 1783 | 107 | 113 | 4 | Tecnofluid 110 - 120 l/h |
| 1840 | 110 | 116 | 7 | |
| 2166 | 130 | 133 | 5 | Tecnofluid 130 - 140 l/h |
| 2293 | 138 | 139 | 15 | |
| 2406 | 144 | 218 | 5 | Tecnofluid 200 - 300 l/h |
| 2576 | 155 | 235 | 10 | |
| 3312 | 199 | 307 | 2 | Tecnofluid 300 - 400 l/h |
| 3369 | 202 | 313 | 4 | |
| 4331 | 260 | 406 | 2 | Tecnofluid 400 - 500 l/h |

Tabela A10 – Calibração do rotâmetro KI em relação às vazões de líquido utilizadas no lavador Venturi de maior dimensão.

| Ql | Ql | Interpolação | Interpolação | Relação |
|-----------------|--------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| (ml/min) | (l/h) | Rotâm.(ml/min) | Pap. Milim. | Rotâmetro |
| 47 | 3 | * | * | * |
| 66 | 4 | * | * | * |
| 85 | 5 | 109 | 1 | KI 100 - 200 ml/min |
| 142 | 8 | 163 | 6 | |
| 198 | 12 | 219 | 2 | KI 200 - 300 ml/min |
| 236 | 14 | 257 | 6 | |
| 255 | 15 | 276 | 8 | |

Tabela A11 – Calibração dos rotâmetros da Tecnofluid em relação às vazões de líquido utilizadas no lavador Venturi de maior dimensão.

| Ql | Ql | Interpolação | Interpolação | Relação |
|-----------------|--------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|
| (ml/min) | (l/h) | Rotâm.(ml/min) | Pap. Milim. | Rotâmetro |
| 283 | 17 | 23 | 3 | Tecnofluid 20 - 30 l/h |
| 330 | 20 | 26 | 6 | |
| 396 | 24 | 31 | 1 | Tecnofluid 30 - 40 l/h |
| 425 | 25 | 33 | 3 | |
| 462 | 28 | 36 | 6 | |
| 510 | 31 | 39 | 9 | |
| 594 | 36 | 45 | 5 | Tecnofluid 40 - 50 l/h |
| 613 | 37 | 46 | 6 | |
| 708 | 42 | 51 | 2 | Tecnofluid 50 - 60 l/h |
| 764 | 46 | 54 | 5 | |
| 802 | 48 | 56 | 8 | |
| 849 | 51 | 59 | 11 | |
| 859 | 52 | 59 | 11 | |
| 991 | 59 | 67 | 7 | |
| 1104 | 66 | 74 | 4 | Tecnofluid 70 - 80 l/h |
| 1123 | 67 | 75 | 6 | |
| 1189 | 71 | 78 | 10 | |
| 1274 | 76 | 83 | 4 | Tecnofluid 80 - 90 l/h |
| 1387 | 83 | 90 | 11 | Tecnofluid 90 - 100 l/h |
| 1415 | 85 | 92 | 2 | |
| 1444 | 87 | 94 | 4 | |
| 1529 | 92 | 98 | 10 | |
| 1783 | 107 | 113 | 4 | Tecnofluid 110 - 120 l/h |
| 1840 | 110 | 116 | 7 | Tecnofluid 120 - 130 l/h |
| 1982 | 119 | 123 | 5 | |
| 2293 | 138 | 139 | 15 | Tecnofluid 130 - 140 l/h |
| 2406 | 144 | 218 | 5 | Tecnofluid 200 - 300 l/h |
| 2548 | 153 | 232 | 10 | |
| 2576 | 155 | 235 | 10 | |
| 2774 | 166 | 254 | 16 | |
| 3312 | 199 | 307 | 2 | Tecnofluid 300 - 400 l/h |
| 3369 | 202 | 313 | 4 | |
| 3567 | 214 | 332 | 9 | |
| 3680 | 221 | 343 | 13 | |
| 4331 | 260 | 406 | 2 | Tecnofluid 400 - 500 l/h |
| 4586 | 275 | 429 | 7 | |
| 4812 | 289 | 448 | 13 | |
| 5152 | 309 | 478 | 20 | |
| 6624 | 397 | 624 | 6 | Tecnofluid 600 - 700 l/h |

| | | | | |
|------|-----|-----|---|---|
| 6737 | 404 | 633 | 8 | |
| 8662 | 520 | * | * | * |

APÊNDICE B

Resultados dos testes preliminares na forma de gráficos da fração de filme em função da abertura do estrangulador no lavador Venturi de dimensão maior.

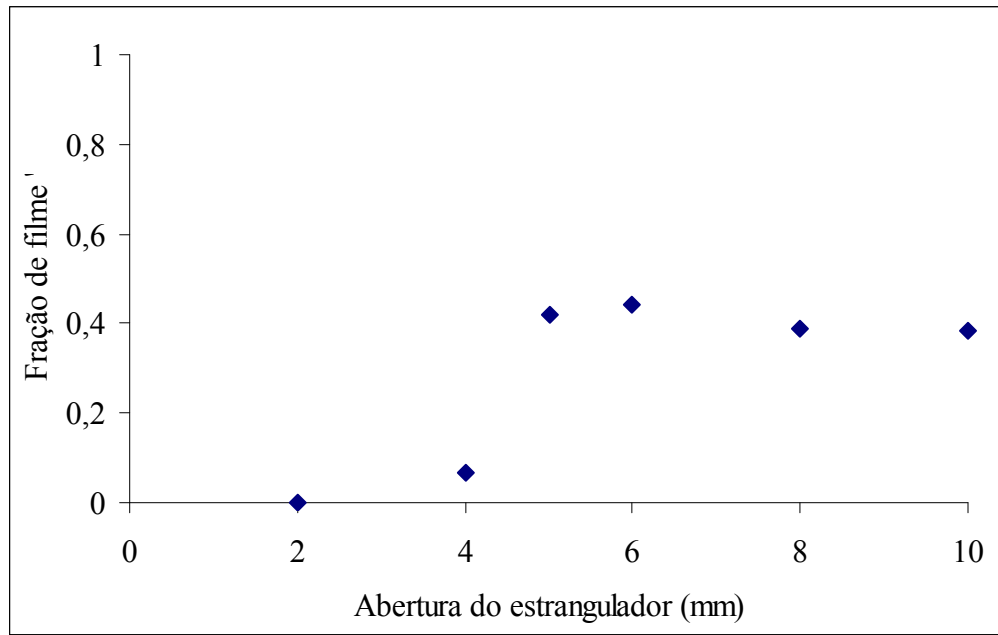


Figura B1 – Variação da fração de filme em função da abertura do estrangulador para uma velocidade de 50 m/s, penetração de jato de 0,85, 6 orifícios de injeção e $Z=140$ mm.

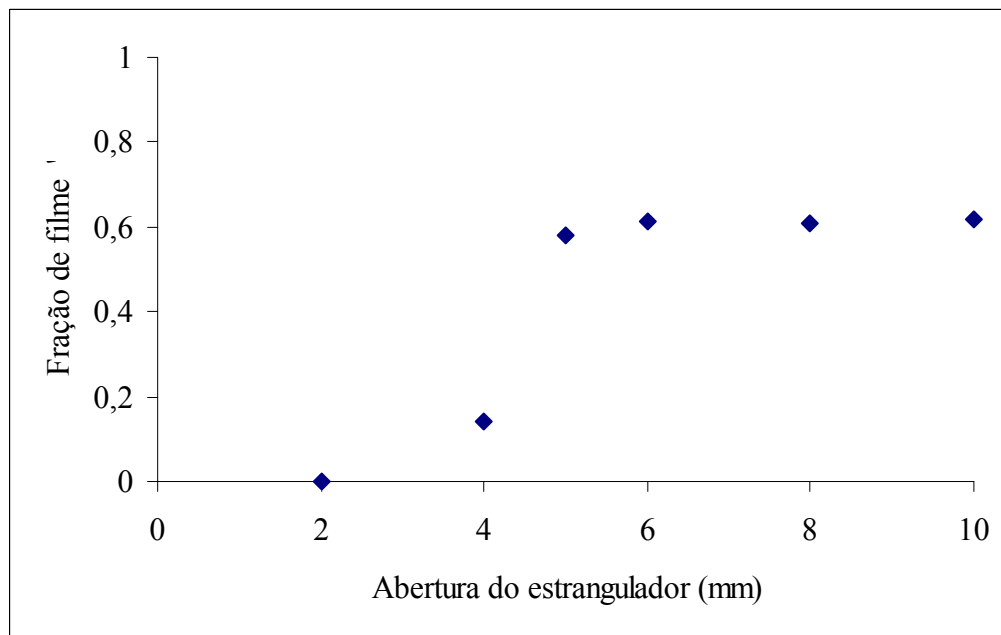


Figura B2 – Variação da fração de filme em função da abertura do estrangulador para uma velocidade de 50 m/s, penetração de jato de 0,85, 3 orifícios de injeção e $Z=140$ mm.

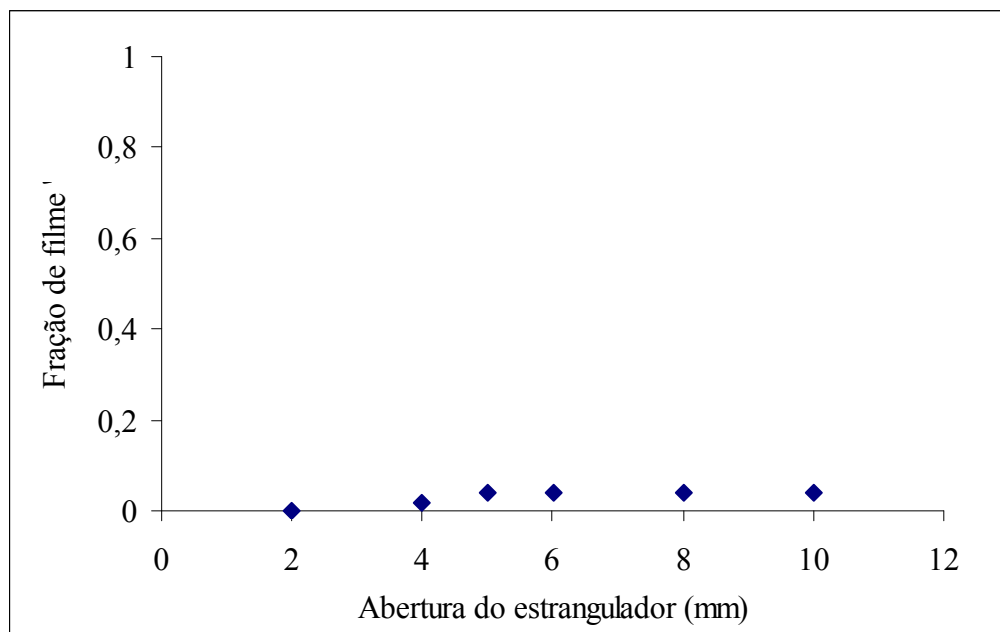


Figura B3 – Variação da fração de filme em função da abertura do estrangulador para uma velocidade de 90 m/s, penetração de jato de 0,45, 6 orifícios de injeção e Z=140 mm.

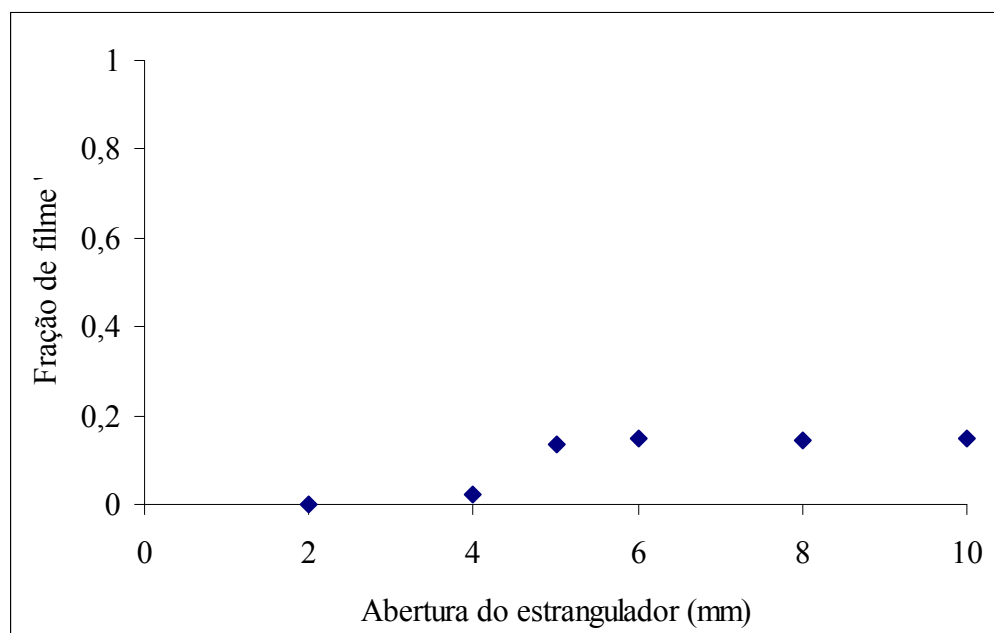


Figura B4 – Variação da fração de filme em função da abertura do estrangulador para uma velocidade de 90 m/s, penetração de jato de 0,45, 3 orifícios de injeção e Z=140 mm.

APÊNDICE C

Resultados dos dados experimentais na forma de tabelas da fração de filme obtido no lavador Venturi de dimensão maior para as velocidades do gás de 50m/s, 70 m/s e 90 m/s, para as configurações de injeção de líquido de 3 e 6 orifícios, e ângulo de convergência de 34°.

Tabela C1 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=50$ m/s, $Z=20$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 141,54 | 8,49 | 0,14 | 52,94 | 60 | 0,88 | 0,05 | 37,52 | 117,27 | 170,21 |
| | 0,15 | 424,62 | 25,48 | 0,42 | 3,63 | 60 | 0,06 | 0,00 | 0,86 | 118,56 | 122,19 |
| | 0,25 | 707,69 | 42,46 | 0,71 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,10 | 118,10 |
| | 0,35 | 990,77 | 59,45 | 0,99 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,85 | 117,85 |
| | 0,45 | 1273,85 | 76,43 | 1,27 | 21,80 | 60 | 0,36 | 0,02 | 1,72 | 117,56 | 139,36 |
| | 0,65 | 1840,00 | 110,40 | 1,84 | 247,84 | 60 | 4,13 | 0,25 | 13,51 | 118,57 | 366,41 |
| | 0,85 | 2406,16 | 144,37 | 2,41 | 556,73 | 60 | 9,28 | 0,56 | 23,21 | 117,77 | 674,50 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 283,08 | 16,98 | 0,28 | 154,79 | 60 | 2,58 | 0,16 | 54,85 | 118,11 | 272,90 |
| | 0,15 | 849,23 | 50,95 | 0,85 | 6,18 | 60 | 0,10 | 0,01 | 0,73 | 118,56 | 124,74 |
| | 0,25 | 1415,39 | 84,92 | 1,42 | 3,22 | 60 | 0,05 | 0,00 | 0,23 | 118,67 | 121,89 |
| | 0,35 | 1981,54 | 118,89 | 1,98 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,09 | 118,09 |
| | 0,45 | 2547,70 | 152,86 | 2,55 | 1,06 | 60 | 0,02 | 0,00 | 0,04 | 118,16 | 119,22 |
| | 0,65 | 3680,01 | 220,80 | 3,68 | 311,37 | 60 | 5,19 | 0,31 | 8,49 | 118,27 | 429,64 |
| | 0,85 | 4812,32 | 288,74 | 4,81 | 923,29 | 60 | 15,39 | 0,93 | 19,24 | 119,01 | 1042,30 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 141,54 | 8,49 | 0,14 | 54,57 | 60 | 0,91 | 0,05 | 38,67 | 119,04 | 173,61 |
| | 0,15 | 424,62 | 25,48 | 0,42 | 3,42 | 60 | 0,06 | 0,00 | 0,81 | 119,36 | 122,78 |
| | 0,25 | 707,69 | 42,46 | 0,71 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,96 | 118,96 |
| | 0,35 | 990,77 | 59,45 | 0,99 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,34 | 118,34 |
| | 0,45 | 1273,85 | 76,43 | 1,27 | 20,58 | 60 | 0,34 | 0,02 | 1,62 | 118,08 | 138,66 |
| | 0,65 | 1840,00 | 110,40 | 1,84 | 238,32 | 60 | 3,97 | 0,24 | 12,99 | 119,04 | 357,36 |
| | 0,85 | 2406,16 | 144,37 | 2,41 | 551,89 | 60 | 9,20 | 0,55 | 23,01 | 120,01 | 671,90 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 283,08 | 16,98 | 0,28 | 153,40 | 60 | 2,56 | 0,15 | 54,35 | 118,01 | 271,41 |
| | 0,15 | 849,23 | 50,95 | 0,85 | 6,85 | 60 | 0,11 | 0,01 | 0,81 | 118,17 | 125,02 |
| | 0,25 | 1415,39 | 84,92 | 1,42 | 1,69 | 60 | 0,03 | 0,00 | 0,12 | 118,59 | 120,28 |
| | 0,35 | 1981,54 | 118,89 | 1,98 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,59 | 118,59 |
| | 0,45 | 2547,70 | 152,86 | 2,55 | 1,60 | 60 | 0,03 | 0,00 | 0,06 | 118,58 | 120,18 |
| | 0,65 | 3680,01 | 220,80 | 3,68 | 308,92 | 60 | 5,15 | 0,31 | 8,42 | 118,18 | 427,10 |
| | 0,85 | 4812,32 | 288,74 | 4,81 | 924,07 | 60 | 15,40 | 0,93 | 19,26 | 118,53 | 1042,60 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 141,54 | 8,49 | 0,14 | 53,38 | 60 | 0,89 | 0,05 | 37,83 | 119,38 | 172,76 |
| | 0,15 | 424,62 | 25,48 | 0,42 | 3,81 | 60 | 0,06 | 0,00 | 0,90 | 117,80 | 121,61 |
| | 0,25 | 707,69 | 42,46 | 0,71 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,16 | 118,16 |
| | 0,35 | 990,77 | 59,45 | 0,99 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,10 | 118,10 |
| | 0,45 | 1273,85 | 76,43 | 1,27 | 20,13 | 60 | 0,34 | 0,02 | 1,59 | 117,78 | 137,91 |
| | 0,65 | 1840,00 | 110,40 | 1,84 | 240,59 | 60 | 4,01 | 0,24 | 13,11 | 118,53 | 359,12 |
| | 0,85 | 2406,16 | 144,37 | 2,41 | 556,34 | 60 | 9,27 | 0,56 | 23,19 | 120,06 | 676,40 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 283,08 | 16,98 | 0,28 | 154,13 | 60 | 2,57 | | 54,61 | 117,70 | 271,83 |
| | 0,15 | 849,23 | 50,95 | 0,85 | 6,80 | 60 | 0,11 | 0,01 | 0,80 | 118,73 | 125,53 |
| | 0,25 | 1415,39 | 84,92 | 1,42 | 2,86 | 60 | 0,05 | 0,00 | 0,20 | 117,68 | 120,54 |
| | 0,35 | 1981,54 | 118,89 | 1,98 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,91 | 117,91 |
| | 0,45 | 2547,70 | 152,86 | 2,55 | 1,72 | 60 | 0,03 | 0,00 | 0,07 | 118,37 | 120,09 |
| | 0,65 | 3680,01 | 220,80 | 3,68 | 307,16 | 60 | 5,12 | 0,31 | 8,37 | 118,63 | 425,79 |
| | 0,85 | 4812,32 | 288,74 | 4,81 | 920,81 | 60 | 15,35 | 0,92 | 19,19 | 118,69 | 1039,50 |

| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | |
|---|-----------------|------------------|----------------------|---------------------|-----------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff total (%) | Ff |
| 50 | 0,05 | 0,35710 | 0,17855 | 38,00 | 0,38 |
| | 0,15 | 0,00213 | 0,00106 | 0,86 | 0,01 |
| | 0,25 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0,00 |
| | 0,35 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0,00 |
| | 0,45 | 0,00463 | 0,00231 | 1,64 | 0,02 |
| | 0,65 | 0,07347 | 0,03673 | 13,21 | 0,13 |
| | 0,85 | 0,01256 | 0,00628 | 23,13 | 0,23 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff total (%) | Ff |
| 50 | 0,05 | 0,06069 | 0,03035 | 54,60 | 0,55 |
| | 0,15 | 0,00194 | 0,00097 | 0,78 | 0,01 |
| | 0,25 | 0,00321 | 0,00161 | 0,18 | 0,00 |
| | 0,35 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0,00 |
| | 0,45 | 0,00019 | 0,00010 | 0,06 | 0,00 |
| | 0,65 | 0,00332 | 0,00166 | 8,43 | 0,08 |
| | 0,85 | 0,00126 | 0,00063 | 19,23 | 0,19 |

Tabela C2 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=50$ m/s, $Z=60$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 141,54 | 8,49 | 0,14 | 81,42 | 60 | 1,36 | 0,08 | 57,70 | 119,49 | 200,91 |
| | 0,15 | 424,62 | 25,48 | 0,42 | 49,35 | 60 | 0,82 | 0,05 | 11,66 | 117,27 | 166,62 |
| | 0,25 | 707,69 | 42,46 | 0,71 | 11,80 | 60 | 0,20 | 0,01 | 1,67 | 118,10 | 129,90 |
| | 0,35 | 990,77 | 59,45 | 0,99 | 91,08 | 60 | 1,52 | 0,09 | 9,22 | 118,79 | 209,87 |
| | 0,45 | 1273,85 | 76,43 | 1,27 | 382,33 | 60 | 6,37 | 0,38 | 30,10 | 118,67 | 501,00 |
| | 0,65 | 1840,00 | 110,40 | 1,84 | 674,32 | 60 | 11,24 | 0,68 | 36,76 | 118,78 | 793,10 |
| | 0,85 | 2406,16 | 144,37 | 2,41 | 605,00 | 30 | 20,17 | 1,21 | 50,44 | 118,90 | 723,90 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 283,08 | 16,98 | 0,28 | 230,60 | 60 | 3,84 | 0,23 | 81,71 | 117,98 | 348,58 |
| | 0,15 | 849,23 | 50,95 | 0,85 | 73,07 | 60 | 1,22 | 0,07 | 8,63 | 118,49 | 191,56 |
| | 0,25 | 1415,39 | 84,92 | 1,42 | 19,72 | 60 | 0,33 | 0,02 | 1,40 | 118,67 | 138,39 |
| | 0,35 | 1981,54 | 118,89 | 1,98 | 56,57 | 60 | 0,94 | 0,06 | 2,86 | 119,17 | 175,74 |
| | 0,45 | 2547,70 | 152,86 | 2,55 | 115,00 | 30 | 3,83 | 0,23 | 9,05 | 118,70 | 233,70 |
| | 0,65 | 3680,01 | 220,80 | 3,68 | 418,58 | 30 | 13,95 | 0,84 | 22,82 | 119,42 | 538,00 |
| | 0,85 | 4812,32 | 288,74 | 4,81 | 893,50 | 30 | 29,78 | 1,79 | 37,25 | 118,80 | 1012,30 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 142 | 8 | 0,14 | 83,51 | 60 | 1,39 | 0,08 | 59,18 | 118,91 | 202,42 |
| | 0,15 | 425 | 25 | 0,42 | 42,48 | 60 | 0,71 | 0,04 | 10,03 | 118,11 | 160,59 |
| | 0,25 | 708 | 42 | 0,71 | 10,91 | 60 | 0,18 | 0,01 | 1,55 | 118,71 | 129,62 |
| | 0,35 | 991 | 59 | 0,99 | 97,55 | 60 | 1,63 | 0,10 | 9,88 | 118,22 | 215,77 |
| | 0,45 | 1274 | 76 | 1,27 | 400,44 | 60 | 6,67 | 0,40 | 31,53 | 119,06 | 519,5 |
| | 0,65 | 1840 | 110 | 1,84 | 683,29 | 60 | 11,39 | 0,69 | 37,25 | 118,81 | 802,1 |
| | 0,85 | 2406 | 144 | 2,41 | 630,36 | 30 | 21,01 | 1,26 | 52,55 | 118,64 | 749 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 283 | 17 | 0,28 | 231,26 | 60 | 3,85 | 0,23 | 81,94 | 118,42 | 349,68 |
| | 0,15 | 849 | 51 | 0,85 | 75,75 | 60 | 1,26 | 0,08 | 8,95 | 118 | 193,75 |
| | 0,25 | 1415 | 85 | 1,42 | 20,18 | 60 | 0,34 | 0,02 | 1,43 | 118,68 | 138,86 |
| | 0,35 | 1982 | 119 | 1,98 | 57,13 | 60 | 0,95 | 0,06 | 2,89 | 118,95 | 176,08 |
| | 0,45 | 2548 | 153 | 2,55 | 115,54 | 30 | 3,85 | 0,23 | 9,10 | 118,42 | 233,96 |
| | 0,65 | 3680 | 221 | 3,68 | 418,13 | 30 | 13,94 | 0,84 | 22,79 | 119,07 | 537,2 |
| | 0,85 | 4812 | 289 | 4,81 | 898,99 | 30 | 29,97 | 1,80 | 37,47 | 119,21 | 1018,2 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 141,54 | 8,49 | 0,14 | 83,77 | 60 | 1,40 | 0,08 | 59,36 | 119,29 | 203,06 |
| | 0,15 | 424,62 | 25,48 | 0,42 | 42,64 | 60 | 0,71 | 0,04 | 10,07 | 118,48 | 161,12 |
| | 0,25 | 707,69 | 42,46 | 0,71 | 11,60 | 60 | 0,19 | 0,01 | 1,64 | 119,05 | 130,65 |
| | 0,35 | 990,77 | 59,45 | 0,99 | 100,23 | 60 | 1,67 | 0,10 | 10,15 | 118,82 | 219,05 |
| | 0,45 | 1273,85 | 76,43 | 1,27 | 397,41 | 60 | 6,62 | 0,40 | 31,29 | 118,49 | 515,90 |
| | 0,65 | 1840,00 | 110,40 | 1,84 | 666,68 | 60 | 11,11 | 0,67 | 36,34 | 118,82 | 785,50 |
| | 0,85 | 2406,16 | 144,37 | 2,41 | 628,62 | 30 | 20,95 | 1,26 | 52,41 | 118,88 | 747,50 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 283,08 | 16,98 | 0,28 | 227,23 | 60 | 3,79 | 0,23 | 80,51 | 118,77 | 346,00 |
| | 0,15 | 849,23 | 50,95 | 0,85 | 73,11 | 60 | 1,22 | 0,07 | 8,63 | 118,39 | 191,50 |
| | 0,25 | 1415,39 | 84,92 | 1,42 | 20,22 | 60 | 0,34 | 0,02 | 1,43 | 118,20 | 138,42 |
| | 0,35 | 1981,54 | 118,89 | 1,98 | 56,06 | 60 | 0,93 | 0,06 | 2,84 | 118,46 | 174,52 |
| | 0,45 | 2547,70 | 152,86 | 2,55 | 115,19 | 30 | 3,84 | 0,23 | 9,07 | 118,81 | 234,00 |
| | 0,65 | 3680,01 | 220,80 | 3,68 | 420,93 | 30 | 14,03 | 0,84 | 22,95 | 119,37 | 540,30 |
| | 0,85 | 4812,32 | 288,74 | 4,81 | 894,38 | 30 | 29,81 | 1,79 | 37,28 | 119,02 | 1013,40 |

| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | |
|---|-----------------|------------------|----------------------|---------------|-----------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff (%) | Ff |
| 50 | 0,05 | 0,83347 | 0,41673 | 58,75 | 0,59 |
| | 0,15 | 0,85786 | 0,42893 | 10,59 | 0,11 |
| | 0,25 | 0,00438 | 0,00219 | 1,62 | 0,02 |
| | 0,35 | 0,22678 | 0,11339 | 9,75 | 0,10 |
| | 0,45 | 0,58335 | 0,29168 | 30,98 | 0,31 |
| | 0,65 | 0,20539 | 0,10269 | 36,78 | 0,37 |
| | 0,85 | 1,39482 | 0,69741 | 51,80 | 0,52 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff (%) | Ff |
| 50 | 0,05 | 0,58657 | 0,29329 | 81,39 | 0,81 |
| | 0,15 | 0,03291 | 0,01645 | 8,74 | 0,09 |
| | 0,25 | 0,00039 | 0,00019 | 1,42 | 0,01 |
| | 0,35 | 0,00073 | 0,00037 | 2,86 | 0,03 |
| | 0,45 | 0,00047 | 0,00023 | 9,07 | 0,09 |
| | 0,65 | 0,00672 | 0,00336 | 22,85 | 0,23 |
| | 0,85 | 0,01511 | 0,00755 | 37,33 | 0,37 |

Tabela C3 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=50$ m/s, $Z=140$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 142 | 8 | 0,14 | 67,76 | 60 | 1,13 | 0,07 | 48,02 | 117,28 | 185,04 |
| | 0,15 | 425 | 25 | 0,42 | 96,28 | 60 | 1,60 | 0,10 | 22,74 | 119,12 | 215,40 |
| | 0,25 | 708 | 42 | 0,71 | 138,70 | 60 | 2,31 | 0,14 | 19,66 | 119,56 | 258,26 |
| | 0,35 | 991 | 59 | 0,99 | 430,70 | 60 | 7,18 | 0,43 | 43,60 | 119,20 | 549,90 |
| | 0,45 | 1274 | 76 | 1,27 | 605,77 | 60 | 10,10 | 0,61 | 47,70 | 119,13 | 724,90 |
| | 0,65 | 1840 | 110 | 1,84 | 955,27 | 60 | 15,92 | 0,96 | 52,07 | 119,33 | 1074,60 |
| | 0,85 | 2406 | 144 | 2,41 | 688,15 | 30 | 22,94 | 1,38 | 57,37 | 118,85 | 807,00 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 283 | 17 | 0,28 | 221,77 | 60 | 3,70 | 0,22 | 78,58 | 117,96 | 339,73 |
| | 0,15 | 849 | 51 | 0,85 | 177,63 | 60 | 2,96 | 0,18 | 20,98 | 119,00 | 296,63 |
| | 0,25 | 1415 | 85 | 1,42 | 168,50 | 60 | 2,81 | 0,17 | 11,94 | 119,24 | 287,74 |
| | 0,35 | 1982 | 119 | 1,98 | 520,77 | 60 | 8,68 | 0,52 | 26,36 | 118,43 | 639,20 |
| | 0,45 | 2548 | 153 | 2,55 | 444,35 | 30 | 14,81 | 0,89 | 34,99 | 118,35 | 562,70 |
| | 0,65 | 3680 | 221 | 3,68 | 904,60 | 30 | 30,15 | 1,81 | 49,31 | 118,50 | 1023,10 |
| | 0,85 | 4812 | 289 | 4,81 | 932,21 | 20 | 46,61 | 2,81 | 58,29 | 118,39 | 1050,60 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 142 | 8 | 0,14 | 70,16 | 60 | 1,17 | 0,07 | 49,72 | 117,54 | 187,70 |
| | 0,15 | 425 | 25 | 0,42 | 86,32 | 60 | 1,44 | 0,09 | 20,39 | 117,26 | 203,58 |
| | 0,25 | 708 | 42 | 0,71 | 104,82 | 60 | 1,75 | 0,11 | 14,86 | 118,28 | 223,10 |
| | 0,35 | 991 | 59 | 0,99 | 400,33 | 60 | 6,67 | 0,40 | 40,53 | 119,47 | 519,80 |
| | 0,45 | 1274 | 76 | 1,27 | 599,38 | 60 | 9,99 | 0,60 | 47,19 | 119,02 | 718,40 |
| | 0,65 | 1840 | 110 | 1,84 | 892,84 | 60 | 14,88 | 0,90 | 48,67 | 119,16 | 1012,00 |
| | 0,85 | 2406 | 144 | 2,41 | 670,33 | 30 | 22,34 | 1,34 | 55,89 | 118,17 | 788,50 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 283 | 17 | 0,28 | 230,37 | 60 | 3,84 | 0,23 | 81,63 | 118,10 | 348,47 |
| | 0,15 | 849 | 51 | 0,85 | 156,12 | 60 | 2,60 | 0,16 | 18,44 | 118,59 | 274,71 |
| | 0,25 | 1415 | 85 | 1,42 | 186,54 | 60 | 3,11 | 0,19 | 13,22 | 118,73 | 305,27 |
| | 0,35 | 1982 | 119 | 1,98 | 581,31 | 60 | 9,69 | 0,58 | 29,42 | 118,99 | 700,30 |
| | 0,45 | 2548 | 153 | 2,55 | 430,68 | 30 | 14,36 | 0,86 | 33,91 | 118,32 | 549,00 |
| | 0,65 | 3680 | 221 | 3,68 | 862,78 | 30 | 28,76 | 1,73 | 47,03 | 118,52 | 981,30 |
| | 0,85 | 4812 | 289 | 4,81 | 857,91 | 20 | 42,90 | 2,58 | 53,64 | 118,59 | 976,50 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 142 | 8 | 0,14 | 69,07 | 60 | 1,15 | 0,07 | 48,95 | 117,24 | 186,31 |
| | 0,15 | 425 | 25 | 0,42 | 78,61 | 60 | 1,31 | 0,08 | 18,57 | 118,73 | 197,34 |
| | 0,25 | 708 | 42 | 0,71 | 141,85 | 60 | 2,36 | 0,14 | 20,10 | 118,60 | 260,45 |
| | 0,35 | 991 | 59 | 0,99 | 426,09 | 60 | 7,10 | 0,43 | 43,14 | 119,01 | 545,10 |
| | 0,45 | 1274 | 76 | 1,27 | 602,79 | 60 | 10,05 | 0,60 | 47,46 | 119,01 | 721,80 |
| | 0,65 | 1840 | 110 | 1,84 | 990,15 | 60 | 16,50 | 0,99 | 53,97 | 119,25 | 1109,40 |
| | 0,85 | 2406 | 144 | 2,41 | 692,43 | 30 | 23,08 | 1,39 | 57,73 | 118,27 | 810,70 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 50 | 0,05 | 283 | 17 | 0,28 | 213,39 | 60 | 3,56 | 0,21 | 75,61 | 119,10 | 332,49 |
| | 0,15 | 849 | 51 | 0,85 | 156,47 | 60 | 2,61 | 0,16 | 18,48 | 118,91 | 275,38 |
| | 0,25 | 1415 | 85 | 1,42 | 193,96 | 60 | 3,23 | 0,19 | 13,74 | 119,64 | 313,60 |
| | 0,35 | 1982 | 119 | 1,98 | 615,14 | 60 | 10,25 | 0,62 | 31,14 | 119,26 | 734,40 |
| | 0,45 | 2548 | 153 | 2,55 | 437,31 | 30 | 14,58 | 0,88 | 34,43 | 118,49 | 555,80 |
| | 0,65 | 3680 | 221 | 3,68 | 873,55 | 30 | 29,12 | 1,75 | 47,62 | 118,75 | 992,30 |
| | 0,85 | 4812 | 289 | 4,81 | 935,05 | 20 | 46,75 | 2,81 | 58,47 | 118,45 | 1053,50 |

| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | |
|--|-----------------|------------------|----------------------|---------------|-----------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff (%) | Ff |
| 50 | 0,05 | 0,72516 | 0,36258 | 48,89 | 0,49 |
| | 0,15 | 4,37895 | 2,18947 | 20,57 | 0,21 |
| | 0,25 | 8,46673 | 4,23336 | 18,21 | 0,18 |
| | 0,35 | 2,74519 | 1,37259 | 42,42 | 0,42 |
| | 0,45 | 0,06338 | 0,03169 | 47,45 | 0,47 |
| | 0,65 | 7,22234 | 3,61117 | 51,57 | 0,52 |
| | 0,85 | 0,95487 | 0,47744 | 56,99 | 0,57 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff (%) | Ff |
| 50 | 0,05 | 9,04978 | 4,52489 | 78,60 | 0,79 |
| | 0,15 | 2,11694 | 1,05847 | 19,30 | 0,19 |
| | 0,25 | 0,86099 | 0,43050 | 12,97 | 0,13 |
| | 0,35 | 5,85673 | 2,92836 | 28,97 | 0,29 |
| | 0,45 | 0,28972 | 0,14486 | 34,44 | 0,34 |
| | 0,65 | 1,40105 | 0,70053 | 47,99 | 0,48 |
| | 0,85 | 7,47999 | 3,73999 | 56,80 | 0,57 |

Tabela C4 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=70$ m/s, $Z=20$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 198 | 12 | 0,20 | 104,11 | 60 | 1,74 | 0,10 | 52,70 | 117,23 | 221,34 |
| | 0,15 | 594 | 36 | 0,59 | 23,85 | 60 | 0,40 | 0,02 | 4,02 | 118,42 | 142,27 |
| | 0,25 | 991 | 59 | 0,99 | 3,57 | 60 | 0,06 | 0,00 | 0,36 | 118,93 | 122,5 |
| | 0,35 | 1387 | 83 | 1,39 | 0 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,52 | 118,52 |
| | 0,45 | 1783 | 107 | 1,78 | 0 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,84 | 118,84 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 396 | 24 | 0,40 | 262,43 | 60 | 4,37 | 0,26 | 66,42 | 117,23 | 379,66 |
| | 0,15 | 1189 | 71 | 1,19 | 66,55 | 60 | 1,11 | 0,07 | 5,61 | 118,54 | 185,09 |
| | 0,25 | 1982 | 119 | 1,98 | 10,23 | 60 | 0,17 | 0,01 | 0,52 | 118,13 | 128,36 |
| | 0,35 | 2774 | 166 | 2,77 | 1,29 | 60 | 0,02 | 0,00 | 0,05 | 118,03 | 119,32 |
| | 0,45 | 3567 | 214 | 3,57 | 0 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,25 | 118,25 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/D | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 198 | 12 | 0,20 | 101,32 | 60 | 1,69 | 0,10 | 51,29 | 119,52 | 220,84 |
| | 0,15 | 594 | 36 | 0,59 | 23,86 | 60 | 0,40 | 0,02 | 4,03 | 118,21 | 142,07 |
| | 0,25 | 991 | 59 | 0,99 | 3,02 | 60 | 0,05 | 0,00 | 0,31 | 118,35 | 121,37 |
| | 0,35 | 1387 | 83 | 1,39 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,35 | 118,35 |
| | 0,45 | 1783 | 107 | 1,78 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,16 | 118,16 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/D | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 396 | 24 | 0,40 | 264,05 | 60 | 4,40 | 0,26 | 66,83 | 118,69 | 382,74 |
| | 0,15 | 1189 | 71 | 1,19 | 67,22 | 60 | 1,12 | 0,07 | 5,67 | 119,03 | 186,25 |
| | 0,25 | 1982 | 119 | 1,98 | 9,14 | 60 | 0,15 | 0,01 | 0,46 | 118,71 | 127,85 |
| | 0,35 | 2774 | 166 | 2,77 | 1,39 | 60 | 0,02 | 0,00 | 0,05 | 118,08 | 119,47 |
| | 0,45 | 3567 | 214 | 3,57 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,27 | 118,27 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 198 | 12 | 0,20 | 102,84 | 60 | 1,71 | 0,10 | 52,06 | 118,61 | 221,45 |
| | 0,15 | 594 | 36 | 0,59 | 23,33 | 60 | 0,39 | 0,02 | 3,94 | 117,93 | 141,26 |
| | 0,25 | 991 | 59 | 0,99 | 3,28 | 60 | 0,05 | 0,00 | 0,33 | 118,39 | 121,67 |
| | 0,35 | 1387 | 83 | 1,39 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,51 | 118,51 |
| | 0,45 | 1783 | 107 | 1,78 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,29 | 118,29 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 396 | 24 | 0,40 | 261,75 | 60 | 4,36 | 0,26 | 66,25 | 118,32 | 380,07 |
| | 0,15 | 1189 | 71 | 1,19 | 65,31 | 60 | 1,09 | 0,07 | 5,51 | 118,55 | 183,86 |
| | 0,25 | 1982 | 119 | 1,98 | 7,05 | 60 | 0,12 | 0,01 | 0,36 | 119,23 | 126,28 |
| | 0,35 | 2774 | 166 | 2,77 | 1,31 | 60 | 0,02 | 0,00 | 0,05 | 118,06 | 119,37 |
| | 0,45 | 3567 | 214 | 3,57 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,25 | 118,25 |

| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | |
|---|-----------------|------------------|----------------------|---------------------|-----------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff total (%) | Ff |
| 70 | 0,05 | 0,49993 | 0,24997 | 52,01 | 0,52 |
| | 0,15 | 0,00262 | 0,00131 | 4,00 | 0,04 |
| | 0,25 | 0,00078 | 0,00039 | 0,33 | 0,00 |
| | 0,35 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0,00 |
| | 0,45 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0,00 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff total (%) | Ff |
| 70 | 0,05 | 0,08943 | 0,04471 | 66,50 | 0,66 |
| | 0,15 | 0,00668 | 0,00334 | 5,60 | 0,06 |
| | 0,25 | 0,00669 | 0,00335 | 0,45 | 0,00 |
| | 0,35 | 0,00000 | 0,00000 | 0,05 | 0,00 |
| | 0,45 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0,00 |

Tabela C5 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=70$ m/s, $Z=60$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 198 | 12 | 0,20 | 112,14 | 60 | 1,87 | 0,11 | 56,76 | 118,98 | 231,12 |
| | 0,15 | 594 | 36 | 0,59 | 58,63 | 60 | 0,98 | 0,06 | 9,89 | 119,46 | 178,09 |
| | 0,25 | 991 | 59 | 0,99 | 28,26 | 60 | 0,47 | 0,03 | 2,86 | 117,89 | 146,15 |
| | 0,35 | 1387 | 83 | 1,39 | 27,99 | 60 | 0,47 | 0,03 | 2,02 | 118,68 | 146,67 |
| | 0,45 | 1783 | 107 | 1,78 | 150,02 | 60 | 2,50 | 0,15 | 8,44 | 118,30 | 268,32 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 396 | 24 | 0,40 | 297,56 | 60 | 4,96 | 0,30 | 75,31 | 118,40 | 415,96 |
| | 0,15 | 1189 | 71 | 1,19 | 120,55 | 60 | 2,01 | 0,12 | 10,17 | 118,96 | 239,51 |
| | 0,25 | 1982 | 119 | 1,98 | 43,35 | 60 | 0,72 | 0,04 | 2,19 | 118,21 | 161,56 |
| | 0,35 | 2774 | 166 | 2,77 | 25,88 | 60 | 0,43 | 0,03 | 0,94 | 118,66 | 144,54 |
| | 0,45 | 3567 | 214 | 3,57 | 45,99 | 60 | 0,77 | 0,05 | 1,29 | 118,76 | 164,75 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 198 | 12 | 0,20 | 112,53 | 60,00 | 1,88 | 0,11 | 56,96 | 119,56 | 232,09 |
| | 0,15 | 594 | 36 | 0,59 | 55,55 | 60,00 | 0,93 | 0,06 | 9,37 | 118,68 | 174,23 |
| | 0,25 | 991 | 59 | 0,99 | 27,43 | 60,00 | 0,46 | 0,03 | 2,78 | 117,90 | 145,33 |
| | 0,35 | 1387 | 83 | 1,39 | 29,35 | 60,00 | 0,49 | 0,03 | 2,12 | 118,72 | 148,07 |
| | 0,45 | 1783 | 107 | 1,78 | 156,85 | 60,00 | 2,61 | 0,16 | 8,82 | 118,31 | 275,16 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 396 | 24 | 0,40 | 291,82 | 60,00 | 4,86 | 0,29 | 73,86 | 118,39 | 410,21 |
| | 0,15 | 1189 | 71 | 1,19 | 118,68 | 60,00 | 1,98 | 0,12 | 10,01 | 119,12 | 237,80 |
| | 0,25 | 1982 | 119 | 1,98 | 39,90 | 60,00 | 0,67 | 0,04 | 2,02 | 118,08 | 157,98 |
| | 0,35 | 2774 | 166 | 2,77 | 26,02 | 60,00 | 0,43 | 0,03 | 0,94 | 119,11 | 145,13 |
| | 0,45 | 3567 | 214 | 3,57 | 45,97 | 60,00 | 0,77 | 0,05 | 1,29 | 119,28 | 165,25 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 198 | 12 | 0,20 | 112,65 | 60 | 1,88 | 0,11 | 57,02 | 119,02 | 231,67 |
| | 0,15 | 594 | 36 | 0,59 | 65,53 | 60 | 1,09 | 0,07 | 11,06 | 117,25 | 182,78 |
| | 0,25 | 991 | 59 | 0,99 | 28,43 | 60 | 0,47 | 0,03 | 2,88 | 118,60 | 147,03 |
| | 0,35 | 1387 | 83 | 1,39 | 30,95 | 60 | 0,52 | 0,03 | 2,24 | 118,55 | 149,50 |
| | 0,45 | 1783 | 107 | 1,78 | 155,64 | 60 | 2,59 | 0,16 | 8,75 | 118,47 | 274,11 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 396 | 24 | 0,40 | 294,59 | 60 | 4,91 | 0,30 | 74,56 | 117,89 | 412,48 |
| | 0,15 | 1189 | 71 | 1,19 | 120,47 | 60 | 2,01 | 0,12 | 10,16 | 118,57 | 239,04 |
| | 0,25 | 1982 | 119 | 1,98 | 41,95 | 60 | 0,70 | 0,04 | 2,12 | 119,14 | 161,09 |
| | 0,35 | 2774 | 166 | 2,77 | 26,23 | 60 | 0,44 | 0,03 | 0,95 | 118,49 | 144,72 |
| | 0,45 | 3567 | 214 | 3,57 | 46,83 | 60 | 0,78 | 0,05 | 1,32 | 119,4 | 166,23 |

| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | |
|---|-----------------|------------------|----------------------|---------------------|-----------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff total (%) | Ff |
| 70 | 0,05 | 0,01822 | 0,00911 | 56,91 | 0,57 |
| | 0,15 | 0,74348 | 0,37174 | 10,11 | 0,10 |
| | 0,25 | 0,00293 | 0,00147 | 2,84 | 0,03 |
| | 0,35 | 0,01148 | 0,00574 | 2,13 | 0,02 |
| | 0,45 | 0,04202 | 0,02101 | 8,67 | 0,09 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff total (%) | Ff |
| 70 | 0,05 | 0,52782 | 0,26391 | 74,57 | 0,75 |
| | 0,15 | 0,00796 | 0,00398 | 10,12 | 0,10 |
| | 0,25 | 0,00771 | 0,00386 | 2,11 | 0,02 |
| | 0,35 | 0,00004 | 0,00002 | 0,94 | 0,01 |
| | 0,45 | 0,00019 | 0,00010 | 1,30 | 0,01 |

Tabela C6 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=70$ m/s, $Z=140$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 198 | 12 | 0,20 | 104,97 | 60 | 1,75 | 0,11 | 53,13 | 118,57 | 223,54 |
| | 0,15 | 594 | 36 | 0,59 | 100,63 | 60 | 1,68 | 0,10 | 16,98 | 118,03 | 218,66 |
| | 0,25 | 991 | 59 | 0,99 | 132,40 | 60 | 2,21 | 0,13 | 13,40 | 118,13 | 250,53 |
| | 0,35 | 1387 | 83 | 1,39 | 391,83 | 60 | 6,53 | 0,39 | 28,33 | 118,67 | 510,5 |
| | 0,45 | 1783 | 107 | 1,78 | 588,50 | 60 | 9,81 | 0,59 | 33,10 | 119,4 | 707,9 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 396 | 24 | 0,40 | 290,50 | 60 | 4,84 | 0,29 | 73,52 | 118,29 | 408,79 |
| | 0,15 | 1189 | 71 | 1,19 | 193,27 | 60 | 3,22 | 0,19 | 16,30 | 119,12 | 312,39 |
| | 0,25 | 1982 | 119 | 1,98 | 199,00 | 60 | 3,32 | 0,20 | 10,07 | 119,15 | 318,15 |
| | 0,35 | 2774 | 166 | 2,77 | 409,96 | 60 | 6,83 | 0,41 | 14,82 | 118,94 | 528,90 |
| | 0,45 | 3567 | 214 | 3,57 | 627,71 | 60 | 10,46 | 0,63 | 17,65 | 119,49 | 747,20 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 198 | 12 | 0,20 | 98,45 | 60 | 1,64 | 0,10 | 49,83 | 119,26 | 217,71 |
| | 0,15 | 594 | 36 | 0,59 | 93,33 | 60 | 1,56 | 0,09 | 15,75 | 119,59 | 212,92 |
| | 0,25 | 991 | 59 | 0,99 | 131,92 | 60 | 2,20 | 0,13 | 13,35 | 119,16 | 251,08 |
| | 0,35 | 1387 | 83 | 1,39 | 408,71 | 60 | 6,81 | 0,41 | 29,55 | 119,49 | 528,20 |
| | 0,45 | 1783 | 107 | 1,78 | 589,93 | 60 | 9,83 | 0,59 | 33,18 | 119,07 | 709,00 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 396 | 24 | 0,40 | 292,3 | 60 | 4,87 | 0,29 | 73,98 | 119,05 | 411,35 |
| | 0,15 | 1189 | 71 | 1,19 | 200,51 | 60 | 3,34 | 0,20 | 16,92 | 119,85 | 320,36 |
| | 0,25 | 1982 | 119 | 1,98 | 208,85 | 60 | 3,48 | 0,21 | 10,57 | 119,29 | 328,14 |
| | 0,35 | 2774 | 166 | 2,77 | 400,34 | 60 | 6,67 | 0,40 | 14,47 | 119,67 | 520,01 |
| | 0,45 | 3567 | 214 | 3,57 | 626,56 | 60 | 10,44 | 0,63 | 17,62 | 119,44 | 746,00 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 198 | 12 | 0,20 | 99,18 | 60 | 1,65 | 0,10 | 50,20 | 119,02 | 218,20 |
| | 0,15 | 594 | 36 | 0,59 | 99,50 | 60 | 1,66 | 0,10 | 16,79 | 118,01 | 217,51 |
| | 0,25 | 991 | 59 | 0,99 | 134,37 | 60 | 2,24 | 0,13 | 13,60 | 119,21 | 253,58 |
| | 0,35 | 1387 | 83 | 1,39 | 406,75 | 60 | 6,78 | 0,41 | 29,41 | 119,45 | 526,20 |
| | 0,45 | 1783 | 107 | 1,78 | 590,65 | 60 | 9,84 | 0,59 | 33,22 | 119,45 | 710,10 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 70 | 0,05 | 396 | 24 | 0,40 | 292,05 | 60 | 4,87 | 0,29 | 73,91 | 119,48 | 411,53 |
| | 0,15 | 1189 | 71 | 1,19 | 194,65 | 60 | 3,24 | 0,20 | 16,42 | 119,96 | 314,61 |
| | 0,25 | 1982 | 119 | 1,98 | 207,62 | 60 | 3,46 | 0,21 | 10,51 | 119,39 | 327,01 |
| | 0,35 | 2774 | 166 | 2,77 | 404,91 | 60 | 6,75 | 0,41 | 14,64 | 118,89 | 523,80 |
| | 0,45 | 3567 | 214 | 3,57 | 613,63 | 60 | 10,23 | 0,62 | 17,26 | 119,77 | 733,40 |

| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | |
|---|-----------------|------------------|----------------------|---------------------|-----------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff total (%) | Ff |
| 70 | 0,05 | 3,26960 | 1,63480 | 51,06 | 0,51 |
| | 0,15 | 0,43953 | 0,21976 | 16,50 | 0,17 |
| | 0,25 | 0,01728 | 0,00864 | 13,45 | 0,13 |
| | 0,35 | 0,44566 | 0,22283 | 29,10 | 0,29 |
| | 0,45 | 0,00379 | 0,00189 | 33,17 | 0,33 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff total (%) | Ff |
| 70 | 0,05 | 0,06090 | 0,03045 | 73,80 | 0,74 |
| | 0,15 | 0,10517 | 0,05258 | 16,55 | 0,17 |
| | 0,25 | 0,07381 | 0,03690 | 10,38 | 0,10 |
| | 0,35 | 0,03027 | 0,01513 | 14,65 | 0,15 |
| | 0,45 | 0,04834 | 0,02417 | 17,51 | 0,18 |

Tabela C7 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=90$ m/s, $Z=20$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 255 | 15 | 0,25 | 134,71 | 60 | 2,25 | 0,14 | 53,03 | 117,73 | 252,44 |
| | 0,15 | 764 | 46 | 0,76 | 31,07 | 60 | 0,52 | 0,03 | 4,08 | 118,5 | 149,57 |
| | 0,25 | 1274 | 76 | 1,27 | 3,77 | 60 | 0,06 | 0,00 | 0,30 | 118,67 | 122,44 |
| | 0,35 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,97 | 60 | 0,03 | 0,00 | 0,11 | 118,56 | 120,53 |
| | 0,45 | 2293 | 138 | 2,29 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,32 | 118,32 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2R | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 510 | 31 | 0,51 | 279,06 | 60 | 4,65 | 0,28 | 54,93 | 117,85 | 396,91 |
| | 0,15 | 1529 | 92 | 1,53 | 57,87 | 60 | 0,96 | 0,06 | 3,80 | 119,5 | 177,37 |
| | 0,25 | 2548 | 153 | 2,55 | 8,35 | 60 | 0,14 | 0,01 | 0,33 | 118,4 | 126,75 |
| | 0,35 | 3567 | 214 | 3,57 | 1,78 | 60 | 0,03 | 0,00 | 0,05 | 117,88 | 119,66 |
| | 0,45 | 4586 | 275 | 4,59 | 1,66 | 60 | 0,03 | 0,00 | 0,04 | 117,8 | 119,46 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 255 | 15 | 0,25 | 131,62 | 60 | 2,19 | 0,13 | 51,82 | 118,00 | 249,62 |
| | 0,15 | 764 | 46 | 0,76 | 30,28 | 60 | 0,50 | 0,03 | 3,97 | 118,20 | 148,48 |
| | 0,25 | 1274 | 76 | 1,27 | 3,59 | 60 | 0,06 | 0,00 | 0,28 | 118,60 | 122,19 |
| | 0,35 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,44 | 60 | 0,02 | 0,00 | 0,08 | 118,48 | 119,92 |
| | 0,45 | 2293 | 138 | 2,29 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,25 | 118,25 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 510 | 31 | 0,51 | 279,02 | 60 | 4,65 | 0,28 | 54,92 | 118,72 | 397,74 |
| | 0,15 | 1529 | 92 | 1,53 | 56,82 | 60 | 0,95 | 0,06 | 3,73 | 119,15 | 175,97 |
| | 0,25 | 2548 | 153 | 2,55 | 9,23 | 60 | 0,15 | 0,01 | 0,36 | 118,74 | 127,97 |
| | 0,35 | 3567 | 214 | 3,57 | 1,57 | 60 | 0,03 | 0,00 | 0,04 | 118,46 | 120,03 |
| | 0,45 | 4586 | 275 | 4,59 | 2,48 | 60 | 0,04 | 0,00 | 0,05 | 118,13 | 120,61 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 255 | 15 | 0,25 | 133,28 | 60 | 2,22 | 0,13 | 52,47 | 118,29 | 251,57 |
| | 0,15 | 764 | 46 | 0,76 | 31,25 | 60 | 0,52 | 0,03 | 4,10 | 118,96 | 150,21 |
| | 0,25 | 1274 | 76 | 1,27 | 3,54 | 60 | 0,06 | 0,00 | 0,28 | 118,47 | 122,01 |
| | 0,35 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,62 | 60 | 0,03 | 0,00 | 0,09 | 118,01 | 119,63 |
| | 0,45 | 2293 | 138 | 2,29 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,68 | 118,68 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 510 | 31 | 0,51 | 277,58 | 60 | 4,63 | 0,28 | 54,64 | 119,84 | 397,42 |
| | 0,15 | 1529 | 92 | 1,53 | 57,33 | 60 | 0,96 | 0,06 | 3,76 | 119,39 | 176,72 |
| | 0,25 | 2548 | 153 | 2,55 | 9,12 | 60 | 0,15 | 0,01 | 0,36 | 119,03 | 128,15 |
| | 0,35 | 3567 | 214 | 3,57 | 1,79 | 60 | 0,03 | 0,00 | 0,05 | 118,31 | 120,10 |
| | 0,45 | 4586 | 275 | 4,59 | 2,08 | 60 | 0,03 | 0,00 | 0,05 | 118,35 | 120,43 |

| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | |
|---|-----------------|------------------|----------------------|---------------------|-----------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff total (%) | Ff |
| 90 | 0,05 | 0,37066 | 0,18533 | 52,44 | 0,52 |
| | 0,15 | 0,00458 | 0,00229 | 4,05 | 0,04 |
| | 0,25 | 0,00009 | 0,00005 | 0,29 | 0,00 |
| | 0,35 | 0,00023 | 0,00011 | 0,09 | 0,00 |
| | 0,45 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00 | 0,00 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff total (%) | Ff |
| 90 | 0,05 | 0,02755 | 0,01377 | 54,83 | 0,55 |
| | 0,15 | 0,00119 | 0,00059 | 3,76 | 0,04 |
| | 0,25 | 0,00036 | 0,00018 | 0,35 | 0,00 |
| | 0,35 | 0,00001 | 0,00001 | 0,05 | 0,00 |
| | 0,45 | 0,00008 | 0,00004 | 0,05 | 0,00 |

Tabela C8 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=90$ m/s, $Z=60$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 255 | 15 | 0,25 | 161,27 | 60 | 2,69 | 0,16 | 63,49 | 118,68 | 279,95 |
| | 0,15 | 764 | 46 | 0,76 | 76,32 | 60 | 1,27 | 0,08 | 10,02 | 118,27 | 194,59 |
| | 0,25 | 1274 | 76 | 1,27 | 25,68 | 60 | 0,43 | 0,03 | 2,02 | 118,37 | 144,05 |
| | 0,35 | 1783 | 107 | 1,78 | 19,94 | 60 | 0,33 | 0,02 | 1,12 | 118,34 | 138,28 |
| | 0,45 | 2293 | 138 | 2,29 | 74,21 | 60 | 1,24 | 0,07 | 3,25 | 118,52 | 192,73 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 510 | 31 | 0,51 | 345,27 | 60 | 5,75 | 0,35 | 67,97 | 118,27 | 463,54 |
| | 0,15 | 1529 | 92 | 1,53 | 183,00 | 60 | 3,05 | 0,18 | 12,01 | 118,84 | 301,84 |
| | 0,25 | 2548 | 153 | 2,55 | 62,73 | 60 | 1,05 | 0,06 | 2,47 | 117,93 | 180,66 |
| | 0,35 | 3567 | 214 | 3,57 | 30,98 | 60 | 0,52 | 0,03 | 0,87 | 118,10 | 149,08 |
| | 0,45 | 4586 | 275 | 4,59 | 49,02 | 60 | 0,82 | 0,05 | 1,07 | 118,59 | 167,61 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 255 | 15 | 0,25 | 160,51 | 60 | 2,68 | 0,16 | 63,19 | 118,46 | 278,97 |
| | 0,15 | 764 | 46 | 0,76 | 73,60 | 60 | 1,23 | 0,07 | 9,66 | 118,60 | 192,20 |
| | 0,25 | 1274 | 76 | 1,27 | 24,78 | 60 | 0,41 | 0,02 | 1,95 | 118,49 | 143,27 |
| | 0,35 | 1783 | 107 | 1,78 | 18,03 | 60 | 0,30 | 0,02 | 1,01 | 118,12 | 136,15 |
| | 0,45 | 2293 | 138 | 2,29 | 72,93 | 60 | 1,22 | 0,07 | 3,19 | 118,52 | 191,45 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 510 | 31 | 0,51 | 346,89 | 60 | 5,78 | 0,35 | 68,28 | 119,15 | 466,04 |
| | 0,15 | 1529 | 92 | 1,53 | 184,6 | 60 | 3,08 | 0,19 | 12,11 | 119,04 | 303,64 |
| | 0,25 | 2548 | 153 | 2,55 | 66,27 | 60 | 1,10 | 0,07 | 2,61 | 119,58 | 185,85 |
| | 0,35 | 3567 | 214 | 3,57 | 30,81 | 60 | 0,51 | 0,03 | 0,87 | 118,81 | 149,62 |
| | 0,45 | 4586 | 275 | 4,59 | 44,45 | 60 | 0,74 | 0,04 | 0,97 | 118,85 | 163,30 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 255 | 15 | 0,25 | 160,90 | 60 | 2,68 | 0,16 | 63,35 | 118,54 | 279,44 |
| | 0,15 | 764 | 46 | 0,76 | 74,92 | 60 | 1,25 | 0,08 | 9,83 | 118,87 | 193,79 |
| | 0,25 | 1274 | 76 | 1,27 | 25,52 | 60 | 0,43 | 0,03 | 2,01 | 118,38 | 143,90 |
| | 0,35 | 1783 | 107 | 1,78 | 20,39 | 60 | 0,34 | 0,02 | 1,15 | 118,71 | 139,10 |
| | 0,45 | 2293 | 138 | 2,29 | 72,44 | 60 | 1,21 | 0,07 | 3,17 | 118,9 | 191,34 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 510 | 31 | 0,51 | 345,96 | 60 | 5,77 | 0,35 | 68,10 | 119,55 | 465,51 |
| | 0,15 | 1529 | 92 | 1,53 | 184,08 | 60 | 3,07 | 0,18 | 12,08 | 119,32 | 303,40 |
| | 0,25 | 2548 | 153 | 2,55 | 65,8 | 60 | 1,10 | 0,07 | 2,59 | 118,92 | 184,72 |
| | 0,35 | 3567 | 214 | 3,57 | 32,03 | 60 | 0,53 | 0,03 | 0,90 | 118,55 | 150,58 |
| | 0,45 | 4586 | 275 | 4,59 | 46,93 | 60 | 0,78 | 0,05 | 1,03 | 119,99 | 166,92 |

| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | |
|---|-----------------|------------------|----------------------|---------------------|-----------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff total (%) | Ff |
| 90 | 0,05 | 0,02239 | 0,01119 | 63,34 | 0,63 |
| | 0,15 | 0,03186 | 0,01593 | 9,84 | 0,10 |
| | 0,25 | 0,00143 | 0,00071 | 1,99 | 0,02 |
| | 0,35 | 0,00497 | 0,00248 | 1,09 | 0,01 |
| | 0,45 | 0,00160 | 0,00080 | 3,20 | 0,03 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff total (%) | Ff |
| 90 | 0,05 | 0,02561 | 0,01280 | 68,12 | 0,68 |
| | 0,15 | 0,00287 | 0,00143 | 12,07 | 0,12 |
| | 0,25 | 0,00573 | 0,00286 | 2,56 | 0,03 |
| | 0,35 | 0,00035 | 0,00017 | 0,88 | 0,01 |
| | 0,45 | 0,00250 | 0,00125 | 1,02 | 0,01 |

Tabela C9 - Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=90$ m/s, $Z=140$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 255 | 15 | 0,25 | 159,09 | 60 | 2,65 | 0,16 | 62,63 | 117,54 | 276,63 |
| | 0,15 | 764 | 46 | 0,76 | 111,90 | 60 | 1,87 | 0,11 | 14,68 | 118,96 | 230,86 |
| | 0,25 | 1274 | 76 | 1,27 | 137,03 | 60 | 2,28 | 0,14 | 10,79 | 119,20 | 256,23 |
| | 0,35 | 1783 | 107 | 1,78 | 243,54 | 60 | 4,06 | 0,24 | 13,70 | 119,02 | 362,56 |
| | 0,45 | 2293 | 138 | 2,29 | 364,55 | 60 | 6,08 | 0,37 | 15,95 | 119,28 | 483,83 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 510 | 31 | 0,51 | 345,87 | 60 | 5,76 | 0,35 | 68,08 | 118,80 | 464,67 |
| | 0,15 | 1529 | 92 | 1,53 | 245,72 | 60 | 4,10 | 0,25 | 16,12 | 119,10 | 364,82 |
| | 0,25 | 2548 | 153 | 2,55 | 161,59 | 60 | 2,69 | 0,16 | 6,36 | 119,20 | 280,79 |
| | 0,35 | 3567 | 214 | 3,57 | 239,56 | 60 | 3,99 | 0,24 | 6,74 | 118,96 | 358,52 |
| | 0,45 | 4586 | 275 | 4,59 | 308,00 | 60 | 5,13 | 0,31 | 6,74 | 118,83 | 426,83 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 255 | 15 | 0,25 | 154,24 | 60 | 2,57 | 0,15 | 60,72 | 118,73 | 272,97 |
| | 0,15 | 764 | 46 | 0,76 | 122,20 | 60 | 2,04 | 0,12 | 16,04 | 118,81 | 241,01 |
| | 0,25 | 1274 | 76 | 1,27 | 140,31 | 60 | 2,34 | 0,14 | 11,05 | 118,86 | 259,17 |
| | 0,35 | 1783 | 107 | 1,78 | 238,39 | 60 | 3,97 | 0,24 | 13,41 | 118,92 | 357,31 |
| | 0,45 | 2293 | 138 | 2,29 | 368,19 | 60 | 6,14 | 0,37 | 16,11 | 119,02 | 487,21 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 510 | 31 | 0,51 | 355,19 | 60 | 5,92 | 0,36 | 69,92 | 119,36 | 474,55 |
| | 0,15 | 1529 | 92 | 1,53 | 253,75 | 60 | 4,23 | 0,25 | 16,65 | 119,39 | 373,14 |
| | 0,25 | 2548 | 153 | 2,55 | 193,53 | 60 | 3,23 | 0,19 | 7,62 | 118,80 | 312,33 |
| | 0,35 | 3567 | 214 | 3,57 | 231,77 | 60 | 3,86 | 0,23 | 6,52 | 119,65 | 351,42 |
| | 0,45 | 4586 | 275 | 4,59 | 328,41 | 60 | 5,47 | 0,33 | 7,18 | 119,72 | 448,13 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 255 | 15 | 0,25 | 151,13 | 60 | 2,52 | 0,15 | 59,50 | 119,20 | 270,33 |
| | 0,15 | 764 | 46 | 0,76 | 125,66 | 60 | 2,09 | 0,13 | 16,49 | 118,79 | 244,45 |
| | 0,25 | 1274 | 76 | 1,27 | 146,24 | 60 | 2,44 | 0,15 | 11,51 | 118,72 | 264,96 |
| | 0,35 | 1783 | 107 | 1,78 | 291,69 | 60 | 4,86 | 0,29 | 16,41 | 118,80 | 410,49 |
| | 0,45 | 2293 | 138 | 2,29 | 366,65 | 60 | 6,11 | 0,37 | 16,04 | 119,25 | 485,90 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | | | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff (%) | Rv (g) | Rc (g) |
| 90 | 0,05 | 510 | 31 | 0,51 | 351,12 | 60 | 5,85 | 0,35 | 69,12 | 119,63 | 470,75 |
| | 0,15 | 1529 | 92 | 1,53 | 247,70 | 60 | 4,13 | 0,25 | 16,25 | 119,61 | 367,31 |
| | 0,25 | 2548 | 153 | 2,55 | 197,71 | 60 | 3,30 | 0,20 | 7,78 | 119,68 | 317,39 |
| | 0,35 | 3567 | 214 | 3,57 | 253,03 | 60 | 4,22 | 0,25 | 7,12 | 119,40 | 372,43 |
| | 0,45 | 4586 | 275 | 4,59 | 343,58 | 60 | 5,73 | 0,34 | 7,51 | 119,86 | 463,44 |

| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifício | | | | | |
|---|-----------------|------------------|----------------------|---------------|-----------|
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff (%) | Ff |
| 90 | 0,05 | 2,49426 | 1,24713 | 60,95 | 0,61 |
| | 0,15 | 0,88231 | 0,44116 | 15,74 | 0,16 |
| | 0,25 | 0,13510 | 0,06755 | 11,12 | 0,11 |
| | 0,35 | 2,73391 | 1,36696 | 14,50 | 0,15 |
| | 0,45 | 0,00639 | 0,00319 | 16,03 | 0,16 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | | |
| V (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff (%) | Ff |
| 90 | 0,05 | 0,84594 | 0,42297 | 69,04 | 0,69 |
| | 0,15 | 0,07535 | 0,03767 | 16,34 | 0,16 |
| | 0,25 | 0,60507 | 0,30253 | 7,25 | 0,07 |
| | 0,35 | 0,09148 | 0,04574 | 6,79 | 0,07 |
| | 0,45 | 0,15249 | 0,07625 | 7,14 | 0,07 |

APÊNDICE D

Resultados dos dados experimentais na forma de gráficos da fração de filme obtido no lavador Venturi de dimensão maior para as velocidades do gás de 50m/s, 70 m/s e 90 m/s, para todas as configurações de injeção de líquido e ângulo de convergência de 34°.

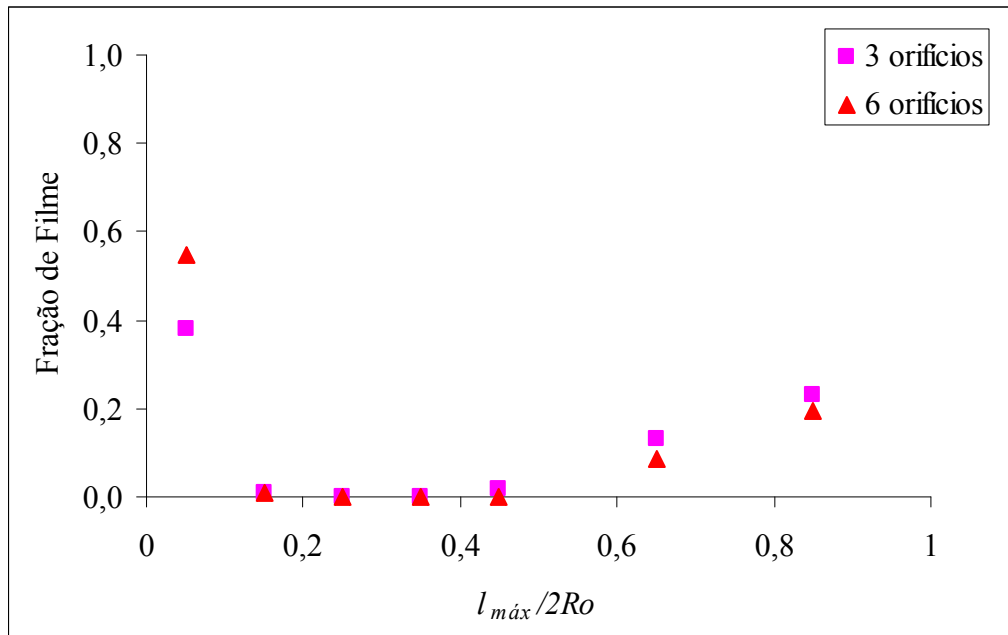


Figura D1 – Variação da fração de filme em função da fração de penetração do jato para velocidade de 50 m/s e $Z=20$ mm no lavador de maior dimensão.

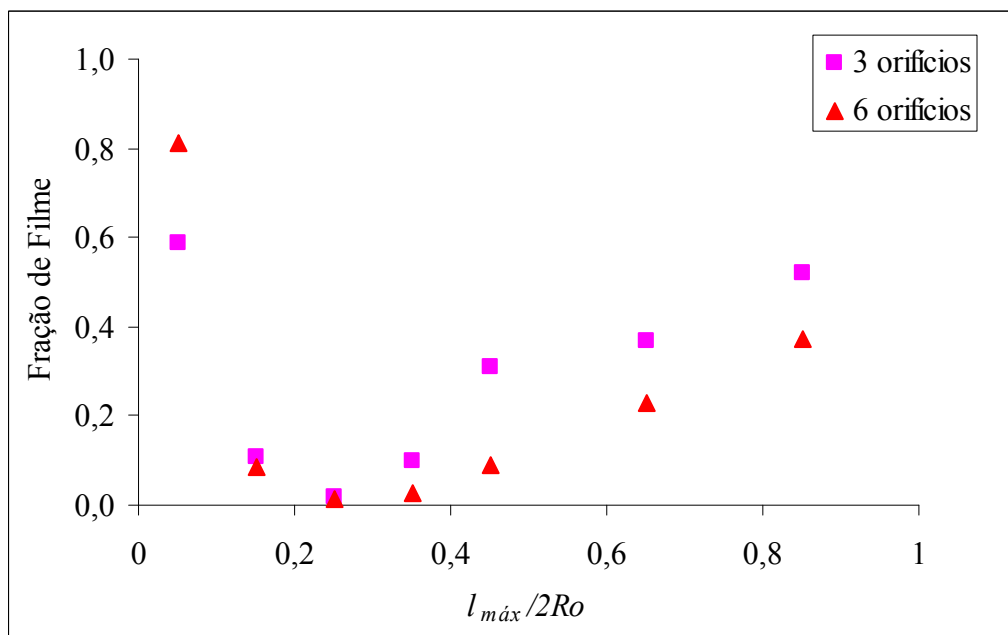


Figura D2 – Variação da fração de filme em função da fração de penetração do jato para velocidade de 50 m/s e $Z=60$ mm no lavador de maior dimensão.

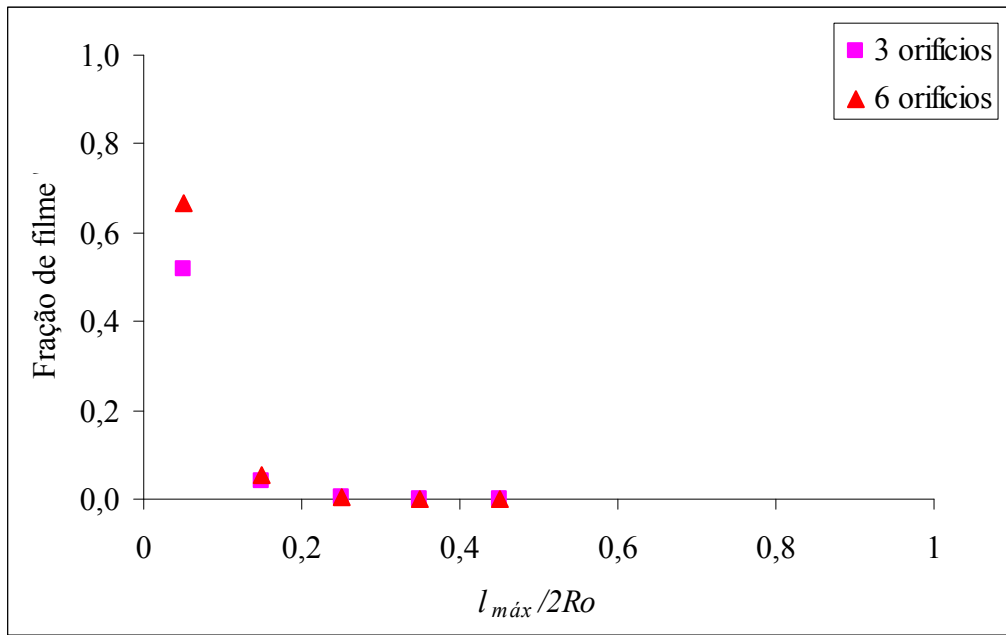


Figura D3 – Variação da fração de filme em função da fração de penetração do jato para velocidade de 70 m/s e $Z=20$ mm no lavador de maior dimensão.

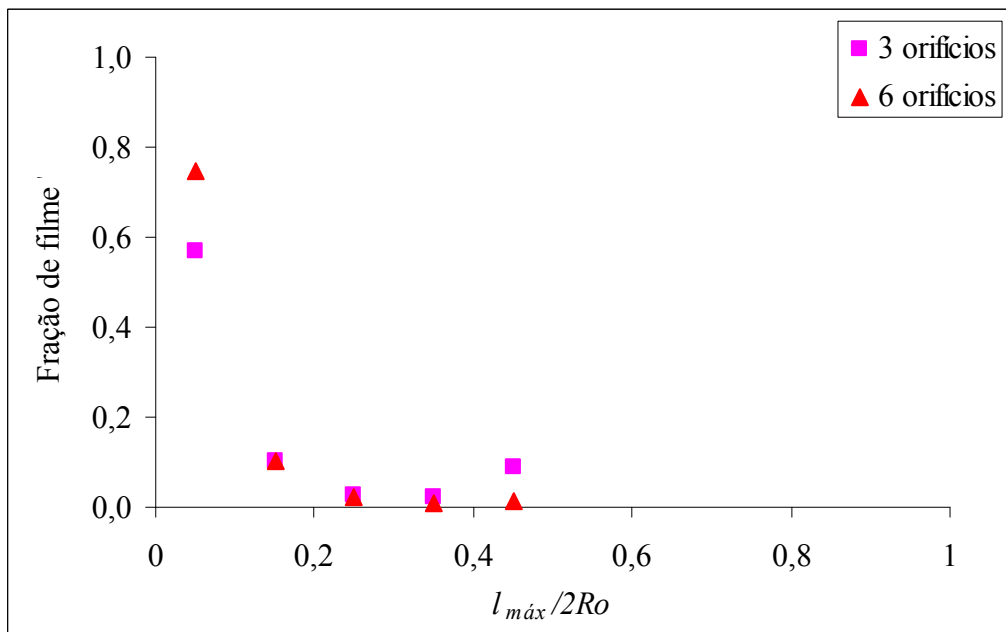


Figura D4 – Variação da fração de filme em função da fração de penetração do jato para velocidade de 70 m/s e $Z=60$ mm no lavador de maior dimensão.

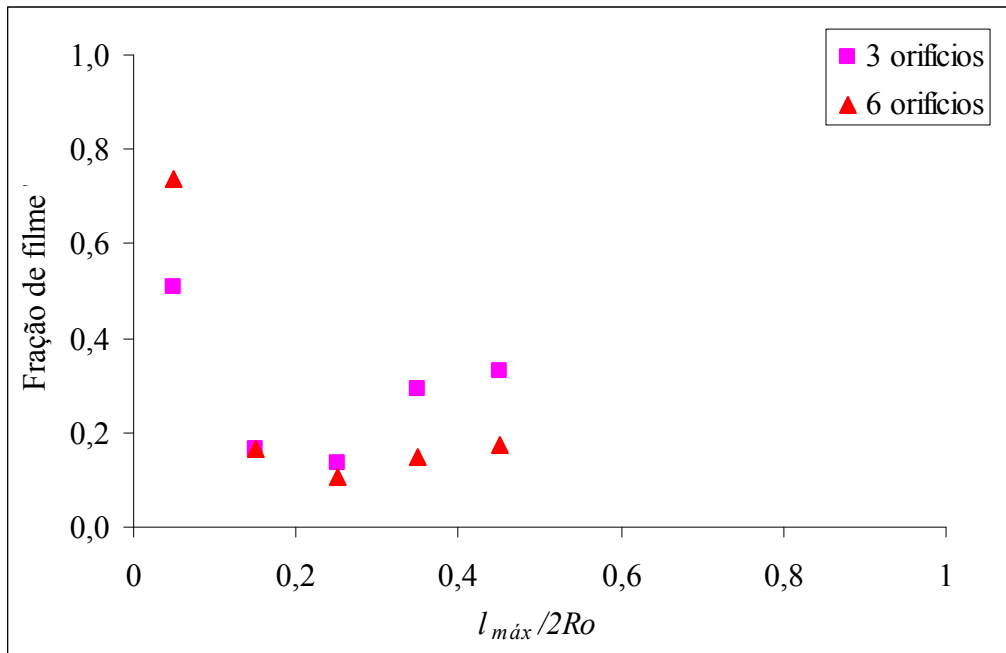


Figura D5 – Variação da fração de filme em função da fração de penetração do jato para velocidade de 70 m/s e $Z=140$ mm no lavador de maior dimensão.

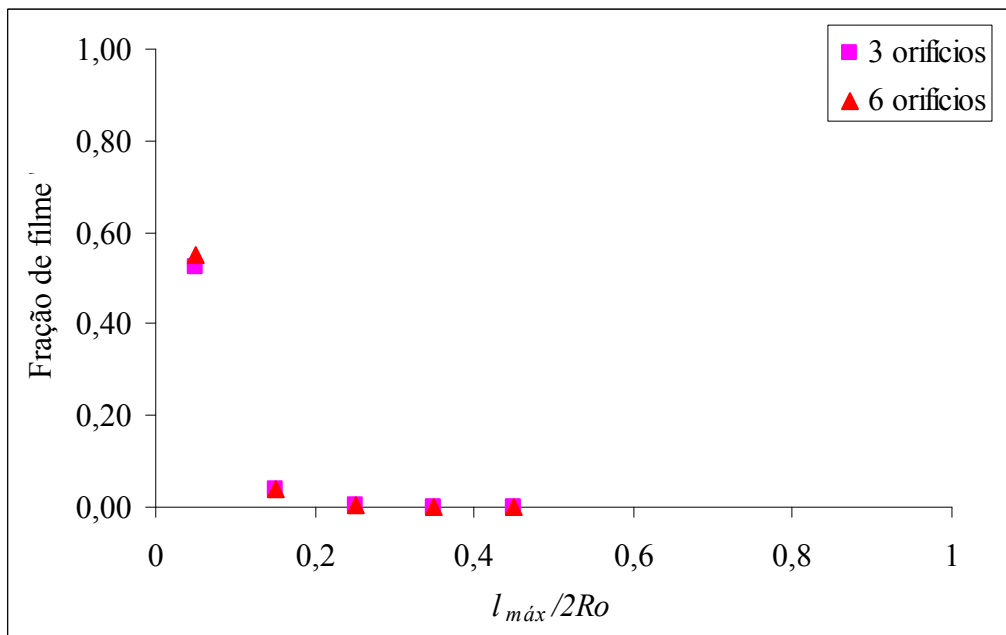


Figura D6 – Variação da fração de filme em função da fração de penetração do jato para velocidade de 90 m/s e $Z=20$ mm no lavador de maior dimensão.

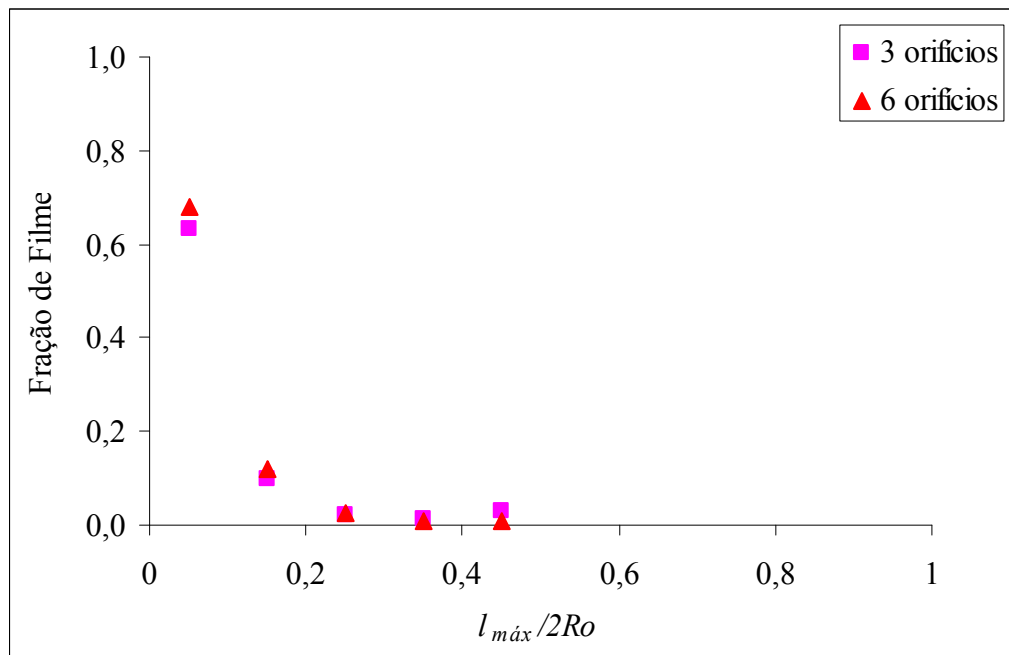


Figura D7 – Variação da fração de filme em função da fração de penetração do jato para velocidade de 90 m/s e $Z=60$ mm no lavador de maior dimensão.

APÊNDICE E

Resultados dos dados experimentais na forma de tabelas da fração de filme obtido no lavador Venturi de dimensão menor para as velocidades do gás de 50m/s, 70 m/s e 90 m/s, para todas as configurações de injeção de líquido, distância do ponto de injeção de 27,5 mm e ângulo de convergência de 14°.

Tabela E1 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=50$ m/s, $Z=27,5$ mm e ângulo de convergência de 14°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|----------|------------|-------------------------|-------------------------|----------|--------|----------|--------|------------|------|--------|--------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G (l/m ³) | Lmáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 16,1 | 49 | 118 | 7 | 0,12 | 0,93 | 0,13 | 0,26 | 7,88 | 60 | 0,13 | 0,01 | 0,07 | 117,31 | 125,19 |
| 15,5 | 47 | 165 | 10 | 0,17 | 0,89 | 0,18 | 0,37 | 9,58 | 60 | 0,16 | 0,01 | 0,06 | 117,63 | 127,21 |
| 15,3 | 47 | 212 | 13 | 0,21 | 0,88 | 0,24 | 0,48 | 30,35 | 60 | 0,51 | 0,03 | 0,14 | 117,64 | 147,99 |
| 15,3 | 47 | 307 | 18 | 0,31 | 0,88 | 0,35 | 0,70 | 211,00 | 60 | 3,52 | 0,21 | 0,69 | 118,11 | 329,11 |
| 15,3 | 47 | 401 | 24 | 0,40 | 0,88 | 0,45 | 0,91 | 355,17 | 60 | 5,92 | 0,36 | 0,89 | 118,08 | 473,25 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G (l/m ³) | Lmáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,5 | 47 | 212 | 13 | 0,21 | 0,89 | 0,24 | 0,16 | 127,45 | 60 | 2,12 | 0,13 | 0,60 | 117,78 | 245,23 |
| 15,1 | 46 | 354 | 21 | 0,35 | 0,87 | 0,41 | 0,27 | 38,41 | 60 | 0,64 | 0,04 | 0,11 | 118,07 | 156,48 |
| 15 | 46 | 495 | 30 | 0,50 | 0,87 | 0,57 | 0,38 | 14,48 | 60 | 0,24 | 0,01 | 0,03 | 118,14 | 132,62 |
| 15 | 46 | 637 | 38 | 0,64 | 0,87 | 0,74 | 0,49 | 47,17 | 60 | 0,79 | 0,05 | 0,07 | 117,95 | 165,12 |
| 14,4 | 44 | 920 | 55 | 0,92 | 0,83 | 1,11 | 0,74 | 167,25 | 60 | 2,79 | 0,17 | 0,18 | 117,81 | 285,06 |
| 13,6 | 42 | 1203 | 72 | 1,20 | 0,78 | 1,53 | 1,03 | 536,40 | 60 | 8,94 | 0,54 | 0,45 | 118,00 | 654,40 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G (l/m ³) | Lmáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,7 | 48 | 142 | 8 | 0,14 | 0,91 | 0,16 | 0,05 | 125,29 | 60 | 2,09 | 0,13 | 0,89 | 118,19 | 243,48 |
| 15,4 | 47 | 425 | 25 | 0,42 | 0,89 | 0,48 | 0,16 | 310,26 | 60 | 5,17 | 0,31 | 0,73 | 118,31 | 428,57 |
| 14,6 | 45 | 708 | 42 | 0,71 | 0,84 | 0,84 | 0,28 | 97,43 | 60 | 1,62 | 0,10 | 0,14 | 118,20 | 215,63 |
| 14,2 | 43 | 991 | 59 | 0,99 | 0,82 | 1,21 | 0,41 | 64,02 | 60 | 1,07 | 0,06 | 0,06 | 117,90 | 181,92 |
| 13,6 | 42 | 1274 | 76 | 1,27 | 0,78 | 1,62 | 0,54 | 86,39 | 60 | 1,44 | 0,09 | 0,07 | 117,86 | 204,25 |
| 12,8 | 39 | 1840 | 110 | 1,84 | 0,74 | 2,49 | 0,83 | 106,20 | 60 | 1,77 | 0,11 | 0,06 | 117,92 | 224,12 |
| 11,3 | 35 | 2406 | 144 | 2,41 | 0,65 | 3,69 | 1,24 | 548,58 | 60 | 9,14 | 0,55 | 0,23 | 118,12 | 666,70 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 16,1 | 49 | 118 | 7 | 0,12 | 0,93 | 0,13 | 0,26 | 7,51 | 60 | 0,13 | 0,01 | 0,06 | 117,51 | 125,02 |
| 15,5 | 47 | 165 | 10 | 0,17 | 0,89 | 0,18 | 0,37 | 9,31 | 60 | 0,16 | 0,01 | 0,06 | 117,65 | 126,96 |
| 15,3 | 47 | 212 | 13 | 0,21 | 0,88 | 0,24 | 0,48 | 32,71 | 60 | 0,55 | 0,03 | 0,15 | 117,76 | 150,47 |
| 15,3 | 47 | 307 | 18 | 0,31 | 0,88 | 0,35 | 0,70 | 207,88 | 60 | 3,46 | 0,21 | 0,68 | 118,17 | 326,05 |
| 15,3 | 47 | 401 | 24 | 0,40 | 0,88 | 0,45 | 0,91 | 354,36 | 60 | 5,91 | 0,36 | 0,89 | 118,19 | 472,55 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,5 | 47 | 212 | 13 | 0,21 | 0,89 | 0,24 | 0,16 | 126,79 | 60 | 2,11 | 0,13 | 0,60 | 118,02 | 244,81 |
| 15,1 | 46 | 354 | 21 | 0,35 | 0,87 | 0,41 | 0,27 | 40,19 | 60 | 0,67 | 0,04 | 0,11 | 118,12 | 158,31 |
| 15 | 46 | 495 | 30 | 0,50 | 0,87 | 0,57 | 0,38 | 15,06 | 60 | 0,25 | 0,02 | 0,03 | 118,00 | 133,06 |
| 15 | 46 | 637 | 38 | 0,64 | 0,87 | 0,74 | 0,49 | 48,26 | 60 | 0,80 | 0,05 | 0,08 | 118,11 | 166,37 |
| 14,4 | 44 | 920 | 55 | 0,92 | 0,83 | 1,11 | 0,74 | 170,52 | 60 | 2,84 | 0,17 | 0,19 | 118,12 | 288,64 |
| 13,6 | 42 | 1203 | 72 | 1,20 | 0,78 | 1,53 | 1,03 | 535,55 | 60 | 8,93 | 0,54 | 0,45 | 118,25 | 653,80 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,7 | 48 | 142 | 8 | 0,14 | 0,91 | 0,16 | 0,10 | 124,92 | 60 | 2,08 | 0,13 | 0,89 | 118,36 | 243,28 |
| 15,4 | 47 | 425 | 25 | 0,42 | 0,89 | 0,48 | 0,32 | 314,18 | 60 | 5,24 | 0,32 | 0,74 | 118,14 | 432,32 |
| 14,6 | 45 | 708 | 42 | 0,71 | 0,84 | 0,84 | 0,56 | 93,12 | 60 | 1,55 | 0,09 | 0,13 | 118,00 | 211,12 |
| 14,2 | 43 | 991 | 59 | 0,99 | 0,82 | 1,21 | 0,81 | 60,28 | 60 | 1,00 | 0,06 | 0,06 | 118,27 | 178,55 |
| 13,6 | 42 | 1274 | 76 | 1,27 | 0,78 | 1,62 | 1,09 | 85,56 | 60 | 1,43 | 0,09 | 0,07 | 118,37 | 203,93 |
| 12,8 | 39 | 1840 | 110 | 1,84 | 0,74 | 2,49 | 1,67 | 107,65 | 60 | 1,79 | 0,11 | 0,06 | 118,02 | 225,67 |
| 11,3 | 35 | 2406 | 144 | 2,41 | 0,65 | 3,69 | 2,47 | 548,83 | 60 | 9,15 | 0,55 | 0,23 | 118,07 | 666,90 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 16,1 | 49 | 118 | 7 | 0,12 | 0,93 | 0,13 | 0,26 | 8,73 | 60 | 0,15 | 0,01 | 0,07 | 117,77 | 126,5 |
| 15,5 | 47 | 165 | 10 | 0,17 | 0,89 | 0,18 | 0,37 | 8,38 | 60 | 0,14 | 0,01 | 0,05 | 117,76 | 126,14 |
| 15,3 | 47 | 212 | 13 | 0,21 | 0,88 | 0,24 | 0,48 | 29,35 | 60 | 0,49 | 0,03 | 0,14 | 117,8 | 147,15 |
| 15,3 | 47 | 307 | 18 | 0,31 | 0,88 | 0,35 | 0,70 | 214,39 | 60 | 3,57 | 0,22 | 0,70 | 118,25 | 332,64 |
| 15,3 | 47 | 401 | 24 | 0,40 | 0,88 | 0,45 | 0,91 | 355,05 | 60 | 5,92 | 0,36 | 0,89 | 117,98 | 473,03 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,5 | 47 | 212 | 13 | 0,21 | 0,89 | 0,24 | 0,16 | 125,21 | 60 | 2,09 | 0,13 | 0,59 | 118,28 | 243,49 |
| 15,1 | 46 | 354 | 21 | 0,35 | 0,87 | 0,41 | 0,27 | 40,14 | 60 | 0,67 | 0,04 | 0,11 | 118,09 | 158,23 |
| 15 | 46 | 495 | 30 | 0,50 | 0,87 | 0,57 | 0,38 | 15,04 | 60 | 0,25 | 0,02 | 0,03 | 117,95 | 132,99 |
| 15 | 46 | 637 | 38 | 0,64 | 0,87 | 0,74 | 0,49 | 48,47 | 60 | 0,81 | 0,05 | 0,08 | 118,09 | 166,56 |
| 14,4 | 44 | 920 | 55 | 0,92 | 0,83 | 1,11 | 0,74 | 171,83 | 60 | 2,86 | 0,17 | 0,19 | 118,21 | 290,04 |
| 13,6 | 42 | 1203 | 72 | 1,20 | 0,78 | 1,53 | 1,03 | 531,94 | 60 | 8,87 | 0,53 | 0,44 | 118,36 | 650,3 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,7 | 48 | 142 | 8 | 0,14 | 0,91 | 0,16 | 0,05 | 126,16 | 60 | 2,10 | 0,13 | 0,89 | 118,26 | 244,42 |
| 15,4 | 47 | 425 | 25 | 0,42 | 0,89 | 0,48 | 0,16 | 306,96 | 60 | 5,12 | 0,31 | 0,73 | 118,25 | 425,21 |
| 14,6 | 45 | 708 | 42 | 0,71 | 0,84 | 0,84 | 0,28 | 96,56 | 60 | 1,61 | 0,10 | 0,14 | 118,27 | 214,83 |
| 14,2 | 43 | 991 | 59 | 0,99 | 0,82 | 1,21 | 0,41 | 61,2 | 60 | 1,02 | 0,06 | 0,06 | 118,15 | 179,35 |
| 13,6 | 42 | 1274 | 76 | 1,27 | 0,78 | 1,62 | 0,54 | 86,36 | 60 | 1,44 | 0,09 | 0,07 | 118,03 | 204,39 |
| 12,8 | 39 | 1840 | 110 | 1,84 | 0,74 | 2,49 | 0,83 | 106,11 | 60 | 1,77 | 0,11 | 0,06 | 118,08 | 224,19 |
| 11,3 | 35 | 2406 | 144 | 2,41 | 0,65 | 3,69 | 1,24 | 546,88 | 60 | 9,11 | 0,55 | 0,23 | 118,42 | 665,3 |

| Média: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | |
|--|-----------------|------------------|----------------------|-----------|
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 49 | 0,26 | 2,83E-05 | 1,41482E-05 | 0,07 |
| 47 | 0,37 | 1,46E-05 | 7,3107E-06 | 0,06 |
| 47 | 0,48 | 6,64E-05 | 3,32167E-05 | 0,15 |
| 47 | 0,70 | 0,000113 | 5,67016E-05 | 0,69 |
| 47 | 0,91 | 1,2E-06 | 5,97714E-07 | 0,89 |
| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 47 | 0,16 | 2,96E-05 | 1,47856E-05 | 0,60 |
| 46 | 0,27 | 8,25E-06 | 4,12711E-06 | 0,11 |
| 46 | 0,38 | 4,44E-07 | 2,22189E-07 | 0,03 |
| 46 | 0,49 | 1,21E-06 | 6,03896E-07 | 0,08 |
| 44 | 0,74 | 6,61E-06 | 3,30679E-06 | 0,19 |
| 42 | 1,03 | 3,9E-06 | 1,94884E-06 | 0,45 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 48 | 0,05 | 2,03E-05 | 1,0175E-05 | 0,89 |
| 47 | 0,16 | 7,29E-05 | 3,64474E-05 | 0,73 |
| 45 | 0,28 | 1,04E-05 | 5,21707E-06 | 0,14 |
| 43 | 0,41 | 3,89E-06 | 1,94606E-06 | 0,06 |
| 42 | 0,54 | 1,37E-07 | 6,87034E-08 | 0,07 |
| 39 | 0,83 | 2,22E-07 | 1,10989E-07 | 0,06 |
| 35 | 1,24 | 1,96E-07 | 9,78148E-08 | 0,23 |

Tabela E2 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=70$ m/s, $Z=27,5$ mm e ângulo de convergência de 14°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|----------|------------|-------------------------|-------------------------|----------|--------|----------|--------|------------|------|--------|--------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G (l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,5 | 69 | 99 | 6 | 0,10 | 1,30 | 0,08 | 0,15 | 49,69 | 60 | 0,83 | 0,05 | 0,50 | 119,12 | 168,81 |
| 21,9 | 67 | 165 | 10 | 0,17 | 1,26 | 0,13 | 0,26 | 30,46 | 60 | 0,51 | 0,03 | 0,19 | 118,33 | 148,79 |
| 21,7 | 66 | 231 | 14 | 0,23 | 1,25 | 0,18 | 0,37 | 24,96 | 60 | 0,42 | 0,03 | 0,11 | 118,34 | 143,3 |
| 21,7 | 66 | 297 | 18 | 0,30 | 1,25 | 0,24 | 0,48 | 13,98 | 60 | 0,23 | 0,01 | 0,05 | 118,93 | 132,91 |
| 21,5 | 66 | 429 | 26 | 0,43 | 1,24 | 0,35 | 0,70 | 300,96 | 60 | 5,02 | 0,30 | 0,70 | 118,18 | 419,14 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G (l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,9 | 70 | 99 | 6 | 0,10 | 1,32 | 0,07 | 0,05 | 93,84 | 60 | 1,56 | 0,09 | 0,95 | 118,57 | 212,41 |
| 21,8 | 67 | 297 | 18 | 0,30 | 1,26 | 0,24 | 0,16 | 172,01 | 60 | 2,87 | 0,17 | 0,58 | 118,40 | 290,41 |
| 21,2 | 65 | 495 | 30 | 0,50 | 1,22 | 0,40 | 0,27 | 86,48 | 60 | 1,44 | 0,09 | 0,18 | 118,24 | 204,72 |
| 20,5 | 63 | 694 | 42 | 0,69 | 1,18 | 0,59 | 0,39 | 57,03 | 60 | 0,95 | 0,06 | 0,08 | 118,91 | 175,94 |
| 20,1 | 62 | 892 | 54 | 0,89 | 1,16 | 0,77 | 0,52 | 83,85 | 60 | 1,40 | 0,08 | 0,09 | 118,81 | 202,66 |
| 19 | 58 | 1288 | 77 | 1,29 | 1,10 | 1,17 | 0,79 | 205,09 | 60 | 3,42 | 0,21 | 0,16 | 118,63 | 323,72 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G (l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,9 | 70 | 198 | 12 | 0,20 | 1,32 | 0,15 | 0,05 | 185,72 | 60 | 3,10 | 0,19 | 0,94 | 118,85 | 304,57 |
| 21 | 64 | 594 | 36 | 0,59 | 1,21 | 0,49 | 0,16 | 361,94 | 60 | 6,03 | 0,36 | 0,61 | 118,40 | 480,34 |
| 19,3 | 59 | 991 | 59 | 0,99 | 1,11 | 0,89 | 0,30 | 178,72 | 60 | 2,98 | 0,18 | 0,18 | 117,33 | 296,05 |
| 18 | 55 | 1387 | 83 | 1,39 | 1,04 | 1,34 | 0,45 | 148,34 | 60 | 2,47 | 0,15 | 0,11 | 119,14 | 267,48 |
| 17,7 | 54 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,02 | 1,75 | 0,59 | 154,52 | 60 | 2,58 | 0,15 | 0,09 | 118,84 | 273,36 |
| 16,9 | 52 | 2576 | 155 | 2,58 | 0,98 | 2,64 | 0,89 | 165,46 | 60 | 2,76 | 0,17 | 0,06 | 117,96 | 283,42 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,5 | 69 | 99 | 6 | 0,10 | 1,30 | 0,08 | 0,15 | 48,53 | 60 | 0,81 | 0,05 | 0,49 | 118,78 | 167,31 |
| 21,9 | 67 | 165 | 10 | 0,17 | 1,26 | 0,13 | 0,26 | 31,55 | 60 | 0,53 | 0,03 | 0,19 | 118,41 | 149,96 |
| 21,7 | 66 | 231 | 14 | 0,23 | 1,25 | 0,18 | 0,37 | 23,67 | 60 | 0,39 | 0,02 | 0,10 | 118,47 | 142,14 |
| 21,7 | 66 | 297 | 18 | 0,30 | 1,25 | 0,24 | 0,48 | 17,33 | 60 | 0,29 | 0,02 | 0,06 | 118,63 | 135,96 |
| 21,5 | 66 | 429 | 26 | 0,43 | 1,24 | 0,35 | 0,70 | 297,89 | 60 | 4,96 | 0,30 | 0,70 | 118,74 | 416,63 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,9 | 70 | 99 | 6 | 0,10 | 1,32 | 0,07 | 0,05 | 95,62 | 60 | 1,59 | 0,10 | 0,97 | 118,84 | 214,46 |
| 21,8 | 67 | 297 | 18 | 0,30 | 1,26 | 0,24 | 0,16 | 173,27 | 60 | 2,89 | 0,17 | 0,58 | 118,56 | 291,83 |
| 21,2 | 65 | 495 | 30 | 0,50 | 1,22 | 0,40 | 0,27 | 81,53 | 60 | 1,36 | 0,08 | 0,17 | 118,42 | 199,95 |
| 20,5 | 63 | 694 | 42 | 0,69 | 1,18 | 0,59 | 0,39 | 57,62 | 60 | 0,96 | 0,06 | 0,08 | 118,70 | 176,32 |
| 20,1 | 62 | 892 | 54 | 0,89 | 1,16 | 0,77 | 0,52 | 89,58 | 60 | 1,49 | 0,09 | 0,10 | 118,73 | 208,31 |
| 19 | 58 | 1288 | 77 | 1,29 | 1,10 | 1,17 | 0,79 | 201,82 | 60 | 3,36 | 0,20 | 0,16 | 119,03 | 320,85 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,9 | 70 | 198 | 12 | 0,20 | 1,32 | 0,15 | 0,05 | 188,75 | 60 | 3,15 | 0,19 | 0,96 | 118,81 | 307,56 |
| 21 | 64 | 594 | 36 | 0,59 | 1,21 | 0,49 | 0,16 | 362,14 | 60 | 6,04 | 0,36 | 0,61 | 118,57 | 480,71 |
| 19,3 | 59 | 991 | 59 | 0,99 | 1,11 | 0,89 | 0,30 | 185,95 | 60 | 3,10 | 0,19 | 0,19 | 118,63 | 304,58 |
| 18 | 55 | 1387 | 83 | 1,39 | 1,04 | 1,34 | 0,45 | 143,82 | 60 | 2,40 | 0,14 | 0,10 | 118,70 | 262,52 |
| 17,7 | 54 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,02 | 1,75 | 0,59 | 153,54 | 60 | 2,56 | 0,15 | 0,09 | 118,55 | 272,09 |
| 16,9 | 52 | 2576 | 155 | 2,58 | 0,98 | 2,64 | 0,89 | 167,19 | 60 | 2,79 | 0,17 | 0,07 | 118,42 | 285,61 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,5 | 69 | 99 | 6 | 0,10 | 1,30 | 0,08 | 0,15 | 48,98 | 60 | 0,82 | 0,05 | 0,50 | 118,52 | 167,50 |
| 21,9 | 67 | 165 | 10 | 0,17 | 1,26 | 0,13 | 0,26 | 30,54 | 60 | 0,51 | 0,03 | 0,19 | 118,94 | 149,48 |
| 21,7 | 66 | 231 | 14 | 0,23 | 1,25 | 0,18 | 0,37 | 20,49 | 60 | 0,34 | 0,02 | 0,09 | 118,46 | 138,95 |
| 21,7 | 66 | 297 | 18 | 0,30 | 1,25 | 0,24 | 0,48 | 15,83 | 60 | 0,26 | 0,02 | 0,05 | 118,45 | 134,28 |
| 21,5 | 66 | 429 | 26 | 0,43 | 1,24 | 0,35 | 0,70 | 296,31 | 60 | 4,94 | 0,30 | 0,69 | 119,06 | 415,37 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,9 | 70 | 99 | 6 | 0,10 | 1,32 | 0,07 | 0,05 | 95,13 | 60 | 1,59 | 0,10 | 0,96 | 118,90 | 214,03 |
| 21,8 | 67 | 297 | 18 | 0,30 | 1,26 | 0,24 | 0,16 | 173,58 | 60 | 2,89 | 0,17 | 0,59 | 118,95 | 292,53 |
| 21,2 | 65 | 495 | 30 | 0,50 | 1,22 | 0,40 | 0,27 | 78,23 | 60 | 1,30 | 0,08 | 0,16 | 118,75 | 196,98 |
| 20,5 | 63 | 694 | 42 | 0,69 | 1,18 | 0,59 | 0,39 | 57,30 | 60 | 0,96 | 0,06 | 0,08 | 118,74 | 176,04 |
| 20,1 | 62 | 892 | 54 | 0,89 | 1,16 | 0,77 | 0,52 | 91,52 | 60 | 1,53 | 0,09 | 0,10 | 118,80 | 210,32 |
| 19 | 58 | 1288 | 77 | 1,29 | 1,10 | 1,17 | 0,79 | 202,07 | 60 | 3,37 | 0,20 | 0,16 | 118,94 | 321,01 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,9 | 70 | 198 | 12 | 0,20 | 1,32 | 0,15 | 0,05 | 187,83 | 60 | 3,13 | 0,19 | 0,95 | 118,49 | 306,32 |
| 21 | 64 | 594 | 36 | 0,59 | 1,21 | 0,49 | 0,16 | 364,34 | 60 | 6,07 | 0,37 | 0,61 | 118,86 | 483,20 |
| 19,3 | 59 | 991 | 59 | 0,99 | 1,11 | 0,89 | 0,30 | 182,97 | 60 | 3,05 | 0,18 | 0,19 | 118,30 | 301,27 |
| 18 | 55 | 1387 | 83 | 1,39 | 1,04 | 1,34 | 0,45 | 141,01 | 60 | 2,35 | 0,14 | 0,10 | 118,62 | 259,63 |
| 17,7 | 54 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,02 | 1,75 | 0,59 | 154,08 | 60 | 2,57 | 0,15 | 0,09 | 119,03 | 273,11 |
| 16,9 | 52 | 2576 | 155 | 2,58 | 0,98 | 2,64 | 0,89 | 167,94 | 60 | 2,80 | 0,17 | 0,07 | 118,51 | 286,45 |

| Média: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | |
|--|-----------------|------------------|----------------------|-----------|
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 69 | 0,15 | 3,51E-05 | 1,75E-05 | 0,50 |
| 67 | 0,26 | 1,36E-05 | 6,81E-06 | 0,19 |
| 66 | 0,37 | 9,96E-05 | 4,98E-05 | 0,10 |
| 66 | 0,48 | 3,21E-05 | 1,60E-05 | 0,05 |
| 66 | 0,70 | 3,05E-05 | 1,53E-05 | 0,70 |
| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 70 | 0,05 | 8,66E-05 | 4,33E-05 | 0,96 |
| 67 | 0,16 | 7,87E-06 | 3,94E-06 | 0,58 |
| 65 | 0,27 | 7,07E-05 | 3,53E-05 | 0,17 |
| 63 | 0,39 | 1,82E-07 | 9,12E-08 | 0,08 |
| 62 | 0,52 | 2,01E-05 | 1,01E-05 | 0,10 |
| 58 | 0,79 | 2,01E-06 | 1,00E-06 | 0,16 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 70 | 0,05 | 6,18E-05 | 3,09E-05 | 0,95 |
| 64 | 0,16 | 5,05E-06 | 2,52E-06 | 0,61 |
| 59 | 0,30 | 1,35E-05 | 6,77E-06 | 0,18 |
| 55 | 0,45 | 7,15E-06 | 3,58E-06 | 0,10 |
| 54 | 0,59 | 7,62E-08 | 3,81E-08 | 0,09 |
| 52 | 0,89 | 2,45E-07 | 1,23E-07 | 0,06 |

Tabela E3 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=90$ m/s, $Z=27,5$ mm e ângulo de convergência de 14°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|----------|-----------|-------------------------|-------------------------|----------|--------|----------|--------|------------|------|--------|--------|--|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Q (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G (l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) | |
| 29 | 89 | 127 | 8 | 0,13 | 1,67 | 0,08 | 0,15 | 64,54 | 60 | 1,08 | 0,06 | 0,51 | 117,32 | 181,86 | |
| 28,3 | 87 | 212 | 13 | 0,21 | 1,63 | 0,13 | 0,26 | 37,10 | 60 | 0,62 | 0,04 | 0,18 | 118,83 | 155,93 | |
| 28,2 | 86 | 297 | 18 | 0,30 | 1,63 | 0,18 | 0,37 | 5,91 | 60 | 0,10 | 0,01 | 0,02 | 118,8 | 124,71 | |
| 27,7 | 85 | 382 | 23 | 0,38 | 1,60 | 0,24 | 0,48 | 74,70 | 60 | 1,25 | 0,07 | 0,20 | 118,28 | 192,98 | |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Q (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G (l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) | |
| 29,4 | 90 | 127 | 8 | 0,13 | 1,70 | 0,08 | 0,05 | 107,17 | 60 | 1,79 | 0,11 | 0,84 | 118,62 | 225,79 | |
| 28,4 | 87 | 382 | 23 | 0,38 | 1,64 | 0,23 | 0,16 | 208,02 | 60 | 3,47 | 0,21 | 0,55 | 118,6 | 326,62 | |
| 26,9 | 82 | 637 | 38 | 0,64 | 1,55 | 0,41 | 0,28 | 128,98 | 60 | 2,15 | 0,13 | 0,20 | 118,62 | 247,60 | |
| 26 | 80 | 892 | 54 | 0,89 | 1,50 | 0,59 | 0,40 | 87,13 | 60 | 1,45 | 0,09 | 0,10 | 118,48 | 205,61 | |
| 24,9 | 76 | 1146 | 69 | 1,15 | 1,44 | 0,80 | 0,53 | 132,09 | 60 | 2,20 | 0,13 | 0,12 | 118,61 | 250,70 | |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Q (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G (l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) | |
| 29,4 | 90 | 255 | 15 | 0,25 | 1,70 | 0,15 | 0,05 | 234,52 | 60 | 3,91 | 0,24 | 0,92 | 118,76 | 353,28 | |
| 27,1 | 83 | 764 | 46 | 0,76 | 1,56 | 0,49 | 0,16 | 477,24 | 60 | 7,95 | 0,48 | 0,63 | 119,26 | 596,50 | |
| 24,7 | 76 | 1274 | 76 | 1,27 | 1,43 | 0,89 | 0,30 | 318,50 | 60 | 5,31 | 0,32 | 0,25 | 119,26 | 437,76 | |
| 23,1 | 71 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,33 | 1,34 | 0,45 | 236,52 | 60 | 3,94 | 0,24 | 0,13 | 118,74 | 355,26 | |
| 22,1 | 68 | 2293 | 138 | 2,29 | 1,28 | 1,80 | 0,60 | 223,67 | 60 | 3,73 | 0,22 | 0,10 | 119,28 | 342,95 | |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | QI (ml/min) | QI (l/h) | QI (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29 | 89 | 127 | 8 | 0,13 | 1,67 | 0,08 | 0,15 | 64,24 | 60 | 1,07 | 0,06 | 0,51 | 118,77 | 183,01 |
| 28,3 | 87 | 212 | 13 | 0,21 | 1,63 | 0,13 | 0,26 | 39,66 | 60 | 0,66 | 0,04 | 0,19 | 118,92 | 158,58 |
| 28,2 | 86 | 297 | 18 | 0,30 | 1,63 | 0,18 | 0,37 | 5,21 | 60 | 0,09 | 0,01 | 0,02 | 118,42 | 123,63 |
| 27,7 | 85 | 382 | 23 | 0,38 | 1,60 | 0,24 | 0,48 | 75,32 | 60 | 1,26 | 0,08 | 0,20 | 118,28 | 193,6 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | QI (ml/min) | QI (l/h) | QI (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,4 | 90 | 127 | 8 | 0,13 | 1,70 | 0,08 | 0,05 | 107,03 | 60 | 1,78 | 0,11 | 0,84 | 119,06 | 226,09 |
| 28,4 | 87 | 382 | 23 | 0,38 | 1,64 | 0,23 | 0,16 | 209,61 | 60 | 3,49 | 0,21 | 0,55 | 118,58 | 328,19 |
| 26,9 | 82 | 637 | 38 | 0,64 | 1,55 | 0,41 | 0,28 | 122,73 | 60 | 2,05 | 0,12 | 0,19 | 119,00 | 241,73 |
| 26 | 80 | 892 | 54 | 0,89 | 1,50 | 0,59 | 0,40 | 85,35 | 60 | 1,42 | 0,09 | 0,10 | 118,93 | 204,28 |
| 24,9 | 76 | 1146 | 69 | 1,15 | 1,44 | 0,80 | 0,53 | 132,23 | 60 | 2,20 | 0,13 | 0,12 | 119,04 | 251,27 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | QI (ml/min) | QI (l/h) | QI (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,4 | 90 | 255 | 15 | 0,25 | 1,70 | 0,15 | 0,05 | 234,11 | 60 | 3,90 | 0,23 | 0,92 | 118,64 | 352,75 |
| 27,1 | 83 | 764 | 46 | 0,76 | 1,56 | 0,49 | 0,16 | 471,96 | 60 | 7,87 | 0,47 | 0,62 | 119,34 | 591,3 |
| 24,7 | 76 | 1274 | 76 | 1,27 | 1,43 | 0,89 | 0,30 | 309,93 | 60 | 5,17 | 0,31 | 0,24 | 119,25 | 429,18 |
| 23,1 | 71 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,33 | 1,34 | 0,45 | 233,42 | 60 | 3,89 | 0,23 | 0,13 | 119,12 | 352,54 |
| 22,1 | 68 | 2293 | 138 | 2,29 | 1,28 | 1,80 | 0,60 | 222,22 | 60 | 3,70 | 0,22 | 0,10 | 119,6 | 341,82 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_i(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv(l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29 | 89 | 127 | 8 | 0,13 | 1,67 | 0,08 | 0,15 | 64,21 | 60 | 1,07 | 0,06 | 0,51 | 118,83 | 183,04 |
| 28,3 | 87 | 212 | 13 | 0,21 | 1,63 | 0,13 | 0,26 | 39,81 | 60 | 0,66 | 0,04 | 0,19 | 119,02 | 158,83 |
| 28,2 | 86 | 297 | 18 | 0,30 | 1,63 | 0,18 | 0,37 | 5,24 | 60 | 0,09 | 0,01 | 0,02 | 118,48 | 123,72 |
| 27,7 | 85 | 382 | 23 | 0,38 | 1,60 | 0,24 | 0,48 | 75,29 | 60 | 1,25 | 0,08 | 0,20 | 118,44 | 193,73 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_i(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv(l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,4 | 90 | 127 | 8 | 0,13 | 1,70 | 0,08 | 0,05 | 107,73 | 60 | 1,80 | 0,11 | 0,85 | 118,69 | 226,42 |
| 28,4 | 87 | 382 | 23 | 0,38 | 1,64 | 0,23 | 0,16 | 210,50 | 60 | 3,51 | 0,21 | 0,55 | 118,78 | 329,28 |
| 26,9 | 82 | 637 | 38 | 0,64 | 1,55 | 0,41 | 0,28 | 139,65 | 60 | 2,33 | 0,14 | 0,22 | 119,02 | 258,67 |
| 26 | 80 | 892 | 54 | 0,89 | 1,50 | 0,59 | 0,40 | 87,35 | 60 | 1,46 | 0,09 | 0,10 | 118,42 | 205,77 |
| 24,9 | 76 | 1146 | 69 | 1,15 | 1,44 | 0,80 | 0,53 | 131,63 | 60 | 2,19 | 0,13 | 0,12 | 119,15 | 250,78 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_i(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv(l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,4 | 90 | 255 | 15 | 0,25 | 1,70 | 0,15 | 0,05 | 234,47 | 60 | 3,91 | 0,24 | 0,92 | 118,69 | 353,16 |
| 27,1 | 83 | 764 | 46 | 0,76 | 1,56 | 0,49 | 0,16 | 471,39 | 60 | 7,86 | 0,47 | 0,62 | 119,01 | 590,4 |
| 24,7 | 76 | 1274 | 76 | 1,27 | 1,43 | 0,89 | 0,30 | 308,03 | 60 | 5,13 | 0,31 | 0,24 | 119,31 | 427,34 |
| 23,1 | 71 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,33 | 1,34 | 0,45 | 233,02 | 60 | 3,88 | 0,23 | 0,13 | 119,11 | 352,13 |
| 22,1 | 68 | 2293 | 138 | 2,29 | 1,28 | 1,80 | 0,60 | 222,83 | 60 | 3,71 | 0,22 | 0,10 | 119,13 | 341,96 |

| Média: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | |
|--|-----------------|------------------|----------------------|-----------|
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 89 | 0,15 | 2,06E-06 | 1,03E-06 | 0,51 |
| 87 | 0,26 | 5,18E-05 | 2,59E-05 | 0,18 |
| 86 | 0,37 | 1,78E-06 | 8,92E-07 | 0,02 |
| 85 | 0,48 | 8,42E-07 | 4,21E-07 | 0,20 |
| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 90 | 0,05 | 8,51E-06 | 4,25E-06 | 0,84 |
| 87 | 0,16 | 1,09E-05 | 5,44E-06 | 0,55 |
| 82 | 0,28 | 1,82E-04 | 9,08E-05 | 0,21 |
| 80 | 0,40 | 1,52E-06 | 7,61E-07 | 0,10 |
| 76 | 0,53 | 7,54E-08 | 3,77E-08 | 0,12 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 90 | 0,05 | 7,75E-07 | 3,88E-07 | 0,92 |
| 83 | 0,16 | 1,79E-05 | 8,96E-06 | 0,62 |
| 76 | 0,30 | 1,93E-05 | 9,64E-06 | 0,25 |
| 71 | 0,45 | 1,16E-06 | 5,80E-07 | 0,13 |
| 68 | 0,60 | 1,01E-07 | 5,07E-08 | 0,10 |

APÊNDICE F

Resultados dos dados experimentais na forma de tabelas da fração de filme obtido no lavador Venturi de dimensão menor para as velocidades do gás de 50m/s, 70 m/s e 90 m/s, para todas as configurações de injeção de líquido, distâncias do ponto de injeção e ângulo de convergência de 34°.

Tabela F1 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=50$ m/s, $Z=7,5$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|---------|-----------|-------------------------|------------------------|----------|--------|----------|--------|------------|------|--------|--------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql(ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,4 | 47 | 118 | 7 | 0,12 | 0,89 | 0 | 0,27 | 0,17 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,74 | 117,91 |
| 15,4 | 47 | 165 | 10 | 0,17 | 0,89 | 0 | 0,37 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,49 | 117,49 |
| 15,2 | 47 | 212 | 13 | 0,21 | 0,88 | 0 | 0,49 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,41 | 117,41 |
| 15,2 | 47 | 307 | 18 | 0,31 | 0,88 | 0 | 0,70 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,27 | 118,27 |
| 15,2 | 47 | 401 | 24 | 0,40 | 0,88 | 0 | 0,92 | 139,11 | 60 | 2,32 | 0,14 | 0,35 | 118,27 | 257,38 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,4 | 47 | 212 | 13 | 0,21 | 0,89 | 0 | 0,16 | 71,36 | 60 | 1,19 | 0,07 | 0,34 | 118,15 | 189,51 |
| 15,4 | 47 | 354 | 21 | 0,35 | 0,89 | 0 | 0,27 | 0,60 | 60 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 117,75 | 118,35 |
| 15,3 | 47 | 495 | 30 | 0,50 | 0,88 | 1 | 0,38 | 0,01 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,67 | 117,68 |
| 14,9 | 46 | 637 | 38 | 0,64 | 0,86 | 1 | 0,50 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,40 | 117,40 |
| 14,8 | 45 | 920 | 55 | 0,92 | 0,85 | 1 | 0,72 | 29,80 | 60 | 0,50 | 0,03 | 0,03 | 117,36 | 147,16 |
| 14 | 43 | 1203 | 72 | 1,20 | 0,81 | 1 | 1,00 | 282,45 | 60 | 4,71 | 0,28 | 0,24 | 117,93 | 400,38 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,7 | 48 | 142 | 8 | 0,14 | 0,91 | 0 | 0,05 | 131,18 | 60 | 2,19 | 0,13 | 0,93 | 117,55 | 248,73 |
| 15,7 | 48 | 425 | 25 | 0,42 | 0,91 | 0 | 0,16 | 160,79 | 60 | 2,68 | 0,16 | 0,38 | 118,71 | 279,50 |
| 15,2 | 47 | 708 | 42 | 0,71 | 0,88 | 1 | 0,27 | 9,47 | 60 | 0,16 | 0,01 | 0,01 | 118,87 | 128,34 |
| 14,7 | 45 | 991 | 59 | 0,99 | 0,85 | 1 | 0,39 | 0,29 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 118,11 | 118,40 |
| 13,9 | 43 | 1274 | 76 | 1,27 | 0,80 | 2 | 0,53 | 0,70 | 60 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 117,95 | 118,65 |
| 13,3 | 41 | 1840 | 110 | 1,84 | 0,77 | 2 | 0,80 | 171,50 | 60 | 2,86 | 0,17 | 0,09 | 117,95 | 289,45 |
| 11,8 | 36 | 2406 | 144 | 2,41 | 0,68 | 4 | 1,18 | 178,00 | 60 | 2,97 | 0,18 | 0,07 | 119,48 | 297,48 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,4 | 47,16 | 118 | 7 | 0,12 | 0,89 | 0,13 | 0,27 | 0,14 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,81 | 117,95 |
| 15,4 | 47,16 | 165 | 10 | 0,17 | 0,89 | 0,19 | 0,37 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,48 | 117,48 |
| 15,2 | 46,55 | 212 | 13 | 0,21 | 0,88 | 0,24 | 0,49 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,46 | 117,46 |
| 15,2 | 46,55 | 307 | 18 | 0,31 | 0,88 | 0,35 | 0,70 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,91 | 117,91 |
| 15,2 | 46,55 | 401 | 24 | 0,40 | 0,88 | 0,46 | 0,92 | 141,35 | 60 | 2,36 | 0,14 | 0,35 | 118,27 | 259,62 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,4 | 47,16 | 212 | 13 | 0,21 | 0,89 | 0,24 | 0,16 | 70,10 | 60 | 1,17 | 0,07 | 0,33 | 118,37 | 188,47 |
| 15,4 | 47,16 | 354 | 21 | 0,35 | 0,89 | 0,40 | 0,27 | 0,79 | 60 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 117,78 | 118,57 |
| 15,3 | 46,86 | 495 | 30 | 0,50 | 0,88 | 0,56 | 0,38 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,61 | 117,61 |
| 14,9 | 45,63 | 637 | 38 | 0,64 | 0,86 | 0,74 | 0,50 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,40 | 117,40 |
| 14,8 | 45,33 | 920 | 55 | 0,92 | 0,85 | 1,08 | 0,72 | 27,71 | 60 | 0,46 | 0,03 | 0,03 | 118,10 | 145,81 |
| 14 | 42,88 | 1203 | 72 | 1,20 | 0,81 | 1,49 | 1,00 | 287,35 | 60 | 4,79 | 0,29 | 0,24 | 118,30 | 405,65 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,7 | 48,08 | 142 | 8 | 0,14 | 0,91 | 0,16 | 0,05 | 134,95 | 60 | 2,25 | 0,14 | 0,96 | 118,28 | 253,23 |
| 15,7 | 48,08 | 425 | 25 | 0,42 | 0,91 | 0,47 | 0,16 | 160,32 | 60 | 2,67 | 0,16 | 0,38 | 119,64 | 279,96 |
| 15,2 | 46,55 | 708 | 42 | 0,71 | 0,88 | 0,81 | 0,27 | 10,89 | 60 | 0,18 | 0,01 | 0,02 | 118,30 | 129,19 |
| 14,7 | 45,02 | 991 | 59 | 0,99 | 0,85 | 1,17 | 0,39 | 0,37 | 60 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 118,15 | 118,52 |
| 13,9 | 42,57 | 1274 | 76 | 1,27 | 0,80 | 1,59 | 0,53 | 0,57 | 60 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 117,93 | 118,50 |
| 13,3 | 40,73 | 1840 | 110 | 1,84 | 0,77 | 2,40 | 0,80 | 176,16 | 60 | 2,94 | 0,18 | 0,10 | 118,73 | 294,89 |
| 11,8 | 36,14 | 2406 | 144 | 2,41 | 0,68 | 3,53 | 1,18 | 162,51 | 60 | 2,71 | 0,16 | 0,07 | 119,03 | 281,54 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,4 | 47,16 | 118 | 7 | 0,12 | 0,89 | 0,13 | 0,27 | 0,21 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,65 | 117,86 |
| 15,4 | 47,16 | 165 | 10 | 0,17 | 0,89 | 0,19 | 0,37 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,58 | 117,58 |
| 15,2 | 46,55 | 212 | 13 | 0,21 | 0,88 | 0,24 | 0,49 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,41 | 117,41 |
| 15,2 | 46,55 | 307 | 18 | 0,31 | 0,88 | 0,35 | 0,70 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,85 | 117,85 |
| 15,2 | 46,55 | 401 | 24 | 0,40 | 0,88 | 0,46 | 0,92 | 141,60 | 60 | 2,36 | 0,14 | 0,35 | 117,79 | 259,39 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,4 | 47,16 | 212 | 13 | 0,21 | 0,89 | 0,24 | 0,16 | 70,71 | 60 | 1,18 | 0,07 | 0,33 | 118,00 | 188,71 |
| 15,4 | 47,16 | 354 | 21 | 0,35 | 0,89 | 0,40 | 0,27 | 0,62 | 60 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 117,71 | 118,33 |
| 15,3 | 46,86 | 495 | 30 | 0,50 | 0,88 | 0,56 | 0,38 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,50 | 117,50 |
| 14,9 | 45,63 | 637 | 38 | 0,64 | 0,86 | 0,74 | 0,50 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,40 | 117,40 |
| 14,8 | 45,33 | 920 | 55 | 0,92 | 0,85 | 1,08 | 0,72 | 29,84 | 60 | 0,50 | 0,03 | 0,03 | 118,02 | 147,86 |
| 14 | 42,88 | 1203 | 72 | 1,20 | 0,81 | 1,49 | 1,00 | 284,18 | 60 | 4,74 | 0,29 | 0,24 | 118,45 | 402,63 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,7 | 48,08 | 142 | 8 | 0,14 | 0,91 | 0,16 | 0,05 | 136,86 | 60 | 2,28 | 0,14 | 0,97 | 118,31 | 255,17 |
| 15,7 | 48,08 | 425 | 25 | 0,42 | 0,91 | 0,47 | 0,16 | 160,89 | 60 | 2,68 | 0,16 | 0,38 | 118,50 | 279,39 |
| 15,2 | 46,55 | 708 | 42 | 0,71 | 0,88 | 0,81 | 0,27 | 9,47 | 60 | 0,16 | 0,01 | 0,01 | 118,53 | 128,00 |
| 14,7 | 45,02 | 991 | 59 | 0,99 | 0,85 | 1,17 | 0,39 | 0,38 | 60 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 118,15 | 118,53 |
| 13,9 | 42,57 | 1274 | 76 | 1,27 | 0,80 | 1,59 | 0,53 | 0,68 | 60 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 117,91 | 118,59 |
| 13,3 | 40,73 | 1840 | 110 | 1,84 | 0,77 | 2,40 | 0,80 | 178,92 | 60 | 2,98 | 0,18 | 0,10 | 118,88 | 297,80 |
| 11,8 | 36,14 | 2406 | 144 | 2,41 | 0,68 | 3,53 | 1,18 | 182,99 | 60 | 3,05 | 0,18 | 0,08 | 118,35 | 301,34 |

| Média: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | |
|--|-----------------|------------------|----------------------|-----------|
| V_g (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 47 | 0,27 | 8,92E-08 | 4,46E-08 | 0,00 |
| 47 | 0,37 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00 |
| 47 | 0,49 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00 |
| 47 | 0,70 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00 |
| 47 | 0,92 | 1,18E-05 | 5,88E-06 | 0,35 |
| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | |
| V_g (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 47 | 0,16 | 8,86E-06 | 4,43E-06 | 0,33 |
| 47 | 0,27 | 8,76E-08 | 4,38E-08 | 0,00 |
| 47 | 0,38 | 1,37E-10 | 6,83E-11 | 0,00 |
| 46 | 0,50 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00 |
| 45 | 0,72 | 1,76E-06 | 8,82E-07 | 0,03 |
| 43 | 1,00 | 4,29E-06 | 2,15E-06 | 0,24 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | |
| V_g (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 48 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,95 |
| 48 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,38 |
| 47 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 45 | 0,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 43 | 0,53 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 41 | 0,80 | 0,00 | 0,00 | 0,10 |
| 36 | 1,18 | 0,00 | 0,00 | 0,07 |

Tabela F2 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=50$ m/s, $Z=27,5$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|---------|------------|-------------------------|-------------------------|----------|--------|----------|--------|------------|------|--------|--------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G (l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,5 | 47 | 118 | 7 | 0,12 | 0,89 | 0,13 | 0,27 | 11,92 | 60 | 0,20 | 0,01 | 0,10 | 117,71 | 129,63 |
| 15,5 | 47 | 165 | 10 | 0,17 | 0,89 | 0,18 | 0,37 | 9,77 | 60 | 0,16 | 0,01 | 0,06 | 117,81 | 127,58 |
| 15,4 | 47 | 212 | 13 | 0,21 | 0,89 | 0,24 | 0,48 | 22,69 | 60 | 0,38 | 0,02 | 0,11 | 117,76 | 140,45 |
| 15,4 | 47 | 307 | 18 | 0,31 | 0,89 | 0,35 | 0,69 | 239,65 | 60 | 3,99 | 0,24 | 0,78 | 117,86 | 357,51 |
| 15,4 | 47 | 401 | 24 | 0,40 | 0,89 | 0,45 | 0,91 | 343,10 | 60 | 5,72 | 0,34 | 0,86 | 117,88 | 460,98 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G (l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,6 | 48 | 212 | 13 | 0,21 | 0,90 | 0,24 | 0,16 | 123,95 | 60 | 2,07 | 0,12 | 0,59 | 117,77 | 241,72 |
| 15,6 | 48 | 354 | 21 | 0,35 | 0,90 | 0,39 | 0,26 | 8,05 | 60 | 0,13 | 0,01 | 0,02 | 117,91 | 125,96 |
| 15 | 46 | 495 | 30 | 0,50 | 0,87 | 0,57 | 0,38 | 6,62 | 60 | 0,11 | 0,01 | 0,01 | 117,94 | 124,56 |
| 14,9 | 46 | 637 | 38 | 0,64 | 0,86 | 0,74 | 0,50 | 45,35 | 60 | 0,76 | 0,05 | 0,07 | 117,95 | 163,30 |
| 14,4 | 44 | 920 | 55 | 0,92 | 0,83 | 1,11 | 0,74 | 281,85 | 60 | 4,70 | 0,28 | 0,31 | 118,09 | 399,94 |
| 13,7 | 42 | 1203 | 72 | 1,20 | 0,79 | 1,52 | 1,02 | 531,36 | 60 | 8,86 | 0,53 | 0,44 | 117,34 | 648,70 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G (l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,6 | 48 | 142 | 8 | 0,14 | 0,90 | 0,16 | 0,05 | 136,69 | 60 | 2,28 | 0,14 | 0,97 | 117,84 | 254,53 |
| 15,5 | 47 | 425 | 25 | 0,42 | 0,89 | 0,47 | 0,16 | 312,23 | 60 | 5,20 | 0,31 | 0,74 | 117,82 | 430,05 |
| 15,1 | 46 | 708 | 42 | 0,71 | 0,87 | 0,81 | 0,27 | 100,84 | 60 | 1,68 | 0,10 | 0,14 | 117,98 | 218,82 |
| 14,3 | 44 | 991 | 59 | 0,99 | 0,83 | 1,20 | 0,40 | 64,58 | 60 | 1,08 | 0,06 | 0,07 | 118,13 | 182,71 |
| 13,9 | 43 | 1274 | 76 | 1,27 | 0,80 | 1,59 | 0,53 | 86,50 | 60 | 1,44 | 0,09 | 0,07 | 118,06 | 204,56 |
| 13,2 | 40 | 1840 | 110 | 1,84 | 0,76 | 2,42 | 0,81 | 107,18 | 60 | 1,79 | 0,11 | 0,06 | 118,32 | 225,50 |
| 11,7 | 36 | 2406 | 144 | 2,41 | 0,68 | 3,56 | 1,19 | 554,14 | 60 | 9,24 | 0,56 | 0,23 | 118,06 | 672,20 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | lmáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,5 | 47 | 118 | 7 | 0,12 | 0,89 | 0,13 | 0,27 | 12,52 | 60 | 0,21 | 0,01 | 0,11 | 117,85 | 130,37 |
| 15,5 | 47 | 165 | 10 | 0,17 | 0,89 | 0,18 | 0,37 | 10,16 | 60 | 0,17 | 0,01 | 0,06 | 117,86 | 128,02 |
| 15,4 | 47 | 212 | 13 | 0,21 | 0,89 | 0,24 | 0,48 | 23,30 | 60 | 0,39 | 0,02 | 0,11 | 117,89 | 141,19 |
| 15,4 | 47 | 307 | 18 | 0,31 | 0,89 | 0,35 | 0,69 | 237,23 | 60 | 3,95 | 0,24 | 0,78 | 117,92 | 355,15 |
| 15,4 | 47 | 401 | 24 | 0,40 | 0,89 | 0,45 | 0,91 | 346,08 | 60 | 5,77 | 0,35 | 0,87 | 117,99 | 464,07 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | lmáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,6 | 48 | 212 | 13 | 0,21 | 0,90 | 0,24 | 0,16 | 123,61 | 60 | 2,06 | 0,12 | 0,58 | 117,96 | 241,57 |
| 15,6 | 48 | 354 | 21 | 0,35 | 0,90 | 0,39 | 0,26 | 8,21 | 60 | 0,14 | 0,01 | 0,02 | 117,83 | 126,04 |
| 15 | 46 | 495 | 30 | 0,50 | 0,87 | 0,57 | 0,38 | 6,78 | 60 | 0,11 | 0,01 | 0,01 | 117,96 | 124,74 |
| 14,9 | 46 | 637 | 38 | 0,64 | 0,86 | 0,74 | 0,50 | 45,30 | 60 | 0,76 | 0,05 | 0,07 | 118,03 | 163,33 |
| 14,4 | 44 | 920 | 55 | 0,92 | 0,83 | 1,11 | 0,74 | 290,12 | 60 | 4,84 | 0,29 | 0,32 | 118,31 | 408,43 |
| 13,7 | 42 | 1203 | 72 | 1,20 | 0,79 | 1,52 | 1,02 | 531,05 | 60 | 8,85 | 0,53 | 0,44 | 118,05 | 649,1 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | lmáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,6 | 48 | 142 | 8 | 0,14 | 0,90 | 0,16 | 0,05 | 136,96 | 60 | 2,28 | 0,14 | 0,97 | 117,9 | 254,86 |
| 15,5 | 47 | 425 | 25 | 0,42 | 0,89 | 0,47 | 0,16 | 315,02 | 60 | 5,25 | 0,32 | 0,74 | 118,17 | 433,19 |
| 15,1 | 46 | 708 | 42 | 0,71 | 0,87 | 0,81 | 0,27 | 100,75 | 60 | 1,68 | 0,10 | 0,14 | 118,05 | 218,8 |
| 14,3 | 44 | 991 | 59 | 0,99 | 0,83 | 1,20 | 0,40 | 64,24 | 60 | 1,07 | 0,06 | 0,07 | 117,95 | 182,19 |
| 13,9 | 43 | 1274 | 76 | 1,27 | 0,80 | 1,59 | 0,53 | 88,37 | 60 | 1,47 | 0,09 | 0,07 | 117,93 | 206,3 |
| 13,2 | 40 | 1840 | 110 | 1,84 | 0,76 | 2,42 | 0,81 | 106,17 | 60 | 1,77 | 0,11 | 0,06 | 118,07 | 224,24 |
| 11,7 | 36 | 2406 | 144 | 2,41 | 0,68 | 3,56 | 1,19 | 554,23 | 60 | 9,24 | 0,56 | 0,23 | 118,27 | 672,5 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,5 | 47 | 118 | 7 | 0,12 | 0,89 | 0,13 | 0,27 | 11,15 | 60 | 0,19 | 0,01 | 0,09 | 117,98 | 129,13 |
| 15,5 | 47 | 165 | 10 | 0,17 | 0,89 | 0,18 | 0,37 | 10,00 | 60 | 0,17 | 0,01 | 0,06 | 117,79 | 127,79 |
| 15,4 | 47 | 212 | 13 | 0,21 | 0,89 | 0,24 | 0,48 | 21,39 | 60 | 0,36 | 0,02 | 0,10 | 117,84 | 139,23 |
| 15,4 | 47 | 307 | 18 | 0,31 | 0,89 | 0,35 | 0,69 | 241,31 | 60 | 4,02 | 0,24 | 0,79 | 117,98 | 359,29 |
| 15,4 | 47 | 401 | 24 | 0,40 | 0,89 | 0,45 | 0,91 | 346,69 | 60 | 5,78 | 0,35 | 0,87 | 117,92 | 464,61 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,6 | 48 | 212 | 13 | 0,21 | 0,90 | 0,24 | 0,16 | 123,58 | 60 | 2,06 | 0,12 | 0,58 | 118 | 241,58 |
| 15,6 | 48 | 354 | 21 | 0,35 | 0,90 | 0,39 | 0,26 | 8,84 | 60 | 0,15 | 0,01 | 0,03 | 118,09 | 126,93 |
| 15 | 46 | 495 | 30 | 0,50 | 0,87 | 0,57 | 0,38 | 6,89 | 60 | 0,11 | 0,01 | 0,01 | 117,82 | 124,71 |
| 14,9 | 46 | 637 | 38 | 0,64 | 0,86 | 0,74 | 0,50 | 46,30 | 60 | 0,77 | 0,05 | 0,07 | 118,04 | 164,34 |
| 14,4 | 44 | 920 | 55 | 0,92 | 0,83 | 1,11 | 0,74 | 296,98 | 60 | 4,95 | 0,30 | 0,32 | 118,01 | 414,99 |
| 13,7 | 42 | 1203 | 72 | 1,20 | 0,79 | 1,52 | 1,02 | 533,24 | 60 | 8,89 | 0,53 | 0,44 | 117,86 | 651,1 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,6 | 48 | 142 | 8 | 0,14 | 0,90 | 0,16 | 0,05 | 136,56 | 60 | 2,28 | 0,14 | 0,97 | 117,97 | 254,53 |
| 15,5 | 47 | 425 | 25 | 0,42 | 0,89 | 0,47 | 0,16 | 314,10 | 60 | 5,24 | 0,32 | 0,74 | 118,16 | 432,26 |
| 15,1 | 46 | 708 | 42 | 0,71 | 0,87 | 0,81 | 0,27 | 100,32 | 60 | 1,67 | 0,10 | 0,14 | 118,21 | 218,53 |
| 14,3 | 44 | 991 | 59 | 0,99 | 0,83 | 1,20 | 0,40 | 63,89 | 60 | 1,06 | 0,06 | 0,06 | 118,04 | 181,93 |
| 13,9 | 43 | 1274 | 76 | 1,27 | 0,80 | 1,59 | 0,53 | 86,59 | 60 | 1,44 | 0,09 | 0,07 | 118,1 | 204,69 |
| 13,2 | 40 | 1840 | 110 | 1,84 | 0,76 | 2,42 | 0,81 | 106,49 | 60 | 1,77 | 0,11 | 0,06 | 118,12 | 224,61 |
| 11,7 | 36 | 2406 | 144 | 2,41 | 0,68 | 3,56 | 1,19 | 562,74 | 60 | 9,38 | 0,56 | 0,23 | 118,36 | 681,1 |

| Média: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | |
|--|-----------------|------------------|----------------------|-----------|
| V_g (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 47 | 0,27 | 3,41E-05 | 1,71E-05 | 0,10 |
| 47 | 0,37 | 1,42E-06 | 7,09E-07 | 0,06 |
| 47 | 0,48 | 2,12E-05 | 1,06E-05 | 0,11 |
| 47 | 0,69 | 4,50E-05 | 2,25E-05 | 0,78 |
| 47 | 0,91 | 2,31E-05 | 1,15E-05 | 0,86 |
| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | |
| V_g (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 48 | 0,16 | 9,43E-07 | 4,71E-07 | 0,58 |
| 48 | 0,26 | 1,40E-06 | 7,01E-07 | 0,02 |
| 46 | 0,38 | 7,56E-08 | 3,78E-08 | 0,01 |
| 46 | 0,50 | 7,87E-07 | 3,94E-07 | 0,07 |
| 44 | 0,74 | 6,82E-05 | 3,41E-05 | 0,32 |
| 42 | 1,02 | 9,76E-07 | 4,88E-07 | 0,44 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | |
| V_g (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 48 | 0,05 | 2,09E-06 | 1,05E-06 | 0,97 |
| 47 | 0,16 | 1,13E-05 | 5,64E-06 | 0,74 |
| 46 | 0,27 | 1,55E-07 | 7,76E-08 | 0,14 |
| 44 | 0,40 | 1,22E-07 | 6,10E-08 | 0,07 |
| 43 | 0,53 | 6,90E-07 | 3,45E-07 | 0,07 |
| 40 | 0,81 | 7,92E-08 | 3,96E-08 | 0,06 |
| 36 | 1,19 | 4,24E-06 | 2,12E-06 | 0,23 |

Tabela F3 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=50$ m/s, $Z=67,5$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|---------|-----------|-------------------------|------------------------|----------|---------|----------|--------|------------|------|--------|---------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,8 | 48 | 118 | 7 | 0,12 | 0,91 | 0,13 | 0,26 | 17,75 | 60 | 0,30 | 0,02 | 0,15 | 117,68 | 135,43 |
| 15,8 | 48 | 165 | 10 | 0,17 | 0,91 | 0,18 | 0,36 | 18,16 | 60 | 0,30 | 0,02 | 0,11 | 118,03 | 136,19 |
| 15,8 | 48 | 212 | 13 | 0,21 | 0,91 | 0,23 | 0,47 | 52,88 | 60 | 0,88 | 0,05 | 0,25 | 117,80 | 170,68 |
| 15,4 | 47 | 307 | 18 | 0,31 | 0,89 | 0,35 | 0,69 | 226,05 | 60 | 3,77 | 0,23 | 0,74 | 117,34 | 343,39 |
| 15,4 | 47 | 401 | 24 | 0,40 | 0,89 | 0,45 | 0,91 | 350,93 | 60 | 5,85 | 0,35 | 0,88 | 118,69 | 469,62 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,9 | 49 | 212 | 13 | 0,21 | 0,92 | 0,23 | 0,16 | 136,21 | 60 | 2,27 | 0,14 | 0,64 | 117,31 | 253,52 |
| 15,1 | 46 | 354 | 21 | 0,35 | 0,87 | 0,41 | 0,27 | 79,51 | 60 | 1,33 | 0,08 | 0,23 | 118,66 | 198,17 |
| 14,9 | 46 | 495 | 30 | 0,50 | 0,86 | 0,58 | 0,39 | 70,91 | 60 | 1,18 | 0,07 | 0,14 | 118,25 | 189,16 |
| 14,3 | 44 | 637 | 38 | 0,64 | 0,83 | 0,77 | 0,52 | 176,87 | 60 | 2,95 | 0,18 | 0,28 | 118,77 | 295,64 |
| 13,9 | 43 | 920 | 55 | 0,92 | 0,80 | 1,15 | 0,77 | 306,53 | 60 | 5,11 | 0,31 | 0,33 | 119,05 | 425,58 |
| 13,2 | 40 | 1203 | 72 | 1,20 | 0,76 | 1,58 | 1,06 | 760,83 | 60 | 12,68 | 0,76 | 0,63 | 118,67 | 879,5 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 16,4 | 50 | 142 | 8 | 0,14 | 0,95 | 0,15 | 0,05 | 134,27 | 60 | 2,24 | 0,13 | 0,95 | 118,30 | 252,57 |
| 15,1 | 46 | 425 | 25 | 0,42 | 0,87 | 0,49 | 0,16 | 318,47 | 60 | 5,31 | 0,32 | 0,75 | 118,44 | 436,91 |
| 14,4 | 44 | 708 | 42 | 0,71 | 0,83 | 0,85 | 0,29 | 211,63 | 60 | 3,53 | 0,21 | 0,30 | 118,45 | 330,08 |
| 13,5 | 41 | 991 | 59 | 0,99 | 0,78 | 1,27 | 0,43 | 233,99 | 60 | 3,90 | 0,23 | 0,24 | 119,20 | 353,19 |
| 13,3 | 41 | 1274 | 76 | 1,27 | 0,77 | 1,66 | 0,56 | 311,07 | 60 | 5,18 | 0,31 | 0,24 | 118,15 | 429,22 |
| 11,8 | 36 | 1840 | 110 | 1,84 | 0,68 | 2,70 | 0,91 | 604,20 | 60 | 10,07 | 0,61 | 0,33 | 118,10 | 722,30 |
| 11,7 | 36 | 2406 | 144 | 2,41 | 0,68 | 3,56 | 1,19 | 1206,13 | 60 | 20,10 | 1,21 | 0,50 | 118,77 | 1324,90 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,8 | 48 | 118 | 7 | 0,12 | 0,91 | 0,13 | 0,26 | 17,27 | 60 | 0,29 | 0,02 | 0,15 | 118,46 | 135,73 |
| 15,8 | 48 | 165 | 10 | 0,17 | 0,91 | 0,18 | 0,36 | 17,70 | 60 | 0,30 | 0,02 | 0,11 | 118,29 | 135,99 |
| 15,8 | 48 | 212 | 13 | 0,21 | 0,91 | 0,23 | 0,47 | 53,70 | 60 | 0,90 | 0,05 | 0,25 | 117,96 | 171,66 |
| 15,4 | 47 | 307 | 18 | 0,31 | 0,89 | 0,35 | 0,69 | 224,96 | 60 | 3,75 | 0,23 | 0,74 | 118,42 | 343,38 |
| 15,4 | 47 | 401 | 24 | 0,40 | 0,89 | 0,45 | 0,91 | 355,18 | 60 | 5,92 | 0,36 | 0,89 | 118,46 | 473,64 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,9 | 49 | 212 | 13 | 0,21 | 0,92 | 0,23 | 0,16 | 134,73 | 60 | 2,25 | 0,14 | 0,64 | 118,07 | 252,8 |
| 15,1 | 46 | 354 | 21 | 0,35 | 0,87 | 0,41 | 0,27 | 79,82 | 60 | 1,33 | 0,08 | 0,23 | 118,14 | 197,96 |
| 14,9 | 46 | 495 | 30 | 0,50 | 0,86 | 0,58 | 0,39 | 70,95 | 60 | 1,18 | 0,07 | 0,14 | 119,06 | 190,01 |
| 14,3 | 44 | 637 | 38 | 0,64 | 0,83 | 0,77 | 0,52 | 176,97 | 60 | 2,95 | 0,18 | 0,28 | 118,47 | 295,44 |
| 13,9 | 43 | 920 | 55 | 0,92 | 0,80 | 1,15 | 0,77 | 306,2 | 60 | 5,10 | 0,31 | 0,33 | 118,78 | 424,98 |
| 13,2 | 40 | 1203 | 72 | 1,20 | 0,76 | 1,58 | 1,06 | 760,21 | 60 | 12,67 | 0,76 | 0,63 | 118,69 | 878,9 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 16,4 | 50 | 142 | 8 | 0,14 | 0,95 | 0,15 | 0,05 | 135,55 | 60 | 2,26 | 0,14 | 0,96 | 118,30 | 253,85 |
| 15,1 | 46 | 425 | 25 | 0,42 | 0,87 | 0,49 | 0,16 | 303,75 | 60 | 5,06 | 0,30 | 0,72 | 118,56 | 422,31 |
| 14,4 | 44 | 708 | 42 | 0,71 | 0,83 | 0,85 | 0,29 | 208,88 | 60 | 3,48 | 0,21 | 0,30 | 118,21 | 327,09 |
| 13,5 | 41 | 991 | 59 | 0,99 | 0,78 | 1,27 | 0,43 | 211,06 | 60 | 3,52 | 0,21 | 0,21 | 118,24 | 329,30 |
| 13,3 | 41 | 1274 | 76 | 1,27 | 0,77 | 1,66 | 0,56 | 295,28 | 60 | 4,92 | 0,30 | 0,23 | 118,22 | 413,50 |
| 11,8 | 36 | 1840 | 110 | 1,84 | 0,68 | 2,70 | 0,91 | 614,10 | 60 | 10,24 | 0,62 | 0,33 | 118,90 | 733,00 |
| 11,7 | 36 | 2406 | 144 | 2,41 | 0,68 | 3,56 | 1,19 | 1225,91 | 60 | 20,43 | 1,23 | 0,51 | 118,79 | 1344,70 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,8 | 48 | 118 | 7 | 0,12 | 0,91 | 0,13 | 0,26 | 17,26 | 60 | 0,29 | 0,02 | 0,15 | 118,39 | 135,65 |
| 15,8 | 48 | 165 | 10 | 0,17 | 0,91 | 0,18 | 0,36 | 18,35 | 60 | 0,31 | 0,02 | 0,11 | 118,11 | 136,46 |
| 15,8 | 48 | 212 | 13 | 0,21 | 0,91 | 0,23 | 0,47 | 56,98 | 60 | 0,95 | 0,06 | 0,27 | 118,62 | 175,60 |
| 15,4 | 47 | 307 | 18 | 0,31 | 0,89 | 0,35 | 0,69 | 228,62 | 60 | 3,81 | 0,23 | 0,75 | 118,58 | 347,20 |
| 15,4 | 47 | 401 | 24 | 0,40 | 0,89 | 0,45 | 0,91 | 353,76 | 60 | 5,90 | 0,35 | 0,88 | 119,44 | 473,20 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 15,9 | 49 | 212 | 13 | 0,21 | 0,92 | 0,23 | 0,16 | 136,02 | 60 | 2,27 | 0,14 | 0,64 | 118,23 | 254,25 |
| 15,1 | 46 | 354 | 21 | 0,35 | 0,87 | 0,41 | 0,27 | 81,05 | 60 | 1,35 | 0,08 | 0,23 | 118,27 | 199,32 |
| 14,9 | 46 | 495 | 30 | 0,50 | 0,86 | 0,58 | 0,39 | 74,12 | 60 | 1,24 | 0,07 | 0,15 | 117,89 | 192,01 |
| 14,3 | 44 | 637 | 38 | 0,64 | 0,83 | 0,77 | 0,52 | 175,1 | 60 | 2,92 | 0,18 | 0,28 | 118,35 | 293,45 |
| 13,9 | 43 | 920 | 55 | 0,92 | 0,80 | 1,15 | 0,77 | 307,99 | 60 | 5,13 | 0,31 | 0,34 | 118,58 | 426,57 |
| 13,2 | 40 | 1203 | 72 | 1,20 | 0,76 | 1,58 | 1,06 | 758,46 | 60 | 12,64 | 0,76 | 0,63 | 118,52 | 876,98 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 16,4 | 50 | 142 | 8 | 0,14 | 0,95 | 0,15 | 0,05 | 133,55 | 60 | 2,23 | 0,13 | 0,95 | 118,25 | 251,80 |
| 15,1 | 46 | 425 | 25 | 0,42 | 0,87 | 0,49 | 0,16 | 326,51 | 60 | 5,44 | 0,33 | 0,77 | 118,03 | 444,54 |
| 14,4 | 44 | 708 | 42 | 0,71 | 0,83 | 0,85 | 0,29 | 224,68 | 60 | 3,74 | 0,23 | 0,32 | 118,48 | 343,16 |
| 13,5 | 41 | 991 | 59 | 0,99 | 0,78 | 1,27 | 0,43 | 244,96 | 60 | 4,08 | 0,25 | 0,25 | 118,76 | 363,72 |
| 13,3 | 41 | 1274 | 76 | 1,27 | 0,77 | 1,66 | 0,56 | 350,12 | 60 | 5,84 | 0,35 | 0,28 | 118,30 | 468,42 |
| 11,8 | 36 | 1840 | 110 | 1,84 | 0,68 | 2,70 | 0,91 | 616,28 | 60 | 10,27 | 0,62 | 0,34 | 118,52 | 734,80 |
| 11,7 | 36 | 2406 | 144 | 2,41 | 0,68 | 3,56 | 1,19 | 1255,6 | 60 | 20,93 | 1,26 | 0,52 | 118,81 | 1374,40 |

| Média: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | |
|--|-----------------|------------------|----------------------|-----------|
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 48 | 0,26 | 5,67E-06 | 2,84E-06 | 0,15 |
| 48 | 0,36 | 4,12E-06 | 2,06E-06 | 0,11 |
| 48 | 0,47 | 0,000105 | 5,25E-05 | 0,26 |
| 47 | 0,69 | 3,78E-05 | 1,89E-05 | 0,74 |
| 47 | 0,91 | 2,93E-05 | 1,46E-05 | 0,88 |
| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 49 | 0,16 | 0,00001 | 0,00001 | 0,64 |
| 46 | 0,27 | 0,00001 | 0,00000 | 0,23 |
| 46 | 0,39 | 0,00001 | 0,00001 | 0,15 |
| 44 | 0,52 | 0,00000 | 0,00000 | 0,28 |
| 43 | 0,77 | 0,00000 | 0,00000 | 0,33 |
| 40 | 1,06 | 0,00000 | 0,00000 | 0,63 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 50 | 0,05 | 5,15E-05 | 2,58E-05 | 0,95 |
| 46 | 0,16 | 7,43E-04 | 3,72E-04 | 0,75 |
| 44 | 0,29 | 1,43E-04 | 7,16E-05 | 0,30 |
| 41 | 0,43 | 3,07E-04 | 1,53E-04 | 0,23 |
| 41 | 0,56 | 4,94E-04 | 2,47E-04 | 0,25 |
| 36 | 0,91 | 1,23E-05 | 6,16E-06 | 0,33 |
| 36 | 1,19 | 1,08E-04 | 5,38E-05 | 0,51 |

Tabela F4 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=70$ m/s, $Z=7,5$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|---------|------------|-------------------------|------------------------|----------|--------|----------|--------|------------|------|--------|--------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,4 | 69 | 99 | 6 | 0,10 | 1,29 | 0,08 | 0,15 | 13,26 | 60 | 0,22 | 0,01 | 0,13 | 117,76 | 131,02 |
| 22 | 67 | 165 | 10 | 0,17 | 1,27 | 0,13 | 0,26 | 4,17 | 60 | 0,07 | 0,00 | 0,03 | 117,51 | 121,68 |
| 21,7 | 66 | 231 | 14 | 0,23 | 1,25 | 0,18 | 0,37 | 2,82 | 60 | 0,05 | 0,00 | 0,01 | 117,62 | 120,44 |
| 21,4 | 66 | 297 | 18 | 0,30 | 1,23 | 0,24 | 0,48 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,61 | 117,61 |
| 20,7 | 63 | 429 | 26 | 0,43 | 1,19 | 0,36 | 0,72 | 1,92 | 60 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 117,45 | 119,37 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,8 | 70 | 99 | 6 | 0,10 | 1,32 | 0,08 | 0,05 | 89,55 | 60 | 1,49 | 0,09 | 0,91 | 117,8 | 207,35 |
| 21,5 | 66 | 297 | 18 | 0,30 | 1,24 | 0,24 | 0,16 | 46,59 | 60 | 0,78 | 0,05 | 0,16 | 117,3 | 163,89 |
| 20,9 | 64 | 495 | 30 | 0,50 | 1,21 | 0,41 | 0,28 | 6,79 | 60 | 0,11 | 0,01 | 0,01 | 118,13 | 124,92 |
| 20,2 | 62 | 694 | 42 | 0,69 | 1,17 | 0,60 | 0,40 | 3,73 | 60 | 0,06 | 0,00 | 0,01 | 117,79 | 121,52 |
| 19,7 | 60 | 892 | 54 | 0,89 | 1,14 | 0,78 | 0,53 | 1,27 | 60 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 117,64 | 118,91 |
| 19,1 | 58 | 1288 | 77 | 1,29 | 1,10 | 1,17 | 0,78 | 4,01 | 60 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 117,7 | 121,71 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,8 | 70 | 198 | 12 | 0,20 | 1,32 | 0,15 | 0,05 | 182,93 | 60 | 3,05 | 0,18 | 0,93 | 117,65 | 300,58 |
| 20,7 | 63 | 594 | 36 | 0,59 | 1,19 | 0,50 | 0,17 | 160,24 | 60 | 2,67 | 0,16 | 0,27 | 117,86 | 278,1 |
| 19,5 | 60 | 991 | 59 | 0,99 | 1,13 | 0,88 | 0,30 | 21,39 | 60 | 0,36 | 0,02 | 0,02 | 118,01 | 139,4 |
| 18,7 | 57 | 1387 | 83 | 1,39 | 1,08 | 1,29 | 0,43 | 9,87 | 60 | 0,16 | 0,01 | 0,01 | 117,82 | 127,69 |
| 17,8 | 55 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,03 | 1,74 | 0,58 | 5,07 | 60 | 0,08 | 0,01 | 0,00 | 117,7 | 122,77 |
| 17,1 | 52 | 2576 | 155 | 2,58 | 0,99 | 2,61 | 0,87 | 39,40 | 60 | 0,66 | 0,04 | 0,02 | 118,28 | 157,68 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,4 | 69 | 99 | 6 | 0,10 | 1,29 | 0,08 | 0,15 | 13,28 | 60 | 0,22 | 0,01 | 0,13 | 117,75 | 131,03 |
| 22 | 67 | 165 | 10 | 0,17 | 1,27 | 0,13 | 0,26 | 4,68 | 60 | 0,08 | 0,00 | 0,03 | 117,61 | 122,29 |
| 21,7 | 66 | 231 | 14 | 0,23 | 1,25 | 0,18 | 0,37 | 2,77 | 60 | 0,05 | 0,00 | 0,01 | 117,55 | 120,32 |
| 21,4 | 66 | 297 | 18 | 0,30 | 1,23 | 0,24 | 0,48 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,51 | 117,51 |
| 20,7 | 63 | 429 | 26 | 0,43 | 1,19 | 0,36 | 0,72 | 2,54 | 60 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 117,64 | 120,18 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,8 | 70 | 99 | 6 | 0,10 | 1,32 | 0,08 | 0,05 | 89,54 | 60 | 1,49 | 0,09 | 0,91 | 117,99 | 207,53 |
| 21,5 | 66 | 297 | 18 | 0,30 | 1,24 | 0,24 | 0,16 | 45,33 | 60 | 0,76 | 0,05 | 0,15 | 117,89 | 163,22 |
| 20,9 | 64 | 495 | 30 | 0,50 | 1,21 | 0,41 | 0,28 | 7,47 | 60 | 0,12 | 0,01 | 0,02 | 117,91 | 125,38 |
| 20,2 | 62 | 694 | 42 | 0,69 | 1,17 | 0,60 | 0,40 | 3,78 | 60 | 0,06 | 0,00 | 0,01 | 117,76 | 121,54 |
| 19,7 | 60 | 892 | 54 | 0,89 | 1,14 | 0,78 | 0,53 | 1,29 | 60 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 117,79 | 119,08 |
| 19,1 | 58 | 1288 | 77 | 1,29 | 1,10 | 1,17 | 0,78 | 4,78 | 60 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 117,59 | 122,37 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,8 | 70 | 198 | 12 | 0,20 | 1,32 | 0,15 | 0,05 | 182,51 | 60 | 3,04 | 0,18 | 0,92 | 117,96 | 300,47 |
| 20,7 | 63 | 594 | 36 | 0,59 | 1,19 | 0,50 | 0,17 | 162,58 | 60 | 2,71 | 0,16 | 0,27 | 118,36 | 280,94 |
| 19,5 | 60 | 991 | 59 | 0,99 | 1,13 | 0,88 | 0,30 | 20,51 | 60 | 0,34 | 0,02 | 0,02 | 118,02 | 138,53 |
| 18,7 | 57 | 1387 | 83 | 1,39 | 1,08 | 1,29 | 0,43 | 9,65 | 60 | 0,16 | 0,01 | 0,01 | 117,98 | 127,63 |
| 17,8 | 55 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,03 | 1,74 | 0,58 | 5,03 | 60 | 0,08 | 0,01 | 0,00 | 117,73 | 122,76 |
| 17,1 | 52 | 2576 | 155 | 2,58 | 0,99 | 2,61 | 0,87 | 33,69 | 60 | 0,56 | 0,03 | 0,01 | 117,68 | 151,37 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,4 | 69 | 99 | 6 | 0,10 | 1,29 | 0,08 | 0,15 | 13,3 | 60 | 0,22 | 0,01 | 0,13 | 117,76 | 131,06 |
| 22 | 67 | 165 | 10 | 0,17 | 1,27 | 0,13 | 0,26 | 4,3 | 60 | 0,07 | 0,00 | 0,03 | 117,67 | 121,97 |
| 21,7 | 66 | 231 | 14 | 0,23 | 1,25 | 0,18 | 0,37 | 2,75 | 60 | 0,05 | 0,00 | 0,01 | 117,6 | 120,35 |
| 21,4 | 66 | 297 | 18 | 0,30 | 1,23 | 0,24 | 0,48 | 0 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,57 | 117,57 |
| 20,7 | 63 | 429 | 26 | 0,43 | 1,19 | 0,36 | 0,72 | 2,73 | 60 | 0,05 | 0,00 | 0,01 | 117,65 | 120,38 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,8 | 70 | 99 | 6 | 0,10 | 1,32 | 0,08 | 0,05 | 88,33 | 60 | 1,47 | 0,09 | 0,89 | 117,94 | 206,27 |
| 21,5 | 66 | 297 | 18 | 0,30 | 1,24 | 0,24 | 0,16 | 44,9 | 60 | 0,75 | 0,05 | 0,15 | 118,53 | 163,43 |
| 20,9 | 64 | 495 | 30 | 0,50 | 1,21 | 0,41 | 0,28 | 7,19 | 60 | 0,12 | 0,01 | 0,01 | 117,84 | 125,03 |
| 20,2 | 62 | 694 | 42 | 0,69 | 1,17 | 0,60 | 0,40 | 3,61 | 60 | 0,06 | 0,00 | 0,01 | 117,77 | 121,38 |
| 19,7 | 60 | 892 | 54 | 0,89 | 1,14 | 0,78 | 0,53 | 1,2 | 60 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 117,73 | 118,93 |
| 19,1 | 58 | 1288 | 77 | 1,29 | 1,10 | 1,17 | 0,78 | 4,28 | 60 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 117,46 | 121,74 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,8 | 70 | 198 | 12 | 0,20 | 1,32 | 0,15 | 0,05 | 184,14 | 60 | 3,07 | 0,18 | 0,93 | 118,15 | 302,29 |
| 20,7 | 63 | 594 | 36 | 0,59 | 1,19 | 0,50 | 0,17 | 163,77 | 60 | 2,73 | 0,16 | 0,28 | 118,36 | 282,13 |
| 19,5 | 60 | 991 | 59 | 0,99 | 1,13 | 0,88 | 0,30 | 25,98 | 60 | 0,43 | 0,03 | 0,03 | 117,97 | 143,95 |
| 18,7 | 57 | 1387 | 83 | 1,39 | 1,08 | 1,29 | 0,43 | 9,60 | 60 | 0,16 | 0,01 | 0,01 | 117,78 | 127,38 |
| 17,8 | 55 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,03 | 1,74 | 0,58 | 4,95 | 60 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 117,77 | 122,72 |
| 17,1 | 52 | 2576 | 155 | 2,58 | 0,99 | 2,61 | 0,87 | 39,25 | 60 | 0,65 | 0,04 | 0,02 | 117,74 | 156,99 |

| Média: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | |
|--|-----------------|------------------|----------------------|-----------|
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 69 | 0,15 | 4,10E-08 | 2,05E-08 | 0,13 |
| 67 | 0,26 | 2,59E-06 | 1,30E-06 | 0,03 |
| 66 | 0,37 | 2,45E-08 | 1,22E-08 | 0,01 |
| 66 | 0,48 | 0,00E+00 | 0,00E+00 | 0,00 |
| 63 | 0,72 | 9,79E-07 | 4,90E-07 | 0,01 |
| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 70 | 0,05 | 5,04E-05 | 2,52E-05 | 0,90 |
| 66 | 0,16 | 8,78E-06 | 4,39E-06 | 0,15 |
| 64 | 0,28 | 4,79E-07 | 2,39E-07 | 0,01 |
| 62 | 0,40 | 1,60E-08 | 7,98E-09 | 0,01 |
| 60 | 0,53 | 2,83E-09 | 1,41E-09 | 0,00 |
| 58 | 0,78 | 9,26E-08 | 4,63E-08 | 0,00 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 70 | 0,05 | 1,84E-05 | 9,18E-06 | 0,93 |
| 63 | 0,17 | 9,18E-06 | 4,59E-06 | 0,27 |
| 60 | 0,30 | 8,84E-06 | 4,42E-06 | 0,02 |
| 57 | 0,43 | 1,08E-08 | 5,39E-09 | 0,01 |
| 55 | 0,58 | 1,18E-09 | 5,90E-10 | 0,00 |
| 52 | 0,87 | 1,61E-06 | 8,03E-07 | 0,01 |

Tabela F5 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=70$ m/s, $Z=27,5$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|---------|------------|-------------------------|------------------------|----------|--------|----------|--------|------------|------|--------|--------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,4 | 69 | 99 | 6 | 0,10 | 1,29 | 0,08 | 0,15 | 39,31 | 60 | 0,66 | 0,04 | 0,40 | 117,51 | 156,82 |
| 22,1 | 68 | 165 | 10 | 0,17 | 1,28 | 0,13 | 0,26 | 17,56 | 60 | 0,29 | 0,02 | 0,11 | 117,87 | 135,43 |
| 21,6 | 66 | 231 | 14 | 0,23 | 1,25 | 0,19 | 0,37 | 13,45 | 60 | 0,22 | 0,01 | 0,06 | 117,97 | 131,42 |
| 21 | 64 | 297 | 18 | 0,30 | 1,21 | 0,25 | 0,49 | 27,21 | 60 | 0,45 | 0,03 | 0,09 | 118,20 | 145,41 |
| 20,5 | 63 | 429 | 26 | 0,43 | 1,18 | 0,36 | 0,73 | 308,59 | 60 | 5,14 | 0,31 | 0,72 | 118,08 | 426,67 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,4 | 69 | 99 | 6 | 0,10 | 1,29 | 0,08 | 0,05 | 92,95 | 60 | 1,55 | 0,09 | 0,94 | 117,77 | 210,72 |
| 21 | 64 | 297 | 18 | 0,30 | 1,21 | 0,25 | 0,16 | 153,8 | 60 | 2,56 | 0,15 | 0,52 | 117,91 | 271,71 |
| 20,4 | 62 | 495 | 30 | 0,50 | 1,18 | 0,42 | 0,28 | 72,91 | 60 | 1,22 | 0,07 | 0,15 | 118,01 | 190,92 |
| 19,7 | 60 | 694 | 42 | 0,69 | 1,14 | 0,61 | 0,41 | 48,82 | 60 | 0,81 | 0,05 | 0,07 | 118,17 | 166,99 |
| 19,3 | 59 | 892 | 54 | 0,89 | 1,11 | 0,80 | 0,54 | 100,76 | 60 | 1,68 | 0,10 | 0,11 | 118,25 | 219,01 |
| 18,4 | 56 | 1288 | 77 | 1,29 | 1,06 | 1,21 | 0,81 | 249,93 | 60 | 4,17 | 0,25 | 0,19 | 118,17 | 368,10 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,8 | 70 | 198 | 12 | 0,20 | 1,32 | 0,15 | 0,05 | 183,82 | 60 | 3,06 | 0,18 | 0,93 | 118,02 | 301,84 |
| 20,2 | 62 | 594 | 36 | 0,59 | 1,17 | 0,51 | 0,17 | 340,57 | 60 | 5,68 | 0,34 | 0,57 | 117,94 | 458,51 |
| 19 | 58 | 991 | 59 | 0,99 | 1,10 | 0,90 | 0,30 | 180,11 | 60 | 3,00 | 0,18 | 0,18 | 117,93 | 298,04 |
| 17,9 | 55 | 1387 | 83 | 1,39 | 1,03 | 1,34 | 0,45 | 137,32 | 60 | 2,29 | 0,14 | 0,10 | 117,98 | 255,30 |
| 17,2 | 53 | 1783 | 107 | 1,78 | 0,99 | 1,80 | 0,60 | 139,59 | 60 | 2,33 | 0,14 | 0,08 | 118,01 | 257,60 |
| 16,7 | 51 | 2576 | 155 | 2,58 | 0,96 | 2,67 | 0,90 | 286,43 | 60 | 4,77 | 0,29 | 0,11 | 118,04 | 404,47 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,4 | 69 | 99 | 6 | 0,10 | 1,29 | 0,08 | 0,15 | 38,46 | 60 | 0,64 | 0,04 | 0,39 | 117,98 | 156,44 |
| 22,1 | 68 | 165 | 10 | 0,17 | 1,28 | 0,13 | 0,26 | 17,32 | 60 | 0,29 | 0,02 | 0,11 | 118,17 | 135,49 |
| 21,6 | 66 | 231 | 14 | 0,23 | 1,25 | 0,19 | 0,37 | 17,89 | 60 | 0,30 | 0,02 | 0,08 | 117,86 | 135,75 |
| 21 | 64 | 297 | 18 | 0,30 | 1,21 | 0,25 | 0,49 | 27,96 | 60 | 0,47 | 0,03 | 0,09 | 118,05 | 146,01 |
| 20,5 | 63 | 429 | 26 | 0,43 | 1,18 | 0,36 | 0,73 | 308,59 | 60 | 5,14 | 0,31 | 0,72 | 118,32 | 426,91 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,4 | 69 | 99 | 6 | 0,10 | 1,29 | 0,08 | 0,05 | 92,44 | 60 | 1,54 | 0,09 | 0,94 | 117,85 | 210,29 |
| 21 | 64 | 297 | 18 | 0,30 | 1,21 | 0,25 | 0,16 | 153,42 | 60 | 2,56 | 0,15 | 0,52 | 118,11 | 271,53 |
| 20,4 | 62 | 495 | 30 | 0,50 | 1,18 | 0,42 | 0,28 | 71,57 | 60 | 1,19 | 0,07 | 0,14 | 118,19 | 189,76 |
| 19,7 | 60 | 694 | 42 | 0,69 | 1,14 | 0,61 | 0,41 | 43,4 | 60 | 0,72 | 0,04 | 0,06 | 118,13 | 161,53 |
| 19,3 | 59 | 892 | 54 | 0,89 | 1,11 | 0,80 | 0,54 | 92,46 | 60 | 1,54 | 0,09 | 0,10 | 118,15 | 210,61 |
| 18,4 | 56 | 1288 | 77 | 1,29 | 1,06 | 1,21 | 0,81 | 252,08 | 60 | 4,20 | 0,25 | 0,20 | 118,17 | 370,25 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,8 | 70 | 198 | 12 | 0,20 | 1,32 | 0,15 | 0,05 | 183,60 | 60 | 3,06 | 0,18 | 0,93 | 118,03 | 301,63 |
| 20,2 | 62 | 594 | 36 | 0,59 | 1,17 | 0,51 | 0,17 | 343,65 | 60 | 5,73 | 0,34 | 0,58 | 118,13 | 461,78 |
| 19 | 58 | 991 | 59 | 0,99 | 1,10 | 0,90 | 0,30 | 180,38 | 60 | 3,01 | 0,18 | 0,18 | 118,16 | 298,54 |
| 17,9 | 55 | 1387 | 83 | 1,39 | 1,03 | 1,34 | 0,45 | 133,11 | 60 | 2,22 | 0,13 | 0,10 | 118,02 | 251,13 |
| 17,2 | 53 | 1783 | 107 | 1,78 | 0,99 | 1,80 | 0,60 | 138,97 | 60 | 2,32 | 0,14 | 0,08 | 118,15 | 257,12 |
| 16,7 | 51 | 2576 | 155 | 2,58 | 0,96 | 2,67 | 0,90 | 286,31 | 60 | 4,77 | 0,29 | 0,11 | 118,18 | 404,49 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,4 | 69 | 99 | 6 | 0,10 | 1,29 | 0,08 | 0,15 | 38,34 | 60 | 0,64 | 0,04 | 0,39 | 117,97 | 156,31 |
| 22,1 | 68 | 165 | 10 | 0,17 | 1,28 | 0,13 | 0,26 | 17,22 | 60 | 0,29 | 0,02 | 0,10 | 118,15 | 135,37 |
| 21,6 | 66 | 231 | 14 | 0,23 | 1,25 | 0,19 | 0,37 | 16,19 | 60 | 0,27 | 0,02 | 0,07 | 118 | 134,19 |
| 21 | 64 | 297 | 18 | 0,30 | 1,21 | 0,25 | 0,49 | 28,54 | 60 | 0,48 | 0,03 | 0,10 | 118,12 | 146,66 |
| 20,5 | 63 | 429 | 26 | 0,43 | 1,18 | 0,36 | 0,73 | 308,27 | 60 | 5,14 | 0,31 | 0,72 | 118,38 | 426,65 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,4 | 69 | 99 | 6 | 0,10 | 1,29 | 0,08 | 0,05 | 92,88 | 60 | 1,55 | 0,09 | 0,94 | 117,94 | 210,82 |
| 21 | 64 | 297 | 18 | 0,30 | 1,21 | 0,25 | 0,16 | 150,70 | 60 | 2,51 | 0,15 | 0,51 | 118,06 | 268,76 |
| 20,4 | 62 | 495 | 30 | 0,50 | 1,18 | 0,42 | 0,28 | 71,40 | 60 | 1,19 | 0,07 | 0,14 | 118,19 | 189,59 |
| 19,7 | 60 | 694 | 42 | 0,69 | 1,14 | 0,61 | 0,41 | 46,31 | 60 | 0,77 | 0,05 | 0,07 | 118,37 | 164,68 |
| 19,3 | 59 | 892 | 54 | 0,89 | 1,11 | 0,80 | 0,54 | 101,60 | 60 | 1,69 | 0,10 | 0,11 | 118,18 | 219,78 |
| 18,4 | 56 | 1288 | 77 | 1,29 | 1,06 | 1,21 | 0,81 | 251,97 | 60 | 4,20 | 0,25 | 0,20 | 118,37 | 370,34 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,8 | 70 | 198 | 12 | 0,20 | 1,32 | 0,15 | 0,05 | 184,19 | 60 | 3,07 | 0,18 | 0,93 | 118,02 | 302,21 |
| 20,2 | 62 | 594 | 36 | 0,59 | 1,17 | 0,51 | 0,17 | 345,61 | 60 | 5,76 | 0,35 | 0,58 | 118,12 | 463,73 |
| 19 | 58 | 991 | 59 | 0,99 | 1,10 | 0,90 | 0,30 | 177,56 | 60 | 2,96 | 0,18 | 0,18 | 118,02 | 295,58 |
| 17,9 | 55 | 1387 | 83 | 1,39 | 1,03 | 1,34 | 0,45 | 133,22 | 60 | 2,22 | 0,13 | 0,10 | 118,21 | 251,43 |
| 17,2 | 53 | 1783 | 107 | 1,78 | 0,99 | 1,80 | 0,60 | 139,46 | 60 | 2,32 | 0,14 | 0,08 | 118,09 | 257,55 |
| 16,7 | 51 | 2576 | 155 | 2,58 | 0,96 | 2,67 | 0,90 | 286,87 | 60 | 4,78 | 0,29 | 0,11 | 118,07 | 404,94 |

| Média: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | |
|--|-----------------|------------------|----------------------|-----------|
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 69 | 0,15 | 2,87E-05 | 1,43E-05 | 0,39 |
| 68 | 0,26 | 1,13E-06 | 5,63E-07 | 0,11 |
| 66 | 0,37 | 9,45E-05 | 4,72E-05 | 0,07 |
| 64 | 0,49 | 5,06E-06 | 2,53E-06 | 0,09 |
| 63 | 0,73 | 1,86E-07 | 9,31E-08 | 0,72 |
| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 69 | 0,05 | 7,83E-06 | 3,92E-06 | 0,94 |
| 64 | 0,16 | 3,26E-05 | 1,63E-05 | 0,52 |
| 62 | 0,28 | 2,8E-06 | 1,40E-06 | 0,15 |
| 60 | 0,41 | 1,54E-05 | 7,69E-06 | 0,07 |
| 59 | 0,54 | 3,23E-05 | 1,61E-05 | 0,11 |
| 56 | 0,81 | 8,89E-07 | 4,45E-07 | 0,20 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 70 | 0,05 | 2,28E-06 | 1,14E-06 | 0,93 |
| 62 | 0,17 | 1,84E-05 | 9,19E-06 | 0,58 |
| 58 | 0,30 | 2,48E-06 | 1,24E-06 | 0,18 |
| 55 | 0,45 | 3,01E-06 | 1,51E-06 | 0,10 |
| 53 | 0,60 | 3,38E-08 | 1,69E-08 | 0,08 |
| 51 | 0,90 | 1,32E-08 | 6,59E-09 | 0,11 |

Tabela F6 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=70$ m/s, $Z=67,5$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|---------|------------|-------------------------|------------------------|----------|--------|----------|--------|------------|------|--------|--------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,2 | 68 | 99 | 6 | 0,10 | 1,28 | 0,08 | 0,16 | 55,06 | 60 | 0,92 | 0,06 | 0,56 | 118,69 | 173,75 |
| 21,9 | 67 | 165 | 10 | 0,17 | 1,26 | 0,13 | 0,26 | 43,03 | 60 | 0,72 | 0,04 | 0,26 | 118,67 | 161,70 |
| 21,7 | 66 | 231 | 14 | 0,23 | 1,25 | 0,18 | 0,37 | 60 | 60 | 1,00 | 0,06 | 0,26 | 118,19 | 178,19 |
| 21,3 | 65 | 297 | 18 | 0,30 | 1,23 | 0,24 | 0,49 | 84,26 | 60 | 1,40 | 0,08 | 0,28 | 118,28 | 202,54 |
| 20,9 | 64 | 429 | 26 | 0,43 | 1,21 | 0,36 | 0,72 | 324,16 | 60 | 5,40 | 0,33 | 0,76 | 118,20 | 442,36 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,4 | 69 | 99 | 6 | 0,10 | 1,29 | 0,08 | 0,05 | 87,74 | 60 | 1,46 | 0,09 | 0,89 | 118,44 | 206,18 |
| 21,4 | 66 | 297 | 18 | 0,30 | 1,23 | 0,24 | 0,16 | 198,88 | 60 | 3,31 | 0,20 | 0,67 | 118,16 | 317,04 |
| 20,8 | 64 | 495 | 30 | 0,50 | 1,20 | 0,41 | 0,28 | 143,21 | 60 | 2,39 | 0,14 | 0,29 | 118,54 | 261,75 |
| 19,9 | 61 | 694 | 42 | 0,69 | 1,15 | 0,60 | 0,40 | 196,7 | 60 | 3,28 | 0,20 | 0,28 | 118,30 | 315,00 |
| 19,3 | 59 | 892 | 54 | 0,89 | 1,11 | 0,80 | 0,54 | 292,6 | 60 | 4,88 | 0,29 | 0,33 | 119,21 | 411,81 |
| 18,4 | 56 | 1288 | 77 | 1,29 | 1,06 | 1,21 | 0,81 | 402,75 | 60 | 6,71 | 0,40 | 0,31 | 118,25 | 521,00 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,4 | 69 | 198 | 12 | 0,20 | 1,29 | 0,15 | 0,05 | 187,04 | 60 | 3,12 | 0,19 | 0,95 | 118,40 | 305,44 |
| 21,1 | 65 | 594 | 36 | 0,59 | 1,22 | 0,49 | 0,16 | 385,70 | 60 | 6,43 | 0,39 | 0,65 | 118,30 | 504,00 |
| 19,1 | 58 | 991 | 59 | 0,99 | 1,10 | 0,90 | 0,30 | 328,28 | 60 | 5,47 | 0,33 | 0,33 | 118,66 | 446,94 |
| 18 | 55 | 1387 | 83 | 1,39 | 1,04 | 1,34 | 0,45 | 377,44 | 60 | 6,29 | 0,38 | 0,27 | 118,75 | 496,19 |
| 17,1 | 52 | 1783 | 107 | 1,78 | 0,99 | 1,81 | 0,61 | 440,75 | 60 | 7,35 | 0,44 | 0,25 | 118,45 | 559,20 |
| 16,1 | 49 | 2576 | 155 | 2,58 | 0,93 | 2,77 | 0,93 | 506,85 | 60 | 8,45 | 0,51 | 0,20 | 119,55 | 626,40 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,2 | 68 | 99 | 6 | 0,10 | 1,28 | 0,08 | 0,16 | 54,87 | 60 | 0,91 | 0,06 | 0,56 | 118,67 | 173,54 |
| 21,9 | 67 | 165 | 10 | 0,17 | 1,26 | 0,13 | 0,26 | 44,16 | 60 | 0,74 | 0,04 | 0,27 | 118,66 | 162,82 |
| 21,7 | 66 | 231 | 14 | 0,23 | 1,25 | 0,18 | 0,37 | 63,30 | 60 | 1,06 | 0,06 | 0,27 | 118,62 | 181,92 |
| 21,3 | 65 | 297 | 18 | 0,30 | 1,23 | 0,24 | 0,49 | 79,32 | 60 | 1,32 | 0,08 | 0,27 | 118,26 | 197,58 |
| 20,9 | 64 | 429 | 26 | 0,43 | 1,21 | 0,36 | 0,72 | 323,33 | 60 | 5,39 | 0,32 | 0,76 | 119,35 | 442,68 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,4 | 69 | 99 | 6 | 0,10 | 1,29 | 0,08 | 0,05 | 88,52 | 60 | 1,48 | 0,09 | 0,90 | 119,25 | 207,77 |
| 21,4 | 66 | 297 | 18 | 0,30 | 1,23 | 0,24 | 0,16 | 200,03 | 60 | 3,33 | 0,20 | 0,68 | 119,22 | 319,25 |
| 20,8 | 64 | 495 | 30 | 0,50 | 1,20 | 0,41 | 0,28 | 145,82 | 60 | 2,43 | 0,15 | 0,30 | 119,01 | 264,83 |
| 19,9 | 61 | 694 | 42 | 0,69 | 1,15 | 0,60 | 0,40 | 193,62 | 60 | 3,23 | 0,19 | 0,28 | 119,27 | 312,89 |
| 19,3 | 59 | 892 | 54 | 0,89 | 1,11 | 0,80 | 0,54 | 279,52 | 60 | 4,66 | 0,28 | 0,31 | 119,12 | 398,64 |
| 18,4 | 56 | 1288 | 77 | 1,29 | 1,06 | 1,21 | 0,81 | 399,64 | 60 | 6,66 | 0,40 | 0,31 | 118,86 | 518,5 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,4 | 69 | 198 | 12 | 0,20 | 1,29 | 0,15 | 0,05 | 189,66 | 60 | 3,16 | 0,19 | 0,96 | 118,85 | 308,51 |
| 21,1 | 65 | 594 | 36 | 0,59 | 1,22 | 0,49 | 0,16 | 387,02 | 60 | 6,45 | 0,39 | 0,65 | 119,38 | 506,40 |
| 19,1 | 58 | 991 | 59 | 0,99 | 1,10 | 0,90 | 0,30 | 330,15 | 60 | 5,50 | 0,33 | 0,33 | 118,25 | 448,40 |
| 18 | 55 | 1387 | 83 | 1,39 | 1,04 | 1,34 | 0,45 | 368,40 | 60 | 6,14 | 0,37 | 0,27 | 118,92 | 487,32 |
| 17,1 | 52 | 1783 | 107 | 1,78 | 0,99 | 1,81 | 0,61 | 439,14 | 60 | 7,32 | 0,44 | 0,25 | 118,56 | 557,70 |
| 16,1 | 49 | 2576 | 155 | 2,58 | 0,93 | 2,77 | 0,93 | 509,02 | 60 | 8,48 | 0,51 | 0,20 | 119,58 | 628,60 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,2 | 68 | 99 | 6 | 0,10 | 1,28 | 0,08 | 0,16 | 53,62 | 60 | 0,89 | 0,05 | 0,54 | 118,94 | 172,56 |
| 21,9 | 67 | 165 | 10 | 0,17 | 1,26 | 0,13 | 0,26 | 43,98 | 60 | 0,73 | 0,04 | 0,27 | 118,81 | 162,79 |
| 21,7 | 66 | 231 | 14 | 0,23 | 1,25 | 0,18 | 0,37 | 65,67 | 60 | 1,09 | 0,07 | 0,28 | 119,06 | 184,73 |
| 21,3 | 65 | 297 | 18 | 0,30 | 1,23 | 0,24 | 0,49 | 77,58 | 60 | 1,29 | 0,08 | 0,26 | 119,01 | 196,59 |
| 20,9 | 64 | 429 | 26 | 0,43 | 1,21 | 0,36 | 0,72 | 323,01 | 60 | 5,38 | 0,32 | 0,75 | 118,72 | 441,73 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,4 | 69 | 99 | 6 | 0,10 | 1,29 | 0,08 | 0,05 | 88,19 | 60 | 1,47 | 0,09 | 0,89 | 118,91 | 207,1 |
| 21,4 | 66 | 297 | 18 | 0,30 | 1,23 | 0,24 | 0,16 | 199,91 | 60 | 3,33 | 0,20 | 0,67 | 118,94 | 318,85 |
| 20,8 | 64 | 495 | 30 | 0,50 | 1,20 | 0,41 | 0,28 | 146,24 | 60 | 2,44 | 0,15 | 0,30 | 119,38 | 265,62 |
| 19,9 | 61 | 694 | 42 | 0,69 | 1,15 | 0,60 | 0,40 | 188,05 | 60 | 3,13 | 0,19 | 0,27 | 118,59 | 306,64 |
| 19,3 | 59 | 892 | 54 | 0,89 | 1,11 | 0,80 | 0,54 | 298,45 | 60 | 4,97 | 0,30 | 0,34 | 118,68 | 417,13 |
| 18,4 | 56 | 1288 | 77 | 1,29 | 1,06 | 1,21 | 0,81 | 395,09 | 60 | 6,58 | 0,40 | 0,31 | 118,81 | 513,9 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G (l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 22,4 | 69 | 198 | 12 | 0,20 | 1,29 | 0,15 | 0,05 | 186,14 | 60 | 3,10 | 0,19 | 0,94 | 118,74 | 304,88 |
| 21,1 | 65 | 594 | 36 | 0,59 | 1,22 | 0,49 | 0,16 | 386,95 | 60 | 6,45 | 0,39 | 0,65 | 119,35 | 506,3 |
| 19,1 | 58 | 991 | 59 | 0,99 | 1,10 | 0,90 | 0,30 | 335,04 | 60 | 5,58 | 0,34 | 0,34 | 119,02 | 454,06 |
| 18 | 55 | 1387 | 83 | 1,39 | 1,04 | 1,34 | 0,45 | 385,41 | 60 | 6,42 | 0,39 | 0,28 | 119,19 | 504,6 |
| 17,1 | 52 | 1783 | 107 | 1,78 | 0,99 | 1,81 | 0,61 | 438,39 | 60 | 7,31 | 0,44 | 0,25 | 119,01 | 557,4 |
| 16,1 | 49 | 2576 | 155 | 2,58 | 0,93 | 2,77 | 0,93 | 508,47 | 60 | 8,47 | 0,51 | 0,20 | 118,43 | 626,9 |

| Média: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | |
|--|-----------------|------------------|----------------------|-----------|
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 68 | 0,16 | 6,27E-05 | 3,13623E-05 | 0,55 |
| 67 | 0,26 | 1,36E-05 | 6,80032E-06 | 0,27 |
| 66 | 0,37 | 0,000153 | 7,63242E-05 | 0,27 |
| 65 | 0,49 | 0,000137 | 6,83745E-05 | 0,27 |
| 64 | 0,72 | 1,92E-06 | 9,61393E-07 | 0,76 |
| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 69 | 0,05 | 1,57E-05 | 7,85551E-06 | 0,89 |
| 66 | 0,16 | 4,55E-06 | 2,27537E-06 | 0,67 |
| 64 | 0,28 | 1,1E-05 | 5,52376E-06 | 0,29 |
| 61 | 0,40 | 4,02E-05 | 2,01021E-05 | 0,28 |
| 59 | 0,54 | 0,000119 | 5,94304E-05 | 0,33 |
| 56 | 0,81 | 9E-06 | 4,50017E-06 | 0,31 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 69 | 0,05 | 8,57E-05 | 4,28406E-05 | 0,95 |
| 65 | 0,16 | 1,57E-06 | 7,852E-07 | 0,65 |
| 58 | 0,30 | 1,25E-05 | 6,24364E-06 | 0,34 |
| 55 | 0,45 | 3,79E-05 | 1,89364E-05 | 0,27 |
| 52 | 0,61 | 4,6E-07 | 2,29965E-07 | 0,25 |
| 49 | 0,93 | 1,93E-07 | 9,64693E-08 | 0,20 |

Tabela F7 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=90$ m/s, $Z=7,5$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|---------|-----------|-------------------------|------------------------|----------|--------|----------|--------|------------|------|--------|--------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 28,7 | 88 | 127 | 8 | 0,13 | 1,66 | 0,08 | 0,15 | 16,15 | 60 | 0,27 | 0,02 | 0,13 | 117,90 | 134,05 |
| 28,1 | 86 | 212 | 13 | 0,21 | 1,62 | 0,13 | 0,26 | 13,68 | 60 | 0,23 | 0,01 | 0,06 | 117,86 | 131,54 |
| 28 | 86 | 297 | 18 | 0,30 | 1,62 | 0,18 | 0,37 | 1,31 | 60 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 117,54 | 118,85 |
| 27,3 | 84 | 382 | 23 | 0,38 | 1,58 | 0,24 | 0,49 | 0,34 | 60 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 117,59 | 117,93 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,3 | 90 | 127 | 8 | 0,13 | 1,69 | 0,08 | 0,05 | 107 | 60 | 1,78 | 0,11 | 0,84 | 117,96 | 224,96 |
| 27,8 | 85 | 382 | 23 | 0,38 | 1,60 | 0,24 | 0,16 | 48,95 | 60 | 0,82 | 0,05 | 0,13 | 117,39 | 166,34 |
| 26,6 | 81 | 637 | 38 | 0,64 | 1,53 | 0,42 | 0,28 | 26,87 | 60 | 0,45 | 0,03 | 0,04 | 117,97 | 144,84 |
| 25,8 | 79 | 892 | 54 | 0,89 | 1,49 | 0,60 | 0,40 | 11,15 | 60 | 0,19 | 0,01 | 0,01 | 117,93 | 129,08 |
| 25,1 | 77 | 1146 | 69 | 1,15 | 1,45 | 0,79 | 0,53 | 5,79 | 60 | 0,10 | 0,01 | 0,01 | 117,84 | 123,63 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,1 | 89 | 255 | 15 | 0,25 | 1,68 | 0,15 | 0,05 | 233,07 | 60 | 3,88 | 0,23 | 0,92 | 117,90 | 350,97 |
| 26,7 | 82 | 764 | 46 | 0,76 | 1,54 | 0,50 | 0,17 | 189,85 | 60 | 3,16 | 0,19 | 0,25 | 117,57 | 307,42 |
| 24,8 | 76 | 1274 | 76 | 1,27 | 1,43 | 0,89 | 0,30 | 92,02 | 60 | 1,53 | 0,09 | 0,07 | 118,51 | 210,53 |
| 23,2 | 71 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,34 | 1,33 | 0,45 | 32,94 | 60 | 0,55 | 0,03 | 0,02 | 118,47 | 151,41 |
| 21,9 | 67 | 2293 | 138 | 2,29 | 1,26 | 1,81 | 0,61 | 16,32 | 60 | 0,27 | 0,02 | 0,01 | 118,76 | 135,08 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 28,7 | 88 | 127 | 8 | 0,13 | 1,66 | 0,08 | 0,15 | 16,94 | 60 | 0,28 | 0,02 | 0,13 | 117,87 | 134,81 |
| 28,1 | 86 | 212 | 13 | 0,21 | 1,62 | 0,13 | 0,26 | 13,47 | 60 | 0,22 | 0,01 | 0,06 | 117,86 | 131,33 |
| 28 | 86 | 297 | 18 | 0,30 | 1,62 | 0,18 | 0,37 | 0,92 | 60 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 117,63 | 118,55 |
| 27,3 | 84 | 382 | 23 | 0,38 | 1,58 | 0,24 | 0,49 | 0,29 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,62 | 117,91 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,3 | 90 | 127 | 8 | 0,13 | 1,69 | 0,08 | 0,05 | 107,14 | 60 | 1,79 | 0,11 | 0,84 | 118,15 | 225,29 |
| 27,8 | 85 | 382 | 23 | 0,38 | 1,60 | 0,24 | 0,16 | 49,34 | 60 | 0,82 | 0,05 | 0,13 | 118,01 | 167,35 |
| 26,6 | 81 | 637 | 38 | 0,64 | 1,53 | 0,42 | 0,28 | 27,05 | 60 | 0,45 | 0,03 | 0,04 | 118,3 | 145,35 |
| 25,8 | 79 | 892 | 54 | 0,89 | 1,49 | 0,60 | 0,40 | 11,68 | 60 | 0,19 | 0,01 | 0,01 | 117,89 | 129,57 |
| 25,1 | 77 | 1146 | 69 | 1,15 | 1,45 | 0,79 | 0,53 | 5,91 | 60 | 0,10 | 0,01 | 0,01 | 117,92 | 123,83 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,1 | 89 | 255 | 15 | 0,25 | 1,68 | 0,15 | 0,05 | 235,21 | 60 | 3,92 | 0,24 | 0,93 | 118,26 | 353,47 |
| 26,7 | 82 | 764 | 46 | 0,76 | 1,54 | 0,50 | 0,17 | 186,34 | 60 | 3,11 | 0,19 | 0,24 | 118,14 | 304,48 |
| 24,8 | 76 | 1274 | 76 | 1,27 | 1,43 | 0,89 | 0,30 | 88,07 | 60 | 1,47 | 0,09 | 0,07 | 118,46 | 206,53 |
| 23,2 | 71 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,34 | 1,33 | 0,45 | 33,13 | 60 | 0,55 | 0,03 | 0,02 | 118,24 | 151,37 |
| 21,9 | 67 | 2293 | 138 | 2,29 | 1,26 | 1,81 | 0,61 | 16,33 | 60 | 0,27 | 0,02 | 0,01 | 118,54 | 134,87 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|-----------------|------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 28,7 | 88 | 127 | 8 | 0,13 | 1,66 | 0,08 | 0,15 | 16,81 | 60 | 0,28 | 0,02 | 0,13 | 117,81 | 134,62 |
| 28,1 | 86 | 212 | 13 | 0,21 | 1,62 | 0,13 | 0,26 | 13,53 | 60 | 0,23 | 0,01 | 0,06 | 117,88 | 131,41 |
| 28 | 86 | 297 | 18 | 0,30 | 1,62 | 0,18 | 0,37 | 0,82 | 60 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 117,56 | 118,38 |
| 27,3 | 84 | 382 | 23 | 0,38 | 1,58 | 0,24 | 0,49 | 0,29 | 60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 117,59 | 117,88 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,3 | 90 | 127 | 8 | 0,13 | 1,69 | 0,08 | 0,05 | 107,75 | 60 | 1,80 | 0,11 | 0,85 | 118 | 225,75 |
| 27,8 | 85 | 382 | 23 | 0,38 | 1,60 | 0,24 | 0,16 | 49,85 | 60 | 0,83 | 0,05 | 0,13 | 117,96 | 167,81 |
| 26,6 | 81 | 637 | 38 | 0,64 | 1,53 | 0,42 | 0,28 | 24,14 | 60 | 0,40 | 0,02 | 0,04 | 118,17 | 142,31 |
| 25,8 | 79 | 892 | 54 | 0,89 | 1,49 | 0,60 | 0,40 | 10,14 | 60 | 0,17 | 0,01 | 0,01 | 117,92 | 128,06 |
| 25,1 | 77 | 1146 | 69 | 1,15 | 1,45 | 0,79 | 0,53 | 5,98 | 60 | 0,10 | 0,01 | 0,01 | 117,85 | 123,83 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql (l/h) | Q (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,1 | 89 | 255 | 15 | 0,25 | 1,68 | 0,15 | 0,05 | 233,95 | 60 | 3,90 | 0,23 | 0,92 | 118,24 | 352,19 |
| 26,7 | 82 | 764 | 46 | 0,76 | 1,54 | 0,50 | 0,17 | 180,74 | 60 | 3,01 | 0,18 | 0,24 | 118,15 | 298,89 |
| 24,8 | 76 | 1274 | 76 | 1,27 | 1,43 | 0,89 | 0,30 | 85,26 | 60 | 1,42 | 0,09 | 0,07 | 118,45 | 203,71 |
| 23,2 | 71 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,34 | 1,33 | 0,45 | 33,44 | 60 | 0,56 | 0,03 | 0,02 | 118,65 | 152,09 |
| 21,9 | 67 | 2293 | 138 | 2,29 | 1,26 | 1,81 | 0,61 | 16,44 | 60 | 0,27 | 0,02 | 0,01 | 118,59 | 135,03 |

| Média: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | |
|--|-----------------|------------------|----------------------|-----------|
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 88 | 0,15 | 1,11E-05 | 5,562E-06 | 0,13 |
| 86 | 0,26 | 2,61E-07 | 1,306E-07 | 0,06 |
| 86 | 0,37 | 7,63E-07 | 3,817E-07 | 0,00 |
| 84 | 0,49 | 5,74E-09 | 2,870E-09 | 0,00 |
| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 90 | 0,05 | 9,86E-06 | 4,93E-06 | 0,84 |
| 85 | 0,16 | 1,4E-06 | 7,02E-07 | 0,13 |
| 81 | 0,28 | 6,59E-06 | 3,30E-06 | 0,04 |
| 79 | 0,40 | 7,74E-07 | 3,87E-07 | 0,01 |
| 77 | 0,53 | 7,07E-09 | 3,53E-09 | 0,01 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 89 | 0,05 | 1,79E-05 | 8,97E-06 | 0,92 |
| 82 | 0,17 | 3,64E-05 | 1,82E-05 | 0,24 |
| 76 | 0,30 | 7,15E-06 | 3,57E-06 | 0,07 |
| 71 | 0,45 | 2,01E-08 | 1,01E-08 | 0,02 |
| 67 | 0,61 | 8,48E-10 | 4,24E-10 | 0,01 |

Tabela F8 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=90$ m/s, $Z=27,5$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|---------|-----------|-------------------------|------------------------|----------|--------|----------|--------|------------|------|--------|--------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 28,9 | 89 | 127 | 8 | 0,13 | 1,67 | 0,08 | 0,15 | 47,61 | 60 | 0,79 | 0,05 | 0,37 | 117,97 | 165,58 |
| 28,4 | 87 | 212 | 13 | 0,21 | 1,64 | 0,13 | 0,26 | 18,95 | 60 | 0,32 | 0,02 | 0,09 | 117,92 | 136,87 |
| 27,9 | 85 | 297 | 18 | 0,30 | 1,61 | 0,18 | 0,37 | 9,36 | 60 | 0,16 | 0,01 | 0,03 | 117,89 | 127,25 |
| 27,3 | 84 | 382 | 23 | 0,38 | 1,58 | 0,24 | 0,49 | 48,29 | 60 | 0,80 | 0,05 | 0,13 | 117,76 | 166,05 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,4 | 90 | 127 | 8 | 0,13 | 1,70 | 0,08 | 0,05 | 94,34 | 60 | 1,57 | 0,09 | 0,74 | 118,04 | 212,38 |
| 27,9 | 85 | 382 | 23 | 0,38 | 1,61 | 0,24 | 0,16 | 159,19 | 60 | 2,65 | 0,16 | 0,42 | 117,69 | 276,88 |
| 26,7 | 82 | 637 | 38 | 0,64 | 1,54 | 0,41 | 0,28 | 87,87 | 60 | 1,46 | 0,09 | 0,14 | 117,85 | 205,72 |
| 25,8 | 79 | 892 | 54 | 0,89 | 1,49 | 0,60 | 0,40 | 80,21 | 60 | 1,34 | 0,08 | 0,09 | 117,86 | 198,07 |
| 24,8 | 76 | 1146 | 69 | 1,15 | 1,43 | 0,80 | 0,54 | 130,55 | 60 | 2,18 | 0,13 | 0,11 | 117,79 | 248,34 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G(l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,4 | 90 | 255 | 15 | 0,25 | 1,70 | 0,15 | 0,05 | 228,30 | 60 | 3,81 | 0,23 | 0,90 | 117,5 | 345,8 |
| 26,6 | 81 | 764 | 46 | 0,76 | 1,53 | 0,50 | 0,17 | 410,68 | 60 | 6,84 | 0,41 | 0,54 | 117,32 | 528 |
| 24,2 | 74 | 1274 | 76 | 1,27 | 1,40 | 0,91 | 0,31 | 263,25 | 60 | 4,39 | 0,26 | 0,21 | 118,08 | 381,33 |
| 22,6 | 69 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,30 | 1,37 | 0,46 | 200,89 | 60 | 3,35 | 0,20 | 0,11 | 117,93 | 318,82 |
| 21,7 | 66 | 2293 | 138 | 2,29 | 1,25 | 1,83 | 0,61 | 200,54 | 60 | 3,34 | 0,20 | 0,09 | 118,1 | 318,64 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 28,9 | 89 | 127 | 8 | 0,13 | 1,67 | 0,08 | 0,15 | 46,48 | 60 | 0,77 | 0,05 | 0,37 | 118,12 | 164,6 |
| 28,4 | 87 | 212 | 13 | 0,21 | 1,64 | 0,13 | 0,26 | 18,25 | 60 | 0,30 | 0,02 | 0,09 | 118,21 | 136,46 |
| 27,9 | 85 | 297 | 18 | 0,30 | 1,61 | 0,18 | 0,37 | 9,44 | 60 | 0,16 | 0,01 | 0,03 | 117,87 | 127,31 |
| 27,3 | 84 | 382 | 23 | 0,38 | 1,58 | 0,24 | 0,49 | 49,44 | 60 | 0,82 | 0,05 | 0,13 | 117,75 | 167,19 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,4 | 90 | 127 | 8 | 0,13 | 1,70 | 0,08 | 0,05 | 93,22 | 60 | 1,55 | 0,09 | 0,73 | 118,2 | 211,42 |
| 27,9 | 85 | 382 | 23 | 0,38 | 1,61 | 0,24 | 0,16 | 158,07 | 60 | 2,63 | 0,16 | 0,41 | 117,84 | 275,91 |
| 26,7 | 82 | 637 | 38 | 0,64 | 1,54 | 0,41 | 0,28 | 90,02 | 60 | 1,50 | 0,09 | 0,14 | 117,78 | 207,8 |
| 25,8 | 79 | 892 | 54 | 0,89 | 1,49 | 0,60 | 0,40 | 75,19 | 60 | 1,25 | 0,08 | 0,08 | 118,05 | 193,24 |
| 24,8 | 76 | 1146 | 69 | 1,15 | 1,43 | 0,80 | 0,54 | 131,91 | 60 | 2,20 | 0,13 | 0,12 | 117,82 | 249,73 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,4 | 90 | 255 | 15 | 0,25 | 1,70 | 0,15 | 0,05 | 226,55 | 60 | 3,78 | 0,23 | 0,89 | 117,82 | 344,37 |
| 26,6 | 81 | 764 | 46 | 0,76 | 1,53 | 0,50 | 0,17 | 407,00 | 60 | 6,78 | 0,41 | 0,53 | 117,9 | 524,9 |
| 24,2 | 74 | 1274 | 76 | 1,27 | 1,40 | 0,91 | 0,31 | 260,13 | 60 | 4,34 | 0,26 | 0,20 | 118,17 | 378,3 |
| 22,6 | 69 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,30 | 1,37 | 0,46 | 199,58 | 60 | 3,33 | 0,20 | 0,11 | 118,13 | 317,71 |
| 21,7 | 66 | 2293 | 138 | 2,29 | 1,25 | 1,83 | 0,61 | 200,04 | 60 | 3,33 | 0,20 | 0,09 | 118,16 | 318,2 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 28,9 | 89 | 127 | 8 | 0,13 | 1,67 | 0,08 | 0,15 | 47,19 | 60 | 0,79 | 0,05 | 0,37 | 118,18 | 165,37 |
| 28,4 | 87 | 212 | 13 | 0,21 | 1,64 | 0,13 | 0,26 | 18,52 | 60 | 0,31 | 0,02 | 0,09 | 118,15 | 136,67 |
| 27,9 | 85 | 297 | 18 | 0,30 | 1,61 | 0,18 | 0,37 | 9,27 | 60 | 0,15 | 0,01 | 0,03 | 117,87 | 127,14 |
| 27,3 | 84 | 382 | 23 | 0,38 | 1,58 | 0,24 | 0,49 | 49,17 | 60 | 0,82 | 0,05 | 0,13 | 117,78 | 166,95 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,4 | 90 | 127 | 8 | 0,13 | 1,70 | 0,08 | 0,05 | 94,99 | 60 | 1,58 | 0,10 | 0,75 | 117,9 | 212,89 |
| 27,9 | 85 | 382 | 23 | 0,38 | 1,61 | 0,24 | 0,16 | 159,26 | 60 | 2,65 | 0,16 | 0,42 | 117,85 | 277,11 |
| 26,7 | 82 | 637 | 38 | 0,64 | 1,54 | 0,41 | 0,28 | 90,21 | 60 | 1,50 | 0,09 | 0,14 | 117,82 | 208,03 |
| 25,8 | 79 | 892 | 54 | 0,89 | 1,49 | 0,60 | 0,40 | 78,44 | 60 | 1,31 | 0,08 | 0,09 | 117,99 | 196,43 |
| 24,8 | 76 | 1146 | 69 | 1,15 | 1,43 | 0,80 | 0,54 | 132,67 | 60 | 2,21 | 0,13 | 0,12 | 118,09 | 250,76 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t(m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q(l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,4 | 90 | 255 | 15 | 0,25 | 1,70 | 0,15 | 0,05 | 228,28 | 60 | 3,80 | 0,23 | 0,90 | 117,99 | 346,27 |
| 26,6 | 81 | 764 | 46 | 0,76 | 1,53 | 0,50 | 0,17 | 407,27 | 60 | 6,79 | 0,41 | 0,53 | 118,13 | 525,40 |
| 24,2 | 74 | 1274 | 76 | 1,27 | 1,40 | 0,91 | 0,31 | 257,24 | 60 | 4,29 | 0,26 | 0,20 | 118,09 | 375,33 |
| 22,6 | 69 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,30 | 1,37 | 0,46 | 203,05 | 60 | 3,38 | 0,20 | 0,11 | 118,19 | 321,24 |
| 21,7 | 66 | 2293 | 138 | 2,29 | 1,25 | 1,83 | 0,61 | 199,91 | 60 | 3,33 | 0,20 | 0,09 | 118,20 | 318,11 |

| Média: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | |
|--|-----------------|------------------|----------------------|-----------|
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 89 | 0,15 | 2,02E-05 | 1,01E-05 | 0,37 |
| 87 | 0,26 | 2,78E-06 | 1,39E-06 | 0,09 |
| 85 | 0,37 | 8,24E-08 | 4,12E-08 | 0,03 |
| 84 | 0,49 | 2,49E-06 | 1,25E-06 | 0,13 |
| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 90 | 0,05 | 4,97E-05 | 2,48E-05 | 0,74 |
| 85 | 0,16 | 3,07E-06 | 1,54E-06 | 0,42 |
| 82 | 0,28 | 4,19E-06 | 2,09E-06 | 0,14 |
| 79 | 0,40 | 8,20E-06 | 4,10E-06 | 0,09 |
| 76 | 0,54 | 8,83E-07 | 4,41E-07 | 0,12 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 90 | 0,05 | 1,56E-05 | 7,82E-06 | 0,90 |
| 81 | 0,17 | 7,25E-06 | 3,62E-06 | 0,54 |
| 74 | 0,31 | 5,60E-06 | 2,80E-06 | 0,20 |
| 69 | 0,46 | 9,71E-07 | 4,86E-07 | 0,11 |
| 66 | 0,61 | 2,12E-08 | 1,06E-08 | 0,09 |

Tabela F9 – Resultados da fração de filme para 3 medições e a médias entre elas para $V_g=90$ m/s, $Z=67,5$ mm e ângulo de convergência de 34°

| Medição 1: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|---------|-----------|-------------------------|-------------------------|----------|--------|----------|--------|------------|------|--------|--------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G (l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,1 | 89 | 127 | 8 | 0,13 | 1,68 | 0,08 | 0,15 | 65,88 | 60 | 1,10 | 0,07 | 0,52 | 117,72 | 183,6 |
| 28,5 | 87 | 212 | 13 | 0,21 | 1,64 | 0,13 | 0,26 | 41,53 | 60 | 0,69 | 0,04 | 0,20 | 118,66 | 160,19 |
| 27,9 | 85 | 297 | 18 | 0,30 | 1,61 | 0,18 | 0,37 | 82,32 | 60 | 1,37 | 0,08 | 0,28 | 118,28 | 200,6 |
| 27,7 | 85 | 382 | 23 | 0,38 | 1,60 | 0,24 | 0,48 | 142,72 | 60 | 2,38 | 0,14 | 0,37 | 117,5 | 260,22 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G (l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,4 | 90 | 127 | 8 | 0,13 | 1,70 | 0,08 | 0,05 | 112,17 | 60 | 1,87 | 0,11 | 0,88 | 118,1 | 230,27 |
| 28,3 | 87 | 382 | 23 | 0,38 | 1,63 | 0,23 | 0,16 | 245,16 | 60 | 4,09 | 0,25 | 0,64 | 118,55 | 363,71 |
| 26,7 | 82 | 637 | 38 | 0,64 | 1,54 | 0,41 | 0,28 | 224,62 | 60 | 3,74 | 0,23 | 0,35 | 118,71 | 343,33 |
| 25,6 | 78 | 892 | 54 | 0,89 | 1,48 | 0,60 | 0,40 | 265,83 | 60 | 4,43 | 0,27 | 0,30 | 118,41 | 384,24 |
| 24,6 | 75 | 1146 | 69 | 1,15 | 1,42 | 0,81 | 0,54 | 311,98 | 60 | 5,20 | 0,31 | 0,27 | 119,09 | 431,07 |
| Medição 1: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q (l/min) | Qg(m ³ /min) | L/G (l/m ³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,4 | 90 | 255 | 15 | 0,25 | 1,70 | 0,15 | 0,05 | 233,04 | 60 | 3,88 | 0,23 | 0,92 | 117,97 | 351,01 |
| 27,2 | 83 | 764 | 46 | 0,76 | 1,57 | 0,49 | 0,16 | 487,81 | 60 | 8,13 | 0,49 | 0,64 | 117,29 | 605,1 |
| 24,2 | 74 | 1274 | 76 | 1,27 | 1,40 | 0,91 | 0,31 | 464,25 | 60 | 7,74 | 0,47 | 0,37 | 118,65 | 582,9 |
| 22,4 | 69 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,29 | 1,38 | 0,46 | 545,58 | 60 | 9,09 | 0,55 | 0,31 | 118,92 | 664,5 |
| 21,1 | 65 | 2293 | 138 | 2,29 | 1,22 | 1,88 | 0,63 | 640,45 | 60 | 10,67 | 0,64 | 0,28 | 119,05 | 759,5 |

| Medição 2: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,1 | 89 | 127 | 8 | 0,13 | 1,68 | 0,08 | 0,15 | 66,76 | 60 | 1,11 | 0,07 | 0,53 | 118,49 | 185,25 |
| 28,5 | 87 | 212 | 13 | 0,21 | 1,64 | 0,13 | 0,26 | 40,44 | 60 | 0,67 | 0,04 | 0,19 | 118,63 | 159,07 |
| 27,9 | 85 | 297 | 18 | 0,30 | 1,61 | 0,18 | 0,37 | 85,75 | 60 | 1,43 | 0,09 | 0,29 | 118,42 | 204,17 |
| 27,7 | 85 | 382 | 23 | 0,38 | 1,60 | 0,24 | 0,48 | 139,50 | 60 | 2,33 | 0,14 | 0,37 | 119,47 | 258,97 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,4 | 90 | 127 | 8 | 0,13 | 1,70 | 0,08 | 0,05 | 110,57 | 60 | 1,84 | 0,11 | 0,87 | 118,69 | 229,26 |
| 28,3 | 87 | 382 | 23 | 0,38 | 1,63 | 0,23 | 0,16 | 254,03 | 60 | 4,23 | 0,25 | 0,67 | 118,42 | 372,45 |
| 26,7 | 82 | 637 | 38 | 0,64 | 1,54 | 0,41 | 0,28 | 226,21 | 60 | 3,77 | 0,23 | 0,36 | 118,79 | 345 |
| 25,6 | 78 | 892 | 54 | 0,89 | 1,48 | 0,60 | 0,40 | 264,33 | 60 | 4,41 | 0,27 | 0,30 | 118,54 | 382,87 |
| 24,6 | 75 | 1146 | 69 | 1,15 | 1,42 | 0,81 | 0,54 | 325,77 | 60 | 5,43 | 0,33 | 0,29 | 118,76 | 444,53 |
| Medição 2: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Ql (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,4 | 90 | 255 | 15 | 0,25 | 1,70 | 0,15 | 0,05 | 233,76 | 60 | 3,90 | 0,23 | 0,92 | 118,10 | 351,86 |
| 27,2 | 83 | 764 | 46 | 0,76 | 1,57 | 0,49 | 0,16 | 481,66 | 60 | 8,03 | 0,48 | 0,63 | 118,54 | 600,20 |
| 24,2 | 74 | 1274 | 76 | 1,27 | 1,40 | 0,91 | 0,31 | 462,58 | 60 | 7,71 | 0,46 | 0,36 | 118,82 | 581,40 |
| 22,4 | 69 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,29 | 1,38 | 0,46 | 549,40 | 60 | 9,16 | 0,55 | 0,31 | 119,40 | 668,80 |
| 21,1 | 65 | 2293 | 138 | 2,29 | 1,22 | 1,88 | 0,63 | 639,80 | 60 | 10,66 | 0,64 | 0,28 | 118,70 | 758,50 |

| Medição 3: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|----------------|------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------|---------------|---------------|
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,1 | 89 | 127 | 8 | 0,13 | 1,68 | 0,08 | 0,15 | 66,91 | 60 | 1,12 | 0,07 | 0,53 | 118,71 | 185,62 |
| 28,5 | 87 | 212 | 13 | 0,21 | 1,64 | 0,13 | 0,26 | 43,48 | 60 | 0,72 | 0,04 | 0,21 | 118,36 | 161,84 |
| 27,9 | 85 | 297 | 18 | 0,30 | 1,61 | 0,18 | 0,37 | 82,68 | 60 | 1,38 | 0,08 | 0,28 | 118,93 | 201,61 |
| 27,7 | 85 | 382 | 23 | 0,38 | 1,60 | 0,24 | 0,48 | 135,39 | 60 | 2,26 | 0,14 | 0,36 | 118,34 | 253,73 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,4 | 90 | 127 | 8 | 0,13 | 1,70 | 0,08 | 0,05 | 110,29 | 60 | 1,84 | 0,11 | 0,87 | 118,77 | 229,06 |
| 28,3 | 87 | 382 | 23 | 0,38 | 1,63 | 0,23 | 0,16 | 245,03 | 60 | 4,08 | 0,25 | 0,64 | 119,12 | 364,15 |
| 26,7 | 82 | 637 | 38 | 0,64 | 1,54 | 0,41 | 0,28 | 246,08 | 60 | 4,10 | 0,25 | 0,39 | 118,88 | 364,96 |
| 25,6 | 78 | 892 | 54 | 0,89 | 1,48 | 0,60 | 0,40 | 261,41 | 60 | 4,36 | 0,26 | 0,29 | 118,78 | 380,19 |
| 24,6 | 75 | 1146 | 69 | 1,15 | 1,42 | 0,81 | 0,54 | 324,23 | 60 | 5,40 | 0,33 | 0,28 | 118,63 | 442,86 |
| Medição 3: Injeção de líquido feita por 6 orifícios | | | | | | | | | | | | | | |
| V_t (m/s) | V_g (m/s) | Ql (ml/min) | Ql(l/h) | Q (l/min) | Qg(m³/min) | L/G(l/m³) | Imáx/2Ro | M (g) | Tempo(s) | m(g/s) | Qv (l/min) | Ff | Rv (g) | Rc (g) |
| 29,4 | 90 | 255 | 15 | 0,25 | 1,70 | 0,15 | 0,05 | 232,94 | 60 | 3,88 | 0,23 | 0,92 | 118,59 | 351,53 |
| 27,2 | 83 | 764 | 46 | 0,76 | 1,57 | 0,49 | 0,16 | 484,24 | 60 | 8,07 | 0,49 | 0,64 | 118,96 | 603,20 |
| 24,2 | 74 | 1274 | 76 | 1,27 | 1,40 | 0,91 | 0,31 | 473,60 | 60 | 7,89 | 0,48 | 0,37 | 118,50 | 592,10 |
| 22,4 | 69 | 1783 | 107 | 1,78 | 1,29 | 1,38 | 0,46 | 545,34 | 60 | 9,09 | 0,55 | 0,31 | 118,36 | 663,70 |
| 21,1 | 65 | 2293 | 138 | 2,29 | 1,22 | 1,88 | 0,63 | 655,50 | 60 | 10,93 | 0,66 | 0,29 | 119,00 | 774,50 |

| Média: Injeção de líquido feita por 1 orifício | | | | |
|--|-----------------|------------------|----------------------|-----------|
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 89 | 0,15 | 1,92E-05 | 9,60E-06 | 0,52 |
| 87 | 0,26 | 5,29E-05 | 2,65E-05 | 0,20 |
| 85 | 0,37 | 4,05E-05 | 2,02E-05 | 0,28 |
| 85 | 0,48 | 9,30E-05 | 4,65E-05 | 0,37 |
| Média: Injeção de líquido feita por 3 orifícios | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 90 | 0,05 | 6,38E-05 | 3,19E-05 | 0,87 |
| 87 | 0,16 | 0,000183 | 9,17E-05 | 0,65 |
| 82 | 0,28 | 0,000355 | 1,77E-04 | 0,37 |
| 78 | 0,40 | 6,39E-06 | 3,20E-06 | 0,30 |
| 75 | 0,54 | 4,37E-05 | 2,19E-05 | 0,28 |
| Média: Injeção de líquido feita por 6 orifício | | | | |
| Vg (m/s) | Imáx/2Ro | Variância | Desvio Padrão | Ff |
| 90 | 0,05 | 3,10E-06 | 1,55E-06 | 0,92 |
| 83 | 0,16 | 1,64E-05 | 8,21E-06 | 0,64 |
| 74 | 0,31 | 2,19E-05 | 1,09E-05 | 0,37 |
| 69 | 0,46 | 1,64E-06 | 8,21E-07 | 0,31 |
| 65 | 0,63 | 1,51E-05 | 7,55E-06 | 0,28 |

APÊNDICE G

Resultados dos dados experimentais na forma de gráficos da fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato obtido no lavador Venturi de dimensão menor para as velocidades do gás de 50m/s, 70 m/s e 90 m/s, para todas as configurações de injeção de líquido, distâncias do ponto de injeção e ângulo de convergência de 34°.

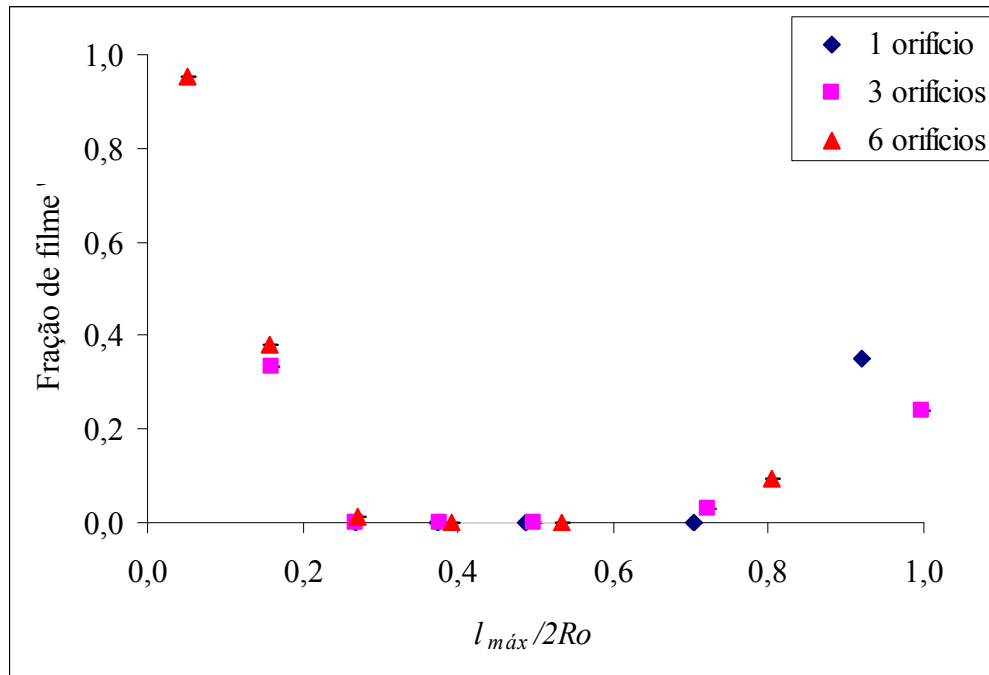


Figura G1 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 50 m/s e $Z = 7,5$ mm.

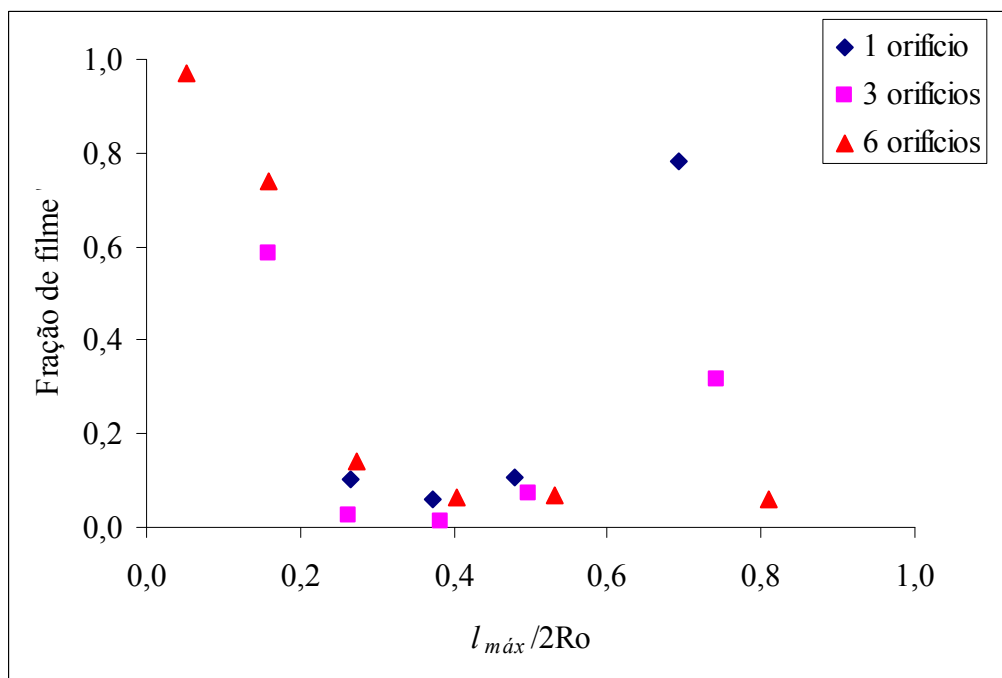


Figura G2 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 50 m/s e $Z = 27,5$ mm.

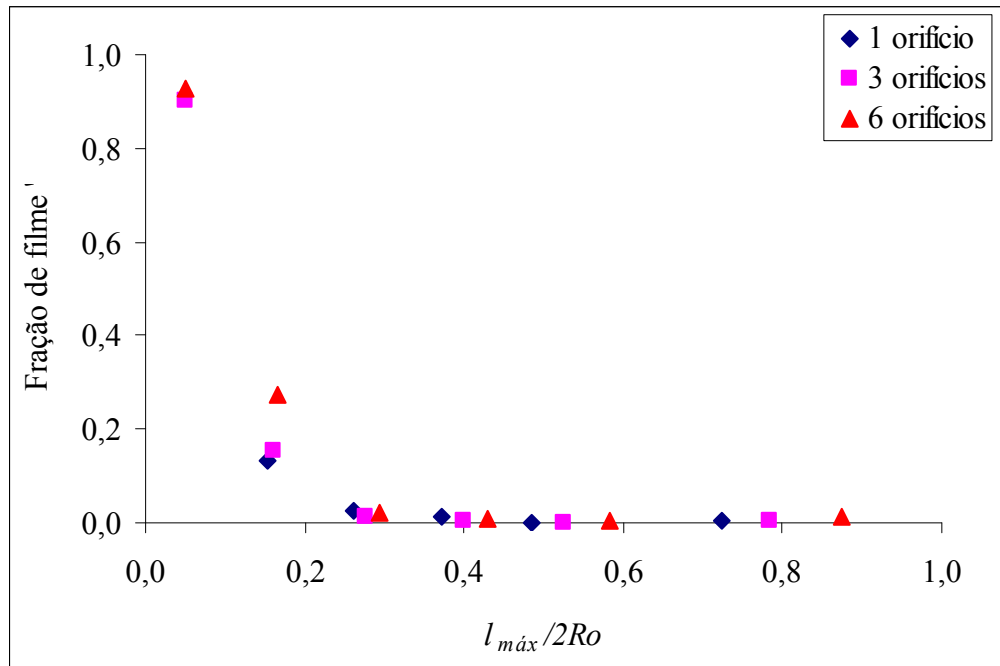


Figura G3 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 70 m/s e $Z = 7,5$ mm.

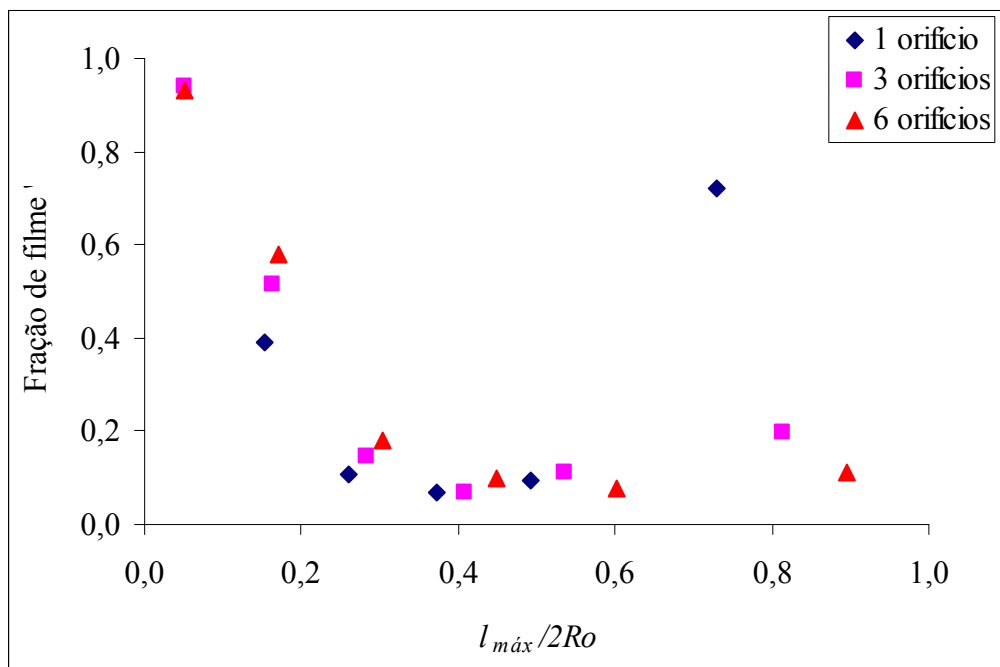


Figura G4 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 70 m/s e $Z = 27,5$ mm.

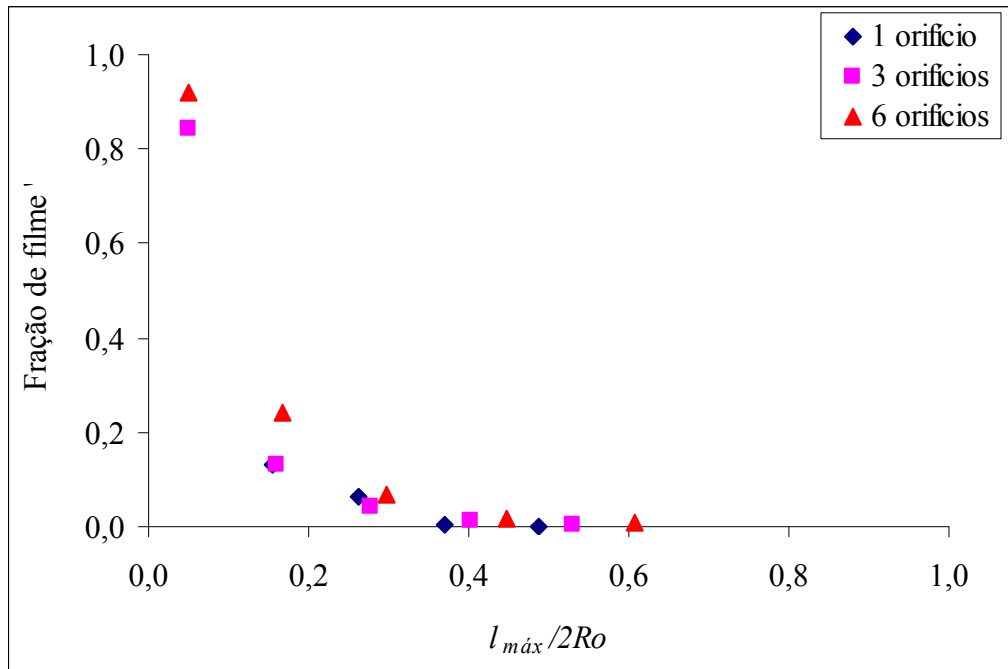


Figura G5 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 90 m/s e $Z = 7,5$ mm.

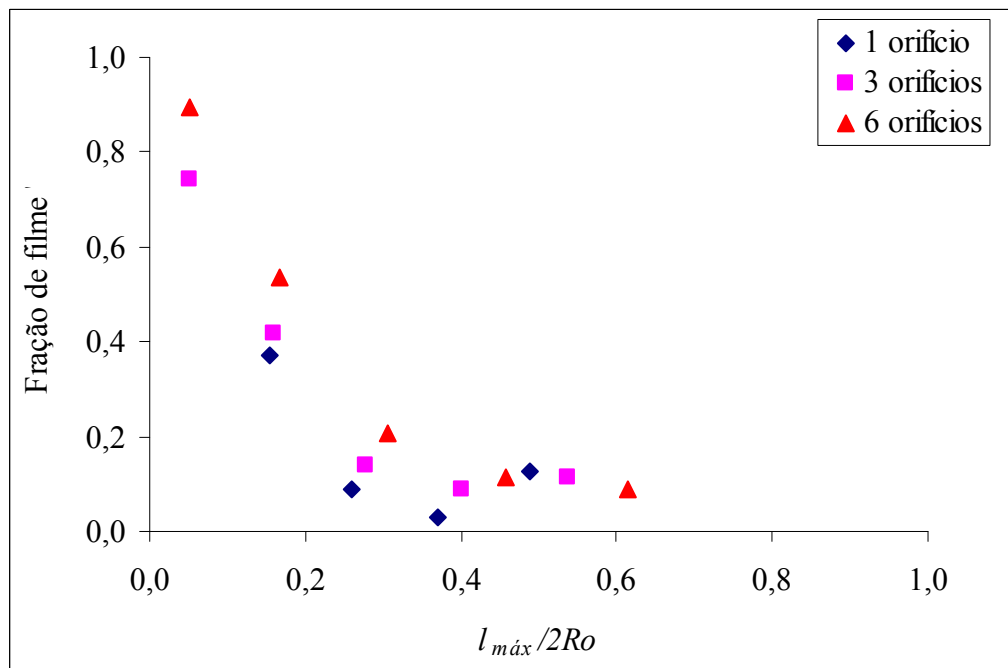


Figura G6 - Fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta para velocidade do gás de 90 m/s e $Z = 27,5$ mm.

APÊNDICE H

Resultados dos dados experimentais na forma de gráficos da fração de filme em função da razão L/G obtido no lavador Venturi de dimensão menor para as velocidades do gás de 50m/s, 70 m/s e 90 m/s, para 1 e 3 orifícios de injeção de líquido, 67,5 mm de distância do ponto de injeção e ângulo de convergência de 34°.

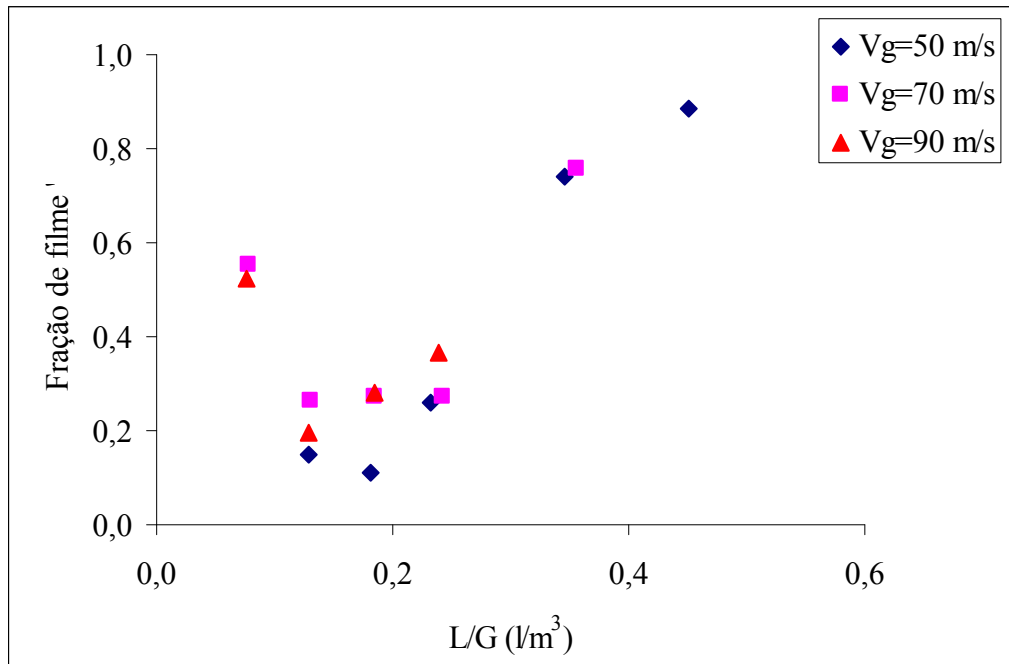


Figura H1 - Fração de filme em função da razão L/G para 1 orifício de injeção de líquido em funcionamento.

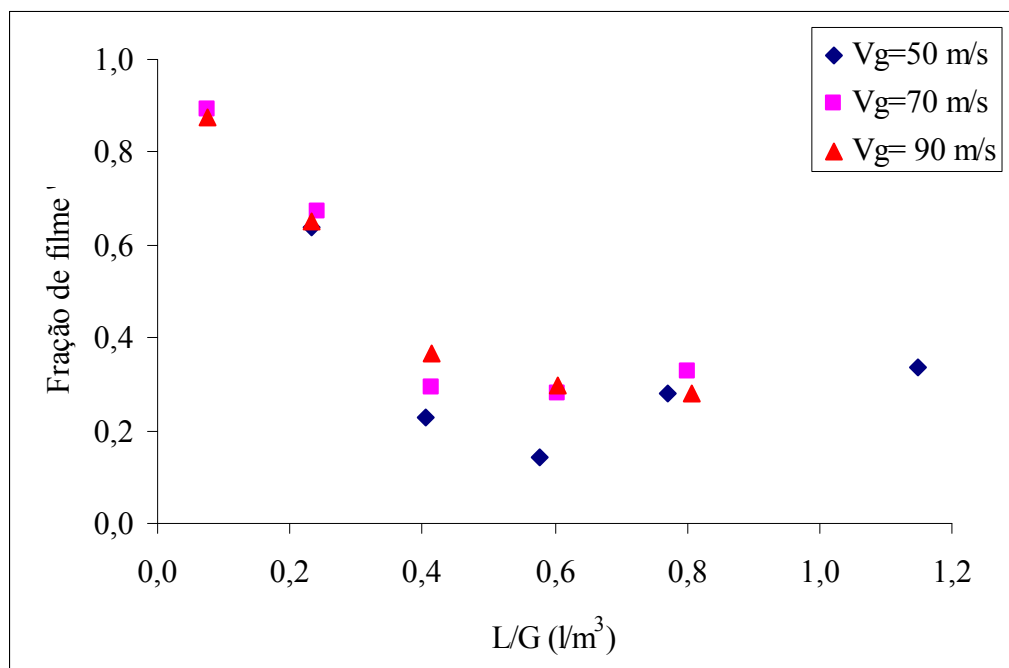


Figura H2 - Fração de filme em função da fração da razão L/G para 3 orifícios de injeção de líquido em funcionamento.

APÊNDICE I

Resultados dos dados experimentais na forma de gráficos da fração de filme em função da velocidade do gás na garganta obtido no lavador Venturi de dimensão menor para 3 frações de penetração máxima do jato e para 1 e 6 orifícios de injeção de líquido e ângulo de convergência de 34°.

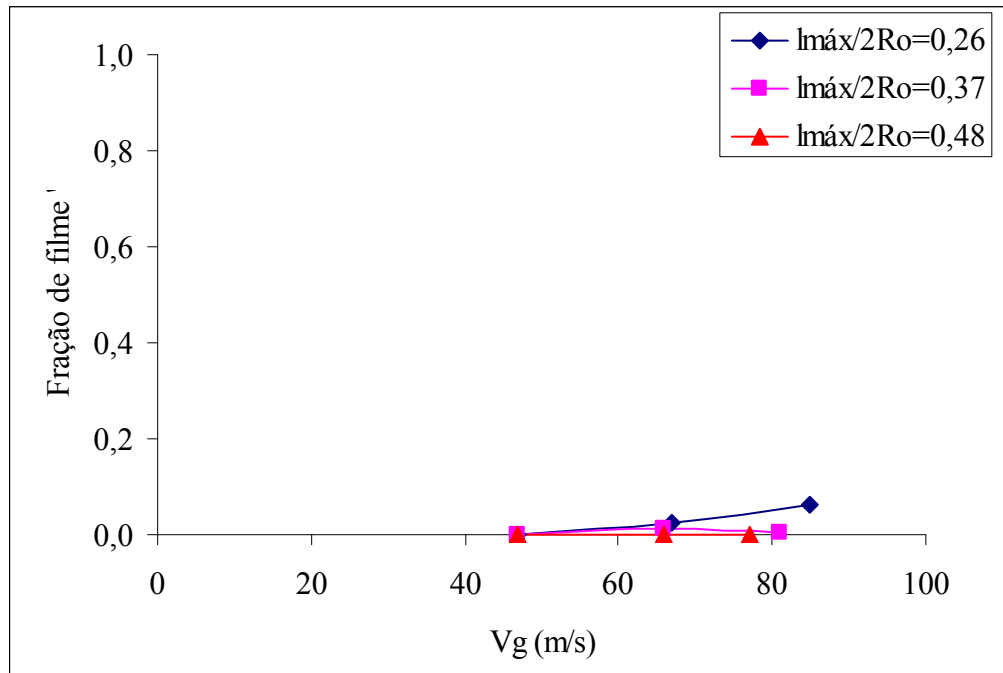


Figura I1 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 1 orifício de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 7,5 mm.

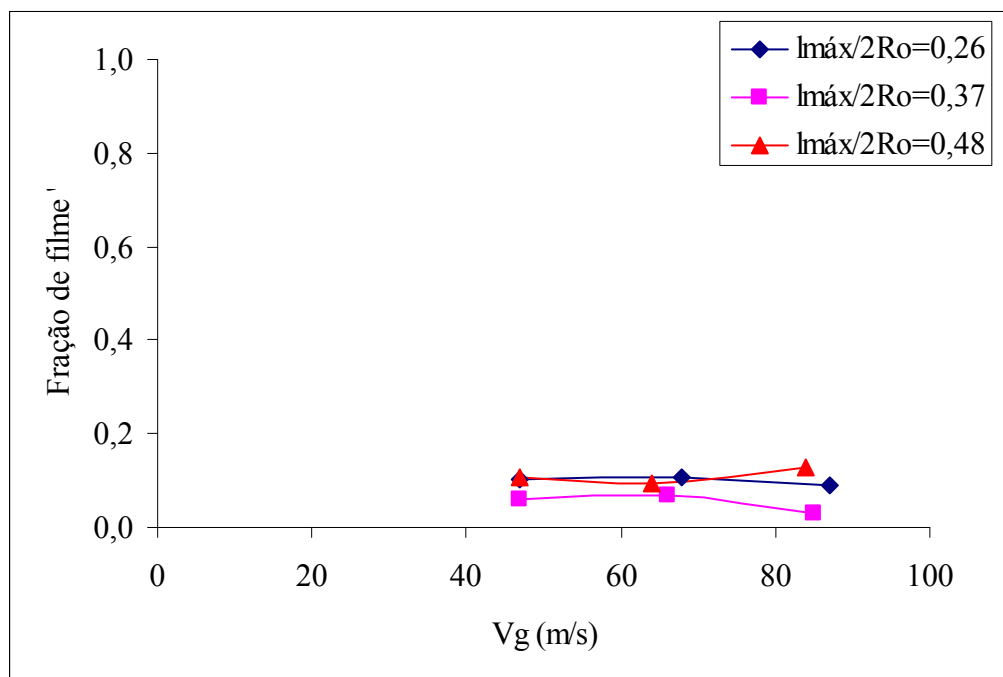


Figura I2 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 1 orifício de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 27,5 mm.

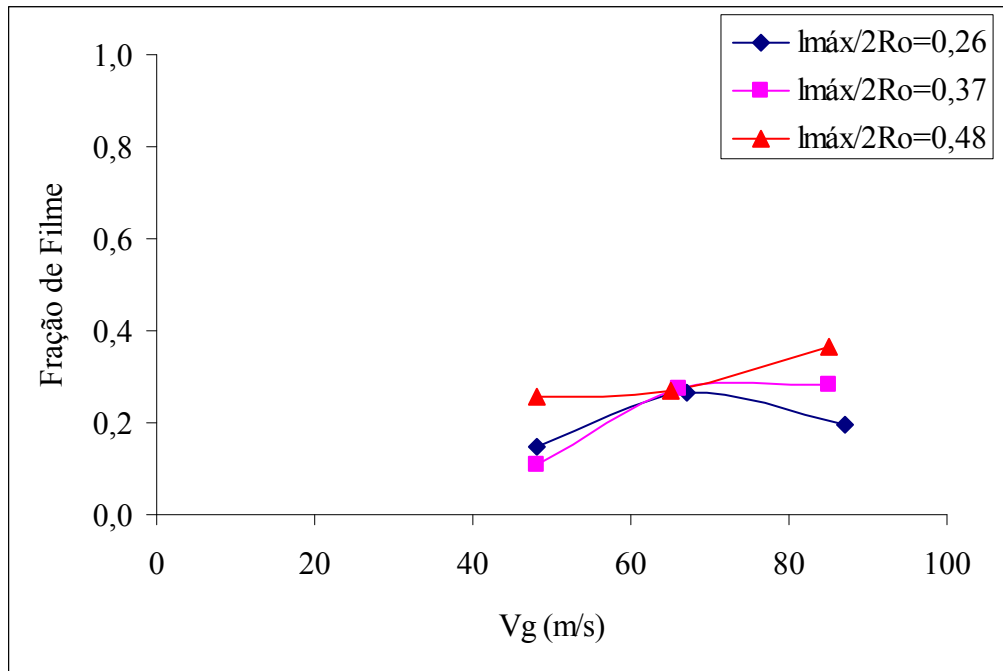


Figura I3 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 1 orifício de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 67,5 mm.

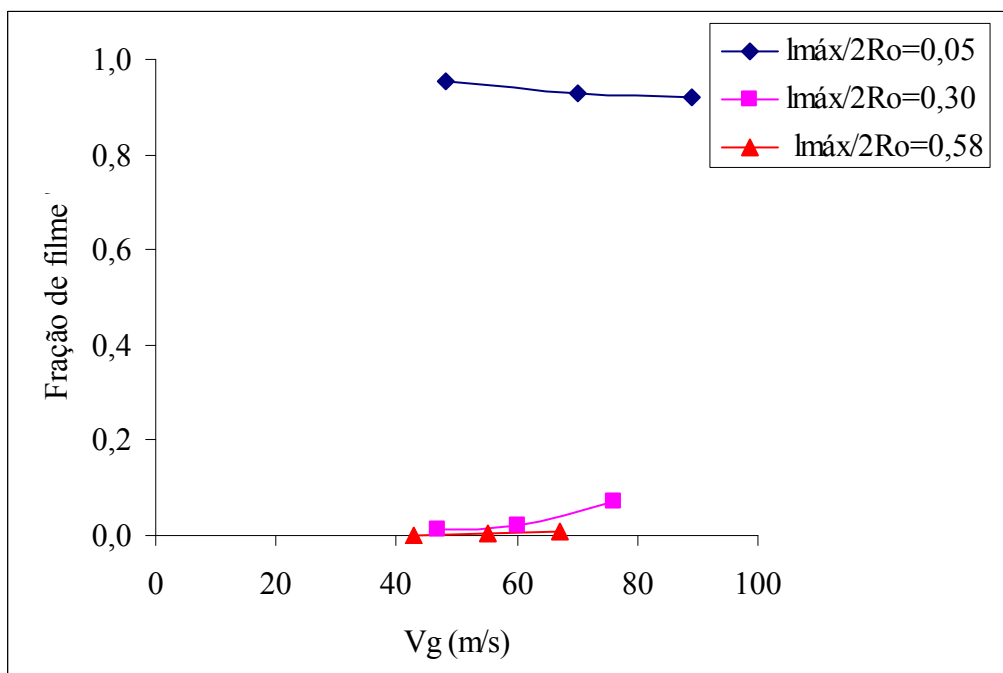


Figura I4 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 6 orifícios de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 7,5 mm.

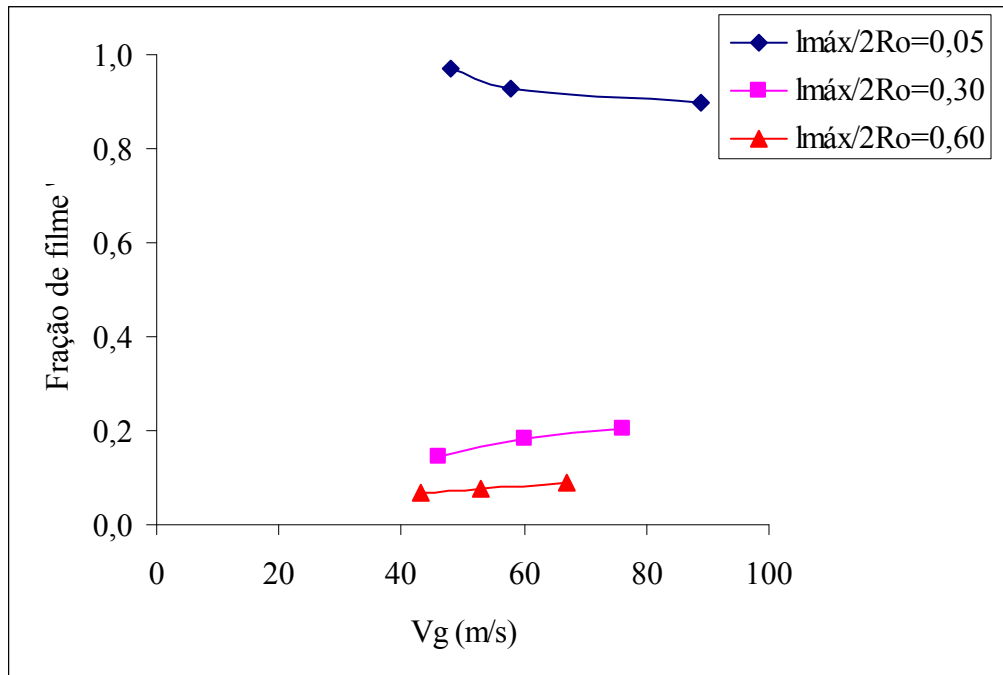


Figura I5 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 6 orifícios de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 27,5 mm.

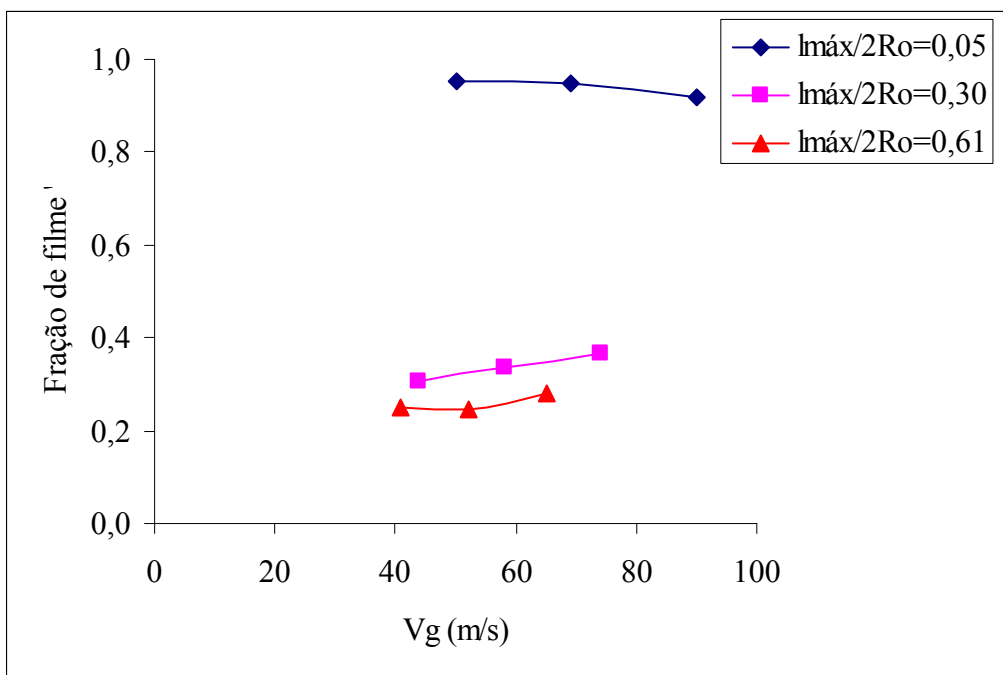


Figura I6 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 frações de penetração máxima do jato, com 6 orifícios de injeção em funcionamento e uma distância do ponto de injeção de líquido de 67,5 mm.

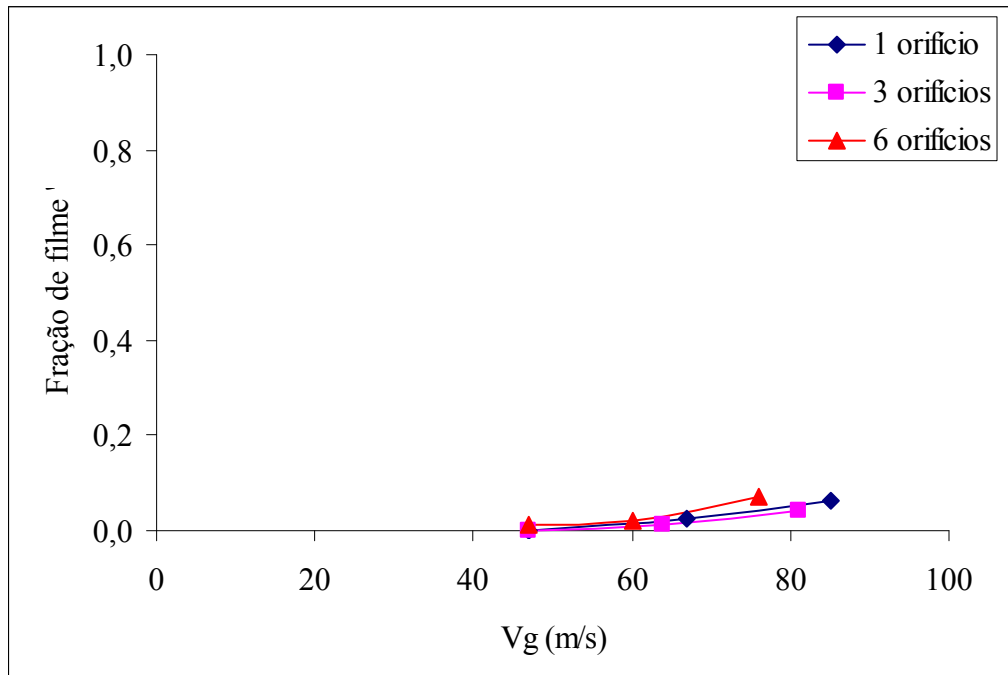


Figura I7 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 configurações de injeção de líquido, fração de penetração máxima do jato igual a 0,27 e uma distância do ponto de injeção de líquido de 7,5 mm.

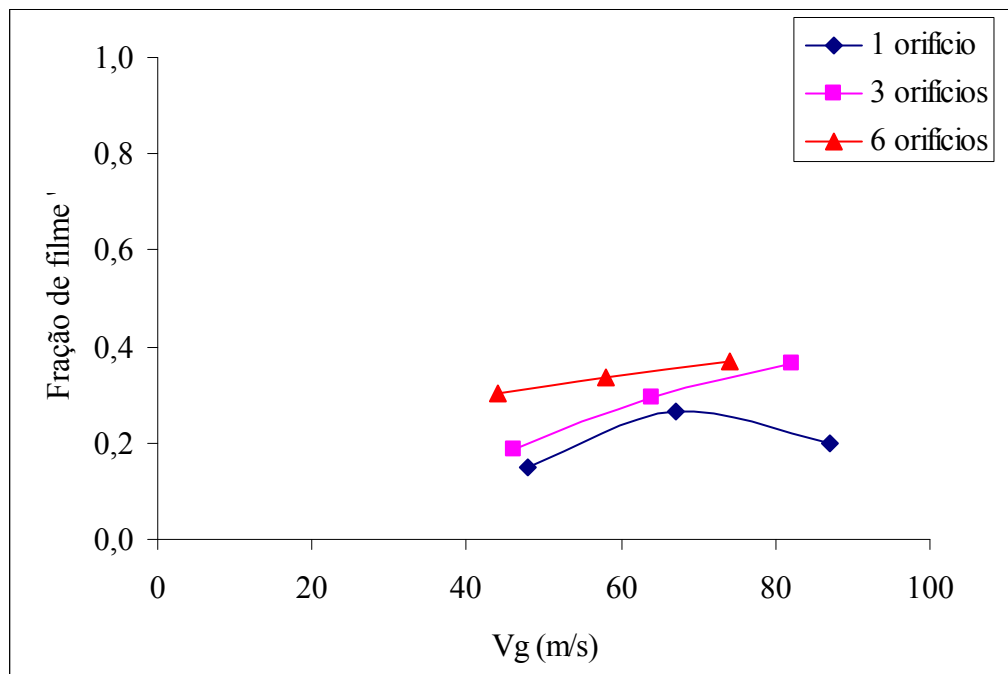


Figura I8 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para 3 configurações de injeção de líquido, fração de penetração máxima do jato igual a 0,27 e uma distância do ponto de injeção de líquido de 67,5 mm.

APÊNDICE J

Resultados dos dados experimentais na forma de gráficos da fração de filme em função da distância do ponto de injeção de líquido dividida pelo diâmetro da garganta obtido no lavador Venturi de dimensão menor para 3 frações de penetração máxima do jato e para 1 e 6 orifícios de injeção de líquido e ângulo de convergência de 34°.

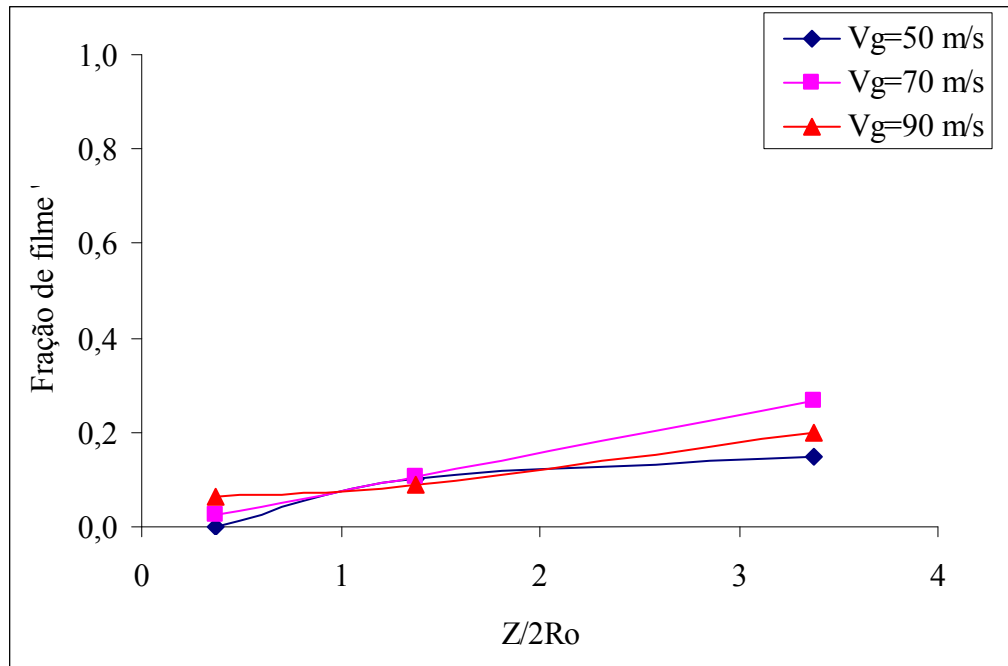


Figura J1 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,26 e 1 orifício de injeção em funcionamento.

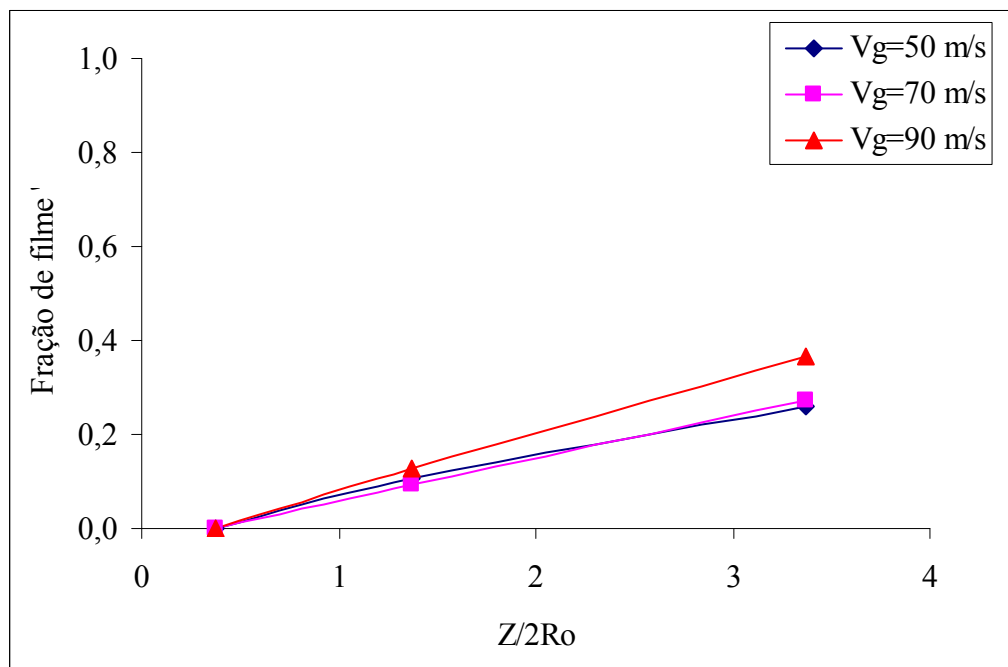


Figura J2 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,49 e 1 orifício de injeção em funcionamento.

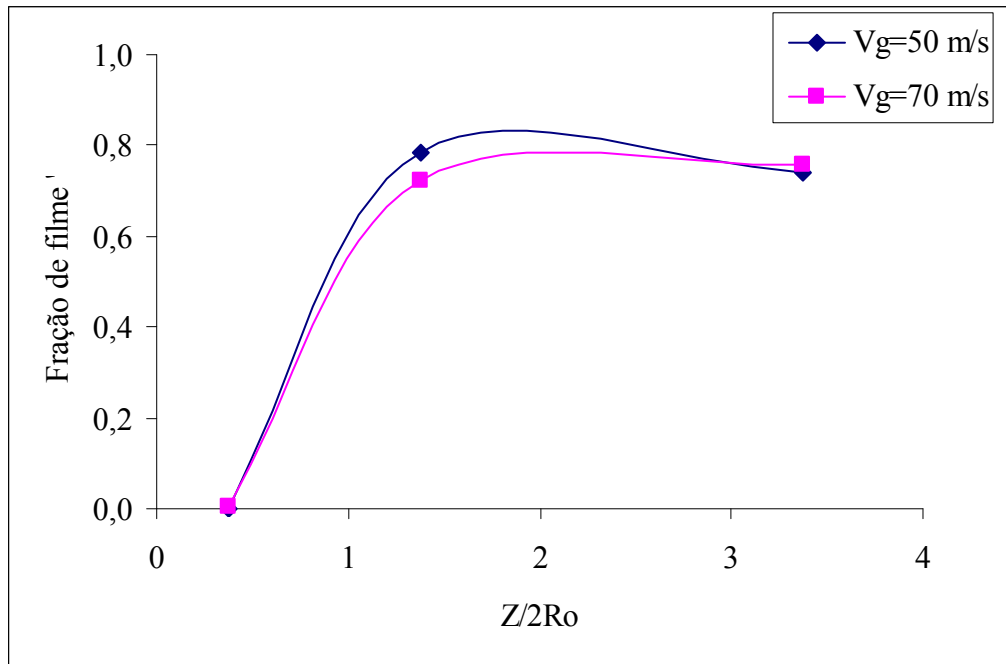


Figura J3 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,70 e 1 orifício de injeção em funcionamento.

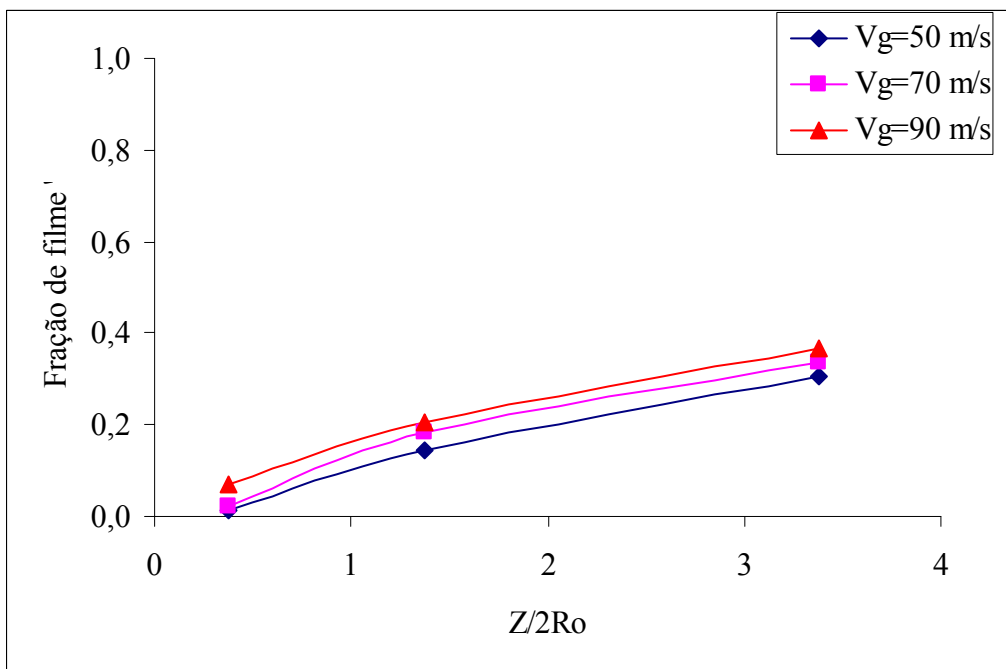


Figura J4 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,30 e 6 orifícios de injeção em funcionamento.

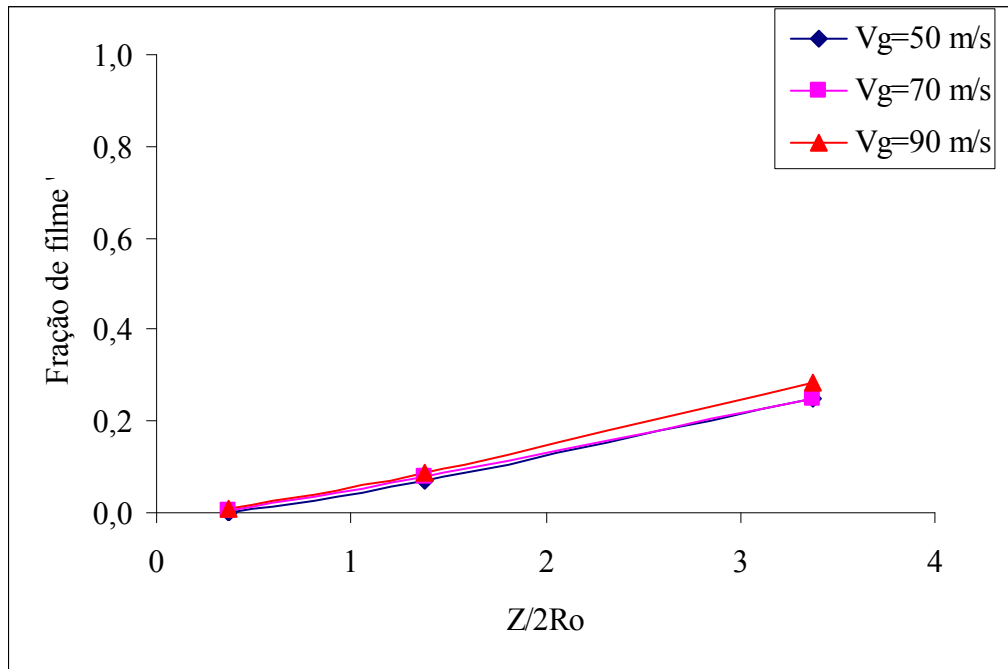


Figura J5 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,58 e 6 orifícios de injeção em funcionamento.

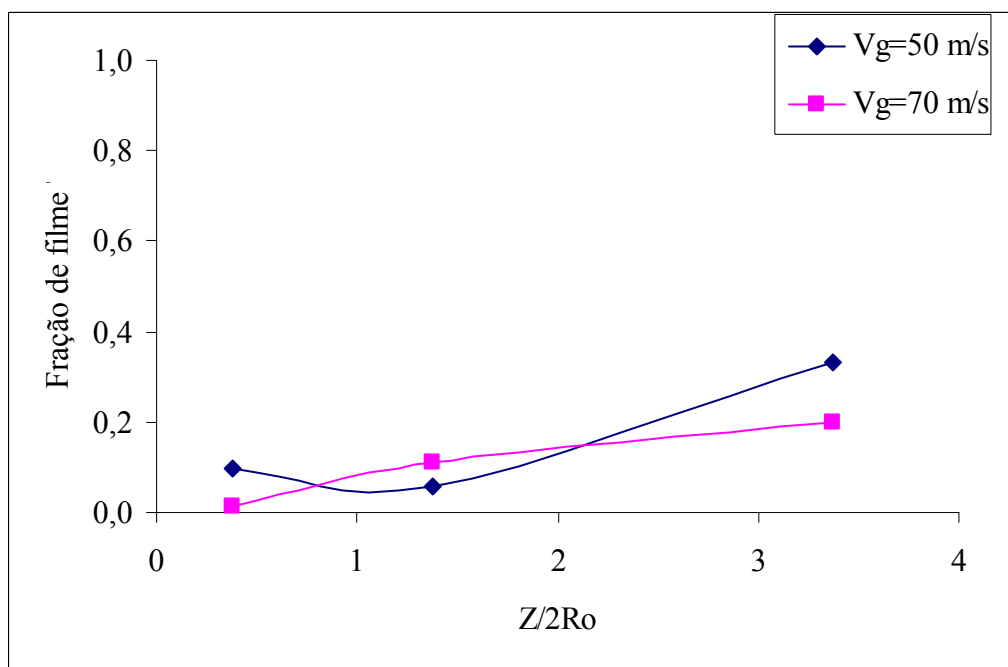


Figura J6 - Variação da fração de filme em função da distância do ponto de injeção dividida pelo diâmetro da garganta para fração de penetração de jato de 0,80 e 6 orifícios de injeção em funcionamento.

APÊNDICE L

Resultados dos dados experimentais na forma de gráficos da fração de filme em função da fração da penetração máxima do jato dividida pelo diâmetro da garganta e velocidade do gás em comparação aos ângulos de convergência para uma distância do ponto de injeção igual a 27,5 mm.

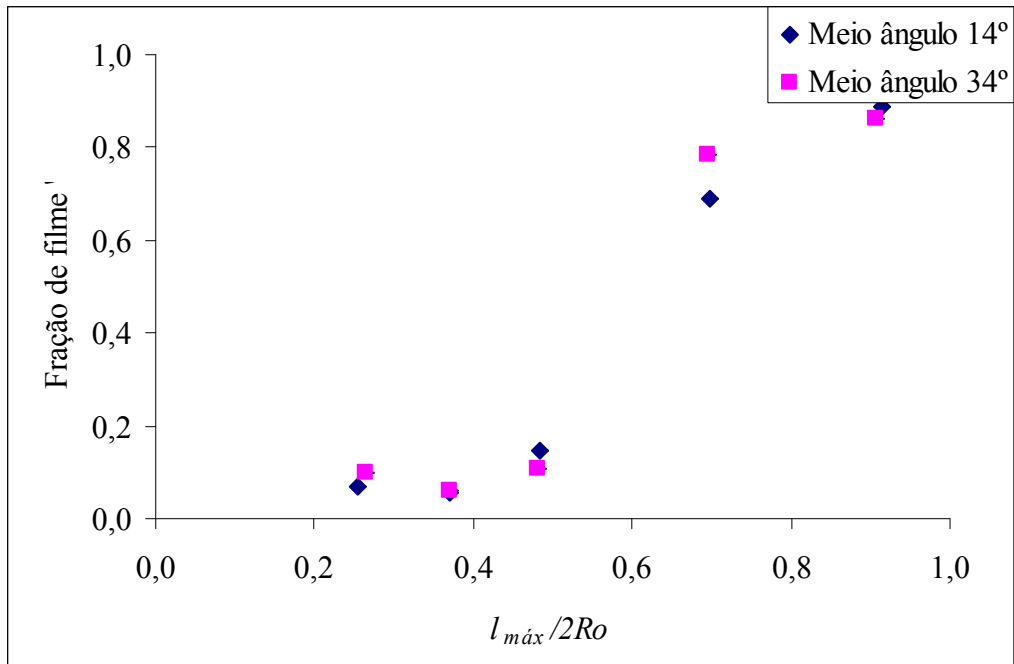


Figura L1 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 50 m/s e 1 orifício de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência.

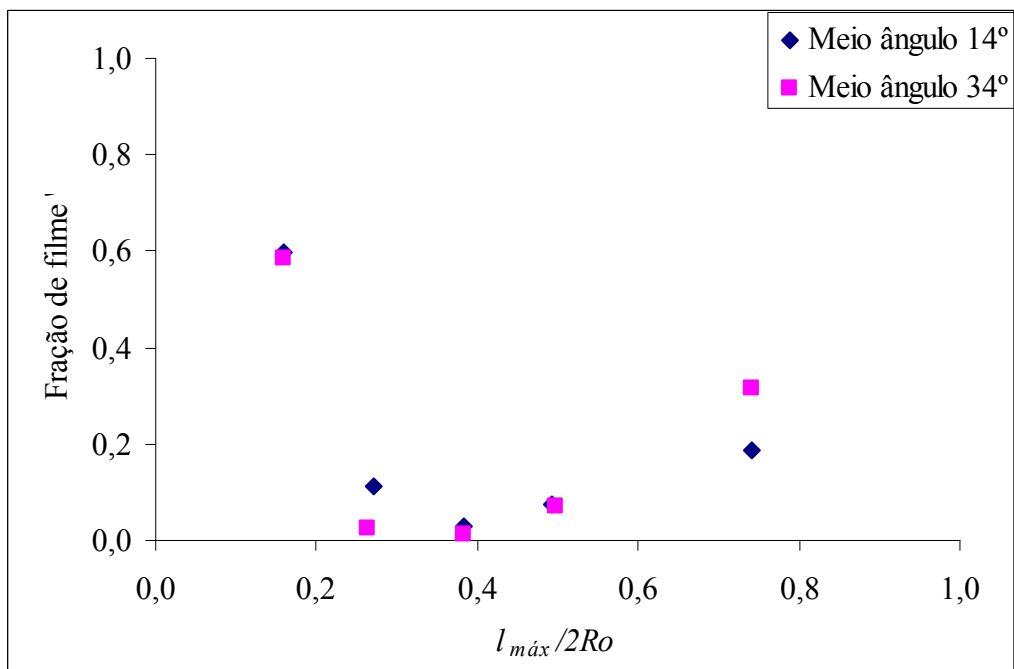


Figura L2 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 50 m/s e 3 orifícios de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência.

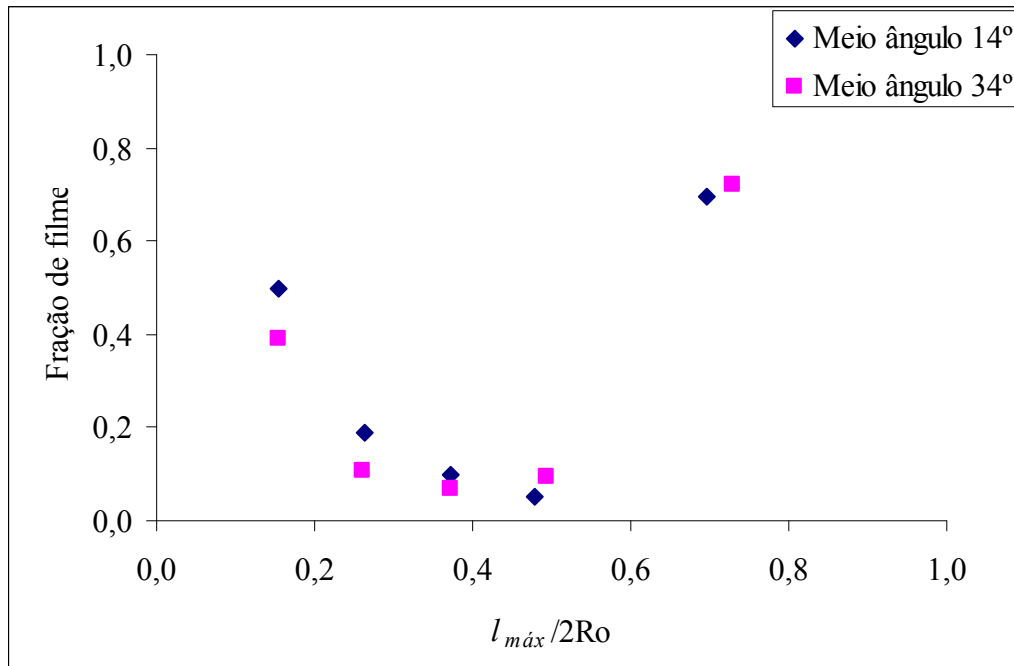


Figura L3 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 70 m/s e 1 orifício de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência.

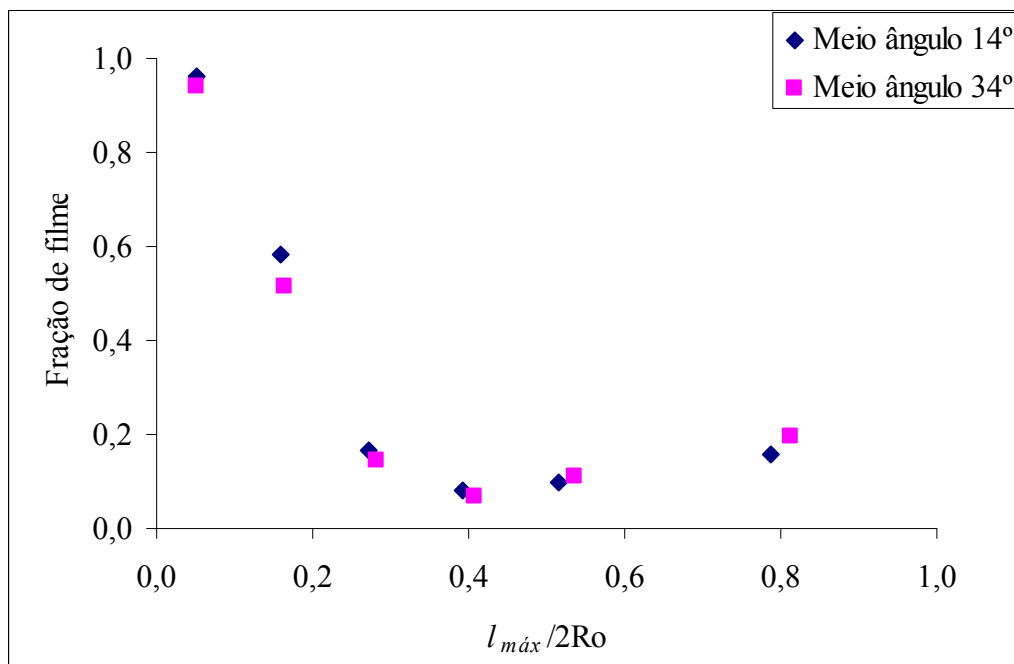


Figura L4 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 70 m/s e 3 orifícios de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência.

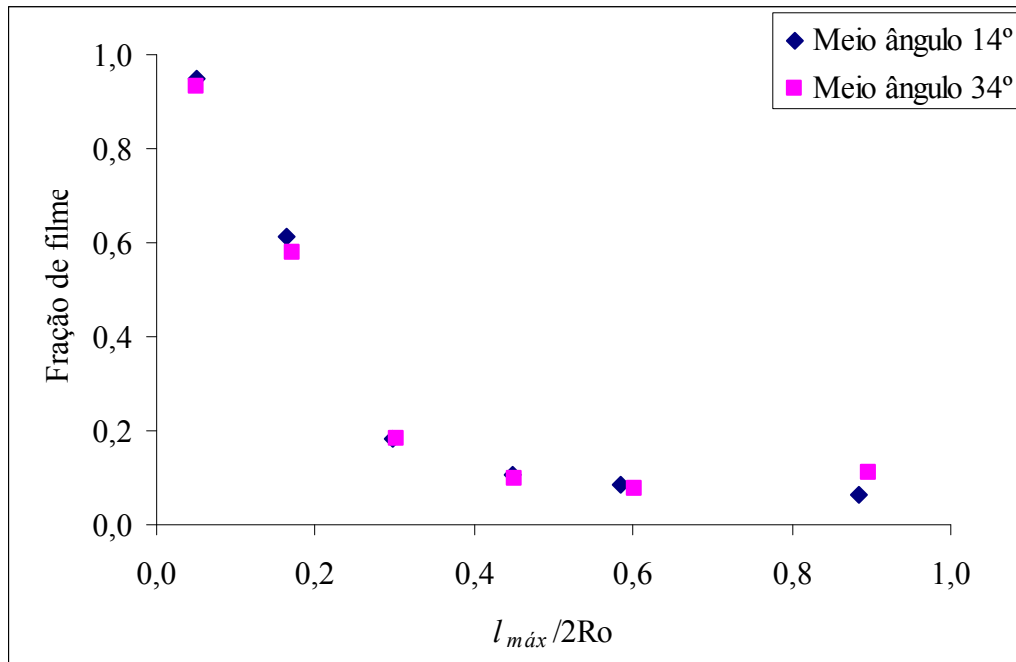


Figura L5 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 70 m/s e 6 orifícios de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência.

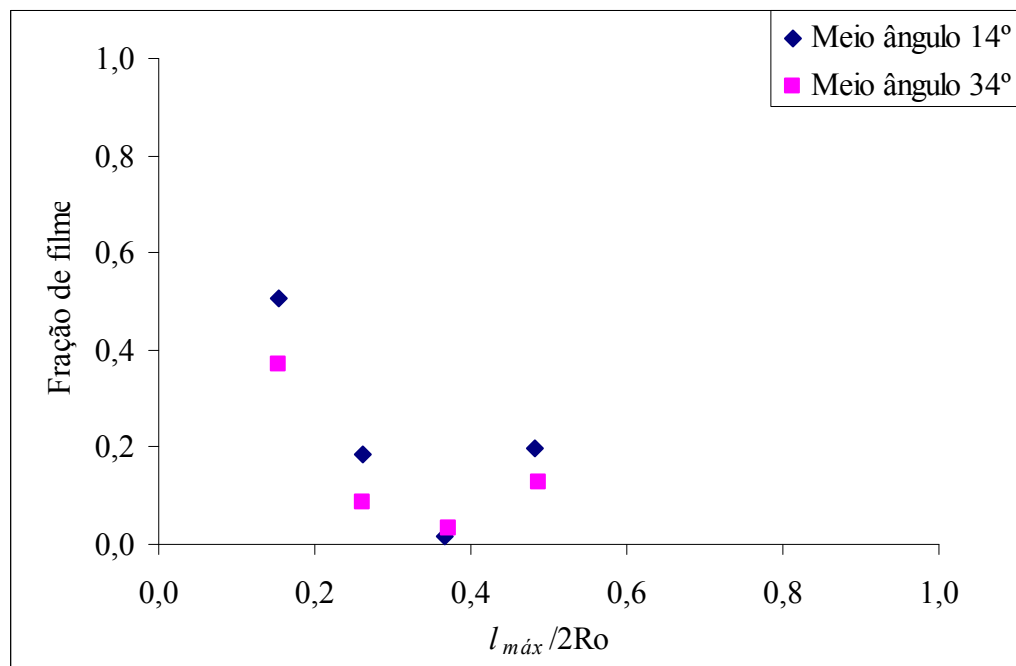


Figura L6 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 90 m/s e 1 orifício de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência.

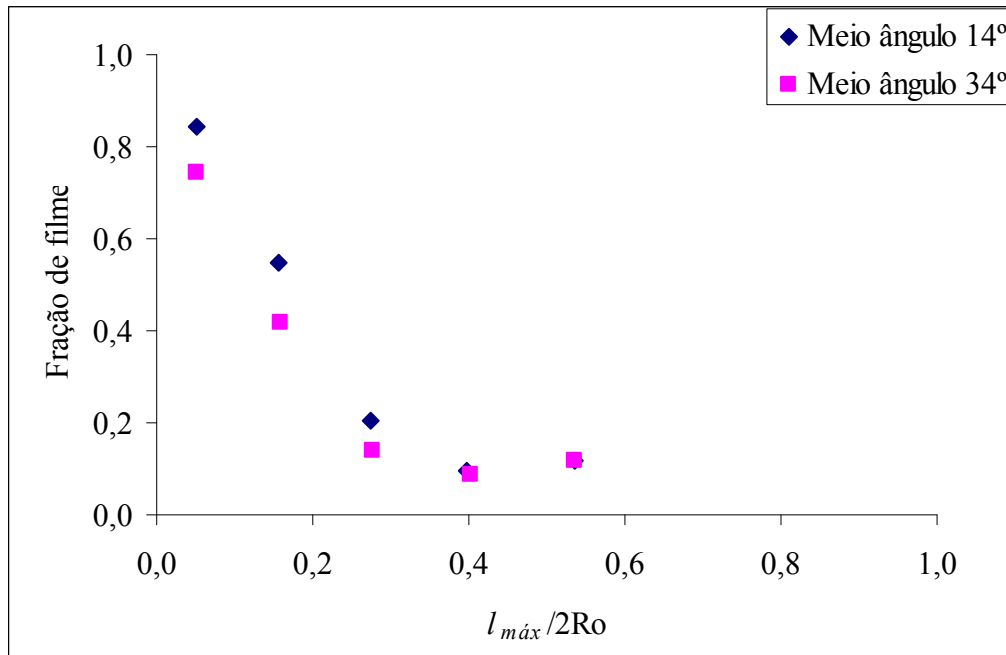


Figura L7 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 90 m/s e 3 orifícios de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência.

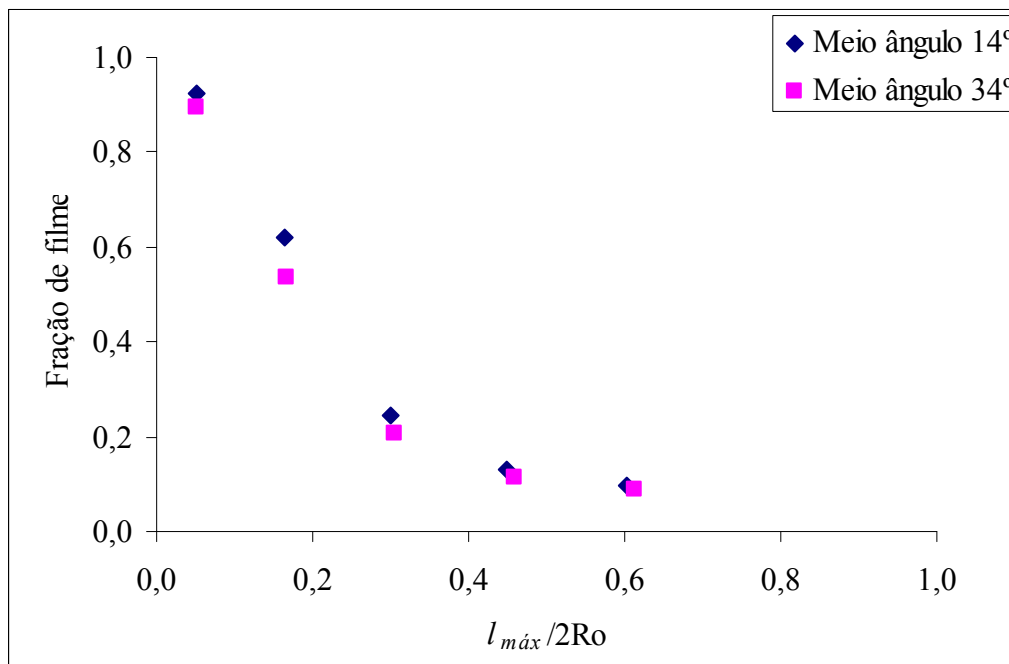


Figura L8 - Variação da fração de filme em função da penetração para velocidade do gás de 90 m/s e 6 orifícios de injeção em funcionamento para comparação entre os ângulos de convergência.

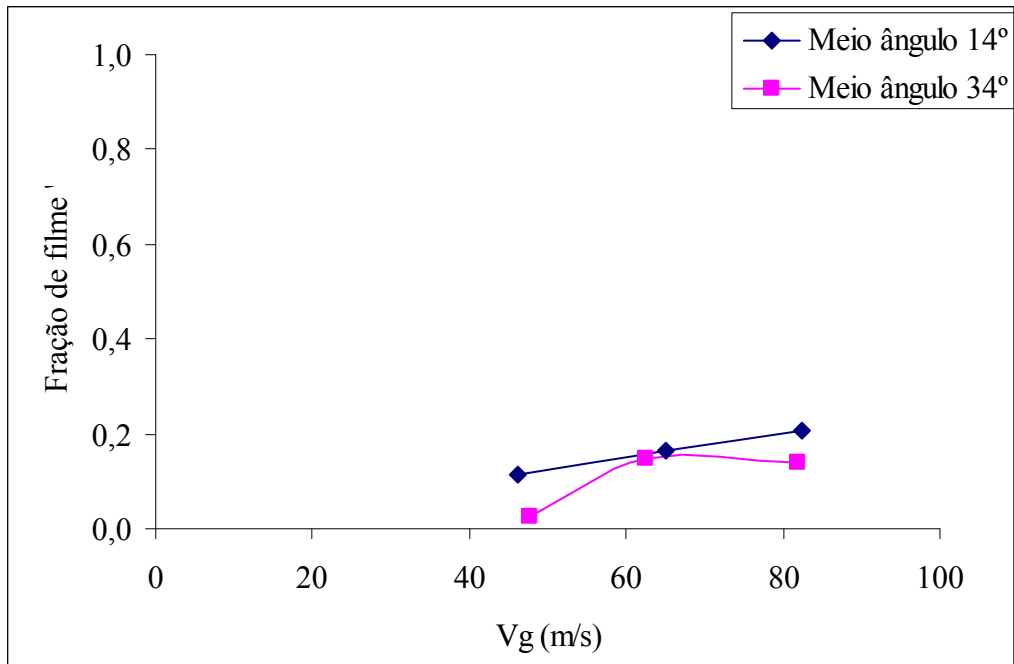


Figura L9 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para penetração de 0,26 e 3 orifícios de injeção em funcionamento em comparação aos ângulos de convergência.

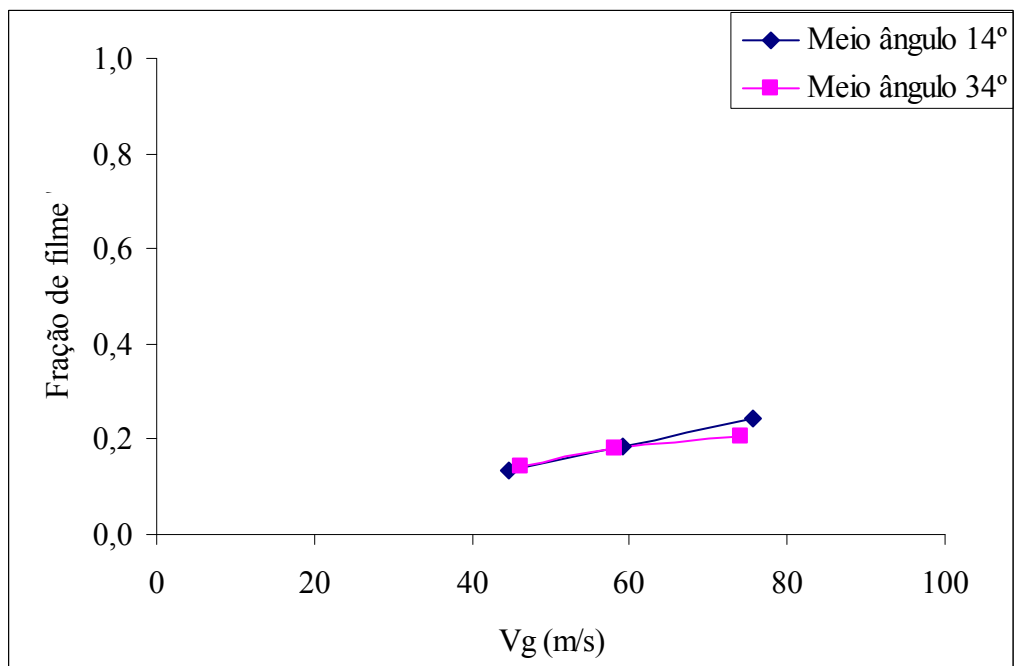


Figura L10 - Variação da fração de filme em função da velocidade do gás para penetração de 0,26 e 6 orifícios de injeção em funcionamento em comparação aos ângulos de convergência.

ANEXO A

Notação utilizada na descrição do sistema de injeção.

A partir da classificação do sistema de injeção, é possível desenvolver uma notação simbólica que forneça uma descrição inicial sucinta do sistema de injeção. A notação consiste em um conjunto de letras e/ou números ordenados, com o seguinte formato geral:

$$AB-CD-E-[\text{Detalhamento}] \quad (\text{A.1})$$

Tabela A.1 – Significado e valores possíveis dos dígitos A, B, C e D na Equação A.1.

| Dígito | Significado | Valores possíveis |
|--------|--|--|
| A | Define o modo de injeção | J=jato (<i>jet</i>) F=filme (<i>film</i>) C=cortina (<i>curtain</i>) |
| B | Indica a direção genérica inicial dos jatos ou cortinas. Não é usado se a injeção for do tipo filme. | T (<i>default</i>)=transversal (<i>transversal</i>) P=paralelo (<i>parallel</i>) |
| C | Indica a quantidade de estágios de injeção. | Número=quantidade de estágios 1 (<i>default</i>)=injeção em um único estágio M=múltiplos estágios (<i>multiple</i>) |
| D | Indica a localização geral dos estágios. A combinação destes valores é possível. Por exemplo, BCC indica que alguns estágios estão situados antes da seção convergente, e alguns na seção convergente. | BC (<i>default</i> para filme)=antes do início da seção convergente (<i>before convergence</i>) C=seção convergente (<i>convergence</i>) T (<i>default</i> para jato)=garganta (<i>throat</i>) |
| E | Quando a injeção é do tipo jato ou cortina, indica a localização da peça de injeção. | W (<i>default</i>)=orifícios ou fendas sobre paredes externas (<i>wall</i>) P=orifícios ou fendas sobre tubos (<i>pipe</i>) |
| | Quando a injeção é do tipo filme, indica a peça de injeção. | P (<i>default</i>)=parede porosa (<i>porous wall</i>) S=fenda (<i>slot</i>) W=transbordamento de um reservatório (<i>weir</i>) |

onde os significados e as opções possíveis para os dígitos “A”, “B”, “C”, “D” e “E” são mostrados na tabela A.1. Alguns destes dígitos têm valores *default* (identificados na Tabela A.1) que devem ser assumidos na sua ausência. Se algum dígito for substituído por um sinal de interrogação (“?”) isto significa que a respectiva informação não está disponível.

A parte entre colchetes é opcional, e serve para fornecer detalhes do sistema injeção. Se a parte é ausente, podemos dizer que a notação é simplificada. Se, ao contrário, estiver presente, temos uma notação estendida. As abreviaturas mais comuns estão listadas na Tabela A.2.

Tabela A.2 – Abreviaturas comuns utilizadas no detalhamento do sistema de injeção.

| Símbolo | Significado |
|----------------|--|
| BC | Antes do início da seção convergente (<i>before convergence</i>) |
| C | Início da seção convergente (<i>convergence</i>) |
| T | Início da garganta (<i>throat</i>) |
| IP | Plano de injeção (<i>injection plane</i>) |
| VJ | Velocidade do jato (<i>jet velocity</i>) |
| N | Número, quantidade (<i>number</i>) |
| D | Diâmetro (<i>diameter</i>) |
| W | Espessura (<i>width</i>) |
| I1, I2, I3 | Coordenadas (<i>coordinates</i>) |