

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**PERDA DE CARGA EM MANGUEIRAS GOTEJADORAS NOVAS,
USADAS E COM EMISSORES ENTUPIDOS**

JAYME LAPERUTA NETO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU-SP

Dezembro-2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**PERDA DE CARGA EM MANGUEIRAS GOTEJADORAS NOVAS,
USADAS E COM EMISSORES ENTUPIDOS**

JAYME LAPERUTA NETO

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU-SP

Dezembro – 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

L311p Laperuta Neto, Jayme, 1979-
Perda de carga em mangueiras gotejadoras novas, usadas e com emissores entupidos / Jayme Laperuta Neto. - Botucatu : [s.n.], 2010
xviii, 123 f. : ils. color., gráfs., tabs., fots. color.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2010
Orientador: Raimundo Leite Cruz
Inclui bibliografia.

1. Irrigação localizada. 2. Perda de carga localizada. 3. Entupimento. I. Cruz, Raimundo Leite. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “PERDA DE CARGA EM MANGUEIRAS GOTEJADORAS NOVAS,
USADAS E COM EMISSORES ENTUPIDOS”

ALUNO: JAYME LAPERUTA NETO

ORIENTADOR: PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ



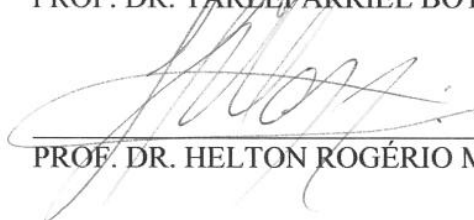
PROF. DR. ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA



PROF. DR. JOÃO LUIS ZOCOLER



PROF. DR. TARLEI ARRIEL BOTREL



PROF. DR. HELTON ROGÉRIO MAZZER

Data da Realização: 10 de dezembro de 2010.

Aos meus queridos pais

Jayme Laperuta Filho e Dileusa Maria Fumes Laperuta

Pela educação maravilhosa e principalmente por terem me dado o que
de mais precioso tenho: a VIDA.

Dedico

Aos meus avós Jayme, Maria de Lourdes, Duvilio e Aparecida, as
minhas irmãs Camila e Andréa por quem tenho muita consideração
e estima.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Deus, que é a razão de tudo.

Ao Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz por ter confiado em minha capacidade, pela orientação, pelos ensinamentos e colaboração em todas as etapas desse trabalho e, principalmente pela amizade sincera firmada nesses anos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista, FCA – Botucatu, São Paulo, por permitir a realização do Curso de Doutorado e conseqüentemente à realização desta tese.

Aos colegas e professores do curso de Pós-Graduação.

Aos amigos do Departamento de Engenharia Rural da FCA, em especial, José Israel Ramos e Gilberto Wincler pelos constantes auxílios desde a implantação até o desenvolvimento do trabalho e, principalmente pela amizade.

Aos amigos e colegas de pós-graduação da Irrigação e Drenagem, por todos estes anos de convivência e por toda a amizade sincera, Rigléia Brauer, Francilene C. A. Fortes, Talita A. Plestch, José Joaquim Carvalho.

Aos amigos do STI da FCA.

À minha família, e a todos meus amigos, pela colaboração e apoio durante todo o período de desenvolvimento desse trabalho.

À minha namorada Estela Janaine de Souza Anselmo pela colaboração, apoio e incentivo durante todos os anos de desenvolvimento desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xi
1 RESUMO.....	1
2 ABSTRACT.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
4.1 Irrigação localizada por gotejamento.....	8
4.2 Linhas laterais.....	10
4.3 Perda de carga distribuída em linhas laterais.....	11
4.4 Emissores.....	14
4.5 Perda de carga localizada na inserção do emissor.....	16
4.6 Entupimento do Emissor.....	21
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
5.1 Introdução.....	24
5.2 Vazão média observada.....	25
5.3 Diâmetro interno da mangueira gotejadora.....	27
5.4 Área da seção da mangueira gotejadora com o gotejador inserido.....	28
5.5 Espessura da parede do tubo gotejador.....	29
5.6 Determinações da perda de carga experimental.....	29
5.6.1 Medição da Pressão.....	32
5.7 Envelhecimento da mangueira gotejadora.....	35
5.8 Cálculo da perda de carga teórica.....	37
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
6.1 Características geométricas das mangueiras gotejadoras.....	39

	Página
6.2 Perda de carga na mangueira sem emissores.....	42
6.3 Perda de carga total e perda de carga localizada em mangueiras gotejadoras	45
6.3.1 Mangueiras gotejadoras novas.....	45
6.3.2 Mangueiras gotejadoras com 500 horas de uso.....	55
6.3.3 Mangueiras gotejadoras com emissor entupido.....	65
7 CONCLUSÕES.....	72
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
APENDICE 1.....	79
APENDICE 2.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Dois Modelos de gotejadores do tipo labirinto.....	14
2. Conexões de emissores.....	15
3. Diagrama típico de uma seção longitudinal de uma tubulação contendo um emissor	17
4. Comprimento equivalente para emissores na linha e sobre a linha em função do diâmetro interno da linha lateral, para calculo da perda de carga localizada.....	18
5. Vista geral da bancada de ensaios de emissores para gotejamento.....	26
6. Ferramenta cônica e paquímetro digital para determinar o diâmetro interno do tubo emissor.....	27
7. Seções das mangueiras gotejadoras com emissor inserido, digitalizadas pelo scanner.....	28
8. Secção transversal e posição dos pontos a serem medidos nos tubos emissores.....	29
9. Bancada de ensaios.....	30
10. Visão geral da bancada de ensaio.....	31
11. Detalhe da agulha e da torneira de três vias e conexão da agulha com mangueira gotejadora.....	32
12. Esquema de leitura do Tubo em U (Manômetro de mercúrio).....	33
13. Detalhe do gotejador fechado com cola de silicone.....	34
14. Sistema para uso da mangueira gotejadora com água rica em Ferro.....	36
15. Gráfico comparativo de médias de vazão de mangueiras gotejadoras e suas respectivas variações.....	41
16. Gráfico comparativo de médias de diâmetro interno de mangueiras gotejadoras e suas respectivas variações.....	41
17. Gráfico comparativo de médias de espessura de parede de mangueiras gotejadoras e suas respectivas variações.....	42
18. Gráfico comparativo de médias de perda de carga para as duas situações.....	44

Figura	Página
19. Gráfico do total de perda de carga e sua composição em perdas localizadas e distribuídas para emissores Marca A nos 9,2 m de mangueira gotejadora ensaiada.....	46
20. Gráfico do total de perda de carga e sua composição em perdas localizadas e distribuídas para emissores Marca B nos 9,2 m de mangueira gotejadora ensaiada.....	47
21. Gráfico do total de perda de carga e sua composição em perdas localizadas e distribuídas para emissores Marca C nos 9,2 m de mangueira gotejadora ensaiada.....	47
22. Comparação da perda de carga localizada para o modelo Marca A, nos trechos ensaiados.....	49
23. Comparação da perda de carga localizada para o modelo Marca B, nos trechos ensaiados.....	49
24. Comparação da perda de carga localizada para o modelo Marca C nos trechos ensaiados.....	50
25. Gráfico de α médios obtidos experimentalmente e calculados pelas equações apresentadas na literatura.....	54
26. Comparação entre valores de perda de carga total e localizada para mangueira gotejadora Marca A nova e com 500 horas de uso.....	56
27. Comparação entre valores de perda de carga total e localizada para mangueira gotejadora Marca B nova e com 500 horas de uso.....	56
28. Comparação entre valores de perda de carga total e localizada para mangueira gotejadora Marca C nova e com 500 horas de uso.....	57
29. Comparação da perda de carga localizada para a Marca A, com 500 horas de uso nos trechos ensaiados.....	60

Figura	Página
30. Comparação da perda de carga localizada para a Marca B, com 500 horas de uso nos trechos ensaiados.....	61
31. Comparação da perda de carga localizada para a Marca C, com 500 horas de uso nos trechos ensaiados.....	61
32. Perda de carga localizada para gotejadores Marca A, novos e usados e seu grau de entupimento.....	63
33. Perda de carga localizada para gotejadores Marca B, novos e usados e seu grau de entupimento.....	64
34. Perda de carga localizada para gotejadores Marca C, novos e usados e seu grau de entupimento.....	64
35. Comparação entre valores de perda de carga total e localizada para mangueira gotejadora Marca A nova, com 500 horas de uso e com gotejadores entupidos.....	67
36. Comparação entre valores de perda de carga total e localizada para mangueira gotejadora Marca B nova, com 500 horas de uso e com gotejadores entupidos.....	67
37. Comparação entre valores de perda de carga total e localizada para mangueira gotejadora Marca B nova, com 500 horas de uso e com gotejadores entupidos.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabelas	Página
1. Valores da rugosidade absoluta equivalente de diferentes materiais.....	12
2. Coeficientes de descarga de emissores.....	16
3. Classificação das águas de irrigação.....	22
4. Características dos tubos gotejadores fornecidas pelos fabricantes.....	24
5. Resultados das análises de água em 3 fases do teste.....	35
6. Fórmulas utilizadas para o cálculo da perda de carga distribuída.....	37
7. Características geométricas dos modelos de mangueiras gotejadoras estudadas....	40
8. Diâmetro interno e área da seção da mangueira “cega”.....	43
9. Valores médios de perda de carga nos pontos de medição e teste de Tukey para mangueira sem emissores inseridos.....	43
10. Valores médios de perda de carga nos pontos de medição para as mangueiras gotejadoras novas.....	45
11. Valores médios de perda de carga localizada (m.c.a.) nos pontos de medição para as mangueiras gotejadoras novas e resultado do teste de Tukey.....	48
12. Valores médios de perda de carga localizada (m.c.a.) na inserção dos gotejadores para as mangueiras gotejadoras novas.....	52
13. Valores médios de perda de carga nos pontos de medição para as mangueiras gotejadoras após 500 horas de uso com água rica em ferro.....	55
14. Comparação entre os valores médios de perda de carga localizada, obtidos em ensaio, para gotejadores novos e após 500 horas de uso.....	58

Tabelas	Página
15. Valores médios de perda de carga localizada (m.c.a) nos pontos de medição para as mangueiras gotejadoras com 500 horas de uso e resultado do teste de Tukey....	59
16. Grau de entupimento relativo dos emissores após 500 horas de uso com água rica em ferro.....	62
17. Valores médios de perda de carga nos pontos de medição para as mangueiras gotejadoras com emissores entupidos.....	65
18. Comparação entre os valores médios de perda de carga localizada, obtidos em ensaio, para gotejadores novos, após 500 horas de uso e com gotejadores fechados.....	71
19. Diâmetro interno da mangueira gotejadora Marca A.....	80
20. Diâmetro interno da mangueira gotejadora Marca B.....	80
21. Diâmetro interno da mangueira gotejadora Marca C.....	80
22. Espessura da parede da mangueira gotejadora Marca A.....	81
23. Espessura da parede da mangueira gotejadora Marca B.....	81
24. Espessura da parede da mangueira gotejadora Marca C.....	82
25. Cálculo da razão entre áreas e diâmetros da mangueira Marca A.....	82
26. Cálculo da razão entre áreas e diâmetros da mangueira Marca B.....	83
27. Cálculo da razão entre áreas e diâmetros da mangueira Marca C.....	83
28. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova .sem emissores – rep. 1.....	85
29. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova .sem emissores – rep. 2.....	85

Tabelas	Página
30. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova .sem emissores – rep. 3.....	85
31. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso sem emissores – rep. 1.....	86
32. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso sem emissores – rep. 2.....	86
33. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso sem emissores – rep. 3.....	87
34. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 1-1.....	87
35. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 1-2.....	88
36. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 1-3.....	88
37. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 2-1.....	88
38. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 2-2.....	89
39. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 2-3.....	89
40. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 3-1.....	89
41. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 3-2.....	90
42. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 3-3.....	90
43. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 1-1.....	91
44. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 1-2.....	91
45. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 1-3.	92

Tabelas	Página
46. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 2-1.....	92
47. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 2-2.....	93
48. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 2-3.....	93
49. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 3-1.....	94
50. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 3-2.....	94
51. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 3-3.....	95
52. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 1-1.....	95
53. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 1-2.....	96
54. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 1-3.....	96
55. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 2-1.....	97
56. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 2-2.....	97
57. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 2-3.....	98
58. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 3-1.....	98

Tabelas	Página
59. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 3-2.....	99
60. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 3-3.....	99
61. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 1-1.....	100
62. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 1-2.....	100
63. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 1-3.....	100
64. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 2-1.....	101
65. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 2-2.....	101
66. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 2-3.....	101
67. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 3-1.....	102
68. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 3-2.....	102
69. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 3-3.....	102
70. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B – rep. 1-1.....	103
71. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B – rep. 1-2.....	103
72. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B – rep. 1-3.....	104
73. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B – rep. 2-1.....	104

Tabelas	Página
74. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B – rep. 2-2.....	105
75. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B – rep. 2-3.....	105
76. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B – rep. 3-1.....	106
77. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B – rep. 3-2.....	106
78. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B – rep. 3-3.....	107
79. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B – rep. 1-1.....	107
80. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B – rep. 1-2.....	108
81. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B – rep. 1-3.....	108
82. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B – rep. 2-1.....	109
83. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B – rep. 2-2.....	109
84. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B – rep. 2-3.....	110
85. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B – rep. 3-1.....	110
86. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B – rep. 3-2.....	111
87. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B – rep. 3-3.....	111
88. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 1-1.....	112

Tabelas	Página
89. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 1-2.....	112
90. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 1-3.....	112
91. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 2-1.....	113
92. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 2-2.....	113
93. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 2-3.....	113
94. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 3-1.....	114
95. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 3-2.....	114
96. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 3-3.....	114
97. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 1-1.....	115
98. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 1-2.....	115
99. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 1-3.....	116
100. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 2-1.....	116
101. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 2-2.....	117
102. . Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 2-3.....	117
103. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 3-1.....	118
104. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 3-2.....	118

Tabelas	Página
105. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 3-3.....	119
106. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 1-1.....	119
107. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 1-2.....	120
108. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 1-3.....	120
109. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 2-1.....	121
110. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 2-2.....	121
111. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 2-3.....	122
112. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 3-1.....	122
113. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 3-2.....	123
114. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 3-3.....	123

1 RESUMO

A irrigação localizada tem como características principais a economia e um alto grau de uniformidade de distribuição de água. A irrigação localizada por gotejamento tem como componente principal os gotejadores que se encontram inseridos nas linhas laterais de gotejamento e são os grandes responsáveis pela economia de água e pela uniformidade de distribuição de água.

Contudo, apesar dessas vantagens, esse sistema é também suscetível a uma série de fatores que alteram seu funcionamento, afetando a uniformidade de distribuição de água, conseqüentemente prejudicando a cultura, refletindo no lucro do produtor.

Um desses fatores que afetam o funcionamento dos emissores é o depósito de partículas provenientes da água utilizada para irrigação. Essas partículas influenciam na variação da perda de carga mangueira da mangueira gotejadora.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a perda de carga em três modelos de mangueiras gotejadoras, duas com emissores coaxiais e uma com emissores não-coaxiais, encontradas comercialmente em três condições distintas, quando novas, após 500 horas de uso com uma água rica em ferro e com emissores totalmente entupidos. O experimento foi conduzido no laboratório de ensaios de equipamentos de irrigação do

Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Campus de Botucatu, São Paulo.

Primeiramente foram executados ensaios para obtenção do diâmetro interno, espessura da parede, área da seção do tubo com emissor inserido e vazão média das mangueiras gotejadoras, com base nas normas ISO 9261:2004 e NBR 12:02.08-21/1986, características essas importantíssimas, pois influenciam diretamente na perda de carga das mangueiras gotejadoras. Com base nesses ensaios, verificou-se que os valores encontrados e suas variações estavam dentro dos valores estabelecidos na norma, atestando a boa qualidade na fabricação dessas mangueiras gotejadoras.

Em seguida, foram obtidas as perdas de carga total e localizada nos trechos estabelecidos em linhas laterais dessas mangueiras. Com base nesses resultados verificou-se que as equações encontradas na literatura ainda necessitavam de ajustes. Com relação às condições que foram submetidas às mangueiras gotejadoras, verificou-se que o emissor do modelo não coaxial é mais suscetível ao entupimento por ferro que os emissores de modelo coaxial estudados.

Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que a mangueira gotejadora com emissores do tipo não coaxial, apesar de apresentar uma baixa perda de carga localizada inicial, é mais suscetível ao entupimento que os emissores do tipo coaxial estudados.

Palavras-chave: Irrigação localizada, perda de carga localizada, entupimento.

2 ABSTRACT

The main characteristics of localized irrigation are the economy and high uniformity of water distribution.

In drip irrigation the main component are the emitters placed on the side of drip lines largely responsible for saving water, and the uniformity of water distribution.

Despite these advantages, this system is also susceptible to a number of factors that affect its operation, affecting the uniformity of water distribution, causing damage to the culture, reflecting the profit of the producer.

One of those factors that affect the operation of the emitters is the deposit of particles from the water used for irrigation. These particles cause wear of the walls of the drip lines and emitters and can lead to clogging.

This study aimed to evaluate the head loss in three models of drip lines commercially available in three different conditions, when new, after 500 hours of use with rich iron water, and with clogged emitters. The experiment was conducted in the laboratory testing of irrigation equipment at the Department of Agricultural Engineering, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - Campus de Botucatu, São Paulo.

First tests were performed to obtain the constructive characteristics of drip lines, based on ISO 9261:2004 and NBR 12:02.08-21/1986, all important characteristics

that affects directly the pressure drop of drip lines. Based on these results, it was found that the values and their variations were within the values established by standard, showing good quality in the manufacture of these drip lines.

After that, the main head loss and local head loss in sites established in the sidelines of these *drip lines* were obtained. Based on these results it was found that the equations showed in the literature still needs adjustments with respect to the conditions that were subjected the drip lines. It was found that the non-coaxial emitter is more susceptible to cloggy by iron coaxial model studied.

From the results, we can conclude that the pipes with non-coaxial emitters, despite having a low initial pressure drop, are more susceptible to cloggy than the coaxial type studied.

Keywords: Localized irrigation, loss of localized head and clogged emitters

3 INTRODUÇÃO

O contínuo crescimento da população mundial vem exigindo uma agricultura competitiva e tecnificada para aumentar a produção de alimentos. Uma dessas técnicas que melhor resultado apresenta, quando bem aplicada, é a irrigação. Segundo Pires et al. (2008), no mundo, apenas aproximadamente 18% da área cultivada é irrigada, sendo esta responsável por 44% da produção agrícola total.

Com o desenvolvimento da tecnologia do plástico e com a crescente necessidade de se economizar água, o sistema de irrigação por gotejamento vem se destacando por apresentar características como o uso racional da água, a qual é depositada na região próxima a raiz da cultura com um alto grau de uniformidade de aplicação da água, levando a cultura desenvolver-se uniformemente por toda a área.

Para que o sistema de irrigação funcione em sua plenitude, na elaboração do projeto é calculada a perda de carga total, composta pela perda de carga distribuída ao longo da tubulação e as perdas de carga localizadas, no intuito de se obter as diretrizes de implantação do sistema, tais como o diâmetro da tubulação e as características do conjunto moto-bomba.

É comum que, ao invés de se calcular a perda de carga localizada, estimar-se um valor como sendo uma porcentagem da perda de carga distribuída ao longo da tubulação sendo em alguns casos até mesmo desprezada. Tal fato pode causar problemas na implantação do sistema, pois devido ao grande número de emissores existentes em uma linha lateral, a perda de carga localizada pode apresentar valores significativos, prejudicando o funcionamento e a uniformidade de distribuição de água do sistema, conseqüentemente prejudicando o desenvolvimento da cultura.

Na irrigação localizada, a perda de carga localizada também é conseqüência da inserção de emissores na tubulação. Os encaixes desses emissores funcionam como uma barreira para o fluxo do líquido dentro da tubulação, além de causarem um estreitamento na seção do tubo. Portanto, as características geométricas das conexões dos emissores são de suma importância para a obtenção da perda de carga localizada na inserção dos emissores. Concluindo, para que se tenha sucesso do sistema seja total, é necessário contabilizar de forma precisa as perdas de carga, tanto as distribuídas ao longo da tubulação quanto as perda de carga localizadas, para que sejam escolhidos os componentes ideais para o sistema.

Além de um bom processo de cálculo, se faz necessário também um acompanhamento do sistema depois de implantado, pois vários fatores podem influenciar o seu funcionamento.

Um dos fatores que influenciam o funcionamento do sistema é a qualidade da água utilizada para a irrigação, pois o uso de água fora dos padrões estabelecidos pode causar entupimento nos emissores. Por exemplo, o uso de água com alta concentração de ferro diluído pode ocasionar um acúmulo de partículas de ferro pelo labirinto do emissor podendo até mesmo levá-lo ao entupimento. Essa mudança nos parâmetros de funcionamento do sistema tem grande influência sobre a perda de carga.

Com base nesses argumentos, foram executados ensaios em três modelos de mangueiras gotejadoras encontradas comercialmente com o objetivo de:

a) Comparar estatisticamente os valores para perda de carga localizada obtidos em ensaio com os resultados com o uso das equações encontradas na literatura, verificando em até que ponto essas equações representam a realidade;

b) Comparar e estabelecer em até que ponto o grau de entupimento dos emissores alteram a perda de carga localizada em uma linha lateral;

c) Comparar o comportamento da perda de carga total e das perdas de carga localizadas da linha lateral em três situações, quando novas, quando utilizadas em quinhentas horas com uma água rica em ferro e com os emissores totalmente entupidos;

d) Avaliar a influência do uso de uma água com alto risco de entupimento na mangueira gotejadora após 500 horas de funcionamento;

e) Comparar os resultados obtidos entre os emissores do tipo coaxial e não coaxial, usados, novos e com todos os emissores propositalmente entupidos;

f) Verificação das equações citadas para os valores de perda de carga localizada obtidos no ensaio.

4 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

4.1 Irrigação localizada por gotejamento

A irrigação localizada por gotejamento é o sistema em que a água é aplicada diretamente no solo, diretamente sobre a região radicular, em pequenas intensidades, porém com alta frequência, mantendo o solo próximo a capacidade de campo. (BERNARDO et al., 2006; MANTOVANI et al., 2007).

Segundo Pizarro (1996), como na irrigação localizada só se molha uma parte da superfície do solo, enquanto que na irrigação convencional se molha toda a superfície, a evaporação direta será menor, o que constitui um mecanismo de economia de água.

Por depositar a água diretamente na área das raízes das plantas, a irrigação por gotejamento torna possível o aumento da eficiência do uso da água em áreas caracterizadas pela limitação desse bem (PROVENZANO e PUMO, 2004), representando uma ferramenta útil para a agricultura de precisão, permitindo uma melhor distribuição da vazão por toda a área irrigada. (PROVENZANO e PUMO, 2003).

Porém a alta frequência desse método traz conseqüências importantes no regime de umidade: o solo se mantém “constantemente” a uma umidade elevada, o que afeta a absorção de água, concentração de sais, aeração, etc. (PIZARRO, 1996).

Nesse sistema, a água é conduzida por uma rede de tubos, geralmente de polietileno, sob baixa pressão, onde os gotejadores são fixados. São eles que dissipam a pressão e descarregam a água através de bocais estreitos. (KELLER e BLIESNER, 1990; MANTOVANI et al., 2007). Sendo a aplicação de água ao solo executada de forma pontual, a superfície do solo fica com uma área molhada na forma circular e seu volume molhado na forma de bulbo. Quando os pontos de gotejamento são próximos uns dos outros, forma-se uma faixa molhada contínua. (BERNARDO et al. 2006).

Um sistema completo de irrigação localizada é formado de conjunto motobomba, cabeçal de controle, linha de tubulações (recalque, principal, secundária e lateral), válvulas e emissores (gotejadores ou microaspersores).

A irrigação por gotejamento tem como principal desvantagem o alto custo de implantação, além do elevado potencial de entupimento dos gotejadores, o que torna necessário a inclusão de filtros ao sistema, além de uma água de melhor qualidade, e concentração do sistema radicular. Entretanto possui vantagens como: o uso racional da água, pois garante a possibilidade de um controle rigoroso da quantidade fornecida às plantas, fertirrigação, pouca mão-de-obra e facilidade de automação, redução de custos de produção, baixo consumo de energia, redução da incidência de pragas e doenças, entre outras. (KELLER e BLIESNER, 1990; PIZZARO, 1996; MOYA TALENS, 2002, BERNARDO et al., 2006, MANTOVANI, 2007).

Apesar de ter chegado ao Brasil por volta de 1972, foi a partir do ano 2000, o grande desenvolvimento do setor de irrigação localizada e a maior competitividade do agronegócio brasileiro tornaram esse tipo de irrigação viável em diversas culturas e sistemas de cultivo antes impensados. Destaca-se que os maiores fabricantes mundiais vêm dedicando atenção especial ao mercado brasileiro, com políticas de implantação de fábricas no Brasil, que permitem disponibilizar equipamentos a custos mais competitivos. (BERNARDO et al. 2006).

Segundo Bernardo et al. (2006), a implantação do método de irrigação por gotejamento não deve ser considerado apenas como mais uma técnica para suprir de água

as culturas, mas como parte integrante de um conjunto de técnicas agrícolas no cultivo de determinadas plantas, sob condições controladas de umidade do solo, adubação, salinidade, doenças e variedades selecionadas, de modo que se obtenham efeitos significativos na produção por área e por água consumida, assim como na época da colheita e na qualidade do produto.

4.2 Linhas laterais

As linhas laterais são partes constituintes de um sistema de irrigação compostas por tubulações que recebem a água de outras linhas de maior diâmetro na malha do sistema e distribuem-na ao longo de seu comprimento através de emissores. (CARDOSO, 2007). Segundo Bernardo et al. (2006), as linhas nas quais são instalados os gotejadores que aplicam água nas plantas são constituídas de tubos de polietileno flexível, com diâmetros mais comuns de 3/8” e 1/2”.

Para que o sistema atinja uma alta uniformidade de distribuição de água, é necessário que as linhas laterais transfiram a pressão necessária para o perfeito funcionamento dos emissores instalados ao longo dos comprimentos, sempre com perdas de carga dentro dos limites estabelecidos para o sistema, sem se tornar economicamente inviável.

Um dos métodos para diminuir diferenças de pressão ao longo da lateral é dispor-las em curvas de nível ou com ligeiro declive, para compensar as perdas de carga.

Dentro dos critérios a serem considerados, é necessário que o projetista esteja atento com a dilatação das linhas laterais, que é algo comum acontecer após o uso prolongado, já que a flexibilidade permite alteração do diâmetro. Este tipo de deformação é provocado pela pressão que o fluido exerce em sua parede. (CARDOSO, 2007).

4.3 Perda de carga distribuída em linhas laterais

A perda de carga distribuída em uma linha lateral ocorre devido ao contato do líquido com as paredes dos tubos. Segundo Kamand (1988), a perda de carga em tubulações é um fator importante para os projetos de engenharia de irrigação, pois afeta o custo total do sistema bem como o balanço hidráulico do sistema.

Segundo Juana (2002), a perda de carga distribuída ao longo das laterais de sistemas de irrigação por gotejamento afeta amplamente a carga disponível no bocal do emissor, conseqüentemente, a distribuição é significativamente afetada quando se usa gotejadores convencionais (não-autocompensantes). Por esse motivo o dimensionamento da linha lateral é função da variação de pressão e da vazão entre o primeiro e o ultimo gotejador na linha lateral, variação esta que não deve exceder 10 % da vazão média dos gotejadores, ao longo da lateral (BERNARDO et al., 2006), o que é equivalente a um coeficiente de uniformidade de 98% (WU, 1997).

Projetistas estão continuamente procurando métodos mais simples de se calcular as perdas de carga distribuída ao longo do tubo, mas o mais complexo, Darcy-Weisbach é o universalmente mais aceito (VON BERNUTH, 1990).

A fórmula de Darcy-Weisbach, também chamada de fórmula universal foi estabelecida no século XIX por Darcy e Weisbach (AZEVEDO NETTO, 2000).

A fórmula em função da vazão é expressa pela Equação 1:

$$hf = 1,621 \frac{f.LQ^2}{D^5 2g} \quad (1)$$

Sendo:

hf = perda de carga (mca);

f = coeficiente de atrito ou fator de atrito;

L = Comprimento da tubulação (m);

D = Diâmetro da tubulação (m);

Q = vazão (m³ s⁻¹);

g = aceleração da gravidade (9,81 m s⁻¹).

Segundo Carvalho (2004), o fator de atrito depende do número de Reynolds, que por sua vez depende do regime de escoamento da água dentro da tubulação, ou seja, laminar, transição ou turbulento, e da rugosidade relativa da tubulação (Equação 2).

$$Rugosidade_relativa = \frac{\varepsilon}{D} \quad (2)$$

Em que:

ε = Rugosidade absoluta

A tabela 1 apresenta os valores da rugosidade absoluta para os principais materiais utilizados em projetos de condução de água:

Tabela 1: Valores da rugosidade absoluta equivalente de diferentes materiais

Material	Rugosidade absoluta (ε,mm)
Aço soldado novo	0,05 a 0,10
Aço soldado moderadamente oxidado	0,40
Aço galvanizado sem costura	0,06 a 0,15
Ferro fundido novo	0,25 a 0,50
Ferro fundido velho	3,00 a 5,00
Concreto com acabamento normal	1,00 a 3,00
PVC, plásticos em geral, tubos extruzados	0,0015 a 0,010

Fonte: Adaptado de Porto, 1999.

Para o cálculo de f são utilizadas fórmulas para cada tipo de regime, sendo a mais utilizada em irrigação localizada por gotejamento a equação de Blasius (Equação 3), para tubos com regime turbulento, e a de Swamee (Equação 4) que apresentou uma equação geral, que cobre todos os tipos de escoamento.

$$f = 0,316.Re^{-0,25} \quad (3)$$

$$f = \left\{ \left(\frac{64}{\text{Re}} \right)^8 + 9,5 \cdot \left[\ln \left(\frac{\varepsilon}{3,7.D} + \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}} \right) - \left(\frac{2500}{\text{Re}} \right)^6 \right]^{-16} \right\}^{0,125} \quad (4)$$

Recentemente Bagarello et al. (1995), usaram uma nova constante para a equação de Blasius, passando esta a ser escrita da seguinte forma (Equação 5):

$$f = 0,302 \text{Re}^{-0,25} \quad (5)$$

Considerando o coeficiente de Bagarello et al. (1995), a equação de Darcy- Weisbach, para perdas de carga ao longo da linha lateral, pode ser reescrita de seguinte forma:

$$J = 0,0235 \frac{\vartheta^{0,25} Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (6)$$

Sendo:

J = perda de carga por comprimento de tubo;

ϑ = coeficiente de viscosidade cinemática;

D = Diâmetro da tubulação (m);

Q = vazão ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$);

Sendo o coeficiente de viscosidade cinemática (ϑ) obtido por (Equação 7):

$$\vartheta = \frac{1,78 \cdot 10^{-6}}{1 + 0,0337T + 0,000221T^2}$$

(7)

Sendo T a temperatura em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), com variação entre $0 < ^{\circ}\text{C} < 100$.

4.4 Emissores

São talvez os elementos mais importantes do sistema, já que servem para a saída de água em doses previstas a uma pressão exigida (PIZARRO, 1996; MOYA THALENS, 2002). Segundo Mantovani et al. (2007), o gotejamento é composto por emissores denominados de gotejadores (Figura 1), através dos quais a água escoa após ocorrer uma dissipação de pressão disponível ao longo da rede de condutos.



Figura 1: Dois modelos de gotejadores do tipo labirinto.

Segundo Bernardo et al. (2006) os gotejadores são peças conectadas às linhas laterais, capazes de dissipar a pressão disponível na linha lateral e aplicar vazões pequenas e constantes.

O gotejador dissipa a pressão por meio de sua seção transversal de fluxo que possui diâmetro muito pequeno, variando entre 0,3 a 1,0 mm, e com vazões variando de 2 a 20 L.h^{-1} .

Para o funcionamento preciso é necessário que se forneça a pressão adequada para cada modelo de gotejador. Segundo Cardoso (2007), os emissores são fabricados para trabalhar em uma faixa de pressão adequada, chamada pressão de serviço (PS), sendo que a quantidade de fluido aplicado dependerá de uma relação numérica envolvendo a pressão usada.

Os gotejadores podem ser classificados pela sua posição em relação a linha lateral (“on-line”, “in-line” ou integrados) (Figura 2) e pelo expoente x da equação de descarga (equação 8) do emissor (fluxo laminar, fluxo turbulento ou autocompensantes (Tabela 2)) (PIZARRO, 1996; KELLER E BLIESNER, 2000; MOYA THALENS, 2002; BERNARDO et al., 2006; PALAU-SALVADOR et al., 2006).

$$q = \beta(H)^x \quad (8)$$

Em que: q – vazão do emissor ($L T^{-1}$); β – coeficiente de ajuste; H – pressão de operação (kPa); x – coeficiente do regime de escoamento.

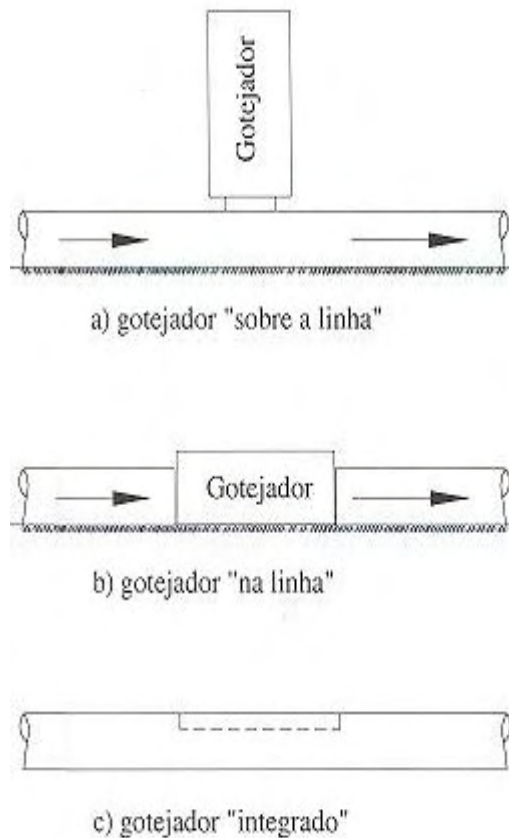


Figura 2 – Conexões de emissores
Fonte: adaptado de Bernardo et al. (2006)

Tabela 2: Coeficientes de descarga de emissores.

Emissores	x
De regime laminar	1,00
Microtubos	0,75-1,00
Helicoidal	0,65-0,75
De regime Turbulento	0,50
Autocompensante	0-0,40
Teórico perfeitamente autocompensante	0

Fonte: Adaptado de Pizarro, 1996.

Os três modelos de emissores comercialmente disponíveis atualmente são:

- Tipo labirinto;
- Tipo helicoidal;
- Auto-compensados ou auto-regulados.

Nos gotejadores tipo labirinto (Figura 1) e nos do tipo helicoidal, o trajeto que o fluido percorre dentro do emissor antes de ser exteriorizado, é um recurso adotado para evitar a diminuição da seção transversal de passagem do fluido, evitando assim entupimentos. Nos gotejadores auto-compensados ou auto-regulados, o princípio regulador é por meio de membranas de silicone, que ao ser vencida por uma pressão mínima, promove uma vazão uniforme, independente do labirinto do gotejador (CARDOSO, 2007).

Keller e Karmelli (1975), resumiram quais são as características desejáveis que um gotejador deve apresentar:

- Fornecer vazão relativamente baixa, constante e uniforme;
- Ter uma seção transversal de fluxo relativamente grande;
- Ser barato, resistente e compacto.

4.5 Perda de carga localizada na inserção do emissor

A presença de acessórios nas linhas concorre para que haja uma alteração de módulo ou direção da velocidade média do líquido e, conseqüentemente, de pressão, localmente. Isso se reflete em um acréscimo de turbulência que produz perdas de carga que devem ser agregadas às perdas distribuídas devido ao atrito ao longo dos trechos

retilíneos das tubulações. Tais perdas recebem o nome de perdas de carga localizadas ou singulares (PORTO, 1999).

A conexão de um gotejador com o tubo ocasiona uma contração e um subsequente alargamento do trajeto do fluido, devido à obstrução causada pelo conector na passagem do fluido, resultando em perda de carga localizada (Figura 3). (JUANA et al. 2002a; PROVENZANO E PUMO, 2002; PROVENZANO E PUMO, 2003; CARDOSO, 2007; YILDIRIM, 2007).

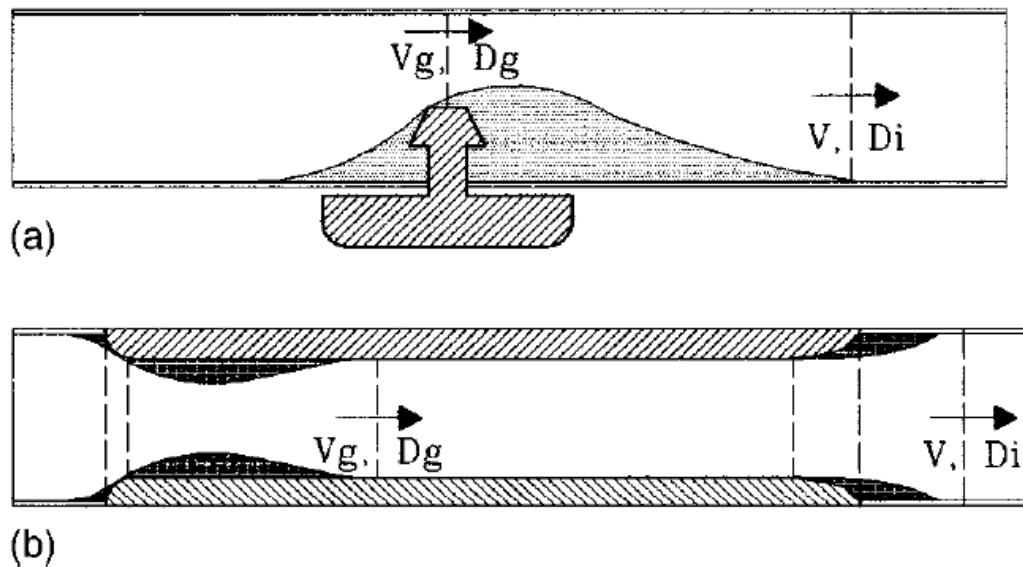


Figura 3 – Diagrama típico de uma seção longitudinal de uma tubulação contendo um emissor “on-line” (a) e “integrado” (b), mostrando a contração e a expansão do fluxo.

Fonte: adaptado de Provenzano e Pumo (2004).

No entanto, as perdas devido aos gotejadores instalados nas linhas laterais muitas vezes são desprezadas ou, então, utilizam-se para o cálculo dessas perdas, índices percentuais médios aplicados sobre a perda de carga distribuída ou ainda um coeficiente fixo de carga cinética independente da relação tubo/gotejador (ALVEZ E PORTO, 2002).

Segundo Bernardo et al. (2006), as perdas de carga localizadas em termos de comprimento equivalente – devido à inserção do emissor, que pode ser na linha,

sobre a linha ou no prolongamento da linha lateral podem ser estimadas utilizando-se a Figura 4.

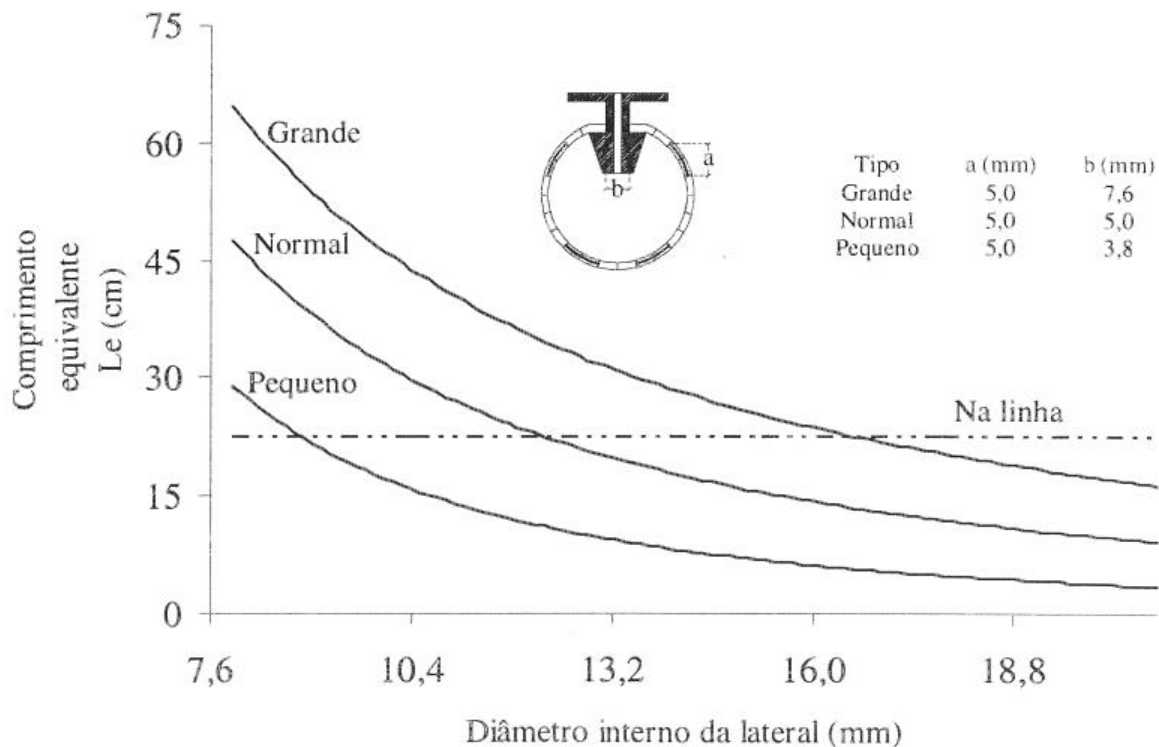


Figura 4 – Comprimento equivalente para emissores na linha e sobre a linha em função do diâmetro interno da linha lateral, para cálculo da perda de carga localizada.

Fonte: adaptado de Keller e Bliesner (1990).

Para se avaliar precisamente as perdas ao longo da linha lateral, as perdas ao longo do tubo e as perdas locais devido à conexão dos emissores ao tubo devem ser consideradas (AL AMOUND, 1995).

Provenzano e Pumo (2004), constataram que desprezar a perda de carga localizada ocasiona erro evidente.

Segundo Kamand (1988), a determinação precisa da perda de carga em tubulações é um fator importante no projeto de redes e que afeta diretamente o custo total e o balanço hidráulico do sistema.

Muitos estudos vem sendo realizados por diversos pesquisadores, ao longo dos últimos anos para se determinar uma forma de se calcular a perda de carga na inserção do emissor na linha lateral.

Segundo Yildirim (2007), a perda de carga localizada ao longo de uma linha lateral devido às singularidades produzidas pela inserção de emissores sobre a linha, na linha e integrados, pode ser calculada por:

$$\lambda_i = \alpha \frac{V_i^2}{2g} \quad (11)$$

Onde: λ_i – Perda de carga localizada (L); V_i – Velocidade do fluido (L T⁻¹); α – coeficiente de carga cinética ou resistência do perfil, g – aceleração da gravidade (L T⁻²).

Segundo Provenzano e Pumo (2003), α é um coeficiente que sintetiza a perda de carga localizada devido à contração e o alargamento das linhas de fluxo, respectivamente antes e depois do emissor.

O coeficiente de carga cinética, α , é determinado a partir do índice geométrico de obstrução (OI) (Equação 12), adequado a cada conjunto tubo-gotejador, considerando sua projeção interna e a deformação do tubo na posição de inserção do gotejador (BAGARELLO et al. , 1997; ALVES E PORTO, 2002; JUANA et al., 2002).

$$OI = \frac{[(1-r)^2]}{r^2} \quad (12)$$

$$r = \frac{A_g}{A_i} \quad (13)$$

Onde: OI - índice geométrico de obstrução; A_i – Área da seção do tubo; A_g – Área da seção do tubo onde se encontra o gotejador; r – razão de obstrução.

A partir dessa definição, uma função matemática $\alpha=f(OI)$ pode ser ajustada de forma que o coeficiente de carga cinética, α , para cada conjunto tubo-gotejador,

pode ser estimado a partir da razão de obstrução. Bagarello et al. (1997) propôs uma relação matemática do tipo $\alpha = \lambda(OI)^n$ (CARDOSO, 2007).

A Equação 14 apresenta a equação ajustada por Bagarello et al. (1997), do coeficiente de carga cinética, para emissores “on-line”.

$$\alpha = 1,68 \left(\frac{A_i}{A_g} - 1 \right)^{1,29} \quad (14)$$

Com: $1,00 < A_i/A_g < 1,44$

Onde:

A_i = área da seção da mangueira gotejadora sem o emissor;

A_g = área da seção da mangueira gotejadora com o emissor.

A partir dessa relação proposta por Bagarello et al. (1997), Provenzano e Pumo (2004), executaram uma série de experimentos com mangueiras gotejadoras e emissores “integrados” e propuseram uma equação ajustada para o coeficiente de carga cinética para esse tipo de emissor (Equação 15).

$$\alpha = 0,056 \left[\left(\frac{D_i}{D_g} \right)^{17,825} - 1 \right] \quad (15)$$

Com: $1,00 < D_i/D_g < 1,20$

Onde:

D_i = Diâmetro interno da seção da mangueira gotejadora sem o emissor;

D_g = Diâmetro interno da seção da mangueira gotejadora com o emissor;

Em 2005, os mesmos pesquisadores, Provenzano e Pumo, analisando novos ensaios propuseram um novo ajuste para a equação de α , apresentada como Equação 16.

$$\alpha = 0,116 \left[\left(\frac{D_i}{D_g} \right)^{13,87} - 1 \right] \quad (16)$$

Com: $1,00 < D_i/D_g < 1,20$

Onde:

D_i = Diâmetro interno da seção da mangueira gotejadora sem o emissor;

D_g = Diâmetro interno da seção da mangueira gotejadora com o emissor;

Em resumo, o coeficiente de atrito, α , depende da geometria característica da inserção do emissor e do número de Reynolds. Na prática, os efeitos da viscosidade são desprezados dentro de um valor limite de R_e , sendo assim, α deve depender somente da geometria da inserção do emissor (JUANA et al., 2002).

4.6 Entupimento do Emissor

O gotejamento é um excelente método de irrigação, porém a qualidade da água é um fator essencial, pois problemas de entupimento diminuem a eficiência do sistema (MARTINS, 2007).

A sensibilidade ao problema do entupimento varia de acordo com as características do emissor e com a qualidade da água utilizada, seja por causas físicas, químicas ou biológicas. Para classificação da qualidade da água, quanto ao problema do entupimento (caráter quantitativo) são utilizados os valores contidos na Tabela 3.

O entupimento do emissor causa redução da sua vazão, o que acarreta uma diminuição da uniformidade do sistema, trazendo prejuízo à cultura. Causa também alteração na carga hidráulica dentro da mangueira gotejadora podendo causar um desequilíbrio no sistema inteiro.

Segundo Nakayama e Bucks (1991) são diversas as causas do entupimento parcial ou total dos emissores e de tubulações, prejudicando o fluxo da água e sua distribuição ao longo das linhas de irrigação principalmente nas laterais, e reduzindo a eficiência do sistema. A sensibilidade ao entupimento é característica do próprio emissor, por

exemplo, a geometria da passagem de água pelo emissor deve ser considerada como uma fonte de entupimento, além do fato dos orifícios por onde a água é liberada apresentar um diâmetro reduzido e da velocidade baixa da água passando pelo emissor.

Tabela 3: Classificação das águas de irrigação

Fatores de entupimento	Níveis de entupimento		
	Baixo	Moderado	Severo
Físico (mg.L⁻¹)			
Sólidos em suspensão	< 50	50 – 100	>100
Químico (mg.L⁻¹)			
pH	<7	7-8	>8
Sólidos dissolvidos	<500	500-2000	>2000
Ferro Total	<0,2	0,2-1,5	>1,5
Manganês	<0,1	0,1-1,5	>1,5
Sulfeto de Hidrogênio	<0,2	0,2-2,0	>2
Biológicos (NMP.mL⁻¹)			
População bacteriana	<10000	10000-50000	>50000

Fonte: Adaptado de Bucks, Nakayama e Gilbert (1979).

A avaliação do entupimento do gotejador é feita utilizando-se a equação do grau de entupimento (Equação 17):

$$GE = \left(1 - \frac{q_{usado}}{q_{novo}} \right) 100 \quad (17)$$

Sendo:

GE – grau de entupimento em %;

q_{usado} - vazão do gotejador usado, L.h⁻¹;

\bar{q}_{novo} - vazão média do gotejador novo, L.h⁻¹;

Apesar de utilizadas diversas técnicas para a prevenção do entupimento, como o uso de filtros, lavagem do sistema, etc., o problema continua a ocorrer.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Introdução

Os ensaios foram realizados no laboratório de ensaios de equipamentos de irrigação do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP – Botucatu, São Paulo.

Foram utilizadas mangueiras gotejadoras, com emissores integrados de três marcas encontradas comercialmente (Tabela 4), sendo dois com emissores do tipo coaxial e um não coaxial. Os ensaios foram realizados em mangueiras novas, em mangueiras com 500 horas de funcionamento e em mangueiras com os emissores entupidos.

Tabela 4: Características dos tubos gotejadores fornecidas pelos fabricantes.

Marcas/Modelos	DI (mm)	Paredes (mm)	Esp. (m)	q_n (L.h ⁻¹)	Tipos
A	13,90	0,90	0,70	2,20	Coaxial
B	14,60	1,20	0,50	2,00	Não coaxial
C	15,30	0,90	0,80	1,60	Coaxial

* Dados obtidos nos catálogos dos fabricantes.

O desenvolvimento foi realizado nas seguintes etapas:

- Obtenção do diâmetro interno, espessura da parede, área da seção do tubo com emissor inserido e vazão média de cada mangueira gotejadora;
- Ensaio para medição real das perdas de carga, utilizando bancada e tubo em U de mercúrio.
- Cálculo das perdas de carga ao longo do tubo e das perdas localizadas pelas fórmulas já apresentadas.

Esses dois últimos procedimentos foram repetidos para as mangueiras novas, após 500 horas de uso e com todos os emissores entupidos, simulando uma linha lateral aplicando uma água rica em ferro (aproximadamente 3 mg.L^{-1}), com o objetivo de se observar as alterações que ocorrem devido ao período de utilização e seus reflexos na perda de carga localizada causada pelo emissor.

5.2 Vazão média observada

Para a obtenção das vazões médias foram retiradas ao acaso, três amostras contendo 25 emissores de cada uma das bobinas dos 3 modelos de mangueiras gotejadoras ensaiados, resultando um total de 75 emissores para cada modelo.

Os procedimentos utilizados para execução do ensaio foram os apresentados pelas normas ISO 9261-2004 e NBR 12:02.08-21/1986 e foram os seguintes:

Instalaram-se os 75 emissores na bancada de ensaio (Figura 5), sendo 25 em cada linha. Ligou-se a motobomba, responsável pela pressurização do sistema. Utilizando um registro instalado na tubulação de retorno, e um manômetro digital, regulou-se a pressão das linhas de modo a coincidir com a pressão de serviço do emissor recomendada pelo catálogo do fabricante, sendo no caso 10 m.c.a. (98 kPa) para todos os modelos ensaiados.

Antes do início das medições foram aguardados alguns minutos para garantir que a pressão estava estabilizada no sistema.

Coletando-se em beakers a água aplicada pelos 25 emissores de cada linha durante 10 minutos, sendo este o tempo necessário para a coleta de no mínimo 200 ml de água como o recomendado pela NBR 12:02.08-21/1986.



Figura 5. Vista geral da bancada de ensaios de emissores para gotejamento.

Durante o ensaio foi medida também a temperatura da água, sendo assim possível determinar a massa específica da mesma, na temperatura em que o ensaio foi executado, para posterior conversão da massa de água coletada em volume.

Após os 10 minutos de coleta, foram pesados os volumes coletados em balança de precisão e de posse das massas calculou-se a vazão para cada emissor utilizando-se a Equação 15.

$$q_i = \frac{m \cdot 6}{\mu} \quad (15)$$

Onde:

q_i – vazão do emissor ($L \cdot h^{-1}$);

m – massa de água coletada (g);

μ - massa específica da água a temperatura de ensaio (g/l);

O procedimento foi executado três vezes para cada mangueira gotejadora, gerando um total 225 leituras para cada modelo de emissor ensaiado.

Ao final, com todas as vazões foi extraída a vazão média para cada modelo de emissor ensaiado.

5.3 Diâmetro interno da mangueira gotejadora

Para medir o diâmetro interno do tubo emissor, construiu-se uma ferramenta cônica com ângulo menor que 10° , conforme o recomendado pela norma ISO 9261:2004. Essa ferramenta foi inserida na extremidade da amostra de mangueira gotejadora tomando-se cuidado para não danificar a abertura da mesma. Marcou-se na ferramenta o círculo feito por esta extremidade, medindo-se, posteriormente, com o auxílio de um paquímetro digital de 0,01 mm de precisão (Figura 6);

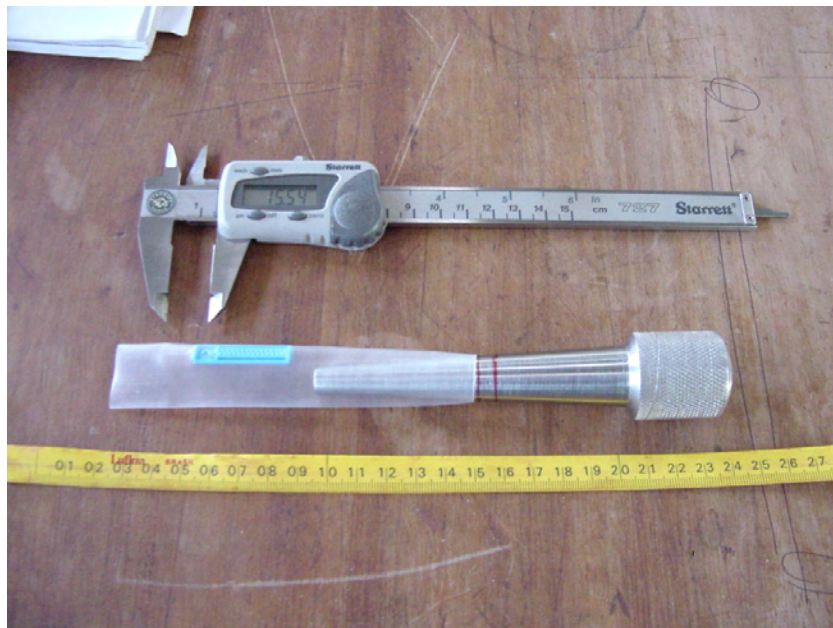


Figura 6. Ferramenta cônica e paquímetro digital para determinar o diâmetro interno do tubo emissor.

O procedimento foi repetido para 10 amostras retiradas ao acaso de cada modelo de mangueira gotejadora.

No final foi calculada a média dos valores obtidos, obtendo-se assim o diâmetro médio para cada um dos modelos de mangueiras gotejadoras estudadas.

5.4 Área da seção da mangueira gotejadora com o gotejador inserido

Para medir a área da seção do tubo emissor com o gotejador inserido, foi utilizada metodologia apresentada por Alves e Porto (2002), e também utilizada por Andrade (2009).

Foram feitos cortes transversais em cada tubo gotejador retirando-se ao acaso, 10 anéis com emissores inseridos para cada mangueira gotejadora, cujas larguras mediam aproximadamente 1,0 cm. Em seguida, utilizando um *scanner*, digitalizou-se os conjuntos de perfis (Figura 7) e com auxílio do Software *Autocad*, determinou-se as áreas das seções.

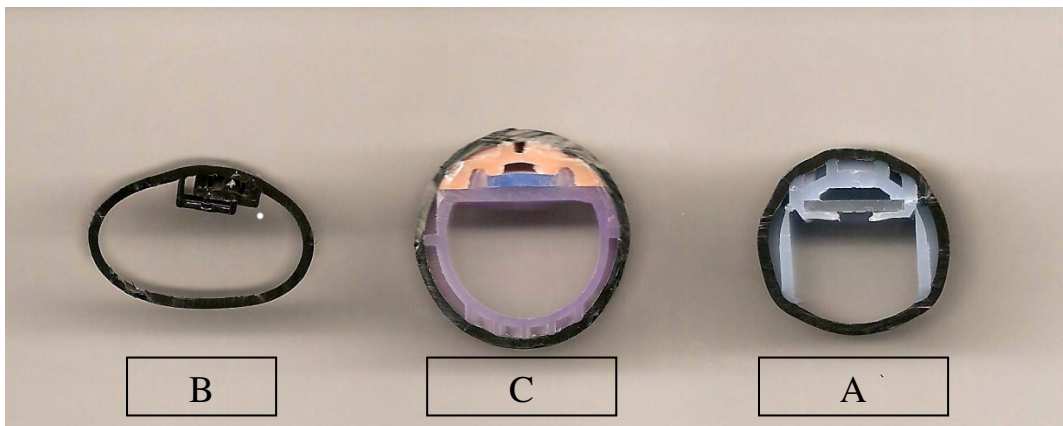


Figura 7. Seções das mangueiras gotejadoras com emissor inserido, digitalizadas pelo scanner.

Ao final calculo-se uma área média para a seção com emissor inserido para cada um dos modelos de mangueira ensaiados.

5.5 Espessura da parede do tubo gotejador

Para determinação da espessura da parede da mangueira foram extraídas 10 amostras, ao acaso, de cada marca de mangueira gotejadora. Com o auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, determinou-se a espessura em quatro pontos equidistantes nas duas seções transversais ao comprimento da mangueira conforme Figura 8, calculando-se o valor médio.

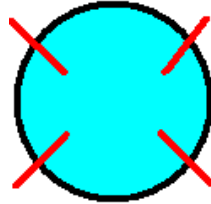


Figura 8. Seção transversal e posição dos pontos a serem medidos nos tubos emissores.

5.6 Determinações da perda de carga experimental.

Para determinação da perda de carga experimental, foi construída uma bancada de teste (Figuras 9 e 10) constituída por:

- Um reservatório localizado no início do sistema;
- Uma bomba elétrica que abastece e pressuriza o sistema com a água proveniente do reservatório;
- Um filtro de disco para garantir que a água fornecida ao sistema esteja livre de partículas sólidas que possam influenciar nos resultados;
- Ventosa no início da linha de gotejadores ligada ao sistema, como garantia de que todo ar, que possa estar dentro do sistema, seja expelido;
- Manômetro e registro para regulagem de pressão na entrada do sistema;
- Mangueira gotejadora ligada ao sistema com comprimento de aproximadamente 9,2 m;
- Mangueira de retorno que conduzia o líquido do sistema de volta ao tanque.

B - Bomba Elétrica
F - Filtro de Disco
V - Ventosa
R - Regulador de Pressão
M - Manômetro Bourdon
P_i - Ponto de Tomada de Pressão

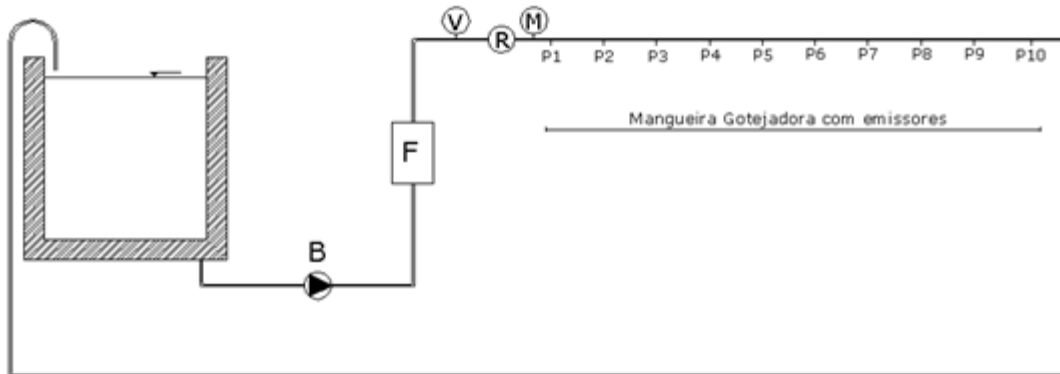


Figura 9. Bancada de ensaios.

Foram determinados dez pontos para se medir a perda de carga ao longo do comprimento da mangueira gotejadora, sendo que o primeiro e o último ficavam a 0,35m do início e do fim da mangueira respectivamente. Os demais pontos ficavam espaçados a cada 1,0m.

Em cada um desses pontos foram inseridas agulhas de soro pelas quais o tubo em U de mercúrio era conectado ao sistema.



Figura 10: Visão geral da bancada de ensaios.

Para a medição da pressão foi construído um tubo em U de mercúrio (Manômetro de mercúrio), com uma das extremidades abertas e na outra foi instalado uma torneira descartável de três vias, por onde o manômetro era ligado ao sistema e, também era executada a expulsão de qualquer bolha de ar existente, que poderia vir a comprometer a leitura da pressão (Figura 11).



Figura 11: Detalhe da agulha e da torneira de três vias e conexão da agulha com mangueira gotejadora.

5.6.1 Medição da Pressão

Para determinação da pressão nos pontos foi seguida a seguinte metodologia:

Ao ligar o sistema, regulava-se a pressão de modo que esta fosse igual à pressão de serviço indicada pelo fabricante (10 m.c.a.) de cada mangueira gotejadora, e a vazão que passava pelo sistema fosse constante e igual para todas as mangueiras ensaiadas (aproximadamente 1050 L.h^{-1}). Esperava-se alguns minutos para se ter certeza que a pressão no sistema estivesse estabilizada no valor desejado.

Verificava-se o nivelamento da mangueira gotejadora para que a mudança de nível não tivesse efeito nos resultados obtidos.

Foi acoplado o manômetro de mercúrio ao sistema um ponto de cada vez, do primeiro ao último. Para cada ponto foram executadas leituras no manômetro, das alturas das colunas de mercúrio e da coluna de água no manômetro, conforme Figura 12:

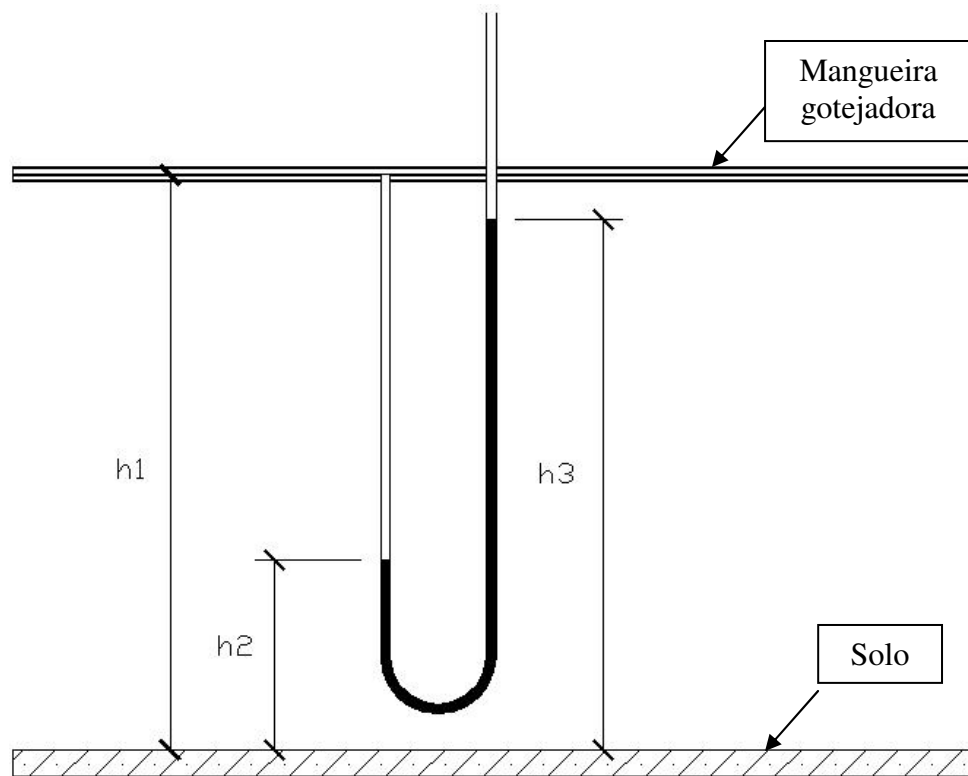


Figura 12: Esquema de leitura do Tubo em U (Manômetro de mercúrio).

Determinou-se também a temperatura da água durante a execução do ensaio.

Foram determinadas as pressões também para a linha com os gotejadores fechados com cola de silicone (Figura 13) e para as linhas com 500 horas de uso com água rica em ferro, com o objetivo de verificar a influência da vazão dos gotejadores na perda de carga.

Para verificar se a água rica em ferro causava algum efeito nas paredes dos tubos de polietileno foi executado um ensaio, onde uma mangueira “cega”, isto é, sem emissores inseridos, foi submetida às mesmas condições que as mangueiras gotejadoras.

De posse dos dados extraídos do ensaio, calculou-se a pressão média para cada ponto da mangueira gotejadora.

No cálculo da pressão, nos pontos de medição, foi utilizada a seguinte equação (Equação 16):

$$P_i = \frac{\gamma_{Hg} \cdot (h3 - h2) - \gamma_{H2O} \cdot (h1 - h2)}{10000} \quad (16)$$

Onde:

P_i – Pressão no ponto i (m.c.a.);

γ_{Hg} - Peso específico do mercúrio na temperatura do ensaio (Kgf.m^{-3});

γ_{H2O} - Peso específico da água na temperatura do ensaio (Kgf.m^{-3});

$h1$, $h2$, $h3$ – leituras feitas das alturas das colunas no manômetro de mercúrio (m);



Figura 13: Detalhe do gotejador fechado com cola de silicone.

Para se obter a perda de carga de cada trecho, foram subtraídos os valores da pressão dos pontos anterior e posterior do trecho desejado.

5.7 Envelhecimento da mangueira gotejadora

Depois de ensaiado com as mangueiras gotejadoras novas, foi necessário submetê-las ao uso para continuidade da pesquisa.

Os tubos foram submetidos a 500 horas computado apenas o tempo de uso (aplicando uma água com alto risco de entupimento por ferro (aproximadamente 3 mg.L⁻¹), classificação extraída da Tabela 3. Para garantir que a água continha essa quantidade do elemento Ferro diluído, análises da água foram feitas periodicamente (Tabela 5), se a quantidade fosse inferior do estipulado, Sulfato Ferroso (FeSO₄ – 7H₂O) era acrescentado até a quantidade adequada, se o valor fosse maior, o reservatório era esgotado e o estoque era renovado com água com as características adequadas. A finalidade de se utilizar água com alto risco de entupimento foi o de prejudicar o funcionamento do emissor ou até mesmo entupí-lo para que avaliações pudessem ser feitas, comparando-se o desempenho novo e usado para essas condições.

Para se executar esta etapa, foi construído um sistema, em laboratório, que simula condições de campo, abastecendo as linhas laterais como se estivessem irrigando uma cultura (Figura 14).

Tabela 5: Resultados das análises de água em 3 momentos.

Amostras	pH	CE	Nitrato		Cor	DQO	Fe	Turbidez
			NO ₃ ⁻ -N	NO ₃ ⁻				
Início	6,28	19,17	0,5	2,1	5	5	3,1	1
Meio	4,55	21,1	0,3	55	55	0	3,5	13
Final	5,24	32,5	0,4	70	70	1	3,3	8

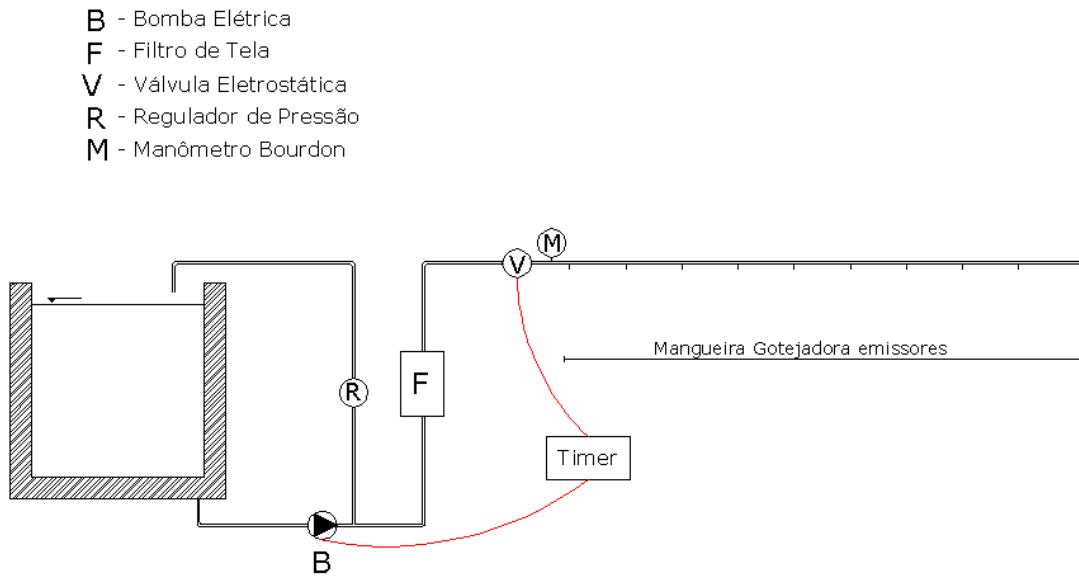


Figura 14: Sistema para uso da mangueira gotejadora com água rica em Ferro.

O sistema tinha a seguinte composição:

- Um tanque para abastecimento de água;
- uma motobomba elétrica que abastece o sistema com a água proveniente do tanque (B);
- um registro e um manômetro para que a pressão do sistema fosse regulada (M,R);
- um filtro de tela como garantia de que nada que estivesse em suspensão afetasse o resultado do ensaio (F);
- uma eletroválvula para o fechamento automático do sistema, quando este estiver em momento de descanso (V);
- um “timer” e uma bóia elétrica que controlam o sistema.

O sistema foi programado para funcionar duas horas e ficar em repouso por uma hora, completando o ciclo, resultando em um total de 16 horas por dia de uso. O período de repouso do sistema teve como objetivo a decantação do ferro contido na água, para que ocorresse acúmulo, prejudicando o funcionamento ou até mesmo entupindo os emissores.

Esse sistema ficou em funcionamento até que o tempo de uso das mangueiras atingisse 500 horas.

Depois de submetidos a esse regime de funcionamento, foram determinadas as pressões para os mesmos pontos já ensaiados anteriormente, podendo assim ser feita uma comparação para se avaliar o efeito causado pelo uso, para essas condições, na perda de carga da mangueira gotejadora.

5.8 Cálculo da perda de carga teórica

Após os ensaios foram calculadas as perdas de carga para todos os trechos estipulados, por meio das fórmulas existentes na literatura.

Para o cálculo da perda de carga ao longo do comprimento da mangueira, foi utilizada a equação de Darcy-Weisbach ou Universal.

Para o cálculo do fator de atrito (f), foi utilizada a equação de Blasius, adaptada por Bagarello et al. (1995), apresentada pela Equação 6. O coeficiente de viscosidade cinemática (ν), foi calculado pela Equação 7 (Tabela 6).

Tabela 6: Fórmulas utilizadas para o cálculo da perda de carga distribuída.

Fonte	Equação	Número
Darcy-Weisbach e Bagarello et al.	$J = 0,0235 \cdot \frac{\nu \cdot Q^{1,75}}{D^{4,75}}$	(6)
Coeficiente de Viscosidade	$\nu = \frac{1,78 \times 10^{-6}}{1 + 0,0337T + 0,000221T^2}$	(7)

No cálculo da perda de carga localizada na inserção do emissor, foi utilizada a equação geral da perda de carga localizada (Equação 11), com um coeficiente de carga cinética, α , determinado pelas equações apresentadas por Provenzano e Pumo em 2004 concebida tendo em vista apenas emissores coaxiais, e Provenzano e Pumo em 2005, para emissores coaxiais e não coaxiais (Equações 15 e 16).

$$\lambda_i = \alpha \frac{V_i^2}{2g} \quad (11)$$

$$\alpha = 0,056 \left[\left(\frac{D_i}{D_g} \right)^{17,825} - 1 \right] \quad (15)$$

$$\alpha = 0,116 \left[\left(\frac{D_i}{D_g} \right)^{13,87} - 1 \right] \quad (16)$$

Com $1,00 < D_i/D_g < 1,20$.

Para o cálculo mais preciso das perdas de carga, durante os ensaios foram coletadas as vazões dos emissores para que suas variações fossem consideradas no momento dos cálculos.

As vazões também foram utilizadas para o cálculo do grau de entupimento dos emissores (Equação 14).

Em seguida foram feitas análises estatísticas, procurando sempre relacionar a perda de carga na inserção dos emissores novos, depois de usados e seu grau de entupimento, verificando a precisão das equações existentes e se necessário sugerir correções para as mesmas.

Os resultados foram analisados estatisticamente, aplicando-se o teste F de acordo com seus respectivos esquemas de variância. Quando constatada a significância, as médias foram testadas pelo teste de Tukey a $P < 0,05$.

As análises de variância e teste de Tukey foram realizados por meio do programa estatístico SAS for Windows V.9.1 (SAS Institute Inc., 2003).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.

6.1 Características das mangueiras gotejadoras

Na Tabela 7, podem ser observadas as características dos modelos de mangueiras gotejadoras estudadas. Em seguida foram calculadas as razões D_i/D_g para cada modelo de mangueira gotejadora, razão esta necessária para o cálculo da perda de carga localizada, segundo a formulação apresentada.

Observou-se na Tabela 7 as diferenças percentuais entre as vazões fornecidas pelos fabricantes em relação aos valores obtidos experimentalmente. Nota-se que nenhuma marca comercial superou os 7% de variação permitida pela norma, podendo-se concluir que os produtos avaliados estão dentro das especificações exigidas pela ISO 9261:2004.

Tabela 7. Características geométricas dos modelos de mangueiras gotejadoras estudadas.

Caract.	Unidade	Marca/Modelo		
		A	B	C
q_n	(l.h ⁻¹)	2,20	2,00	1,60
q_{obs}	(l.h ⁻¹)	2,12	2,05	1,44
Δq	(%)	3,64	2,50	4,00
e_n	(mm)	0,90	0,90	0,90
e_{obs}	(mm)	0,89	0,82	0,88
Δe	(%)	1,12	9,75	2,27
D_{in}	(mm)	13,90	14,60	15,30
D_i	(mm)	13,60	14,45	15,70
σ_{Di}		0,1132	0,1209	0,0620
ΔDi	(%)	2,20	1,04	2,54
A_i	(mm ²)	145,27	164,00	193,59
σ_{Ai}		2,4147	2,7550	1,5300
D_g	(mm)	11,45	13,29	13,08
σ_{Dg}		0,3409	0,2281	0,1087
A_g	(mm ²)	103,30	139,54	137,58
σ_{Ag}		6,1256	1,5919	1,087
D_i/D_g		1,1880	1,0867	1,1760

Onde: q_n - Vazão nominal fornecida pelo fabricante; q_{obs} - Vazão medida; Δq - Variação de Vazão;

e_n - Espessura da parede do tubo fornecida pelo fabricante; e_{obs} - Espessura da parede do tubo medida;

Δe - variação da espessura da parede; D_{in} - Diâmetro interno fornecido pelo fabricante; D_i - Diâmetro interno medido;

σ_{Di} - Desvio Padrão do diâmetro interno; ΔDi - Variação do diâmetro interno; A_i - Área da seção do tubo sem gotejador;

σ_{Ai} - Desvio Padrã da Area da seção sem gotejaor; D_g - Diâmetro da seção com gotejador; A_g - Área da seção do tubo com gotejador; σ_{ag} - Desvio Padrã da Area da seção com gotejaor; D_i/D_g - razão entre diâmetros.

Ainda na Tabela 7, pode-se verificar que as espessuras das paredes dos tubos, informada e a medida possuem valores bem próximos, sendo que essa diferença pode ser explicada por alguma imprecisão na tomada das medidas.

Também são apresentados na Tabela 7 os valores observados para os diâmetros e áreas estudados e que foram utilizados na realização dos cálculos de perda de carga. O valor médio obtido para D_i/D_g , para o gotejador da marca B, foi de 1,0867, bem

próximo ao obtido por Provenzano et al. (2005). Vale destacar que os valores da relação D_i/D_g , também estão dentro da faixa limite de $1,00 < D_i/D_g < 1,20$ apresentada por Bagarello et al. (1997) e Provenzano e Pumo (2005).

Para melhor visualização dos resultados obtidos para vazão, diâmetro interno e espessura da parede foram feitos gráficos comparativos apresentados nas Figuras 15, 16 e 17.

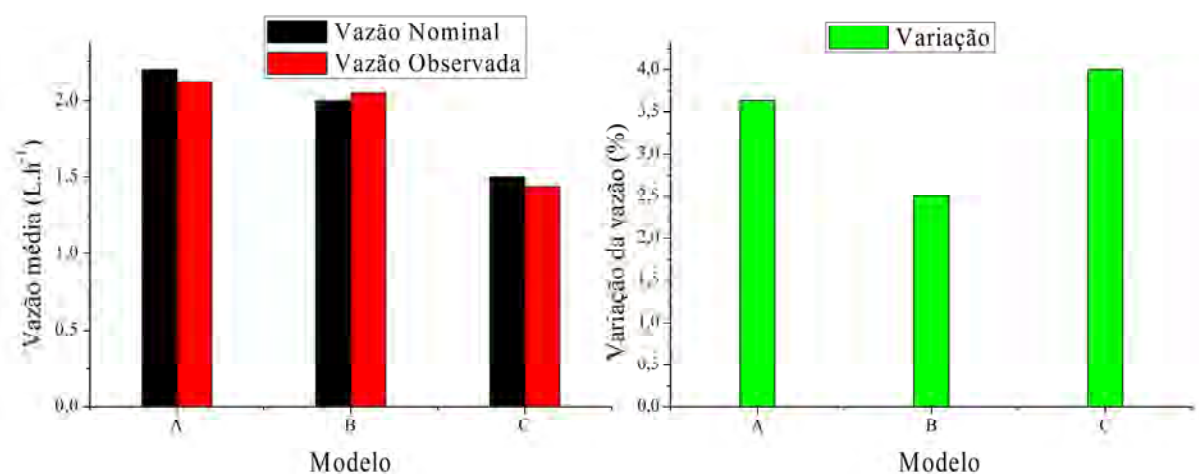


Figura 15. Comparativo de médias de vazão de mangueiras gotejadoras e suas respectivas variações.

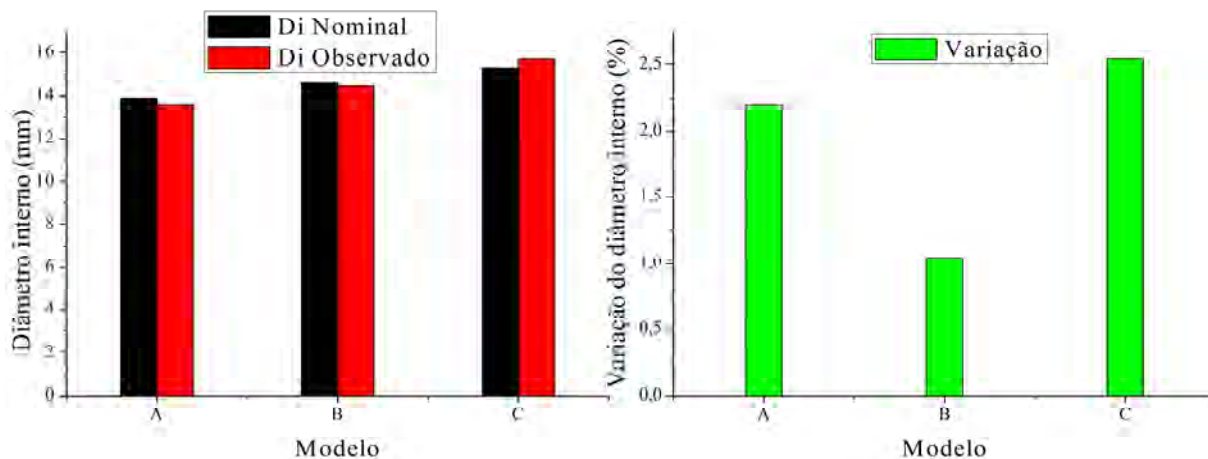


Figura 16. Gráfico comparativo de médias de diâmetro interno de mangueiras gotejadoras e suas respectivas variações.

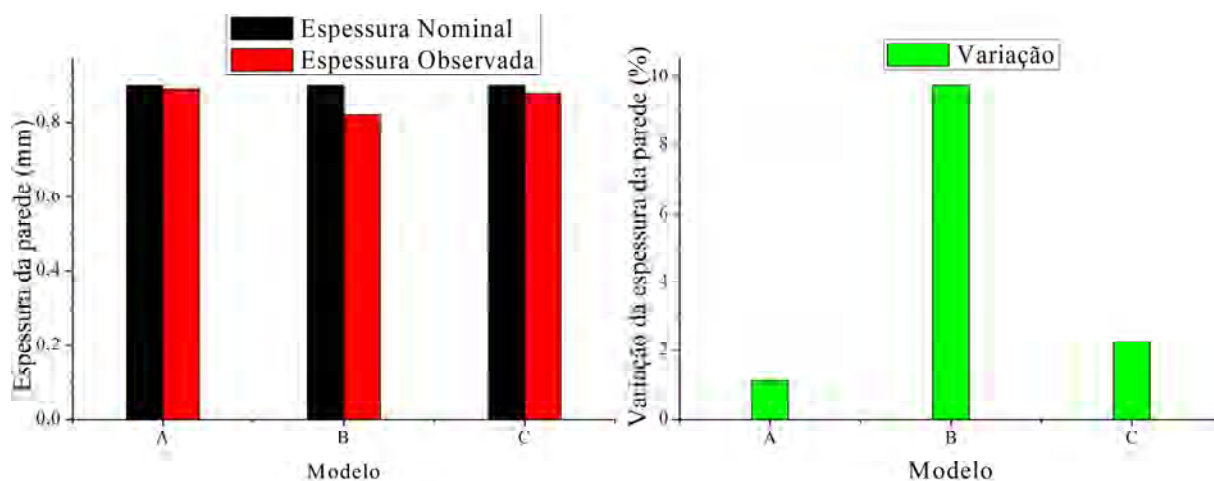


Figura 17. Gráfico comparativo de médias de espessura da parede de mangueiras gotejadoras e suas respectivas variações.

De acordo com a Figura 15, verificou-se que, para os modelos estudados, a variação da vazão foi maior para o emissor C, seguido pelo emissor A e B, o que também se repetiu para a variação do diâmetro interno (Figura 16). Quando avaliada a característica espessura de parede (Figura 17), a maior variação foi observada para o emissor modelo B. Mesmo apresentando essas variações nos valores, elas se encontram dentro dos limites permitidos em norma, atestando assim a boa qualidade construtiva das mangueiras gotejadoras ensaiadas.

6.2 Perda de carga na mangueira sem emissores

O diâmetro interno e a área da seção da mangueira “cega” estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 Diâmetro interno e área da seção da mangueira “cega”.

Mangueira	D_i (mm)	σ_{D_i} (mm)	A_i (mm ²)	σ_{A_i} (mm ²)
Mangueira sem emissores	15,17	0,0412	180,73	0,983

D_i - Diâmetro interno medido; σ_{D_i} - Desvio Padrão do diâmetro interno;

A_i - Área da seção do tubo; σ_{A_i} - Desvio Padrã da Area da seção do tubo.

Foi escolhida uma mangueira com características semelhantes às encontradas nas mangueiras gotejadoras estudadas, o que pode ser visualizado comparando-se os valores de D_i e A_i das Tabelas 7 e 8, as quais apresentam valores muito próximos para estas características.

À Tabela 9 apresenta os valores médios de perda de carga distribuída ao longo da tubulação em cada ponto de medição, bem como os respectivos resultados dos testes estatísticos de comparação de médias (Teste de Tukey) á 5% de significância, para a mangueira sem emissores inseridos.

Tabela 9. Valores médios de perda de carga nos pontos de medição e teste de Tukey para mangueira sem emissores inseridos.

Estado\Pontos	Perda de carga (mca)									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Novo	0 A	0,183 A	0,448 A	0,674 A	0,929 A	1,142 A	1,399 A	1,630 A	1,817 A	1,946 A
500 horas	0 A	0,237 A	0,475 A	0,697 A	0,937 A	1,258 A	1,425 A	1,655 A	1,860 A	2,000 A

Médias seguidas de mesma letra não diferenciam ao nível de 5% de significância.

De acordo com os valores apresentados na Tabela 9, pode-se concluir que, estatisticamente, o material da mangueira, no caso o polietileno, não sofreu desgaste significativo para as condições de uso impostas. Portanto os valores de perda de carga não se alteraram.

As mesmas conclusões podem ser observadas analisando a Figura 18, que mostra o gráfico comparativo das médias para os dois estados.

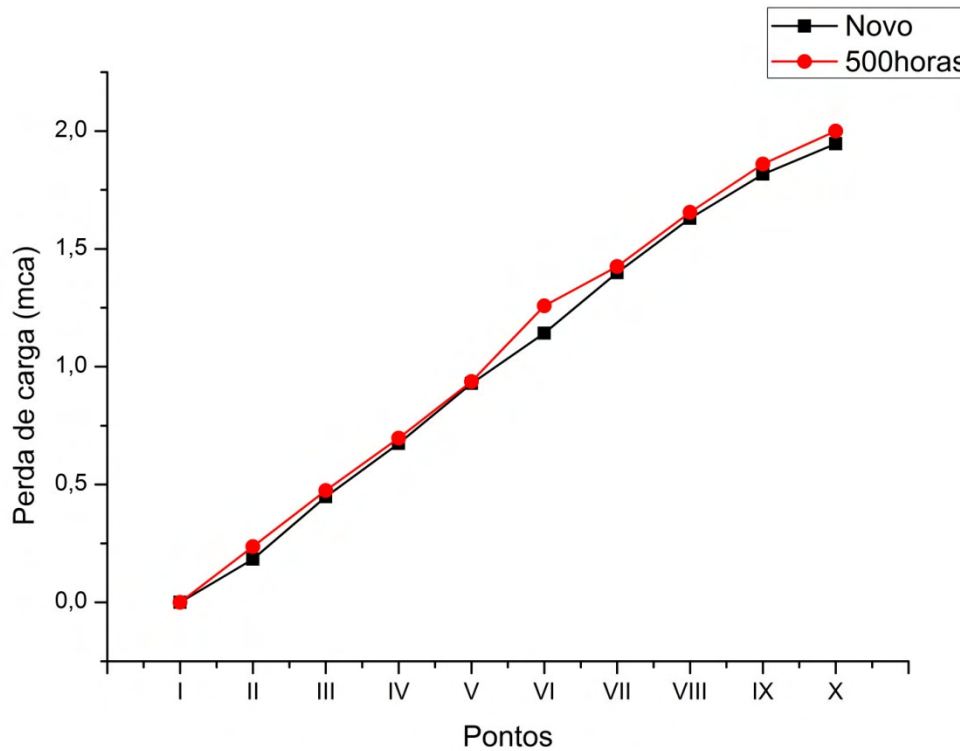


Figura 18. Comparativo de médias de perda de carga para as duas situações.

Analisando o gráfico 18, nota-se que as duas curvas são praticamente coincidentes. Sendo assim, qualquer variação nos valores correspondentes a perda de carga para as mangueiras com os gotejadores inseridos, se deveram apenas a alterações na perda de carga localizada na inserção dos emissores.

6.3 Perda de carga total e perda de carga localizada em mangueiras gotejadoras

6.3.1 Mangueiras gotejadoras novas

Para se obter parâmetros iniciais, com os modelos novos, foram executados ensaios, com vazão de entrada do sistema de 1050 L.h^{-1} e a pressão de serviço dos emissores (10 m.c.a.), para a obtenção das perdas de carga totais para os pontos de medição, em cada uma das mangueiras gotejadoras estudadas. Os valores encontrados estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Valores médios de perda de carga nos pontos de medição para as mangueiras gotejadoras novas.

Modelo\Pontos	Perda de carga (mca)									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
A	0,0000	0,9138	1,5762	2,2081	2,8709	3,5091	4,4062	5,0062	5,6250	6,1342
B	0,0000	0,3523	0,6845	1,0101	1,3503	1,6697	2,0053	2,3443	2,7144	2,8626
C	0,0000	0,3595	0,6149	0,9444	1,2173	1,5570	1,8006	2,0497	2,3363	2,5034

Analisando os valores apresentados na Tabela 10 em conjunto com os valores de D_i apresentados pela Tabela 7 pode-se verificar que a maior perda de carga é encontrada para o modelo com menor D_i , o que é uma confirmação de que a perda de carga é função das características geométricas das mangueiras gotejadoras, fato já extensivamente demonstrado na literatura e na prática.

As Figuras 19, 20 e 21 apresentam os mesmos valores da Tabela 11 na forma de gráfico de linha e nas colunas o quanto de perda de carga localizada e distribuída compõe o total para cada ponto medido.

As pequenas variações apresentadas nas curvas que representam a perda de carga total nas linhas laterais podem significar pequenas variações no alinhamento das

mesmas, apesar de todo o cuidado tomado com o nivelamento das mangueiras na montagem do experimento.

Pelos resultados apresentados nas Figuras 19, 20 e 21, pode-se observar que os valores de perda de carga localizada na inserção dos gotejadores são significativos para todos os tipos de mangueira gotejadora estudados. O que vem a confirmar o que foi apresentado por Provenzano e Pumo (2004), que demonstraram em seu trabalho que desprezar a perda de carga localizada provoca um erro evidente.

Para se comparar os resultados obtidos em ensaio para perda de carga localizada foram utilizadas equações encontradas na teoria, apresentadas por Provenzano e Pumo em 2004 e 2005 respectivamente, os resultados estão apresentados na Tabela 11.

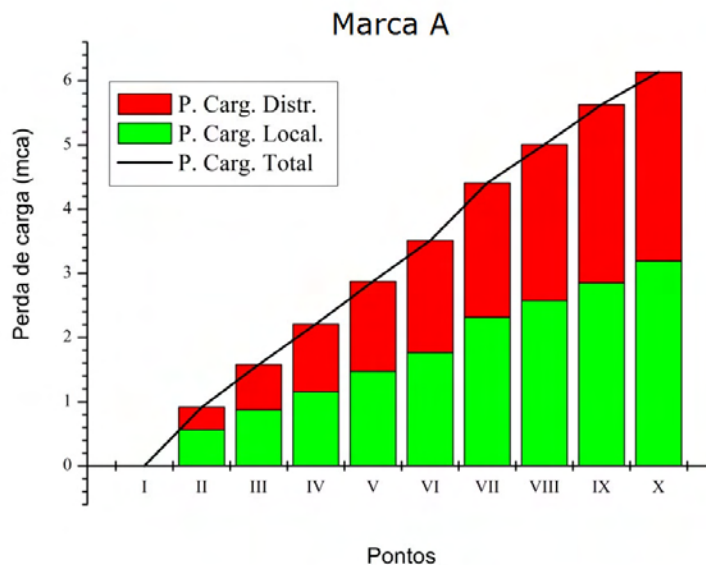


Figura 19. Gráfico do total de perda de carga e sua composição em perdas localizadas e distribuídas para emissores da Marca A nos 9,2m de mangueira gotejadora ensaiados.

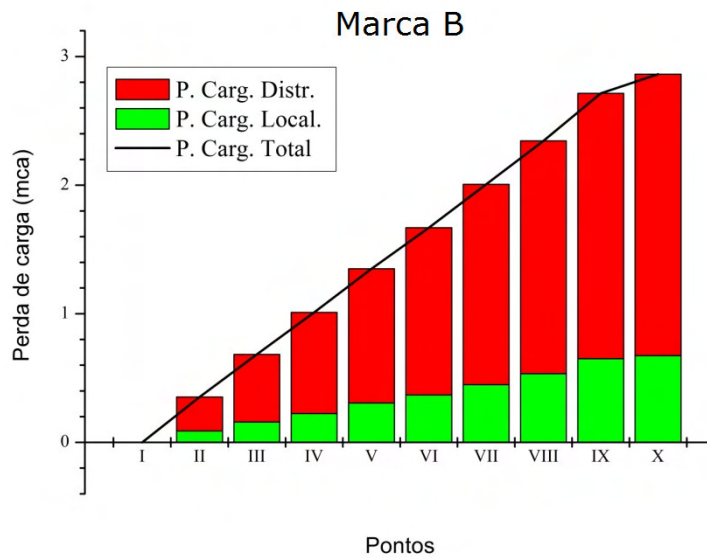


Figura 20. Gráfico do total de perda de carga e sua composição em perdas localizadas e distribuídas para emissores da Marca B nos 9,2m de mangueira gotejadora ensaiados.

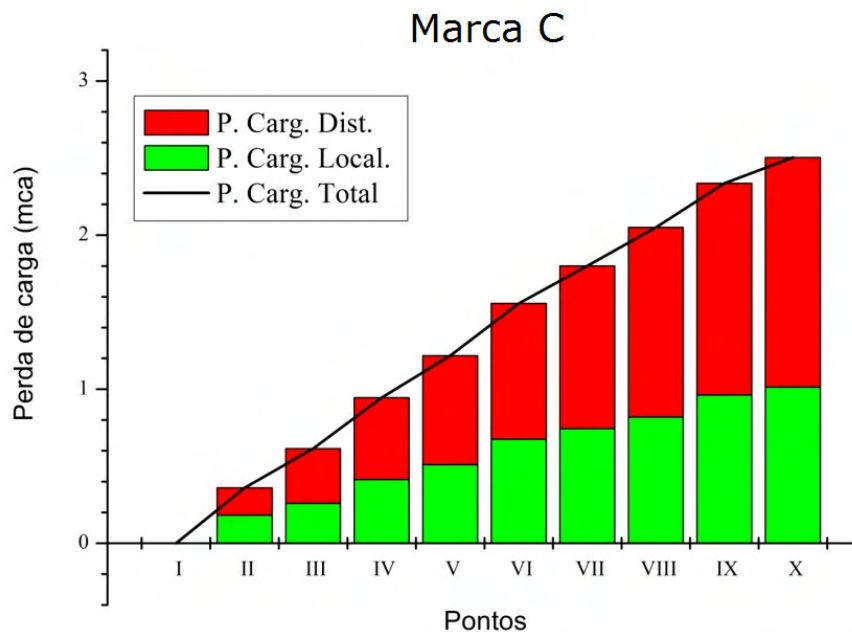


Figura 21. Gráfico do total de perda de carga e sua composição em perdas localizadas e distribuídas para emissores da Marca C nos 9,2m de mangueira gotejadora ensaiados.

Tabela 11. Valores médios de perda de carga localizada (m.c.a.) nos pontos de medição para as mangueiras gotejadoras novas e resultado do teste de Tukey.

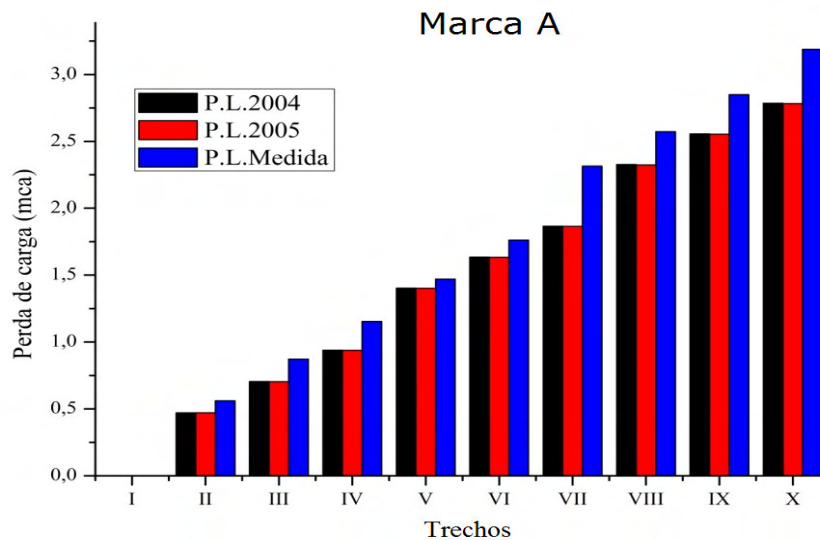
Pontos	Marca A		Marca B		Marca C				
	P.L.Med.	P.L. 04	P.L. 05	P.L.Med.	P.L. 04	P.L. 05	P.L.Med.	P.L. 04	P.L. 05
I	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
II	0,5611 A	0,4702 B	0,4702 B	0,0887 B	0,0941 B	0,1204 A	0,1818 B	0,227 A	0,227 A
III	0,8723 A	0,7044 B	0,704 B	0,159 B	0,1515 C	0,1995 A	0,2602 B	0,3286 A	0,3286 A
IV	1,1549 A	0,9384 B	0,9374 B	0,2244 B	0,2113 C	0,2783 A	0,4132 B	0,5458 A	0,5458 A
V	1,4699 A	1,4033 B	1,4019 B	0,306 A	0,2707 B	0,3177 A	0,5104 B	0,6547 A	0,6547 A
VI	1,7618 A	1,6351 A	1,6338 A	0,3684 B	0,3287 C	0,4347 A	0,6755 B	0,8713 A	0,8713 A
VII	2,3146 A	1,8663 B	1,8646 B	0,4486 B	0,3873 C	0,5113 A	0,744 B	0,9794 A	0,9794 A
VIII	2,572 A	2,3264 B	2,324 B	0,5337 A	0,4454 B	0,5884 A	0,8193 B	1,0872 A	1,0872 A
IX	2,8496 A	2,5552 B	2,5532 B	0,6511 A	0,503 B	0,665 A	0,9627 B	1,3026 A	1,3026 A
X	3,1888 A	2,7849 B	2,7819 B	0,6739 A	0,5323 B	0,7023 A	1,0133 B	1,4099 A	1,4099 A

P.L.Med. – Perda de carga localizada obtida em ensaio; P.L. 04 – Perda de carga localizada obtida pela Equação 15; P.L. 05 – Perda de carga localizada obtida pela Equação 16;

*Todos os valores apresentados de perda de carga estão em m.c.a.

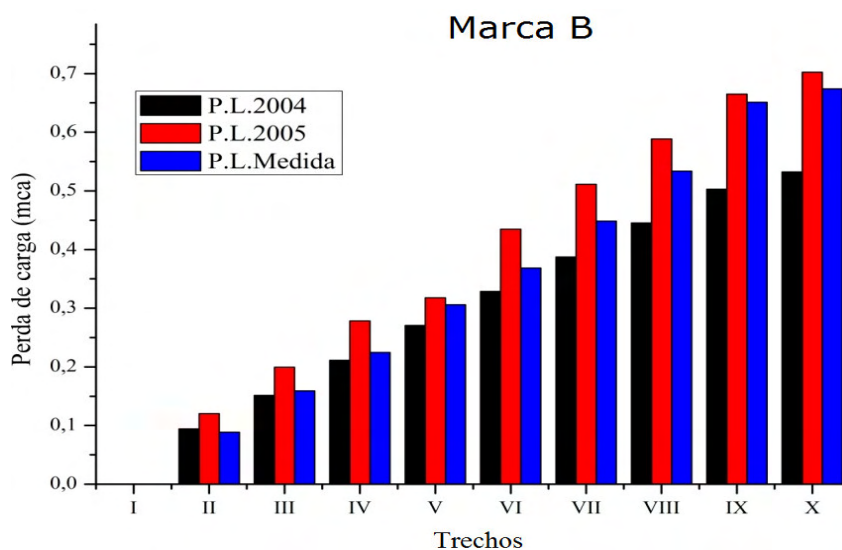
** Valores em uma mesma linha, seguidos de mesma letra são considerados estatisticamente semelhantes a 5% de significância.

De posse dos resultados foram elaborados gráficos comparativos, apresentados nas figuras 22, 23 e 24.



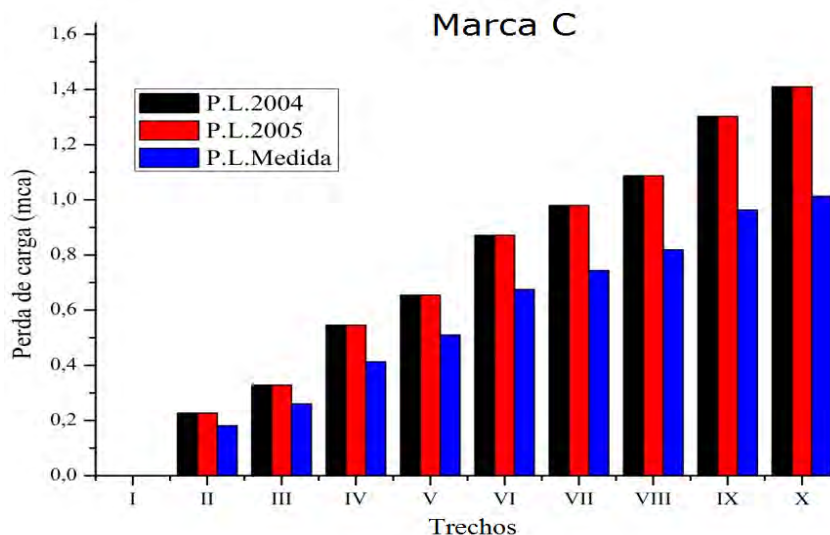
P.L.Medida– Perda de carga localizada obtida em ensaio; P.L. 2004 – Perda de carga localizada obtida pela Equação 15; P.L. 2005 – Perda de carga localizada obtida pela Equação 16.

Figura 22. Comparação da perda de carga localizada para a Marca A, nos trechos ensaiados.



P.L.Medida– Perda de carga localizada obtida em ensaio; P.L. 2004 – Perda de carga localizada obtida pela Equação 15; P.L. 2005 – Perda de carga localizada obtida pela Equação 16.

Figura 23. Comparação da perda de carga localizada para a Marca B, nos trechos ensaiados.



P.L.Medida– Perda de carga localizada obtida em ensaio; P.L. 2004 – Perda de carga localizada obtida pela Equação 15; P.L. 2005 – Perda de carga localizada obtida pela Equação 16.

Figura 24. Comparação da perda de carga localizada para a Marca C, nos trechos ensaiados.

Analisando os gráficos apresentados pela Figuras 22, 23 e 24, verificou-se que para os emissores A e C, os valores de perda de carga localizada, para cada um dos modelos, apresentaram praticamente o mesmo valor quando calculados utilizando-se os α_{2004} e α_{2005} . Fato também observado pela análise estatística apresentada na Tabela 11.

Quando comparados os resultados obtidos pelas equações e os valores obtidos experimentalmente, verificou-se que para os emissores A, os valores medidos experimentalmente foram maiores que os valores calculados. Para os emissores C, os valores medidos se apresentaram inferiores aos calculados por meio das equações, o que também foi observado estatisticamente pelo teste de médias.

Para os emissores do modelo B, também não foram encontradas semelhanças entre os valores calculados e obtidos experimentalmente. Observando o gráfico correspondente, verificou-se que os valores calculados utilizando α_{2004} foram menores, e os

calculados com α_{2005} , foram sempre maiores que os correspondentes obtidos experimentalmente.

A Tabela 12 apresenta os valores de perda de carga localizada na inserção de gotejador por gotejador, junto com o calculado pelas equações apresentadas na literatura.

Analisando os valores apresentados na Tabela 12, chega-se a conclusão que as equações estimam de maneira pouco eficaz a perda de carga localizada de gotejador em gotejador para os emissores tipo “bobe”, ou coaxial, utilizados nos ensaios.

Para o gotejador tipo “pastilha”, ou não coaxial, hora uma equação, hora outra apresenta valores estatisticamente semelhantes.

Andrade (2009), trabalhando com gotejadores coextrusados, também verificou em seu experimento que as mesmas equação não apresentavam valores precisos, desprezando seu resultado em sua análise final.

Palau-Salvador et al. (2006), comparando os valores obtidos entre as mesmas equações e os resultados obtidos experimentalmente concluiu que os resultados não mostram uma tendência a explicar o que realmente acontece, isto é, não mostram precisamente o que ocorre na realidade.

Tabela 12. Valores médios de perda de carga localizada (m.c.a.) na inserção dos gotejadores para as mangueiras gotejadoras novas.

Gotejadores	Marca A		Marca B		Marca C				
	Med.	λ_i (mca)04	λ_i (mca)05	Med.	λ_i (mca)04	λ_i (mca)05	Med.	λ_i (mca)04	λ_i (mca)05
1	0,2805 A	0,2355 B	0,2353 B	0,0295 B	0,0307 B	0,0406 A	0,0909 B	0,1094 A	0,1132 A
2	0,2805 A	0,2352 B	0,2350 B	0,0295 B	0,0307 B	0,0402 A	0,0909 B	0,1093 A	0,1131 A
3	0,3112 A	0,2345 B	0,2343 B	0,0295 B	0,0306 B	0,0402 A	0,0783 B	0,1091 A	0,1129 A
4	0,2825 A	0,2343 B	0,2341 B	0,0351 A	0,0306 A	0,0401 A	0,0765 B	0,1090 A	0,1128 A
5	0,1294 A	0,2340 B	0,2338 B	0,0351 A	0,0303 A	0,0402 A	0,0765 B	0,1089 A	0,1127 A
6	0,1294 B	0,2334 A	0,2332 A	0,0327 B	0,0303 B	0,0402 A	0,0972 B	0,1088 AB	0,1126 A
7	0,4042 B	0,2334 A	0,2332 A	0,0327 B	0,0303 B	0,0401 A	0,0825 B	0,1087 A	0,1125 A
8	0,3545 A	0,2329 B	0,2327 B	0,0407 A	0,0302 A	0,0401 A	0,1093 A	0,1085 A	0,1123 A
9	0,2281 A	0,2324 A	0,2322 A	0,0407 A	0,0302 A	0,0400 A	0,0601 B	0,1084 A	0,1122 A
10	0,1712 A	0,2321 A	0,2319 A	0,0312 A	0,0302 A	0,0395 A	0,0568 B	0,1083 A	0,1121 A
11	0,2776 A	0,2318 B	0,2316 B	0,0312 A	0,0301 A	0,0394 A	0,0753 A	0,1082 A	0,1120 A
12	0,3391 A	0,2316 B	0,2314 B	0,0400 A	0,0301 B	0,0394 A	0,0457 B	0,1081 A	0,1119 A
13	-	-	-	0,0400 A	0,0300 B	0,0393 A	0,0728 A	0,1080 A	0,1117 A
14	-	-	-	0,0425 A	0,0300 A	0,0393 A	-	-	-
15	-	-	-	0,0425 A	0,0296 A	0,0392 A	-	-	-
16	-	-	-	0,0586 A	0,0296 B	0,0392 B	-	-	-
17	-	-	-	0,0586 A	0,0296 B	0,0391 B	-	-	-
18	-	-	-	0,0228 A	0,0295 A	0,0397 A	-	-	-

Med. – Perda de carga localizada obtida em ensaio para cada emissor; λ_i (mca)04 – Perda de carga localizada obtida com α 2004; λ_i (mca)05 – Perda de carga localizada obtida com α 2005;

*Todos os valores apresentados em m.c.a.

**Valores em uma mesma linha, seguidos de mesma letra são considerados estatisticamente semelhantes a 5% de significância.

A partir deste cenário, foi executado um novo ajuste para perda de carga média localizada para o conjunto de emissores utilizados neste trabalho. Ajuste este apresentado pela Equação 18.

$$\alpha = 0,10481 \left[\left(\frac{D_i}{D_g} \right)^{14,25826} - 1 \right] \quad (18)$$

$$R^2=0,71841$$

De acordo com o R^2 resultante do ajuste, 71% dos valores estão dentro da curva ajustada.

A Figura 25 apresenta os valores obtidos experimentalmente e as curvas representadas pelos valores de α calculado pelas equações apresentadas pela literatura.

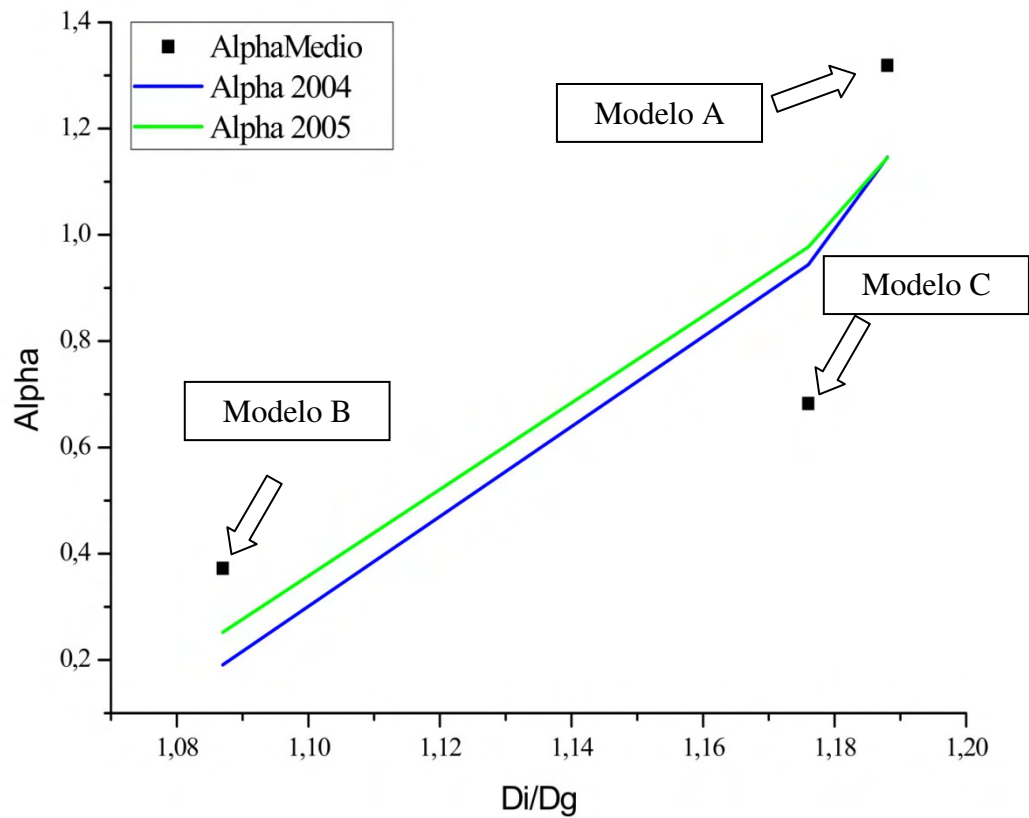


Figura 25. Gráfico de α médios obtidos experimentalmente e calculado pelas equações apresentadas na literatura.

Observando o gráfico nota-se que as curvas dos antigos ajustes se encontram distantes dos valores obtidos experimentalmente, isso explica a diferença dos valores calculados e os obtidos em ensaio.

6.3.2 Mangueiras gotejadoras com 500 horas de uso

Depois de submetidas a 500 horas de uso com água rica em ferro, as mangueiras foram novamente ensaiadas para análise de possíveis alterações na perda de carga localizada. Destes ensaios foram extraídos os valores de perda de carga apresentados na Tabela 13.

Tabela 13. Valores médios de perda de carga nos pontos de medição para as mangueiras gotejadoras após 500 horas de uso com água rica em ferro.

Modelo\Pontos	Perda de carga (mca)									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
A	0,000	0,8660	1,5256	2,1673	2,8246	3,7598	4,3886	5,0280	5,6692	6,5546
B	0,000	0,3476	0,7603	1,1261	1,5911	2,0119	2,4353	2,8682	3,2620	3,5089
C	0,000	0,2985	0,6169	0,9428	1,1751	1,5575	1,8291	2,0165	2,4107	2,5828

*Todos os valores apresentados em m.c.a.

Para uma melhor análise dos valores obtidos e apresentados na Tabela 13 foram elaborados gráficos apresentados na Figura 26, 27 e 28.

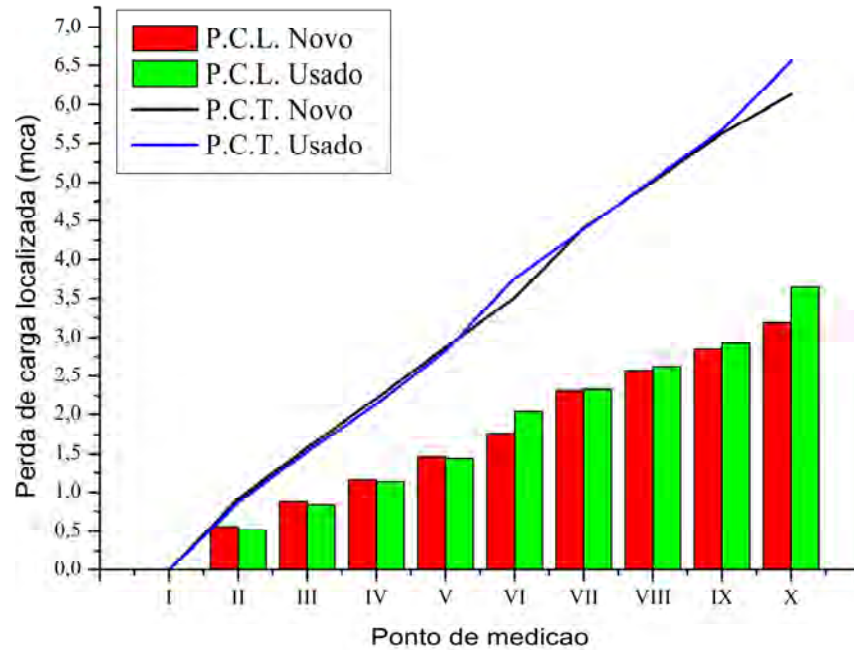


Figura 26. Comparação entre valores de perda de carga total e localizada para mangueira gotejadora marca A, nova e com 500 horas de uso.

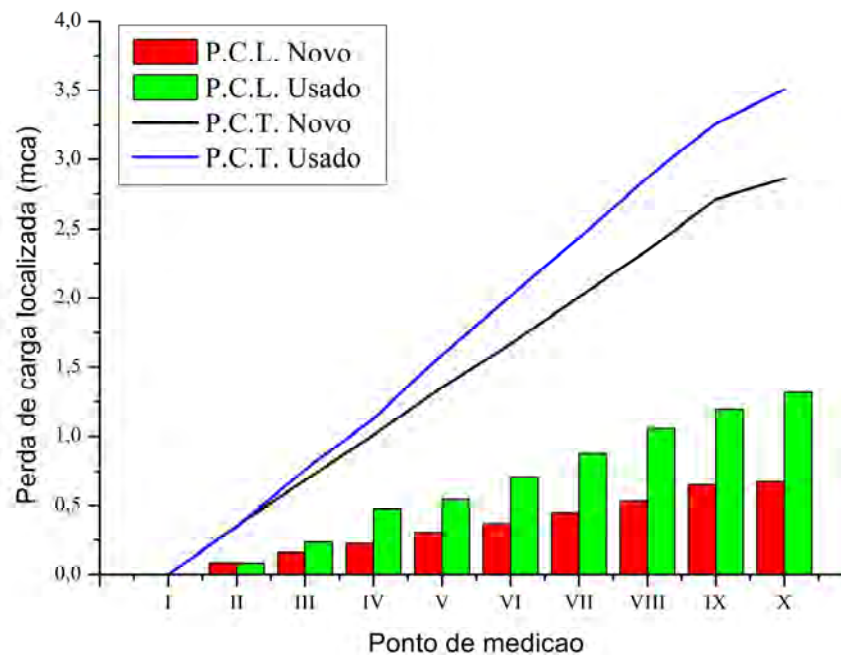


Figura 27. Comparação entre valores de perda de carga total e localizada para mangueira gotejadora marca B, nova e com 500 horas de uso.

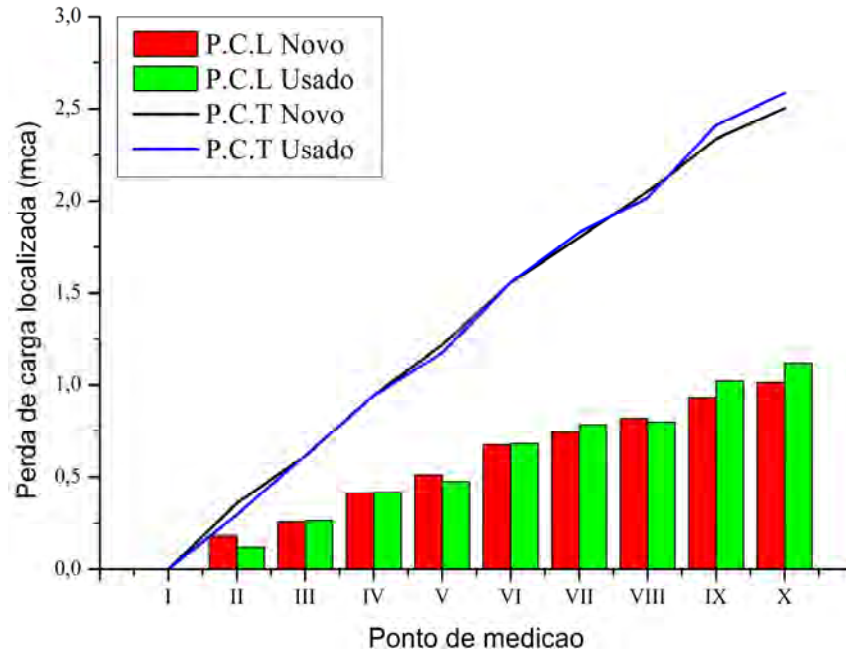


Figura 28. Comparação entre valores de perda de carga total e localizada para mangueira gotejadora marca C, nova e com 500 horas de uso.

Analisando-se os gráficos apresentados nas Figuras 26, 27 e 28, observa-se que os valores de perda de carga novo e com 500 horas de uso para os emissores da marca A e da marca C são semelhantes, isso ocorre, possivelmente, devido ao fato dos emissores terem forma coaxial sendo menos sujeitos a ação do precipitado de ferro acumulado. Já para o emissor da marca B, observa-se que a perda de carga total aumentou com o desgaste do emissor, conseqüentemente a perda localizada também aumentou.

A Tabela 14 apresenta uma comparação estatística entre os valores médios de perda de carga localizada obtidos em ensaio para os emissores novos e após 500 horas de uso com água rica em ferro.

Tabela 14. Comparação entre os valores médios de perda de carga localizada, obtidos em ensaio, para gotejadores novos e após 500 horas de uso.

Pontos	Marca A		Marca B		Marca C	
	P.L. Novo	P.L. Usado	P.L. Novo	P.L. Usado	P.L. Novo	P.L. Usado
I	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
II	0,5611 A	0,5189 A	0,0887 A	0,0843 A	0,1818 A	0,1227 A
III	0,8723 A	0,8330 A	0,1590 B	0,2346 A	0,2602 A	0,2664 A
IV	1,1549 A	1,1306 A	0,2244 B	0,4760 A	0,4132 A	0,4180 A
V	1,4699 A	1,4447 A	0,3060 B	0,5464 A	0,5104 A	0,4767 A
VI	1,7618 A	2,0385 A	0,3684 B	0,7095 A	0,6755 A	0,6831 A
VII	2,3146 A	2,3268 A	0,4486 B	0,8769 A	0,7440 A	0,7847 A
VIII	2,5720 A	2,6263 A	0,5337 B	1,0548 A	0,8193 A	0,8000 A
IX	2,8496 A	2,9289 A	0,6511 B	1,1953 A	0,9327 A	1,0223 A
X	3,1888 B	3,6450 A	0,6739 B	1,3152 A	1,0133 A	1,1198 A

P.L.Novo– Perda de carga localizada obtida em ensaio para a mangueira nova; P.L. Usado – Perda de carga localizada obtida em ensaio para a mangueira usada;

*Todos os valores apresentados em m.c.a.

** Valores em uma mesma linha, seguidos de mesma letra são considerados estatisticamente semelhantes a 5% de significância.

Os resultados apresentados pela Tabela 14 vêm confirmar a análise feita nos gráficos apresentados nas Figuras 26, 27 e 28, onde os valores de perda de carga localizada foram considerados estatisticamente semelhantes para os emissores coaxiais (Marca A e Marca C), o que não ocorreu para o emissor não coaxial (Marca B), onde os valores de perda de carga localizada aumentaram. Tais resultados vem a comprovar que, para 500 horas, a variação da vazão dos gotejadores Marca A e Marca C não afeta significativamente na perda de carga localizada na linha lateral. Para o emissor Marca B, essa variação de vazão afeta os valores de perda de carga localizada, e conseqüentemente, a perda de carga total na linha lateral.

A Tabela 15 apresenta um comparativo entre as médias para perda de carga localizada, nos pontos de medição, obtidas em ensaio e calculadas teoricamente.

Tabela 15. Valores médios de perda de carga localizada (m.c.a.) nos pontos de medição para as mangueiras gotejadoras com 500 horas de uso, valores calculados pelas equações de 2004 e 2005 e resultado do teste de Tukey.

Pontos	Marca A		Marca B		Marca C	
	P.L.Med.	P.L. 04	P.L. 05	P.L. 04	P.L. 05	P.L. 05
I	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
II	0,5189 A	0,4703 A	0,4700 A	0,0922 A	0,1215 A	0,2270 A
III	0,8330 A	0,7046 B	0,7040 B	0,2346 A	0,1536 A	0,3385 A
IV	1,1306 A	0,9383 B	0,9376 B	0,4760 A	0,2844 B	0,4180 B
V	1,4447 A	1,4043 B	1,4033 B	0,5464 A	0,3263 B	0,4767 B
VI	2,0384 A	1,6370 B	1,6356 B	0,7095 A	0,4477 B	0,6831 B
VII	2,3268 A	1,8686 B	1,8676 B	0,8769 A	0,4039 B	0,7847 B
VIII	2,6263 A	2,3306 B	2,2633 B	1,0548 A	0,6113 B	0,8000 B
IX	2,9289 A	2,5613 B	2,5586 B	1,1953 A	0,6935 B	1,0223 B
X	3,6450 A	2,7910 B	2,7886 B	1,3152 A	0,7334 B	1,1198 B

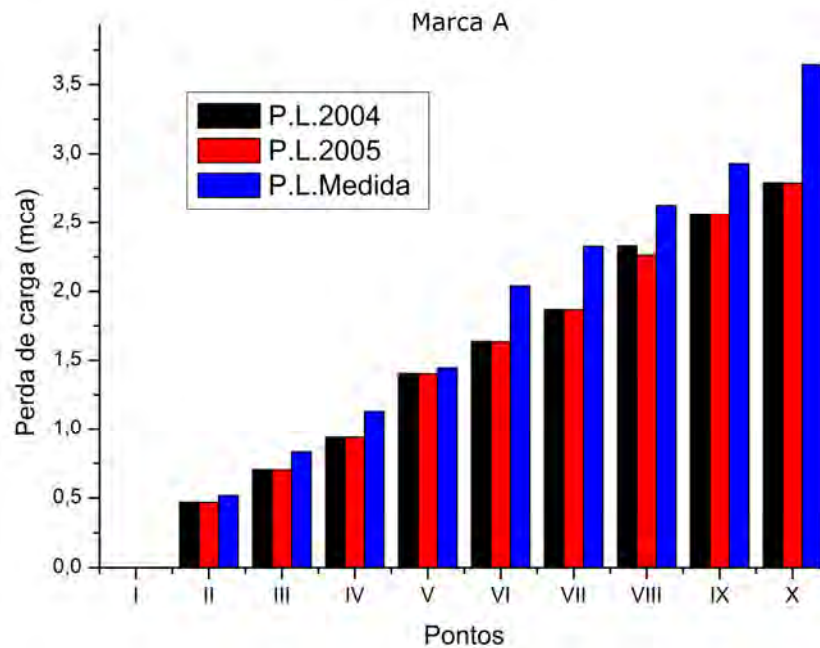
P.L.Med. – Perda de carga localizada obtida em ensaio; P.L. 04 – Perda de carga localizada obtida pela Equação 15; P.L. 05 – Perda de carga localizada obtida pela Equação 16;

*Todos os valores apresentados de perda de carga estão em m.c.a.

** Valores em uma mesma linha, seguidos de mesma letra são considerados estatisticamente semelhantes a 5% de significância.

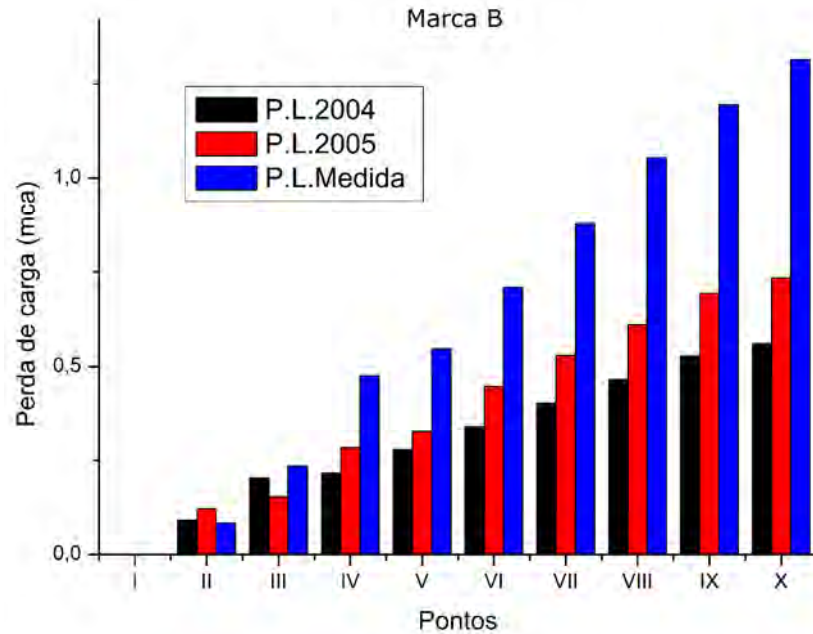
De acordo com os valores apresentados na Tabela 15, observa-se que os valores calculados por meio de equações encontradas na literatura (com α_{2004} e α_{2005}) também, para os emissores submetidos a 500 horas de uso, são estatisticamente diferentes do que foi obtido através dos ensaios.

Para uma melhor visualização desses resultados foram elaborados gráficos apresentados nas Figuras 29, 30 e 31.



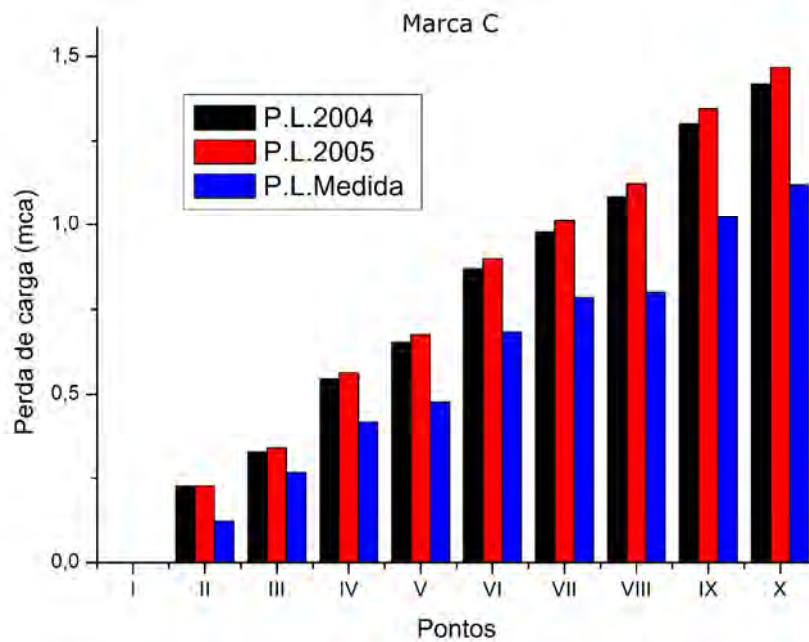
P.L.Medida– Perda de carga localizada obtida em ensaio; P.L. 2004 – Perda de carga localizada obtida pela Equação 15; P.L. 2005 – Perda de carga localizada obtida pela Equação 16.

Figura 29. Comparação da perda de carga localizada para a marca A, com 500 horas de uso, nos trechos ensaiados.



P.L.Medida– Perda de carga localizada obtida em ensaio; P.L. 2004 – Perda de carga localizada obtida pela Equação 15; P.L. 2005 – Perda de carga localizada obtida pela Equação 16.

Figura 30. Comparação da perda de carga localizada para a marca B, com 500 horas de uso, nos trechos ensaiados.



P.L.Medida– Perda de carga localizada obtida em ensaio; P.L. 2004 – Perda de carga localizada obtida pela Equação 15; P.L. 2005 – Perda de carga localizada obtida pela Equação 16.

Figura 31. Comparação da perda de carga localizada para a marca C, com 500 horas de uso, nos trechos ensaiados.

Pelos gráficos apresentados nas Figuras 29, 30 e 31, observou-se que a perda de carga medida para os emissores marca A e marca B foram sempre maiores do que a calculada teoricamente já para os emissores marca C os valores medidos foram sempre inferiores aos calculados. De acordo com os resultados, nas condições do experimento, os resultados das equações também não representaram satisfatoriamente o que aconteceu na prática para os emissores com 500 horas de uso com água rica em ferro.

A Tabela 16 apresenta os valores de perda de carga localizada para cada gotejador e seu grau de entupimento relativo.

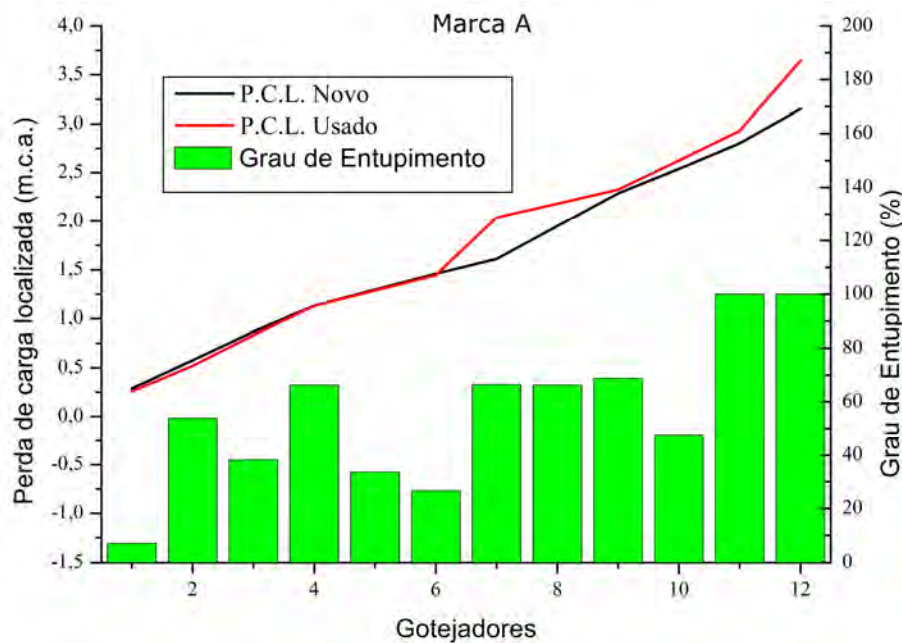
Tabela 16 Grau de entupimento relativo dos emissores após 500 horas de uso com água rica em ferro.

Gotejadores	Marca A G. Entupimento (%)	Marca B G. Entupimento (%)	Marca C G. Entupimento (%)
1	6,943	15,372	7,577
2	53,906	40,618	12,648
3	38,225	19,103	4,586
4	66,298	16,926	6,725
5	33,630	18,089	6,015
6	26,691	18,799	1,181
7	66,541	20,925	40,683
8	66,338	22,125	6,999
9	68,813	21,913	6,838
10	47,669	22,079	6,353
11	100,000	24,971	11,547
12	100,000	24,674	9,648
13	-	50,820	8,697
14	-	27,939	-
15	-	29,336	-
16	-	39,456	-
17	-	52,983	-
18	-	46,510	-
Média	56,25	28,48	9,96

G. Entupimento = Grau de entupimento relativo em %.

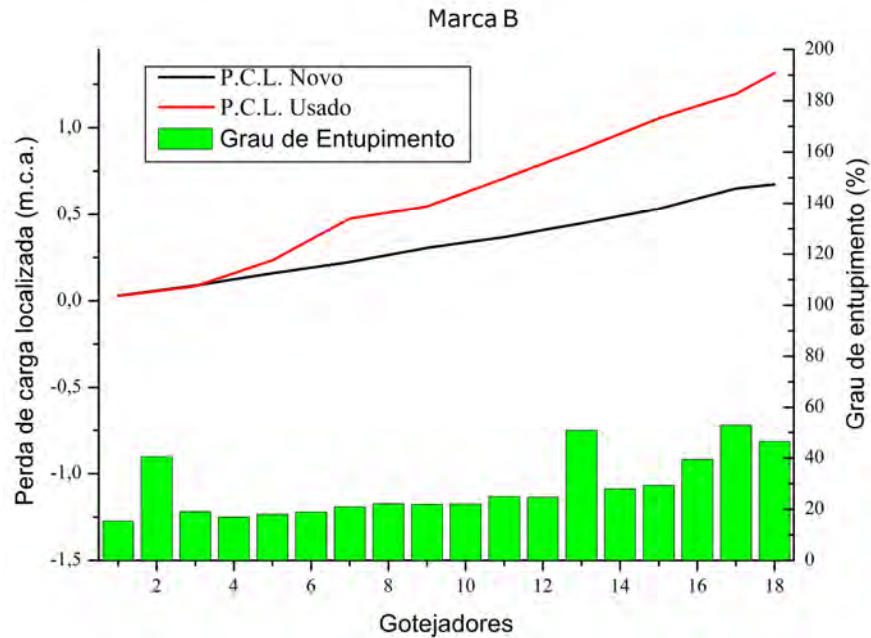
De acordo com o apresentado pela Tabela 16, observa-se que o emissor que apresentou grau de entupimento com maiores valores foi a marca A, a média de seus valores foi de 56,25%, seguido pelos da marca B, com 28,48%, e por ultimo da marca C, com média de 9,96%.

Para uma melhor visualização do comportamento da perda de carga localizada na inserção dos emissores, com relação ao grau de entupimento, foram elaborados os gráficos apresentados na Figuras 32, 33 e 34.



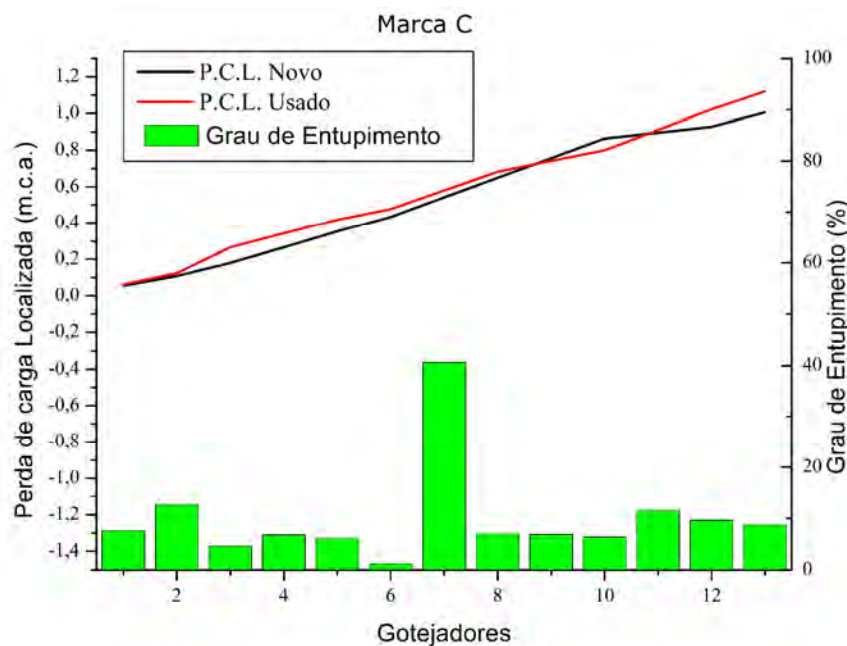
P.C.L. Novo– Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor novo; P.C.L. Novo– Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor usado.

Figura 32. Perda de carga localizada para gotejadores da marca A, novos e usados e seu grau de entupimento.



P.C.L. Novo– Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor novo; P.C.L. Novo– Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor usado.

Figura 33. Perda de carga localizada para gotejadores da marca B, novos e usados e seu grau de entupimento.



P.C.L. Novo– Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor novo; P.C.L. Novo– Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor usado.

Figura 34. Perda de carga localizada para gotejadores da marca C, novos e usados e seu grau de entupimento.

Observando-se os gráficos notou-se que o grau de entupimento pouco ou quase nada afeta a perda de carga localizada para os gotejadores da marca A (Figura 32) e da marca C (Figura 34).

Conforme a Figura 33 observa-se que existem diferenças entre as perdas de carga localizadas na inserção dos gotejadores novos e com 500 horas de funcionamento, nos levando a concluir que possivelmente o grau de entupimento seja responsável por tal ocorrência.

A diferença de comportamento das perdas de carga localizada para as mangueiras gotejadoras da marca A e da marca C, quando comparado com a mangueira gotejadora Marca B, provavelmente deve-se ao fato de que nos dois primeiros casos temos gotejadores coaxiais e no último não-coaxial.

6.3.3 Mangueiras gotejadoras com emissor entupido

Com o emissor entupido (completamente fechado), as mangueiras foram novamente colocadas na bancada de ensaios e ensaiadas para essas circunstâncias. Os resultados para perda de carga total ao longo da linha lateral estão apresentados na Tabela 17.

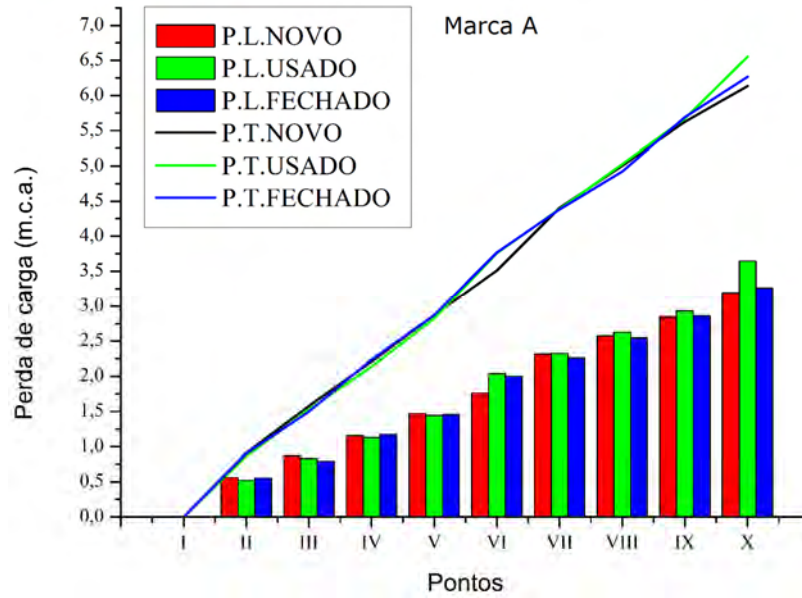
Tabela 17. Valores médios de perda de carga nos pontos de medição para as mangueiras gotejadoras com emissores entupidos.

Modelo\Pontos	Perda de carga (mca)									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
A	0,0000	0,9076	1,4984	2,2358	2,8697	3,7678	4,3831	4,9221	5,6900	6,2664
B	0,0000	0,3477	0,7548	1,2181	1,5343	2,0126	2,4906	2,8617	3,2018	3,4384
C	0,0000	0,3649	0,6488	0,9832	1,2460	1,4996	1,7882	2,0423	2,3340	2,5239

Analisando-se os valores apresentados na Tabela 17, verifica-se que, mesmo com todos os gotejadores entupidos, a tendência da perda de carga ser maior para as

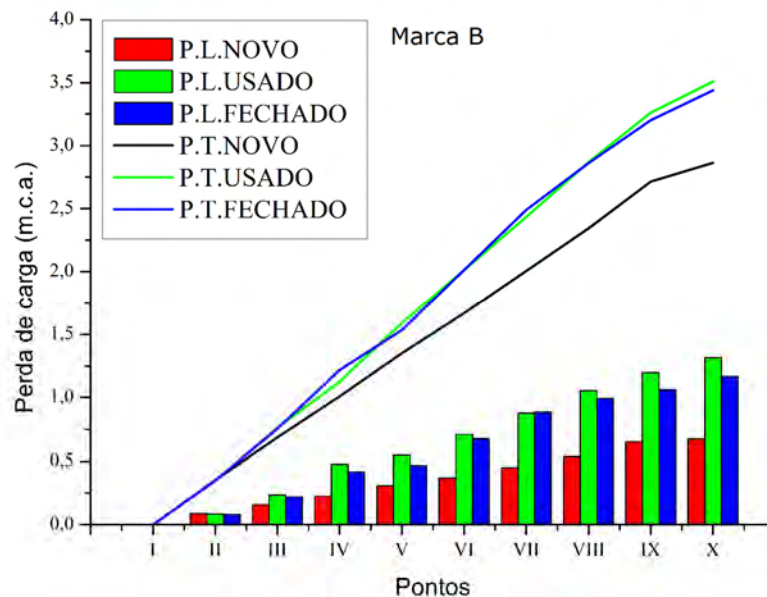
mangueiras com D_i menor, o que já era esperado, pois como já foi citada, a perda de carga é também função das características geométricas das mangueiras. Assim como para todos os resultados anteriores, a mangueira com emissor da marca A foi a que apresentou maior perda de carga total para a linha lateral. A mangueira com o emissor da marca B foi a que mais apresentou variações ao longo dos ensaios, mas mesmo assim não apresentou valores maiores para perda de carga que a mangueira com emissores da marca A. E a mangueira com o emissor da marca C foi a que apresentou menor variação na perda de carga total, apesar de ser uma mangueira compatível com a mangueira com o da marca A, o que indica que esse conjunto, mangueira mais gotejador, sofre menos influência que as demais para as condições impostas nos ensaios.

Para uma melhor comparação entre os resultados apresentados para as três condições impostas às mangueiras gotejadoras, foram elaborados gráficos comparativos apresentados nas Figuras 35, 36 e 37.



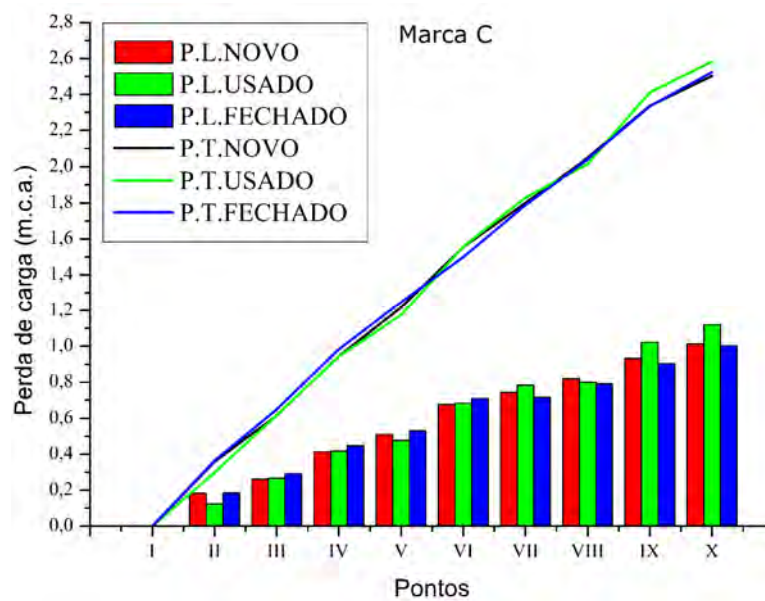
P.L.Novo– Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor novo; P.L. Usado– Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor usado; P.L. Fechado– Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor totalmente entupido; P.T. Novo– Perda de carga obtida em ensaio para o emissor novo; P.T.Usado– Perda de carga obtida em ensaio para o emissor usado; P.T. Fechado– Perda de carga obtida em ensaio para o emissor totalmente entupido.

Figura 35. Comparação entre valores de perda de carga total e localizada para mangueira gotejadora da marca A, nova, com 500 horas de uso e com gotejadores entupidos.



P.L.Novo– Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor novo; P.L. Usado– Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor usado; P.L. Fechado– Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor totalmente entupido; P.T. Novo– Perda de carga obtida em ensaio para o emissor novo; P.T.Usado– Perda de carga obtida em ensaio para o emissor usado; P.T. Fechado– Perda de carga obtida em ensaio para o emissor totalmente entupido.

Figura 36. Comparação entre valores de perda de carga total e localizada para mangueira gotejadora da marca B, nova, com 500 horas de uso e com gotejadores entupidos.



P.L.Novo– Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor novo; P.L. Usado– Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor usado; P.L. Fechado– Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor totalmente entupido; P.T. Novo– Perda de carga obtida em ensaio para o emissor novo; P.T.Usado– Perda de carga obtida em ensaio para o emissor usado; P.T. Fechado– Perda de carga obtida em ensaio para o emissor totalmente entupido.

Figura 37. Comparação entre valores de perda de carga total e localizada para mangueira gotejadora da marca C, nova, com 500 horas de uso e com gotejadores entupidos.

De acordo com os gráficos apresentados pelas Figuras 35, 36 e 37, pode-se perceber que para perda de carga total, para os gotejadores da marca A e da marca C, não variaram consideravelmente, sendo que para o da marca B, a perda de carga total para a mangueira nova se mostrou bem inferior á perda total para gotejadores usados e entupidos. De acordo com esses resultados pode-se dizer que a perda de carga para o emissor da marca B é a única que se altera com a diferença de vazão ao longo da linha devido ao mau funcionamento dos emissores.

Para perda de carga localizada, a análise dos gráficos apresenta conclusões semelhantes, para os gotejadores do tipo coaxial, os ensaios não mostraram alterações (marca A e C).

Para o emissor da marca C a perda de carga localizada, em todas as análises, se mostrou menores que para o emissor da marca A. Já para o emissor da marca B, verificou-se considerável alteração com a mudança no funcionamento do emissor. Esses resultados indicam que o emissor da marca B é, dos modelos ensaiados, o que apresenta maior sensibilidade a variação de vazão ao longo da linha lateral devido à mudança de comportamento dos emissores.

Notou-se também que para alguns pontos os valores de perda de carga localizada para os emissores usados foram maiores que os valores obtidos para os gotejadores fechados, isso se deve, provavelmente, pelo acúmulo de partículas de ferro nas paredes do emissor.

Para comprovação dessas observações foi executado um teste estatístico de médias apresentados na Tabela 18.

Os resultados apresentados pela Tabela 18 vêm confirmar a análise feita sobre os gráficos das Figuras 35, 36 e 37. Para os emissores da marca A e C os resultados obtidos pela comparação de médias, a 5% de significância, não apresentaram diferenças significativas. No entanto para os emissores da marca B, estatisticamente, a perda de carga localizada para o emissor novo é inferior á perda de carga localizada que com o emissor usado e emissor fechado, confirmando o observado graficamente.

A análise estatística mostra também que a perda de carga localizada com os emissores fechados, para o caso do emissor da marca Bn, se diferencia da perda de carga localizada com os emissores usados nos pontos de medição localizados no final da linha

lateral. Isso ocorre, provavelmente, devido ao já comentado acúmulo de partículas de ferro nos emissores

Tabela 18. Comparação entre os valores médios de perda de carga localizada, obtidos em ensaio, para gotejadores novos, após 500 horas de uso e com gotejadores fechados.

Pontos	Marca A		Marca B		Marca C		
	P.L.Novo.	P.L. Usado	P.L. Usado	P.L. Entupido	P.L.Novo.	P.L. Usado	P.L. Entupido
I	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
II	0,5611 A	0,5188 A	0,0887 A	0,0843 A	0,1818 A	0,1227 A	0,1859 A
III	0,8723 A	0,8330 A	0,1590 B	0,2346 A	0,2602 A	0,2664 A	0,2914 A
IV	1,1549 A	1,1306 A	0,2244 B	0,4760 A	0,4132 A	0,4180 A	0,4468 A
V	1,4699 A	1,4447 A	0,3060 B	0,5464 A	0,5104 A	0,4767 A	0,5312 A
VI	1,7618 A	2,0385 A	0,3684 B	0,7095 A	0,6755 A	0,6831 A	0,7095 A
VII	2,3146 A	2,3268 A	0,4486 B	0,8769 A	0,7440 A	0,7847 A	0,7157 A
VIII	2,5720 A	2,6263 A	0,5337 B	1,0548 A	0,8193 A	0,8000 A	0,7912 A
IX	2,8496 A	2,9289 A	0,6511 C	1,1953 A	0,9327 A	1,0223 A	0,9040 A
X	3,1888 B	3,6450 A	0,6739 C	1,3152 A	1,0133 A	1,1198 A	1,0047 A

P.L.Novo- Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor novo; P.L. Usado- Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor usado; P.L. Fechado- Perda de carga localizada obtida em ensaio para o emissor entupido.

*Todos os valores apresentados em m.c.a.

** Valores em uma mesma linha, seguidos de mesma letra são considerados estatisticamente semelhantes a 5% de significância.

7 CONCLUSÕES

Nas condições em que os ensaios foram conduzidos, seguindo a ordem já, mencionada, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- a) Dentre as mangueiras gotejadoras ensaiadas, todas elas apresentaram boas características construtivas, de acordo com as normas ISO 9261:2004 e NBR 12:02.08-21/1986;
- b) De acordo com o teste estatístico, o material da mangueira, no caso o polietileno, não sofreu influência da água rica em ferro após 500 horas de uso, pois não foram verificadas alterações significativas nos valores da perda de carga;
- c) Não se verificou influência do grau de entupimento para os gotejadores coaxiais;
- d) Observou-se que o emissor não coaxial estudado é mais suscetível ao entupimento por partículas de ferro que os emissores coaxiais, pois, apesar de apresentar os menores valores para perda de carga localizada quando novos, foram os que apresentaram maior variação conforme variava o grau de entupimento dos emissores;

- e) Na comparação entre as mangueiras com emissores do tipo coaxial, apesar de serem, aparentemente, semelhantes os resultados demonstraram que a perda de carga localizada para os emissores da marca A apresentaram maiores valores;
- f) As equações encontradas na literatura não representaram de forma eficaz os valores da perda de carga localizada;
- g) O presente ensaio sinaliza que, futuros trabalhos sejam desenvolvidos com o objetivo de se obter uma equação mais precisa na determinação da perda de carga localizada.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-AMOUD, A.I. Significance of energy losses due to emitter connections in trickle irrigation lines. **Journal of Agricultural Engineering Research**, New York, v. 60, p. 1-5, 1995.

ALVES, P. R. V.; PORTO, R. M. Coeficiente geométrico para estimativa da perda de carga localizada em linhas laterais de irrigação por gotejamento. **Engenharia agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.1, p.51-59, Jan. 2002.

ANDRADE, L. A. de. **Estudo da uniformidade de emissão de água utilizando diferentes espaçamentos entre gotejadores na linha lateral**. 2009. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Requisitos mínimos para elaboração de projetos de sistemas de irrigação localizada**; PNBR 12:02-08-022. São Paulo, 1986. 18 p.

AZEVEDO NETTO, J. M. **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2000. 670 p.

BAGARELLO, V.; FERRO, V.; PROVENZANO, G.; PUMO, D. Evaluating pressure losses in drip-irrigation lines. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 123, n. 1, p. 1-7, Jan./Feb. 1997.

BAGARELLO, V.; FERRO, V.; PROVENZANO, G.; PUMO, D. Experimental study on flow-resistance law for small-diameter plastic pipes. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 121, n. 5, p. 313-316, Sep./Oct. 1995.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 1992. 247 p.

BERNARDO, S. ; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

BUCKS, D. A.; NAKAYAMA, F. S.; GILBERT, R. G. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 2, p.149-162, 1979.

CARDOSO, G. G. de G. **Índice geométrico na determinação da perda de carga localizada em conexão de emissores sobre tubos de polietileno de pequenos diâmetros**. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2007.

CARDOSO, G. G. G.; FRIZZONE, J. A. Perda de carga em linhas laterais de micro-irrigação. **Bioeng**, Campinas, v. 1, n. 2, p. 147-162, Maio/Ago. 2007.

CARVALHO, G. B. de **Dimensionamento e simulação hidráulica da irrigação localizada sob condição variável de setores de operação**. 2004. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CHRISTOFIDIS, D. **Água**: gênese, gênero e sustentabilidade alimentar no Brasil. GWA – Gender and Water Alliance, Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.pt.genderandwater.org/page/2762>>. Acesso em: 28 mar. 2007.

GARCIA, C. J. B. **Avaliação técnica de tubos emissores para irrigação localizada**. 2006. 64 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho, Botucatu, 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9621: Agricultural irrigation equipment: emitters and emitting pipe: specification and test methods**. 2. ed. Geneva, 2004. 20 p.

JUANA, L.; RODRÍGUEZ-SINOBÁS, L., LOSADA, A. Determining minor head losses in drip irrigation laterals. I: Methodology. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 128, n. 6, p. 376-384. Nov./Dec. 2002.

JUANA, L.; RODRÍGUEZ-SINOBÁS, L., LOSADA, A. Determining minor head losses in drip irrigation laterals. II: Experimental Study and Validation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 128, n. 6, p. 385-396, Nov./Dec. 2002.

KAMAND, F. Z. Hydraulic friction factors for pipe flow. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 114, n. 2, p. 311-323, May 1988.

KELLER, J; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990. 652 p.

KELLER, J., KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133 p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2007. 358 p.

MARTÍ, P.; PROVENZANO, G.; ROYUELA, Á.; PALAU-SALVADOR, G. Integrated emitter local loss prediction using artificial neural networks. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 136, n. 1, p.11-22, Jan. 2010.

MARTINS, C. C. **Efeito da cloração orgânica na uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação por gotejamento utilizando água ferruginosa.** 2007. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. de M. **Irrigação.** Piracicaba: Funep, 2003. 703 p.

MOYA TALENS, J. A. **Riego localizado y fertirrigación.** 3. ed. Madrid: Ediciones Mundi Prensa, 2002. 534 p.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. Water quality in dril/trickle irrigation: a review. **Irrigation Science**, New York, v. 12, n. 1, p. 187-192, 1991.

OLITTA, A. F. L. **Os métodos de irrigação.** São Paulo: Nobel, 1989. 267 p.

PALAU-SALVADOR, G.; SANCHIS, L. H.; GONZÁLES-ALTOZANO, P.; ARVIZA-VALVERDE, J. Real local losses estimation for on-line emitters using empirical and numerical procedures. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 132, n. 6, p- 522-530, Nov./Dec. 2006.

PIRES, R. C. M.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E.; CALHEIROS, R. O.; BRUNINI, O. Agricultura irrigada. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, Campinas, v. 1, n. 1, p.98-111, 11 jun. 2008. Disponível em: <http://www.dge.apta.sp.gov.br/publicacoes/T&IA/T&IAv1n1/Revista_Apta_Artigo_Agricultura.pdf>. Acesso em: 08 set. 2010.

PIZARRO CABELLO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación.** 3. ed. Madrid: Mundi Prensa, 1996. 513 p.

PROVENZANO G., PUMO D. Assessing a local losses evaluation procedure in microirrigation integrated lateral design. In: Meeting of the International Commission on Irrigation and Drainage (ICID), 54., 2003, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: FAO/ICID, 2003.

PROVENZANO, G.; PUMO, D. Experimental analysis of local pressure losses for microirrigation laterals. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 130, n. 4, p. 318-324, Jul./Aug., 2004.

PROVENZANO, G.; PUMO, D.; DIO, P. DI. Simplified procedure to evaluate head losses in Drip Irrigation Laterals. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 131, n. 6, p.525-532, 1 Nov./Dec. 2005.

PROVENZANO, G.; DIO, P. DI; PALAU-SALVADOR, G. New computational fluid dynamic procedure to estimate friction and local losses in coextruded drip laterals. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 133, n. 6, p.520-527, Nov./Dec. 2007.

PORTO, R. M. **Hidráulica básica**. 2. ed. São Carlos: EESC, USP, 1999. 540 p.

VALIANTZAS, J. D. Modified Hazen-Williams and Darcy-Weisbach equations for friction and local head losses along irrigation laterals. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 131, n. 4, p. 342-350, Jul./Aug. 2005.

VIEIRA, S.; HOFFMANN, R. **Estatística experimental**. São Paulo: Atlas, 1989. 179 p.

VON BERNUTH, R. D. Simple and accurate friction loss equation for plastic pipe. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 116, n. 2, p. 294-298, Marc./April 1990

WU, I.-P. An assessment of hydraulic design of micro-irrigation systems. **Agricultural Water Management**, New York, v. 32, n. 3, p. 275-284, April, 1997.

YILDIRIM, G. An assessment of hydraulic design of trickle laterals considering effect of minor losses. **Irrigation and Drainage**, New Delhi, v. 56, n. 4, p. 399-421, Maio, 2007.

YOO, D. H.; SINGH, V. P. Two methods for the computation of commercial pipe friction factors. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 131, n. 8, p.694-704, Aug. 2005.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2004. 402 p.

APENDICE 1

Características geométrica das mangueiras gotejadoras ensaiadas.

Tabela 19. Diâmetro interno da mangueira gotejadora Marca A.

Amostra	Diâmetro 1 (mm)	Diâmetro 2 (mm)	D. Médio (mm)
1	13,56	13,44	13,50
2	13,62	13,32	13,47
3	13,63	13,76	13,70
4	13,43	13,66	13,55
5	13,48	13,88	13,68
6	13,65	13,17	13,41
7	14,07	13,38	13,73
8	13,74	13,50	13,62
9	13,64	13,75	13,70
10	13,81	13,58	13,70
Média			13,60
Desvio Padrão			0,1132

Tabela 20. Diâmetro interno da mangueira gotejadora Marca B.

Amostra	Diâmetro 1 (mm)	Diâmetro 2 (mm)	D. Médio (mm)
1	14,54	14,48	14,51
2	14,76	14,33	14,55
3	14,36	14,53	14,45
4	14,68	14,76	14,72
5	14,32	14,52	14,42
6	14,40	14,20	14,30
7	14,36	14,32	14,34
8	14,34	14,54	14,44
9	14,46	14,40	14,43
10	14,40	14,30	14,35
Média			14,45
Desvio Padrão			0,1209

Tabela 21. Diâmetro interno da mangueira gotejadora Marca C.

Amostra	Diâmetro 1 (mm)	Diâmetro 2 (mm)	D. Médio (mm)
1	15,66	15,69	15,68
2	15,43	15,83	15,63
3	15,77	15,93	15,85
4	15,81	15,61	15,71
5	15,46	15,95	15,71
6	15,60	15,65	15,63
7	15,65	15,70	15,68
8	15,90	15,50	15,70
9	15,65	15,72	15,69
10	15,57	15,84	15,71
Média			15,70
Desvio Padrão			0,0619

Tabela 22. Espessura da parede da mangueira gotejadora Marca A.

Amostra	Secção 1		Secção 2		Amostra	Secção 1		Secção 2	
1	1	0,87	1	0,88	6	1	0,89	1	0,87
	2	0,89	2	0,86		2	0,93	2	0,82
	3	0,87	3	0,88		3	0,81	3	0,82
	4	0,88	4	0,86		4	0,91	4	0,86
2	1	0,92	1	0,86	7	1	0,86	1	0,93
	2	0,86	2	0,85		2	0,87	2	0,94
	3	0,89	3	0,91		3	0,93	3	0,86
	4	0,93	4	0,84		4	0,91	4	0,90
3	1	0,87	1	0,94	8	1	0,94	1	0,93
	2	0,86	2	0,88		2	0,80	2	0,87
	3	0,85	3	0,96		3	0,85	3	0,89
	4	0,88	4	0,90		4	0,92	4	0,89
4	1	0,91	1	0,96	9	1	0,92	1	0,90
	2	0,88	2	0,92		2	0,98	2	0,94
	3	0,85	3	0,87		3	0,89	3	0,95
	4	0,92	4	0,87		4	0,92	4	0,95
5	1	0,95	1	0,90	10	1	0,89	1	0,90
	2	0,92	2	0,90		2	0,88	2	0,91
	3	0,85	3	0,92		3	0,88	3	0,85
	4	0,90	4	0,90		4	0,95	4	0,86
						Média =	0,89 mm		
						Desvio Padrão =	0,037042 mm		

Tabela 23. Espessura da parede da mangueira gotejadora Marca B.

Amostra	Secção 1		Secção 2		Amostra	Secção 1		Secção 2	
1	1	0,81	1	0,82	6	1	0,82	1	0,80
	2	0,93	2	0,81		2	0,84	2	0,81
	3	0,84	3	0,86		3	0,81	3	0,83
	4	0,84	4	0,82		4	0,83	4	0,83
2	1	0,81	1	0,85	7	1	0,80	1	0,78
	2	0,84	2	0,84		2	0,80	2	0,79
	3	0,82	3	0,85		3	0,81	3	0,79
	4	0,82	4	0,86		4	0,77	4	0,81
3	1	0,81	1	0,81	8	1	0,84	1	0,78
	2	0,85	2	0,84		2	0,83	2	0,81
	3	0,83	3	0,82		3	0,78	3	0,80
	4	0,83	4	0,80		4	0,82	4	0,79
4	1	0,84	1	0,83	9	1	0,80	1	0,81
	2	0,85	2	0,85		2	0,83	2	0,80
	3	0,84	3	0,83		3	0,81	3	0,78
	4	0,88	4	0,84		4	0,80	4	0,78
5	1	0,83	1	0,81	10	1	0,73	1	0,83
	2	0,83	2	0,83		2	0,83	2	0,84
	3	0,80	3	0,81		3	0,83	3	0,79
	4	0,80	4	0,83		4	0,79	4	0,78
						Média =	0,82 mm		
						Desvio Padrão =	0,02742 mm		

Tabela 24. Espessura da parede da mangueira gotejadora Marca C

Amostra	Secção 1		Secção 2		Amostra	Secção 1		Secção 2	
1	1	0,88	1	0,86	6	1	0,96	1	0,97
	2	0,87	2	0,85		2	0,89	2	0,89
	3	0,86	3	0,83		3	0,84	3	0,88
	4	0,86	4	0,84		4	0,93	4	0,83
2	1	0,85	1	0,77	7	1	0,96	1	0,89
	2	1,03	2	0,87		2	0,80	2	0,79
	3	0,83	3	0,94		3	0,94	3	0,90
	4	0,88	4	0,91		4	0,88	4	0,87
3	1	0,89	1	0,90	8	1	0,85	1	0,91
	2	1,01	2	0,90		2	0,95	2	0,85
	3	0,90	3	0,97		3	0,92	3	0,91
	4	0,96	4	0,85		4	0,87	4	0,84
4	1	0,86	1	0,97	9	1	0,85	1	0,78
	2	0,87	2	0,99		2	0,84	2	0,85
	3	0,90	3	0,90		3	0,84	3	0,78
	4	0,90	4	1,01		4	0,78	4	0,87
5	1	0,83	1	0,90	10	1	0,88	1	0,95
	2	0,89	2	0,89		2	0,89	2	1,00
	3	0,82	3	0,92		3	0,90	3	0,89
	4	0,82	4	0,81		4	0,80	4	0,90
						Média =	0,88 mm		
						Desvio Padrão =	0,057025 mm		

Tabela 25. Calculo da razão entre áreas e diâmetros da mangueira Marca A.

Amostra	Com Emissor	Sem Emissor	Razão (Ac/As)
1	1,1043	1,4527	1,3155
2	1,1043	1,4527	1,3155
3	1,0914	1,4527	1,3310
4	1,0067	1,4527	1,4430
5	1,0777	1,4527	1,3480
6	0,9894	1,4527	1,4683
7	0,9478	1,4527	1,5327
8	1,0023	1,4527	1,4494
9	1,0560	1,4527	1,3757
10	0,9501	1,4527	1,5290
		Média	1,4108
		Desv. Pad.	0,0846
		Di/Dg	1,188

Tabela 26. Calculo da razão entre áreas e diâmetros da mangueira Marca B.

Amostra	Com Emissor	Sem Emissor	Razão (Ac/As)
1	1,4222	1,6400	1,153143018
2	1,3125	1,6400	1,24952381
3	1,2900	1,6400	1,271317829
4	1,5425	1,6400	1,063209076
5	1,6126	1,6400	1,016991194
6	1,4119	1,6400	1,161555351
7	1,3686	1,6400	1,198304837
8	1,3282	1,6400	1,234753802
9	1,3398	1,6400	1,224063293
10	1,3257	1,6400	1,237082296
		Média	1,1810
		Desv. Pad.	0,0836
		Di/Dg	1,087

Tabela 27. Calculo da razão entre áreas e diâmetros da mangueira Marca C.

Amostra	Com Emissor	Sem Emissor	Razão (Ac/As)
1	1,3643	1,9359	1,1531
2	1,3367	1,9359	1,2495
3	1,4029	1,9359	1,2713
4	1,4191	1,9359	1,0632
5	1,4125	1,9359	1,0170
6	1,3889	1,9359	1,1616
7	1,4145	1,9359	1,1983
8	1,4431	1,9359	1,2348
9	1,4282	1,9359	1,2241
10	1,4028	1,9359	1,2371
		Média	1,3821
		Desv. Pad.	0,0314
		Di/Dg	1,176

APENDICE 2

Medidas e calculos de pressão nos pontos adotados em ensaio para magueiras gotejadoras ensaiadas..

Tabela 28. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova .sem emissores – rep. 1.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	132,5	51,00	126,30	81,50	75,30	91987	9,3801
II	132,0	51,70	125,70	80,30	74,00	90379	9,2161
III	132,0	52,70	124,70	79,30	72,00	87822	8,9553
IV	132,0	53,50	123,90	78,50	70,40	85776	8,7467
V	132,0	54,65	122,50	77,35	67,85	82503	8,4130
VI	131,5	55,50	121,80	76,00	66,30	80578	8,2166
VII	132,0	56,25	120,95	75,75	64,70	78478	8,0025
VIII	131,0	57,30	120,00	73,70	62,70	76024	7,7523
IX	129,5	58,20	119,10	71,30	60,90	73869	7,5325
X	129,5	58,70	118,55	70,80	59,85	72524	7,3954
temp	20 °C						
μH2O	998,23 Kgf/m3						
μHg	13545,80 Kgf/m3						

Tabela 29. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova .sem emissores – rep. 2.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	132,5	50,70	126,60	81,80	75,90	92754	9,4583
II	132,0	51,20	126,10	80,80	74,90	91524	9,3329
III	132,0	52,20	125,20	79,80	73,00	89100	9,0857
IV	132,0	52,90	124,50	79,10	71,60	87310	8,9032
V	132,0	53,90	123,55	78,10	69,65	84819	8,6492
VI	131,5	54,70	122,70	76,80	68,00	82756	8,4388
VII	132,0	55,50	121,90	76,50	66,40	80661	8,2252
VIII	131,0	56,30	121,10	74,70	64,80	78714	8,0266
IX	129,5	57,10	120,30	72,40	63,20	76815	7,8329
X	129,5	57,25	120,15	72,25	62,90	76431	7,7938
temp	20 °C						
μH2O	998,23 Kgf/m3						
μHg	13545,80 Kgf/m3						

Tabela 30. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova .sem emissores – rep. 3.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	132,5	51,40	126,00	81,10	74,60	91114	9,2910
II	132,0	51,70	125,70	80,30	74,00	90395	9,2177
III	132,0	52,30	125,00	79,70	72,70	88728	9,0477
IV	132,0	53,10	124,20	78,90	71,10	86682	8,8391
V	132,0	54,00	123,30	78,00	69,30	84380	8,6044
VI	131,5	54,90	122,40	76,60	67,50	82127	8,3746
VII	132,0	55,60	121,70	76,40	66,10	80288	8,1871
VIII	131,0	56,30	121,00	74,70	64,70	78595	8,0145
IX	129,5	57,20	120,20	72,30	63,00	76573	7,8083
X	129,5	57,60	119,70	71,90	62,10	75417	7,6904
temp	19°C						
μH2O	998,43 Kgf/m3						
μHg	13548,30 Kgf/m3						

Tabela 31. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso sem emissores – rep.
1.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	52,90	125,40	80,10	72,50	96148	9,8044
II	133,5	53,80	124,40	79,70	70,60	93628	9,5474
III	133,5	54,70	123,50	78,80	68,80	91241	9,3040
IV	133,0	55,60	122,70	77,40	67,10	88987	9,0741
V	133,0	56,50	121,75	76,50	65,25	86533	8,8239
VI	133,0	57,60	120,60	75,40	63,00	83549	8,5196
VII	133,0	58,30	119,85	74,70	61,55	81626	8,3235
VIII	132,5	59,20	119,00	73,30	59,80	79305	8,0869
IX	131,5	60,00	118,25	71,50	58,25	77250	7,8773
X	130,5	60,55	117,70	69,95	57,15	75791	7,7285
temp	25 °C						
μH ₂ O	1,00 Kgf/m ³						
μHg	13533,60 Kgf/m ³						

Tabela 32. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso sem emissores – rep.
2.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	52,80	125,50	80,20	72,70	96148	9,8044
II	133,5	53,65	124,60	79,85	70,95	93628	9,5474
III	133,5	54,50	123,70	79,00	69,20	91241	9,3040
IV	133,0	55,40	122,90	77,60	67,50	88987	9,0741
V	133,0	56,30	122,00	76,70	65,70	86533	8,8239
VI	133,0	57,50	120,65	75,50	63,15	83549	8,5196
VII	133,0	58,10	120,10	74,90	62,00	81626	8,3235
VIII	132,5	59,00	119,20	73,50	60,20	79305	8,0869
IX	131,5	59,80	118,35	71,70	58,55	77250	7,8773
X	130,5	60,40	117,80	70,10	57,40	75791	7,7285
temp	26°C						
μH ₂ O	996,81 Kgf/m ³						
μHg	13531,10 Kgf/m ³						

Tabela 33. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso sem emissores – rep. 3.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	132,5	52,70	125,50	79,80	72,80	88569	9,0315
II	132,0	53,60	124,65	78,40	71,05	86283	8,7984
III	132,0	54,50	123,70	77,50	69,20	84045	8,5702
IV	132,0	55,40	122,90	76,60	67,50	81928	8,3543
V	132,0	56,30	122,00	75,70	65,70	79629	8,1199
VI	131,5	57,50	120,65	74,00	63,15	76365	7,7870
VII	132,0	58,10	120,10	73,90	62,00	74898	7,6375
VIII	131,0	59,00	119,20	72,00	60,20	72648	7,4080
IX	129,5	59,80	118,35	69,70	58,55	70636	7,2029
X	129,5	60,40	117,80	69,10	57,40	69267	7,0633
temp	26 °C						
μH2O	996,81 Kgf/m3						
μHg	13531,10 Kgf/m3						

Tabela 34. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 1-1.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	51,20	125,10	81,80	73,90	90083	9,1860
II	133,0	54,30	122,10	78,70	67,80	82290	8,3913
III	132,5	56,90	120,20	75,60	63,30	76621	7,8132
IV	132,5	59,90	117,20	72,60	57,30	68951	7,0310
V	132,5	63,20	114,90	69,30	51,70	61841	6,3060
VI	132,5	65,20	111,30	67,30	46,10	54604	5,5681
VII	131,5	68,00	108,95	63,50	40,95	48140	4,9089
VIII	131,5	70,60	106,50	60,90	35,90	41692	4,2514
IX	130,5	73,10	103,80	57,40	30,70	35133	3,5825
X	130,5	75,10	101,85	55,40	26,75	30086	3,0679
temp	21 °C						
μH2O	998,02 Kgf/m3						
μHg	13543,40 Kgf/m3						

Tabela 35. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 1-2.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	53,30	124,20	79,70	70,90	86307	8,8009
II	133,0	56,60	120,80	76,40	64,20	77737	7,9270
III	132,5	58,50	119,00	74,00	60,50	73061	7,4502
IV	132,5	61,40	116,00	71,10	54,60	65514	6,6806
V	132,5	63,65	113,25	68,85	49,60	59098	6,0263
VI	132,5	66,80	110,50	65,70	43,70	51575	5,2592
VII	131,5	69,00	108,40	62,50	39,40	46181	4,7091
VIII	131,5	71,40	106,00	60,10	34,60	40045	4,0834
IX	130,5	73,80	103,40	56,70	29,60	33741	3,4406
X	130,5	75,20	101,50	55,30	26,30	29498	3,0080
temp	21°C						
μH ₂ O	998,02 Kgf/m ³						
μHg	13543,40 Kgf/m ³						

Tabela 36. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 1-3.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	52,70	124,60	80,30	71,90	87576	8,9302
II	133,0	56,10	121,10	76,90	65,00	78750	8,0303
III	132,5	57,80	119,40	74,70	61,60	74453	7,5921
IV	132,5	60,90	116,40	71,60	55,50	66660	6,7974
V	132,5	63,20	114,00	69,30	50,80	60647	6,1842
VI	132,5	66,70	110,80	65,80	44,10	52096	5,3123
VII	131,5	68,90	108,50	62,60	39,60	46437	4,7352
VIII	131,5	71,20	106,20	60,30	35,00	40556	4,1356
IX	130,5	73,70	103,50	56,80	29,80	33997	3,4667
X	130,5	75,60	101,60	54,90	26,00	29139	2,9714
temp	21°C						
μH ₂ O	998,02 Kgf/m ³						
μHg	13543,40 Kgf/m ³						

Tabela 37. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 2-1.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	50,10	128,00	82,90	77,90	95268	9,7146
II	132,5	53,50	124,60	79,00	71,10	86625	8,8333
III	131,5	56,20	121,90	75,30	65,70	79821	8,1395
IV	132,0	58,70	119,40	73,30	60,70	73382	7,4829
V	132,5	61,15	117,05	71,35	55,90	67203	6,8528
VI	131,0	64,60	113,50	66,40	48,90	58398	5,9549
VII	130,5	67,00	111,10	63,50	44,10	52312	5,3343
VIII	130,5	69,20	108,70	61,30	39,50	46423	4,7338
IX	130,0	71,60	106,30	58,40	34,70	40337	4,1132
X	130,0	73,15	104,25	56,85	31,10	35711	3,6415
temp	22°C						
μH ₂ O	997,80 Kgf/m ³						
μHg	13540,90 Kgf/m ³						

Tabela 38. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 2-2.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	49,70	128,90	83,30	79,20	96954	9,8865
II	132,5	53,10	125,00	79,40	71,90	87648	8,9376
III	131,5	55,80	122,30	75,70	66,50	80844	8,2438
IV	132,0	58,40	119,85	73,60	61,45	74348	7,5814
V	132,5	60,70	117,50	71,80	56,80	68353	6,9701
VI	131,0	64,20	113,80	66,80	49,60	59288	6,0457
VII	130,5	66,70	111,40	63,80	44,70	53079	5,4125
VIII	130,5	69,10	108,90	61,40	39,80	46811	4,7734
IX	130,0	71,50	106,50	58,50	35,00	40725	4,1528
X	130,0	73,50	104,40	56,50	30,90	35480	3,6179
temp	22°C						
μH ₂ O	997,80 Kgf/m ³						
μHg	13540,90 Kgf/m ³						

Tabela 39. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 2-3.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	51,40	126,70	81,60	75,30	91977	9,3791
II	132,5	54,80	123,30	77,70	68,50	83332	8,4975
III	131,5	57,50	120,70	74,00	63,20	76658	7,8170
IV	132,0	59,85	118,30	72,15	58,45	70534	7,1924
V	132,5	62,10	115,90	70,40	53,80	64532	6,5804
VI	131,0	65,50	112,40	65,50	46,90	55852	5,6953
VII	130,5	67,90	110,10	62,60	42,20	49896	5,0880
VIII	130,5	70,10	107,80	60,40	37,70	44138	4,5008
IX	130,0	72,50	105,40	57,50	32,90	38049	3,8800
X	130,0	74,40	103,40	55,60	29,00	33058	3,3710
temp	20°C						
μH ₂ O	998,23 Kgf/m ³						
μHg	13545,80 Kgf/m ³						

Tabela 40. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 3-1.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	48,10	130,00	85,40	81,90	100331	10,2309
II	132,5	52,40	126,20	80,10	73,80	90101	9,1877
III	132,5	55,20	123,40	77,30	68,20	82943	8,4579
IV	132,5	57,60	120,90	74,90	63,30	76676	7,8187
V	132,0	60,40	118,20	71,60	57,80	69700	7,1074
VI	131,5	63,70	114,80	67,80	51,10	61180	6,2387
VII	131,5	66,45	112,00	65,05	45,55	54084	5,5151
VIII	131,5	68,80	109,50	62,70	40,70	47878	4,8822
IX	131,0	71,20	107,20	59,80	36,00	41925	4,2751
X	130,0	73,50	104,90	56,50	31,40	36143	3,6856
temp	22°C						
μH ₂ O	997,80 Kgf/m ³						
μHg	13540,90 Kgf/m ³						

Tabela 41. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 3-2.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	50,45	128,10	83,05	77,65	94955	9,6827
II	132,5	53,85	124,20	78,65	70,35	85695	8,7384
III	132,5	56,40	122,10	76,10	65,70	79771	8,1344
IV	132,5	58,70	119,70	73,80	61,00	73757	7,5211
V	132,0	61,40	117,10	70,60	55,70	67035	6,8356
VI	131,5	64,55	113,80	66,95	49,25	58829	5,9989
VII	131,5	67,25	111,10	64,25	43,85	51925	5,2949
VIII	131,5	69,55	108,80	61,95	39,25	46044	4,6951
IX	131,0	71,90	106,40	59,10	34,50	40017	4,0806
X	130,0	73,95	104,30	56,05	30,35	34806	3,5492
temp	20°C						
μH2O	998,23 Kgf/m3						
μHg	13545,80 Kgf/m3						

Tabela 42. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca A – rep. 3-3.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	50,00	128,30	83,50	78,30	95757	9,7645
II	132,5	53,50	124,70	79,00	71,20	86774	8,8485
III	132,5	56,30	122,20	76,20	65,90	80013	8,1591
IV	132,5	58,70	119,80	73,80	61,10	73877	7,5334
V	132,0	61,30	117,20	70,70	55,90	67279	6,8605
VI	131,5	64,50	118,80	67,00	54,30	65517	6,6809
VII	131,5	67,20	111,20	64,30	44,00	52110	5,3138
VIII	131,5	69,50	108,90	62,00	39,40	46230	4,7141
IX	131,0	71,85	106,45	59,15	34,60	40138	4,0929
X	130,0	73,90	104,40	56,10	30,50	34994	3,5684
temp	21°C						
μH2O	998,02 Kgf/m3						
μHg	13543,40 Kgf/m3						

Tabela 43. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 1-1.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	52,60	124,40	80,40	71,80	87417	8,9141
II	132,5	56,10	120,90	76,40	64,80	78519	8,0068
III	132,5	58,50	118,75	74,00	60,25	72716	7,4150
IV	133,0	61,00	116,00	72,00	55,00	65945	6,7245
V	132,5	63,60	113,30	68,90	49,70	59215	6,0382
VI	132,5	67,10	109,70	65,40	42,60	50135	5,1124
VII	132,5	69,60	107,20	62,90	37,60	43745	4,4607
VIII	132,5	72,10	104,60	60,40	32,50	37222	3,7955
IX	132,0	74,70	102,00	57,30	27,30	30624	3,1228
X	130,5	78,00	98,40	52,50	20,40	21937	2,2370
temp	22°C						
μH2O	997,80 Kgf/m3						
μHg	13540,90 Kgf/m3						

Tabela 44. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 1-2.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	52,70	124,40	80,30	71,70	87294	8,9016
II	132,5	56,20	120,90	76,30	64,70	78396	7,9942
III	132,5	58,60	118,40	73,90	59,80	72129	7,3551
IV	133,0	61,10	116,00	71,90	54,90	65822	6,7120
V	132,5	63,70	113,30	68,80	49,60	59092	6,0257
VI	132,5	67,20	109,70	65,30	42,50	50013	5,0999
VII	132,5	69,80	107,00	62,70	37,20	43234	4,4086
VIII	132,5	72,30	104,40	60,20	32,10	36710	3,7434
IX	132,0	74,60	101,90	57,40	27,30	30614	3,1218
X	130,5	78,10	98,40	52,40	20,30	21814	2,2244
temp	22°C						
μH2O	997,80 Kgf/m3						
μHg	13540,90 Kgf/m3						

Tabela 45. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 1-3.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	52,60	124,50	80,40	71,90	87519	8,9245
II	132,5	56,20	120,90	76,30	64,70	78369	7,9914
III	132,5	58,60	118,50	73,90	59,90	72236	7,3660
IV	133,0	61,30	115,85	71,70	54,55	65354	6,6643
V	132,5	63,90	113,10	68,60	49,20	58560	5,9715
VI	132,5	67,50	109,40	65,00	41,90	49229	5,0199
VII	132,5	70,00	106,90	62,50	36,90	42840	4,3685
VIII	132,5	72,50	104,30	60,00	31,80	36319	3,7035
IX	132,0	74,75	101,90	57,25	27,15	30420	3,1020
X	130,5	78,20	98,90	52,30	20,70	22347	2,2788
temp	24°C						
μH ₂ O	997,32 Kgf/m ³						
μHg	13536,00 Kgf/m ³						

Tabela 46. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 2-1.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	53,50	125,40	79,50	71,90	87562	8,9288
II	132,5	56,90	121,90	75,60	65,00	78795	8,0348
III	132,5	59,30	119,50	73,20	60,20	72665	7,4098
IV	133,0	61,80	117,00	71,20	55,20	66231	6,7537
V	133,0	64,20	114,60	68,80	50,40	60102	6,1287
VI	133,0	67,70	111,00	65,30	43,30	51030	5,2037
VII	132,5	70,40	108,35	62,10	37,95	44250	4,5122
VIII	132,5	72,60	106,10	59,90	33,50	38565	3,9325
IX	131,5	75,10	103,50	56,40	28,40	32145	3,2779
X	130,5	78,50	100,20	52,00	21,70	23692	2,4159
temp	27°C						
μH ₂ O	996,54 Kgf/m ³						
μHg	13528,70 Kgf/m ³						

Tabela 47. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 2-2.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	53,30	125,50	79,70	72,20	87940	8,9674
II	132,5	57,00	121,80	75,50	64,80	78539	8,0088
III	132,5	59,40	119,50	73,10	60,10	72542	7,3973
IV	133,0	61,85	117,00	71,15	55,15	66170	6,7475
V	133,0	64,30	114,50	68,70	50,20	59846	6,1026
VI	133,0	67,80	111,00	65,20	43,20	50908	5,1911
VII	132,5	70,30	108,30	62,20	38,00	44306	4,5180
VIII	132,5	72,70	106,00	59,80	33,30	38309	3,9065
IX	131,5	75,20	103,50	56,30	28,30	32022	3,2654
X	130,5	78,50	100,10	52,00	21,60	23559	2,4024
temp	27°C						
μH2O	996,54 Kgf/m3						
μHg	13528,70 Kgf/m3						

Tabela 48. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 2-3.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	53,40	125,00	79,60	71,60	87154	8,8873
II	132,5	57,00	121,80	75,50	64,80	78539	8,0088
III	132,5	59,40	119,40	73,10	60,00	72410	7,3837
IV	133,0	61,90	117,00	71,10	55,10	66109	6,7412
V	133,0	64,30	114,50	68,70	50,20	59846	6,1026
VI	133,0	67,80	110,90	65,20	43,10	50775	5,1776
VII	132,5	70,40	108,30	62,10	37,90	44184	4,5055
VIII	132,5	72,70	106,00	59,80	33,30	38309	3,9065
IX	131,5	75,20	103,50	56,30	28,30	32022	3,2654
X	130,5	78,60	100,00	51,90	21,40	23304	2,3763
temp	27°C						
μH2O	996,54 Kgf/m3						
μHg	13528,70 Kgf/m3						

Tabela 49. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 3-1.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	53,40	125,00	79,60	71,60	87215	8,8935
II	133,0	57,00	124,60	76,00	67,60	82260	8,3882
III	133,0	59,30	119,10	73,70	59,80	72136	7,3558
IV	133,0	61,70	116,90	71,30	55,20	66268	6,7574
V	133,0	64,10	114,30	68,90	50,20	59868	6,1049
VI	133,0	67,80	110,70	65,20	42,90	50545	5,1541
VII	132,5	69,90	108,60	62,60	38,70	45226	4,6118
VIII	132,5	72,40	106,00	60,10	33,60	38704	3,9467
IX	131,5	74,90	103,50	56,60	28,60	32412	3,3051
X	130,5	78,40	99,80	52,10	21,40	23300	2,3759
temp	23°C						
μH2O	997,56 Kgf/m3						
μHg	13538,50 Kgf/m3						

Tabela 50. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 3-2.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	53,70	124,75	79,30	71,05	86515	8,8221
II	133,0	57,25	121,30	75,75	64,05	77574	7,9104
III	133,0	59,45	119,00	73,55	59,55	71819	7,3235
IV	133,0	61,80	116,70	71,20	54,90	65879	6,7178
V	133,0	64,20	114,30	68,80	50,10	59745	6,0923
VI	133,0	67,80	110,62	65,20	42,82	50438	5,1433
VII	132,5	70,00	108,50	62,50	38,50	44971	4,5857
VIII	132,5	72,45	106,00	60,05	33,55	38643	3,9405
IX	131,5	74,90	103,40	56,60	28,50	32280	3,2916
X	130,5	78,40	99,80	52,10	21,40	23300	2,3759
temp	23°C						
μH2O	997,56 Kgf/m3						
μHg	13538,50 Kgf/m3						

Tabela 51. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca A – rep. 3-3.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	53,70	124,70	79,30	71,00	86448	8,8153
II	133,0	57,20	121,30	75,80	64,10	77636	7,9167
III	133,0	59,50	119,00	73,50	59,50	71758	7,3172
IV	133,0	61,70	116,70	71,30	55,00	66002	6,7303
V	133,0	64,30	114,20	68,70	49,90	59490	6,0663
VI	133,0	67,90	110,50	65,10	42,60	50156	5,1145
VII	132,5	70,00	108,50	62,50	38,50	44971	4,5857
VIII	132,5	72,50	105,95	60,00	33,45	38515	3,9274
IX	131,5	75,00	103,40	56,50	28,40	32157	3,2791
X	130,5	78,40	99,80	52,10	21,40	23300	2,3759
temp	23°C						
μH2O	997,56 Kgf/m3						
μHg	13538,50 Kgf/m3						

Tabela 52. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 1-1.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	50,70	127,00	82,30	76,30	93187	9,5024
II	133,0	54,30	123,40	78,70	69,10	83986	8,5642
III	132,5	56,50	121,30	76,00	64,80	78545	8,0094
IV	132,5	59,90	118,40	72,60	58,50	70519	7,1909
V	132,5	61,70	116,00	70,80	54,30	65122	6,6406
VI	132,5	65,10	112,50	67,40	47,40	56300	5,7410
VII	131,5	67,30	110,20	64,20	42,90	50642	5,1641
VIII	131,5	69,80	107,60	61,70	37,80	44120	4,4990
IX	130,5	72,50	105,00	58,00	32,50	37450	3,8188
X	130,5	74,60	102,70	55,90	28,10	31817	3,2445
temp	23°C						
μH2O	997,56 Kgf/m3						
μHg	13538,50 Kgf/m3						

Tabela 53. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 1-2.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	50,35	127,20	82,65	76,85	93883	9,5734
II	133,0	53,70	123,80	79,30	70,10	85254	8,6935
III	132,5	55,60	121,90	76,90	66,30	80447	8,2033
IV	132,5	58,70	118,80	73,80	60,10	72524	7,3954
V	132,5	61,20	116,40	71,30	55,20	66268	6,7574
VI	132,5	64,70	112,80	67,80	48,10	57190	5,8317
VII	131,5	66,90	110,50	64,60	43,60	51532	5,2548
VIII	131,5	69,50	107,90	62,00	38,40	44887	4,5772
IX	130,5	72,10	105,30	58,40	33,20	38340	3,9096
X	130,5	74,40	102,95	56,10	28,55	32395	3,3034
temp	23°C						
μH2O	997,56 Kgf/m3						
μHg	13538,50 Kgf/m3						

Tabela 54. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 1-3.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	49,70	128,00	83,30	78,30	95743	9,7631
II	133,0	53,10	124,90	79,90	71,80	87451	8,9175
III	132,5	55,50	122,30	77,00	66,80	81101	8,2700
IV	132,5	58,40	119,30	74,10	60,90	73556	7,5007
V	132,5	60,90	116,80	71,60	55,90	67167	6,8491
VI	132,5	64,50	113,10	68,00	48,60	57833	5,8974
VII	131,5	66,80	110,80	64,70	44,00	52053	5,3079
VIII	131,5	69,30	108,20	62,20	38,90	45531	4,6428
IX	130,5	72,10	105,40	58,40	33,30	38472	3,9231
X	130,5	74,30	103,10	56,20	28,80	32717	3,3362
temp	23°C						
μH2O	997,56 Kgf/m3						
μHg	13538,50 Kgf/m3						

Tabela 55. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 2-1.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	51,40	126,70	81,60	75,30	91977	9,3791
II	133,0	54,60	123,60	78,40	69,00	83927	8,5582
III	132,5	57,10	121,00	75,40	63,90	77450	7,8977
IV	132,5	59,40	18,60	73,10	40,80	61313	6,2522
V	132,5	61,80	116,30	70,70	54,50	65432	6,6722
VI	132,5	65,20	112,90	67,30	47,70	56737	5,7856
VII	131,5	67,50	110,50	64,00	43,00	50821	5,1823
VIII	131,5	69,80	108,20	61,70	38,40	44940	4,5826
IX	130,5	72,05	105,85	58,45	33,80	39151	3,9923
X	130,5	74,10	103,80	56,40	29,70	33909	3,4578
temp	20°C						
μH2O	998,23 Kgf/m3						
μHg	13545,80 Kgf/m3						

Tabela 56. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 2-2.

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	52,30	125,80	80,70	73,50	89676	9,1444
II	133,0	55,25	122,80	77,75	67,55	82066	8,3684
III	132,5	57,70	120,25	74,80	62,55	75717	7,7210
IV	132,5	59,90	118,10	72,60	58,20	70158	7,1541
V	132,5	62,20	115,80	70,30	53,60	64276	6,5543
VI	132,5	65,50	112,35	67,00	46,85	55638	5,6735
VII	131,5	67,80	110,10	63,70	42,30	49921	5,0905
VIII	131,5	70,00	107,80	61,50	37,80	44163	4,5033
IX	130,5	72,30	105,50	58,20	33,20	38379	3,9136
X	130,5	74,40	103,40	56,10	29,00	33009	3,3660
temp	20°C						
μH2O	998,23 Kgf/m3						
μHg	13545,80 Kgf/m3						

Tabela 57. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 2-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	52,25	125,80	80,75	73,55	89737	9,1507
II	133,0	55,30	122,80	77,70	67,50	82004	8,3621
III	132,5	57,65	120,30	74,85	62,65	75845	7,7340
IV	132,5	59,90	118,05	72,60	58,15	70091	7,1473
V	132,5	62,20	115,80	70,30	53,60	64276	6,5543
VI	132,5	65,40	112,40	67,10	47,00	55828	5,6929
VII	131,5	67,70	110,20	63,80	42,50	50177	5,1166
VIII	131,5	70,10	107,80	61,40	37,70	44040	4,4908
IX	130,5	72,30	105,50	58,20	33,20	38379	3,9136
X	130,5	74,20	103,50	56,30	29,30	33388	3,4046
temp	20°C						
μH2O	998,23 Kgf/m3						
μHg	13545,80 Kgf/m3						

Tabela 58. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 3-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	49,80	128,80	83,70	79,00	96667	9,8573
II	132,5	53,85	125,10	78,65	71,25	86874	8,8587
III	132,5	55,90	122,50	76,60	66,60	80903	8,2498
IV	132,5	58,30	120,20	74,20	61,90	74900	7,6377
V	132,0	61,00	117,50	71,00	56,50	68046	6,9387
VI	131,5	64,15	114,20	67,35	50,05	59842	6,1022
VII	131,5	66,80	111,60	64,70	44,80	53133	5,4180
VIII	131,5	69,10	109,30	62,40	40,20	47252	4,8184
IX	131,0	71,50	106,80	59,50	35,30	41033	4,1842
X	130,0	73,70	104,60	56,30	30,90	35506	3,6206
temp	21°C						
μH2O	998,02 Kgf/m3						
μHg	13543,40 Kgf/m3						

Tabela 59. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 3-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	50,40	127,90	83,10	77,50	94751	9,6619
II	132,5	54,40	124,20	78,10	69,80	85018	8,6695
III	132,5	56,85	121,70	75,65	64,85	78687	8,0238
IV	132,5	59,20	119,20	73,30	60,00	72479	7,3908
V	132,0	61,80	116,55	70,20	54,75	65813	6,7110
VI	131,5	65,00	113,40	66,50	48,40	57745	5,8883
VII	131,5	67,90	110,80	63,60	42,90	50727	5,1728
VIII	131,5	69,70	108,50	61,80	38,80	45461	4,6357
IX	131,0	72,00	106,20	59,00	34,20	39628	4,0410
X	130,0	74,10	104,10	55,90	30,00	34356	3,5034
temp	20°C						
μH ₂ O	998,23 Kgf/m ³						
μHg	13545,80 Kgf/m ³						

Tabela 60. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca A – rep. 3-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	49,80	128,50	83,70	78,70	96268	9,8167
II	132,5	53,10	125,20	79,40	72,10	87929	8,9663
III	132,5	55,70	122,60	76,80	66,90	81282	8,2884
IV	132,5	58,00	120,30	74,50	62,30	75401	7,6888
V	132,0	60,50	117,80	71,50	57,30	69058	7,0420
VI	131,5	63,80	114,40	67,70	50,60	60538	6,1731
VII	131,5	66,30	111,90	65,20	45,60	54146	5,5213
VIII	131,5	68,60	109,60	62,90	41,00	48265	4,9217
IX	131,0	71,10	107,10	59,90	36,00	41923	4,2749
X	130,0	73,20	104,90	56,80	31,70	36519	3,7239
temp	21°C						
μH ₂ O	998,02 Kgf/m ³						
μHg	13543,40 Kgf/m ³						

Tabela 61. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 1-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	51,70	125,50	81,80	73,80	89963	9,1737
II	133,0	52,90	124,80	80,10	71,90	87607	8,9335
III	132,0	53,80	123,20	78,20	69,40	84475	8,6140
IV	133,5	55,50	121,60	78,00	66,10	80114	8,1693
V	132,5	56,90	120,30	75,60	63,40	76764	7,8278
VI	132,5	58,10	118,95	74,40	60,85	73497	7,4946
VII	133,5	59,85	117,75	73,65	57,90	69654	7,1027
VIII	133,5	60,50	116,50	73,00	56,00	67195	6,8520
IX	133,5	61,80	115,20	71,70	53,40	63871	6,5130
X	134,0	62,50	114,50	71,50	52,00	62032	6,3255
temp	18°C						
μH ₂ O	998,62 Kgf/m ³						
μHg	13545,80 Kgf/m ³						

Tabela 62. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 1-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	50,80	126,30	82,70	75,50	92152	9,3969
II	133,0	52,30	124,80	80,70	72,50	88364	9,0107
III	132,0	53,40	123,80	78,60	70,40	85782	8,7473
IV	133,5	54,90	122,20	78,60	67,30	81666	8,3276
V	132,5	56,30	120,80	76,20	64,50	78183	7,9724
VI	132,5	57,60	119,90	74,90	62,30	75389	7,6876
VII	133,5	58,90	118,10	74,60	59,20	71302	7,2708
VIII	133,5	60,00	117,00	73,50	57,00	68489	6,9839
IX	133,5	61,95	115,55	71,55	53,60	64166	6,5431
X	134,0	62,10	114,90	71,90	52,80	63069	6,4313
temp	19°C						
μH ₂ O	998,43 Kgf/m ³						
μHg	13548,30 Kgf/m ³						

Tabela 63. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 1-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	50,95	126,30	82,55	75,35	91968	9,3781
II	133,0	52,05	125,00	80,95	72,95	88938	9,0691
III	132,0	53,10	124,00	78,90	70,90	86416	8,8120
IV	133,5	54,60	122,60	78,90	68,00	82566	8,4194
V	132,5	55,90	121,15	76,60	65,25	79140	8,0700
VI	132,5	57,25	119,80	75,25	62,55	75687	7,7179
VII	133,5	58,55	118,40	74,95	59,85	72131	7,3553
VIII	133,5	59,60	117,20	73,90	57,60	69247	7,0612
IX	133,5	61,20	115,80	72,30	54,60	65420	6,6710
X	134,0	61,80	115,15	72,20	53,35	63770	6,5027
temp	19°C						
μH ₂ O	998,43 Kgf/m ³						
μHg	13548,30 Kgf/m ³						

Tabela 64. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 2-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	138,0	50,00	126,50	88,00	76,50	92944	9,4777
II	137,0	51,00	125,15	86,00	74,15	90020	9,1795
III	137,0	52,40	123,80	84,60	71,40	86507	8,8212
IV	137,0	53,80	122,35	83,20	68,55	82860	8,4494
V	137,0	55,15	121,00	81,85	65,85	79408	8,0974
VI	136,0	56,20	119,90	79,80	63,70	76754	7,8268
VII	136,0	57,50	118,55	78,50	61,05	73364	7,4810
VIII	137,0	58,80	117,40	78,20	58,60	70141	7,1524
IX	134,0	60,20	115,90	73,80	55,70	66722	6,8037
X	135,0	60,80	115,40	74,20	54,60	65222	6,6508
temp	20						
$\mu\text{H}_2\text{O}$	998,23 Kgf/m ³						
μHg	13545,80 Kgf/m ³						

Tabela 65. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 2-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	138,0	51,90	124,70	86,10	72,80	88234	8,9974
II	137,0	53,50	123,10	83,50	69,60	84240	8,5901
III	137,0	54,75	121,80	82,25	67,05	80977	8,2573
IV	137,0	56,10	120,40	80,90	64,30	77458	7,8985
V	137,0	57,30	119,15	79,70	61,85	74322	7,5787
VI	136,0	58,40	118,00	77,60	59,60	71540	7,2951
VII	136,0	59,60	116,80	76,40	57,20	68471	6,9821
VIII	137,0	60,80	115,65	76,20	54,85	65370	6,6659
IX	134,0	62,10	114,30	71,90	52,20	62273	6,3500
X	135,0	62,70	113,70	72,30	51,00	60640	6,1836
temp	19°C						
$\mu\text{H}_2\text{O}$	998,43 Kgf/m ³						
μHg	13548,30 Kgf/m ³						

Tabela 66. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 2-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	138,0	51,30	125,05	86,70	73,75	89437	9,1200
II	137,0	53,00	123,50	84,00	70,50	85386	8,7070
III	137,0	54,10	122,30	82,90	68,20	82440	8,4065
IV	137,0	55,50	120,90	81,50	65,40	78859	8,0414
V	137,0	56,75	119,65	80,25	62,90	75662	7,7154
VI	136,0	57,85	118,50	78,15	60,65	72880	7,4317
VII	136,0	58,90	117,50	77,10	58,60	70261	7,1647
VIII	137,0	60,25	116,20	76,75	55,95	66777	6,8094
IX	134,0	61,60	114,80	72,40	53,20	63551	6,4804
X	135,0	62,15	114,30	72,85	52,15	62113	6,3338
temp	19°C						
$\mu\text{H}_2\text{O}$	998,43 Kgf/m ³						
μHg	13548,30 Kgf/m ³						

Tabela 67. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 3-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	51,30	125,40	82,20	74,10	90326	9,2106
II	133,0	52,70	123,95	80,30	71,25	86728	8,8438
III	133,0	53,90	122,70	79,10	68,80	83593	8,5241
IV	132,5	55,20	121,40	77,30	66,20	80318	8,1901
V	133,0	56,50	120,10	76,50	63,60	76945	7,8462
VI	132,0	57,70	118,90	74,30	61,20	73974	7,5432
VII	131,0	59,00	117,55	72,00	58,55	70681	7,2074
VIII	131,5	60,45	116,15	71,05	55,70	66991	6,8311
IX	130,5	61,70	114,35	68,80	52,65	63162	6,4407
X	130,0	62,50	114,10	67,50	51,60	61895	6,3115
temp	20						
$\mu\text{H}_2\text{O}$	998,23 Kgf/m ³						
μHg	13545,80 Kgf/m ³						

Tabela 68. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 3-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	50,90	125,20	82,60	74,30	90552	9,2337
II	133,0	52,50	124,00	80,50	71,50	87040	8,8756
III	133,0	53,80	122,80	79,20	69,00	83849	8,5502
IV	132,5	55,00	121,50	77,50	66,50	80696	8,2287
V	133,0	56,40	120,20	76,60	63,80	77200	7,8722
VI	132,0	57,60	119,00	74,40	61,40	74229	7,5693
VII	131,0	58,90	117,70	72,10	58,80	71003	7,2403
VIII	131,5	60,30	116,80	71,20	56,50	68038	6,9379
IX	130,5	61,50	115,10	69,00	53,60	64403	6,5673
X	130,0	62,10	114,40	67,90	52,30	62785	6,4023
temp	20						
$\mu\text{H}_2\text{O}$	998,23 Kgf/m ³						
μHg	13545,80 Kgf/m ³						

Tabela 69. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca B – rep. 3-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	51,00	125,20	82,50	74,20	90429	9,2212
II	133,0	52,50	124,10	80,50	71,60	87173	8,8892
III	133,0	53,90	122,80	79,10	68,90	83726	8,5377
IV	132,5	55,10	121,50	77,40	66,40	80573	8,2162
V	133,0	56,10	120,10	76,90	64,00	77436	7,8963
VI	132,0	57,75	118,95	74,25	61,20	73979	7,5437
VII	131,0	59,10	117,60	71,90	58,50	70624	7,2017
VIII	131,5	60,30	116,25	71,20	55,95	67308	6,8635
IX	130,5	61,70	114,90	68,80	53,20	63892	6,5152
X	130,0	62,30	114,30	67,70	52,00	62407	6,3637
temp	20						
$\mu\text{H}_2\text{O}$	998,23 Kgf/m ³						
μHg	13545,80 Kgf/m ³						

Tabela 70. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B –
rep. 1-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	53,80	124,70	79,70	70,90	86247	8,7947
II	133,5	55,20	123,40	78,30	68,20	82803	8,4435
III	132,5	56,35	122,20	76,15	65,85	79896	8,1471
IV	133,5	58,70	119,75	74,80	61,05	73662	7,5114
V	133,0	60,00	118,50	73,00	58,50	70456	7,1845
VI	133,0	61,60	116,85	71,40	55,25	66301	6,7609
VII	133,0	63,30	115,00	69,70	51,70	61759	6,2977
VIII	132,5	64,50	113,80	68,00	49,30	58742	5,9900
IX	131,5	66,50	111,80	65,00	45,30	53730	5,4790
X	130,5	67,40	110,80	63,10	43,40	51396	5,2409
temp	25°C						
μH ₂ O	997,00 Kgf/m ³						
μHg	13533,60 Kgf/m ³						

Tabela 71. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B –
rep. 1-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	54,05	124,50	79,45	70,45	85675	8,7364
II	133,5	55,80	123,20	77,70	67,40	81800	8,3413
III	132,5	56,50	122,00	76,00	65,50	79447	8,1013
IV	133,5	58,80	119,70	74,70	60,90	73473	7,4921
V	133,0	60,00	118,50	73,00	58,50	70456	7,1845
VI	133,0	61,60	116,90	71,40	55,30	66368	6,7676
VII	133,0	63,40	115,00	69,60	51,60	61636	6,2852
VIII	132,5	64,50	113,80	68,00	49,30	58742	5,9900
IX	131,5	66,60	111,80	64,90	45,20	53607	5,4664
X	130,5	67,50	110,80	63,00	43,30	51273	5,2284
temp	25°C						
μH ₂ O	997,00 Kgf/m ³						
μHg	13533,60 Kgf/m ³						

Tabela 72. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B –
rep. 1-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	54,00	124,55	79,50	70,55	85802	8,7494
II	133,5	55,80	123,20	77,70	67,40	81800	8,3413
III	132,5	56,50	122,00	76,00	65,50	79447	8,1013
IV	133,5	58,80	119,70	74,70	60,90	73473	7,4921
V	133,0	60,00	118,50	73,00	58,50	70456	7,1845
VI	133,0	61,60	116,90	71,40	55,30	66368	6,7676
VII	133,0	63,40	115,00	69,60	51,60	61636	6,2852
VIII	132,5	64,50	113,90	68,00	49,40	58875	6,0036
IX	131,5	66,50	111,80	65,00	45,30	53730	5,4790
X	130,5	67,40	110,80	63,10	43,40	51396	5,2409
temp	25°C						
μH ₂ O	997,00 Kgf/m ³						
μHg	13533,60 Kgf/m ³						

Tabela 73. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B –
rep. 2-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	54,20	124,40	78,80	70,20	85466	8,7151
II	133,0	55,30	123,25	77,70	67,95	82587	8,4216
III	133,5	57,00	121,50	76,50	64,50	78126	7,9666
IV	133,5	58,80	119,60	74,70	60,80	73391	7,4838
V	133,0	60,60	117,90	72,40	57,30	68970	7,0330
VI	133,0	62,00	116,40	71,00	54,40	65258	6,6545
VII	133,0	63,70	114,70	69,30	51,00	60912	6,2113
VIII	132,5	65,80	113,00	66,70	47,20	56123	5,7229
IX	131,5	66,50	111,80	65,00	45,30	53767	5,4827
X	129,5	67,50	110,80	62,00	43,30	51406	5,2420
temp	21°C						
μH ₂ O	998,02 Kgf/m ³						
μHg	13543,40 Kgf/m ³						

Tabela 74. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B –
rep. 2-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	54,00	124,50	79,00	70,50	85845	8,7537
II	133,0	55,20	123,40	77,80	68,20	82909	8,4544
III	133,5	56,90	121,60	76,60	64,70	78381	7,9927
IV	133,5	58,60	119,80	74,90	61,20	73902	7,5359
V	133,0	59,60	118,85	73,40	59,25	71461	7,2870
VI	133,0	61,60	116,80	71,40	55,20	66281	6,7588
VII	133,0	63,50	114,90	69,50	51,40	61423	6,2634
VIII	132,5	64,70	113,65	67,80	48,95	58338	5,9488
IX	131,5	66,20	112,10	65,30	45,90	54534	5,5609
X	129,5	67,15	111,10	62,35	43,95	52235	5,3264
temp	21°C						
μH ₂ O	998,02 Kgf/m ³						
μHg	13543,40 Kgf/m ³						

Tabela 75. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B –
rep. 2-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	54,10	124,50	78,90	70,40	85722	8,7412
II	133,0	55,20	123,30	77,80	68,10	82777	8,4409
III	133,5	56,95	121,60	76,55	64,65	78320	7,9864
IV	133,5	58,60	119,80	74,90	61,20	73902	7,5359
V	133,0	59,60	118,85	73,40	59,25	71461	7,2870
VI	133,0	61,60	116,80	71,40	55,20	66281	6,7588
VII	133,0	63,50	114,90	69,50	51,40	61423	6,2634
VIII	132,5	64,70	113,65	67,80	48,95	58338	5,9488
IX	131,5	66,20	112,10	65,30	45,90	54534	5,5609
X	129,5	67,15	111,10	62,35	43,95	52235	5,3264
temp	21°C						
μH ₂ O	998,02 Kgf/m ³						
μHg	13543,40 Kgf/m ³						

Tabela 76. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B –
rep. 3-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	53,80	124,50	79,20	70,70	86121	8,7819
II	133,0	55,10	123,15	77,90	68,05	82730	8,4361
III	133,0	57,10	121,10	75,90	64,00	77548	7,9077
IV	133,5	58,70	119,40	74,80	60,70	73275	7,4719
V	133,5	60,00	118,30	73,50	58,30	70215	7,1600
VI	133,0	61,40	116,80	71,60	55,40	66551	6,7863
VII	132,5	63,10	115,00	69,40	51,90	62119	6,3344
VIII	132,5	65,00	113,00	67,50	48,00	57127	5,8253
IX	131,5	66,00	111,90	65,50	45,90	54534	5,5609
X	130,5	67,10	110,80	63,40	43,70	51819	5,2840
temp	19°C						
μH ₂ O	998,43 Kgf/m ³						
μHg	13548,30 Kgf/m ³						

Tabela 77. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B –
rep. 3-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	53,25	124,80	79,75	71,55	87196	8,8915
II	133,0	54,80	123,40	78,20	68,60	83431	8,5076
III	133,0	56,75	121,30	76,25	64,55	78244	7,9787
IV	133,5	58,30	119,65	75,20	61,35	74098	7,5559
V	133,5	59,80	118,20	73,70	58,40	70328	7,1715
VI	133,0	61,25	116,75	71,75	55,50	66669	6,7983
VII	132,5	63,00	115,00	69,50	52,00	62242	6,3469
VIII	132,5	64,90	113,00	67,60	48,10	57250	5,8378
IX	131,5	66,20	111,60	65,30	45,40	53890	5,4952
X	130,5	67,20	110,60	63,30	43,40	51430	5,2444
temp	19°C						
μH ₂ O	998,43 Kgf/m ³						
μHg	13548,30 Kgf/m ³						

Tabela 78. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca B –
rep. 3-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	53,70	124,40	79,30	70,70	86112	8,7809
II	133,0	55,10	123,10	77,90	68,00	82664	8,4293
III	133,0	57,00	121,10	76,00	64,10	77671	7,9203
IV	133,5	58,50	119,50	75,00	61,00	73653	7,5105
V	133,5	60,00	118,10	73,50	58,10	69950	7,1329
VI	133,0	61,30	116,70	71,70	55,40	66541	6,7853
VII	132,5	63,00	117,90	69,50	54,90	66092	6,7395
VIII	132,5	64,80	113,10	67,70	48,30	57505	5,8639
IX	131,5	66,20	111,65	65,30	45,45	53956	5,5020
X	130,5	67,20	110,50	63,30	43,30	51297	5,2309
temp	19°C						
μH ₂ O	998,43 Kgf/m ³						
μHg	13548,30 Kgf/m ³						

Tabela 79. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B –
rep. 1-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	49,70	127,80	83,80	78,10	95479	9,7361
II	133,0	51,55	125,85	81,45	74,30	90664	9,2452
III	132,0	52,50	124,80	79,50	72,30	88200	8,9939
IV	133,5	54,05	123,45	79,45	69,40	84355	8,6019
V	132,5	55,25	122,15	77,25	66,90	81252	8,2854
VI	132,5	56,40	120,90	76,10	64,50	78178	7,9720
VII	133,5	57,65	119,65	75,85	62,00	74884	7,6361
VIII	133,5	58,90	118,60	74,60	59,70	71953	7,3372
IX	133,5	60,05	117,25	73,45	57,20	68747	7,0102
X	134,0	60,70	116,60	73,30	55,90	67036	6,8358
temp	20,00						
μH ₂ O	998,23 Kgf/m ³						
μHg	13545,80 Kgf/m ³						

Tabela 80. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B –
rep. 1-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	50,50	126,70	83,00	76,20	93052	9,4887
II	133,0	51,45	125,75	81,55	74,30	90671	9,2459
III	132,0	52,30	124,80	79,70	72,50	88462	9,0206
IV	133,5	54,35	123,25	79,15	68,90	83736	8,5387
V	132,5	55,10	122,00	77,40	66,90	81252	8,2854
VI	132,5	56,40	120,70	76,10	64,30	77927	7,9464
VII	133,5	57,70	119,30	75,80	61,60	74372	7,5838
VIII	133,5	58,90	118,10	74,60	59,20	71302	7,2708
IX	133,5	60,20	116,85	73,30	56,65	68044	6,9386
X	134,0	60,90	116,20	73,10	55,30	66271	6,7578
temp	19,00						
$\mu\text{H}_2\text{O}$	998,43 Kgf/m ³						
μHg	13548,30 Kgf/m ³						

Tabela 81. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B –
rep. 1-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	50,60	126,60	82,90	76,00	92779	9,4609
II	133,0	51,70	125,50	81,30	73,80	90015	9,1790
III	132,0	52,60	124,40	79,40	71,80	87546	8,9272
IV	133,5	54,10	123,10	79,40	69,00	83829	8,5482
V	132,5	55,40	121,70	77,10	66,30	80470	8,2057
VI	132,5	56,70	120,40	75,80	63,70	77146	7,8667
VII	133,5	58,00	119,10	75,50	61,10	73724	7,5177
VIII	133,5	59,20	117,90	74,30	58,70	70655	7,2048
IX	133,5	60,50	116,00	73,00	55,50	66534	6,7846
X	134,0	61,25	115,85	72,75	54,60	65364	6,6653
temp	20,00						
$\mu\text{H}_2\text{O}$	998,23 Kgf/m ³						
μHg	13545,80 Kgf/m ³						

Tabela 82. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B –
rep. 2-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	138,0	50,10	126,50	87,90	76,40	92821	9,4651
II	137,0	51,80	124,80	85,20	73,00	88572	9,0318
III	137,0	53,00	123,50	84,00	70,50	85371	8,7054
IV	137,0	53,70	122,80	83,30	69,10	83580	8,5228
V	137,0	55,10	121,50	81,90	66,40	80133	8,1713
VI	136,0	56,20	120,20	79,80	64,00	77153	7,8674
VII	136,0	57,50	119,00	78,50	61,50	73961	7,5419
VIII	137,0	58,80	117,70	78,20	58,90	70539	7,1930
IX	134,0	60,30	116,10	73,70	55,80	66864	6,8182
X	135,0	60,90	115,60	74,10	54,70	65365	6,6653
temp	20						
μH ₂ O	998,23 Kgf/m ³						
μHg	13545,80 Kgf/m ³						

Tabela 83. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B –
rep. 2-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	138,0	50,50	126,05	87,50	75,55	91716	9,3524
II	137,0	52,20	124,30	84,80	72,10	87401	8,9124
III	137,0	53,40	123,10	83,60	69,70	84333	8,5996
IV	137,0	54,80	121,80	82,20	67,00	80886	8,2481
V	137,0	56,10	120,50	80,90	64,40	77563	7,9092
VI	136,0	57,20	119,40	78,80	62,20	74848	7,6324
VII	136,0	58,20	118,25	77,80	60,05	72092	7,3514
VIII	137,0	59,50	116,90	77,50	57,40	68604	6,9957
IX	134,0	60,90	115,60	73,10	54,70	65451	6,6742
X	135,0	61,60	115,00	73,40	53,40	63696	6,4952
temp	21						
μH ₂ O	998,02 Kgf/m ³						
μHg	13543,40 Kgf/m ³						

Tabela 84. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B –
rep. 2-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	138,0	51,10	125,80	86,90	74,70	90662	9,2450
II	137,0	52,70	124,20	84,30	71,50	86669	8,8377
III	137,0	53,90	123,00	83,10	69,10	83600	8,5248
IV	137,0	55,10	121,65	81,90	66,55	80332	8,1916
V	137,0	56,40	120,40	80,60	64,00	77074	7,8594
VI	136,0	57,50	119,40	78,50	61,90	74492	7,5961
VII	136,0	58,60	118,10	77,40	59,50	71414	7,2822
VIII	137,0	59,90	116,80	77,10	56,90	67992	6,9332
IX	134,0	61,30	115,50	72,70	54,20	64838	6,6116
X	135,0	62,00	114,80	73,00	52,80	62950	6,4191
temp	20						
μH ₂ O	998,23 Kgf/m ³						
μHg	13545,80 Kgf/m ³						

Tabela 85. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B –
rep. 3-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	49,50	127,30	84,00	77,80	95044	9,6918
II	133,0	51,10	125,60	81,90	74,50	90869	9,2661
III	133,0	52,50	124,30	80,50	71,80	87423	8,9146
IV	132,5	53,70	122,95	78,80	69,25	84204	8,5865
V	133,0	55,60	121,60	77,40	66,00	80028	8,1606
VI	132,0	56,30	120,40	75,70	64,10	77672	7,9204
VII	131,0	57,50	119,10	73,50	61,60	74569	7,6040
VIII	131,5	59,00	117,70	72,50	58,70	70818	7,2215
IX	130,5	60,35	116,85	70,15	56,50	68128	6,9471
X	130,0	61,10	115,60	68,90	54,50	65596	6,6889
temp	21						
μH ₂ O	998,02 Kgf/m ³						
μHg	13543,30 Kgf/m ³						

Tabela 86. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B –
rep. 3-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	49,05	127,15	84,45	78,10	95398	9,7279
II	133,0	51,10	125,60	81,90	74,50	90869	9,2661
III	133,0	52,30	124,90	80,70	72,60	88465	9,0209
IV	132,5	53,20	123,00	79,30	69,80	84886	8,6559
V	133,0	55,00	121,80	78,00	66,80	81031	8,2629
VI	132,0	56,15	120,55	75,85	64,40	78056	7,9595
VII	131,0	57,85	119,25	73,15	61,40	74338	7,5804
VIII	131,5	58,90	117,80	72,60	58,90	71074	7,2475
IX	130,5	60,20	116,50	70,30	56,30	67848	6,9186
X	130,0	60,40	115,90	69,60	55,50	66855	6,8173
temp	21						
$\mu\text{H}_2\text{O}$	998,02 Kgf/m ³						
μHg	13543,30 Kgf/m ³						

Tabela 87. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca B –
rep. 3-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	49,35	127,50	84,15	78,15	95494	9,7376
II	133,0	50,85	125,90	82,15	75,05	91575	9,3380
III	133,0	52,00	124,70	81,00	72,70	88568	9,0315
IV	132,5	53,35	123,40	79,15	70,05	85232	8,6913
V	133,0	54,60	122,20	78,40	67,60	82054	8,3671
VI	132,0	55,80	120,90	76,20	65,10	78951	8,0507
VII	131,0	57,10	119,60	73,90	62,50	75725	7,7218
VIII	131,5	58,50	118,20	73,00	59,70	72097	7,3518
IX	130,5	59,80	116,90	70,70	57,10	68871	7,0229
X	130,0	60,20	116,60	69,80	56,40	68030	6,9371
temp	21						
$\mu\text{H}_2\text{O}$	998,02 Kgf/m ³						
μHg	13543,30 Kgf/m ³						

Tabela 88. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 1-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	134,0	50,00	128,10	84,00	78,10	95443	9,7325
II	132,5	51,10	126,80	81,40	75,70	92512	9,4336
III	132,5	52,20	125,80	80,30	73,60	89832	9,1603
IV	132,5	53,40	124,50	79,10	71,10	86631	8,8339
V	132,0	54,30	123,70	77,70	69,40	84512	8,6178
VI	132,0	55,90	122,10	76,10	66,20	80421	8,2007
VII	131,5	56,60	121,20	74,90	64,60	78415	7,9961
VIII	131,5	57,95	119,80	73,55	61,85	74897	7,6374
IX	130,5	58,80	118,80	71,70	60,00	72623	7,4054
X	130,0	59,50	118,30	70,50	58,80	71147	7,2550
temp	21°C						
μH2O	998,02 Kgf/m3						
μHg	13543,40 Kgf/m3						

Tabela 89. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 1-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	134,0	50,20	127,80	83,80	77,60	94782	9,6650
II	132,5	51,30	126,60	81,20	75,30	91984	9,3797
III	132,5	52,20	125,60	80,30	73,40	89550	9,1316
IV	132,5	53,60	124,30	78,90	70,70	86104	8,7802
V	132,0	54,60	123,30	77,40	68,70	83597	8,5245
VI	132,0	56,00	121,70	76,00	65,70	79753	8,1325
VII	131,5	56,90	120,90	74,60	64,00	77634	7,9164
VIII	131,5	58,20	119,55	73,30	61,35	74244	7,5708
IX	130,5	59,15	118,60	71,35	59,45	71914	7,3332
X	130,0	59,80	117,95	70,20	58,15	70301	7,1687
temp	22°C						
μH2O	997,80 Kgf/m3						
μHg	13540,90 Kgf/m3						

Tabela 90. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 1-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	134,0	52,30	125,30	81,70	73,00	88914	9,0667
II	132,5	53,40	124,10	79,10	70,70	86115	8,7813
III	132,5	54,45	123,10	78,05	68,65	83497	8,5143
IV	132,5	55,60	121,90	76,90	66,30	80490	8,2077
V	132,0	56,50	120,90	75,50	64,40	78104	7,9644
VI	132,0	58,00	119,40	74,00	61,40	74269	7,5733
VII	131,5	58,80	118,60	72,70	59,80	72272	7,3697
VIII	131,5	60,10	117,20	71,40	57,10	68815	7,0172
IX	130,5	61,00	116,50	69,50	55,50	66877	6,8195
X	130,0	61,70	115,80	68,30	54,10	65136	6,6420
temp	20°C						
μH2O	998,23 Kgf/m3						
μHg	13545,80 Kgf/m3						

Tabela 91. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 2-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	48,20	130,50	85,30	82,30	100872	10,2861
II	132,5	49,60	128,95	82,90	79,35	97192	9,9108
III	132,0	50,70	127,90	81,30	77,20	94495	9,6358
IV	133,0	51,90	126,65	81,10	74,75	91264	9,3063
V	132,5	52,90	125,60	79,60	72,70	88690	9,0438
VI	132,0	54,30	124,25	77,70	69,95	85226	8,6907
VII	132,0	55,30	123,30	76,70	68,00	82736	8,4368
VIII	131,5	56,20	122,30	75,30	66,10	80352	8,1936
IX	130,0	57,40	121,20	72,60	63,80	77564	7,9093
X	129,5	58,10	120,45	71,40	62,35	75757	7,7251
temp	22°C						
μH ₂ O	997,80 Kgf/m ³						
μHg	13540,90 Kgf/m ³						

Tabela 92. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 2-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	48,40	130,15	85,10	81,75	100161	10,2136
II	132,5	49,80	128,70	82,70	78,90	96614	9,8519
III	132,0	50,80	127,70	81,20	76,90	94107	9,5962
IV	133,0	52,00	126,50	81,00	74,50	90942	9,2735
V	132,5	53,10	125,40	79,40	72,30	88179	8,9917
VI	132,0	54,40	124,10	77,60	69,70	84904	8,6578
VII	132,0	55,30	123,30	76,70	68,00	82736	8,4368
VIII	131,5	56,25	122,30	75,25	66,05	80291	8,1874
IX	130,0	57,45	121,15	72,55	63,70	77436	7,8963
X	129,5	58,15	120,40	71,35	62,25	75629	7,7120
temp	22°C						
μH ₂ O	997,80 Kgf/m ³						
μHg	13540,90 Kgf/m ³						

Tabela 93. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 2-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	48,30	130,30	85,20	82,00	100386	10,2365
II	132,5	49,65	128,95	82,85	79,30	97036	9,8949
III	132,0	50,60	128,05	81,40	77,45	94725	9,6593
IV	133,0	51,80	126,75	81,20	74,95	91430	9,3233
V	132,5	52,90	125,70	79,60	72,80	88736	9,0486
VI	132,0	54,20	124,40	77,80	70,20	85465	8,7150
VII	132,0	55,15	123,40	76,85	68,25	82972	8,4608
VIII	131,5	56,20	122,45	75,30	66,25	80472	8,2059
IX	130,0	57,35	121,30	72,65	63,95	77682	7,9214
X	129,5	57,80	120,70	71,70	62,90	76383	7,7889
temp	23°C						
μH ₂ O	997,56 Kgf/m ³						
μHg	13528,50 Kgf/m ³						

Tabela 94. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 3-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	47,50	130,20	86,00	82,70	101353	10,3351
II	132,5	48,50	129,20	84,00	80,70	98894	10,0843
III	132,0	49,05	128,65	82,95	79,60	97536	9,9459
IV	133,5	50,30	127,30	83,20	77,00	94061	9,5916
V	133,0	51,25	126,35	81,75	75,10	91681	9,3489
VI	132,0	25,20	125,40	106,80	100,20	122545	12,4961
VII	132,0	53,60	124,10	78,40	70,50	85903	8,7597
VIII	132,0	54,50	123,10	77,50	68,60	83470	8,5115
IX	130,0	55,80	121,85	74,20	66,05	80408	8,1993
X	130,5	56,60	121,05	73,90	64,45	78314	7,9858
temp	21°C						
μH2O	998,02 Kgf/m3						
μHg	13543,40 Kgf/m3						

Tabela 95. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 3-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	48,10	129,70	85,40	81,60	99933	10,1903
II	132,5	49,35	128,45	83,15	79,10	96836	9,8745
III	132,0	50,40	127,35	81,60	76,95	94134	9,5990
IV	133,5	51,80	126,00	81,70	74,20	90475	9,2259
V	133,0	52,80	125,00	80,20	72,20	87968	8,9702
VI	132,0	53,70	124,10	78,30	70,40	85765	8,7456
VII	132,0	55,00	122,70	77,00	67,70	82309	8,3932
VIII	132,0	55,95	121,75	76,05	65,80	79881	8,1456
IX	130,0	57,25	120,50	72,75	63,25	76819	7,8334
X	130,5	58,00	119,80	72,50	61,80	74920	7,6397
temp	22°C						
μH2O	997,80 Kgf/m3						
μHg	13540,90 Kgf/m3						

Tabela 96. Medidas e cálculo de pressões para mangueira nova Marca C – rep. 3-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	48,30	128,65	85,20	80,35	98294	10,0232
II	132,5	49,30	128,40	83,20	79,10	96831	9,8740
III	132,0	50,30	127,45	81,70	77,15	94390	9,6251
IV	133,5	51,60	126,20	81,90	74,60	90986	9,2780
V	133,0	52,60	125,20	80,40	72,60	88479	9,0223
VI	132,0	53,65	124,20	78,35	70,55	85959	8,7654
VII	132,0	54,70	123,10	77,30	68,40	83209	8,4849
VIII	132,0	55,80	122,05	76,20	66,25	80463	8,2050
IX	130,0	57,00	120,80	73,00	63,80	77525	7,9053
X	130,5	57,65	120,00	72,85	62,35	75615	7,7106
temp	22°C						
μH2O	997,80 Kgf/m3						
μHg	13540,90 Kgf/m3						

Tabela 97. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 1-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	52,70	125,10	80,30	72,40	88147	8,9885
II	132,5	54,20	123,70	78,30	69,50	84497	8,6163
III	132,5	55,20	122,60	77,30	67,40	81811	8,3424
IV	133,0	56,50	121,30	76,50	64,80	78442	7,9988
V	132,5	57,60	120,20	74,90	62,60	75681	7,7173
VI	132,5	59,00	118,90	73,50	59,90	72238	7,3662
VII	132,5	60,00	117,90	72,50	57,90	69684	7,1058
VIII	132,5	60,90	117,00	71,60	56,10	67386	6,8714
IX	132,0	62,25	115,50	69,75	53,25	63788	6,5045
X	131,5	62,90	114,80	68,60	51,90	62110	6,3335
temp	27°C						
μH2O	996,54 Kgf/m3						
μHg	13528,70 Kgf/m3						

Tabela 98. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 1-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	52,50	125,20	80,50	72,70	88587	9,0333
II	132,5	54,00	123,70	78,50	69,70	84802	8,6474
III	132,5	55,10	122,60	77,40	67,50	81990	8,3607
IV	133,0	56,40	121,25	76,60	64,85	78553	8,0102
V	132,5	57,50	12,20	75,00	45,30	67435	6,8764
VI	132,5	58,80	118,90	73,70	60,10	72534	7,3964
VII	132,5	59,90	117,80	72,60	57,90	69723	7,1097
VIII	132,5	60,70	116,90	71,80	56,20	67545	6,8877
IX	132,0	62,20	115,40	69,80	53,20	63761	6,5018
X	131,5	62,80	114,80	68,70	52,00	62276	6,3504
temp	23°C						
μH2O	997,56 Kgf/m3						
μHg	13538,50 Kgf/m3						

Tabela 99. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 1-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	52,70	125,00	80,30	72,30	88075	8,9812
II	132,5	54,10	123,60	78,40	69,50	84546	8,6213
III	132,5	55,20	122,40	77,30	67,20	81602	8,3211
IV	133,0	56,40	121,20	76,60	64,80	78486	8,0034
V	132,5	57,50	120,10	75,00	62,60	75724	7,7217
VI	132,5	58,80	118,80	73,70	60,00	72401	7,3829
VII	132,5	59,90	117,80	72,60	57,90	69723	7,1097
VIII	132,5	60,70	116,90	71,80	56,20	67545	6,8877
IX	132,0	62,20	115,50	69,80	53,30	63893	6,5153
X	131,5	62,80	114,80	68,70	52,00	62276	6,3504
temp	23°C						
μH ₂ O	997,56 Kgf/m ³						
μHg	13538,50 Kgf/m ³						

Tabela 100. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 2-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	52,75	124,60	80,25	71,85	87483	8,9208
II	132,5	53,60	123,80	78,90	70,20	85426	8,7110
III	132,5	55,00	122,40	77,50	67,40	81848	8,3462
IV	133,0	56,00	121,40	77,00	65,40	79243	8,0806
V	133,0	57,20	120,20	75,80	63,00	76176	7,7678
VI	133,0	58,00	119,40	75,00	61,40	74132	7,5593
VII	133,0	59,50	117,90	73,50	58,40	70298	7,1684
VIII	132,5	60,15	116,70	72,35	56,55	67956	6,9296
IX	131,5	61,80	115,60	69,70	53,80	64566	6,5839
X	131,5	62,40	115,00	69,10	52,60	63033	6,4276
temp	23°C						
μH ₂ O	997,56 Kgf/m ³						
μHg	13538,50 Kgf/m ³						

Tabela 101. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 2-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	52,70	124,05	80,30	71,35	86799	8,8511
II	132,5	53,60	123,80	78,90	70,20	85411	8,7095
III	132,5	54,95	122,50	77,55	67,55	82027	8,3645
IV	133,0	56,00	121,40	77,00	65,40	79229	8,0791
V	133,0	57,10	120,30	75,90	63,20	76418	7,7925
VI	133,0	59,90	119,40	73,10	59,50	71784	7,3199
VII	133,0	59,40	117,90	73,60	58,50	70408	7,1797
VIII	132,5	60,50	116,85	72,00	56,35	67713	6,9048
IX	131,5	61,70	115,60	69,80	53,90	64678	6,5953
X	131,5	62,20	115,10	69,30	52,90	63400	6,4650
temp	24°C						
μH2O	997,32 Kgf/m3						
μHg	13536,00 Kgf/m3						

Tabela 102. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 2-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	52,70	124,80	80,30	72,10	87780	8,9511
II	132,5	53,60	124,00	78,90	70,40	85662	8,7351
III	132,5	55,00	122,55	77,50	67,55	82019	8,3636
IV	133,0	56,10	121,50	76,90	65,40	79226	8,0788
V	133,0	57,30	120,30	75,70	63,00	76160	7,7662
VI	133,0	58,10	119,40	74,90	61,30	73984	7,5442
VII	133,0	59,60	117,90	73,40	58,30	70151	7,1534
VIII	132,5	60,70	116,80	71,80	56,10	67390	6,8718
IX	131,5	61,90	115,60	69,60	53,70	64422	6,5692
X	131,5	62,40	115,10	69,10	52,70	63144	6,4389
temp	25°C						
μH2O	997,00 Kgf/m3						
μHg	13533,60 Kgf/m3						

Tabela 103. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 3-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	52,50	125,10	80,50	72,60	88438	9,0182
II	132,5	53,90	123,70	78,60	69,80	84909	8,6584
III	133,0	55,00	122,60	78,00	67,60	82050	8,3667
IV	133,0	56,40	121,10	76,60	64,70	78340	7,9884
V	133,0	57,30	120,20	75,70	62,90	76040	7,7539
VI	132,5	58,60	118,90	73,90	60,30	72767	7,4202
VII	133,0	59,60	117,90	73,40	58,30	70163	7,1546
VIII	132,5	60,00	117,55	72,50	57,55	69256	7,0621
IX	132,0	61,90	115,60	70,10	53,70	64383	6,5653
X	130,5	63,00	114,50	67,50	51,50	61719	6,2936
temp	24°C						
μH2O	997,32 Kgf/m3						
μHg	13536,00 Kgf/m3						

Tabela 104. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 3-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	52,70	124,80	80,30	72,10	87794	8,9525
II	132,5	53,90	123,60	78,60	69,70	84777	8,6448
III	133,0	55,00	122,50	78,00	67,50	81917	8,3532
IV	133,0	56,50	121,00	76,50	64,50	78084	7,9624
V	133,0	57,50	120,00	75,50	62,50	75529	7,7018
VI	132,5	59,10	118,40	73,40	59,30	71489	7,2899
VII	133,0	59,80	117,70	73,20	57,90	69652	7,1025
VIII	132,5	60,10	117,50	72,40	57,40	69067	7,0428
IX	132,0	61,90	115,60	70,10	53,70	64383	6,5653
X	130,5	62,90	114,60	67,60	51,70	61974	6,3196
temp	24°C						
μH2O	997,32 Kgf/m3						
μHg	13536,00 Kgf/m3						

Tabela 105. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com 500 horas de uso Marca C – rep. 3-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	52,70	124,90	80,30	72,20	87913	8,9646
II	132,5	54,00	123,60	78,50	69,60	84640	8,6309
III	133,0	55,60	122,60	77,40	67,00	81299	8,2902
IV	133,0	56,50	121,10	76,50	64,60	78204	7,9746
V	133,0	57,40	120,20	75,60	62,80	75905	7,7401
VI	132,5	58,75	118,80	73,75	60,05	72438	7,3866
VII	133,0	59,80	117,80	73,20	58,00	69773	7,1149
VIII	132,5	60,00	117,50	72,50	57,50	69178	7,0542
IX	132,0	61,90	115,60	70,10	53,70	64373	6,5642
X	130,5	62,50	115,10	68,00	52,60	63119	6,4363
temp	25°C						
μH2O	997,00 Kgf/m3						
μHg	13533,60 Kgf/m3						

Tabela 106. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 1-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	50,50	127,00	83,00	76,50	93417	9,5259
II	133,0	51,90	125,60	81,10	73,70	89886	9,1659
III	132,5	52,90	124,50	79,60	71,60	87246	8,8966
IV	132,5	54,30	123,20	78,20	68,90	83799	8,5452
V	132,0	55,30	122,20	76,70	66,90	81292	8,2894
VI	132,5	56,65	120,15	75,85	63,50	76862	7,8377
VII	132,0	57,60	119,20	74,40	61,60	74482	7,5951
VIII	131,5	59,00	118,40	72,50	59,40	71748	7,3163
IX	131,0	59,90	117,50	71,10	57,60	69496	7,0866
X	130,5	60,50	116,85	70,00	56,35	67944	6,9284
temp	21°C						
μH2O	998,02 Kgf/m3						
μHg	13543,40 Kgf/m3						

Tabela 107. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 1-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	51,10	126,95	82,40	75,85	92613	9,4439
II	133,0	52,25	125,20	80,75	72,95	88925	9,0679
III	132,5	53,15	124,25	79,35	71,10	86607	8,8314
IV	132,5	54,45	123,10	78,05	68,65	83482	8,5128
V	132,0	55,30	122,10	76,70	66,80	81159	8,2759
VI	132,5	56,70	120,70	75,80	64,00	77531	7,9059
VII	132,0	57,65	119,70	74,35	62,05	75084	7,6565
VIII	131,5	58,90	118,50	72,60	59,60	72004	7,3423
IX	131,0	59,75	117,65	71,25	57,90	69879	7,1257
X	130,5	60,40	117,00	70,10	56,60	68266	6,9612
temp	21°C						
μH2O	998,02 Kgf/m3						
μHg	13543,40 Kgf/m3						

Tabela 108. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 1-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	50,90	126,70	82,60	75,80	92527	9,4351
II	133,0	52,10	125,40	80,90	73,30	89375	9,1137
III	132,5	53,05	124,45	79,45	71,40	86995	8,8710
IV	132,5	54,30	123,20	78,20	68,90	83799	8,5452
V	132,0	55,10	122,30	76,90	67,20	81670	8,3280
VI	132,5	56,60	120,80	75,90	64,20	77786	7,9320
VII	132,0	57,50	119,90	74,50	62,40	75534	7,7023
VIII	131,5	58,70	118,75	72,80	60,05	72581	7,4012
IX	131,0	59,60	117,90	71,40	58,30	70396	7,1783
X	130,5	60,30	117,10	70,20	56,80	68522	6,9873
temp	21°C						
μH2O	998,02 Kgf/m3						
μHg	13543,40 Kgf/m3						

Tabela 109. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 2-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	48,90	129,20	84,60	80,30	98286	10,0224
II	132,0	50,00	127,95	82,00	77,95	95422	9,7303
III	132,0	50,90	127,00	81,10	76,10	93055	9,4890
IV	132,5	52,15	125,80	80,35	73,65	89877	9,1649
V	133,0	53,10	124,80	79,90	71,70	87334	8,9055
VI	132,0	54,50	123,45	77,50	68,95	83919	8,5573
VII	132,0	55,30	122,60	76,70	67,30	81808	8,3421
VIII	131,5	56,30	121,60	75,20	65,30	79300	8,0864
IX	129,5	57,30	120,60	72,20	63,30	76940	7,8457
X	130,0	58,15	119,80	71,85	61,65	74784	7,6259
temp	22°C						
μH2O	997,80 Kgf/m3						
μHg	13540,90 Kgf/m3						

Tabela 110. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 2-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	48,90	128,55	84,60	79,65	97441	9,9363
II	132,0	50,10	127,90	81,90	77,80	95250	9,7128
III	132,0	51,05	126,40	80,95	75,35	92091	9,3907
IV	132,5	52,25	125,20	80,25	72,95	88974	9,0728
V	133,0	53,40	124,00	79,60	70,60	85919	8,7613
VI	132,0	54,70	122,60	77,30	67,90	82560	8,4188
VII	132,0	55,50	121,85	76,50	66,35	80581	8,2170
VIII	131,5	56,45	120,90	75,05	64,45	78201	7,9743
IX	129,5	57,60	119,75	71,90	62,15	75457	7,6944
X	130,0	58,40	119,00	71,60	60,60	73429	7,4876
temp	21°C						
μH2O	998,02 Kgf/m3						
μHg	13543,40 Kgf/m3						

Tabela 111. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 2-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,5	49,20	128,25	84,30	79,05	96674	9,8580
II	132,0	50,50	126,90	81,50	76,40	93431	9,5273
III	132,0	51,35	126,10	80,65	74,75	91324	9,3125
IV	132,5	52,60	124,85	79,90	72,25	88079	8,9816
V	133,0	53,60	123,90	79,40	70,30	85540	8,7227
VI	132,0	54,85	122,55	77,15	67,70	82309	8,3932
VII	132,0	55,70	121,70	76,30	66,00	80136	8,1716
VIII	131,5	56,50	120,80	75,00	64,30	78007	7,9545
IX	129,5	57,80	119,65	71,70	61,85	75078	7,6558
X	130,0	58,50	119,00	71,50	60,50	73306	7,4751
temp	21°C						
μH2O	998,02 Kgf/m3						
μHg	13543,40 Kgf/m3						

Tabela 112. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 3-1

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	50,60	127,10	82,40	76,50	93509	9,5353
II	132,5	51,80	125,90	80,70	74,10	90489	9,2273
III	132,5	52,70	125,00	79,80	72,30	88187	8,9926
IV	133,0	53,90	123,75	79,10	69,85	85003	8,6678
V	133,0	54,70	122,90	78,30	68,20	82890	8,4524
VI	131,5	55,65	122,00	75,85	66,35	80673	8,2264
VII	132,0	56,80	120,80	75,20	64,00	77617	7,9147
VIII	132,5	57,80	119,00	74,70	61,20	73948	7,5406
IX	129,5	59,00	118,70	70,50	59,70	72368	7,3794
X	129,5	59,80	117,90	69,70	58,10	70321	7,1708
temp	19°C						
μH2O	998,43 Kgf/m3						
μHg	13548,30 Kgf/m3						

Tabela 113. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 3-2

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	56,60	127,10	76,40	70,50	86130	8,7828
II	132,5	51,80	125,90	80,70	74,10	90489	9,2273
III	132,5	52,80	124,95	79,70	72,15	87998	8,9733
IV	133,0	53,90	123,70	79,10	69,80	84936	8,6611
V	133,0	54,80	122,90	78,20	68,10	82767	8,4399
VI	131,5	55,60	122,10	75,90	66,50	80868	8,2462
VII	132,0	56,75	120,90	75,25	64,15	77811	7,9345
VIII	132,5	57,80	119,90	74,70	62,10	75143	7,6625
IX	129,5	59,00	118,70	70,50	59,70	72368	7,3794
X	129,5	59,70	118,10	69,80	58,40	70710	7,2104
temp	19°C						
μH ₂ O	998,43 Kgf/m ³						
μHg	13548,30 Kgf/m ³						

Tabela 114. Medidas e cálculo de pressões para mangueira com emissores entupidos Marca C – rep. 3-3

Ponto	h1	h2	h3	H1	H3-H2	Pressão (Pa)	Pressão (mca)
I	133,0	50,20	127,50	82,80	77,30	94532	9,6396
II	132,5	51,20	126,50	81,30	75,30	92023	9,3838
III	132,5	52,30	125,40	80,20	73,10	89210	9,0969
IV	133,0	53,40	124,20	79,60	70,80	86215	8,7915
V	133,0	54,30	123,40	78,70	69,10	84046	8,5703
VI	131,5	55,20	122,50	76,30	67,30	81891	8,3505
VII	132,0	56,30	121,30	75,70	65,00	78896	8,0451
VIII	132,5	57,25	120,35	75,25	63,10	76417	7,7924
IX	129,5	58,50	119,20	71,00	60,70	73646	7,5098
X	129,5	59,40	118,30	70,10	58,90	71344	7,2751
temp	19°C						
μH ₂ O	998,43 Kgf/m ³						
μHg	13548,30 Kgf/m ³						