

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

AVALIAÇÃO TÉCNICA DE TUBOS EMISSORES PARA IRRIGAÇÃO  
LOCALIZADA.

CARLOS JESUS BACA GARCIA

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

Fevereiro– 2006

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

AVALIAÇÃO TÉCNICA DE TUBOS EMISSORES PARA IRRIGAÇÃO  
LOCALIZADA.

CARLOS JESUS BACA GARCIA

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

Fevereiro – 2006

**REPRODUÇÃO  
AUTORIZADA**

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

B116a Baca Garcia, Carlos Jesus, 1971-  
Avaliação técnica de tubos emissores para irrigação localizada / Carlos Jesus Baca Garcia. - Botucatu : [s.n.], 2006.

xii, 63 f. : il. color., tabs.

Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006

Orientador: Raimundo Leite Cruz

Inclui bibliografia.

1. Irrigação. 2. Irrigação localizada. 3. Tubos emissores - Avaliação. 4. ISO 8796. 5. ISO 9261. I. Cruz, Raimundo Leite. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

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

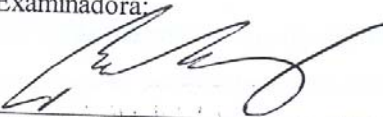
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO: "AVALIAÇÃO TÉCNICA DE TUBOS EMISSORES PARA IRRIGAÇÃO  
LOCALIZADA"

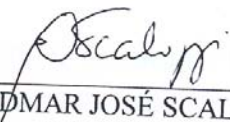
ALUNO: CARLOS JESUS BACA GARCIA

ORIENTADOR: PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ

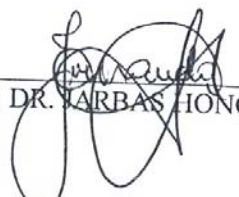
Aprovado pela Comissão Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ANTONIO DE PÁDUA SOUSA

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. EDMAR JOSÉ SCALOPPI

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ALEXANDRE BARCELLOS DALRI

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. CARLOS HONÓRIO DE MIRANDA

Data da Realização: 03 de fevereiro de 2006

## DEDICO

Aos meus queridos pais, **JESUS BACA e DELIA GARCIA**, que sempre demonstraram exemplos de coragem para enfrentar os bons e maus momentos. Muito obrigado por confiarem em mim mais uma vez, e sempre me estimularam na tentativa de alcançar um futuro melhor, tanto em bens materiais como morais, mesmo estando vocês, pais, com os corações apertados por não terem minha presença física no seu dia a dia.

Fico triste, mas a presença de vocês me conforta, como também, a certeza de que Deus e a vida nos colocam nos lugares certos e no tempo necessário, visando nos ensinar sempre a dar valor as coisas mais bonitas das nossas existências, o amor, o carinho e o companheirismo das pessoas que nos são muito queridos.

Às minhas irmãs **CLENY e KARINA**, pelo apoio, carinho e compreensão nos momentos em que estive ausente durante este período do doutorado.

Aos meus sobrinhos **FERNANDO, ANDREA, AMERICO LEONARDO e DELITA**, e para meus cunhados Bráulio e Américo.

## AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, pelo dom da vida, sabedoria e entusiasmo de viver e de vencer as adversidades da vida, pela realização deste sonho, e por Tua presença em todos os momentos de minha vida.

Ao Curso de 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 Professores Drs. Raimundo Leite Cruz, Edmar José Scaloppi, João Carlos Cury Saad, Antonio de Pádua Souza, Antonio Evaldo Klar, Sérgio Hugo Benez, Helenice O. F. Silva, Martha M. Mischán, Luzia A. Trinca, João Francisco Escobedo, Tarlei Arriel Botrel, Edivaldo José Seraphim, Rudney C. Queiroz, Célia Regina Lopes Zimback, João Carlos Zoocoler por suas disciplinas ministradas durante estes anos, e também aos demais professores, pela convivência e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Raimundo Leite Cruz, pela grande confiança depositada, pelo apoio incondicional, amizade sincera, incentivo e orientação durante todos estes anos.

Ao Prof. Ph.D. Edmar Scaloppi, pelos ensinamentos, orientação, amizade, prestatividade e pelo apoio incondicional.

Aos Prof. Drs. Antônio de Pádua Sousa e Antônio Evaldo Klar, pela amizade, e apoio nestes anos.

Ao M.Sc. Luiz Andrade, com quem aprendi muito sobre irrigação por gotejamento e pela amizade.

A todas as empresas que possibilitaram a conclusão deste trabalho, doando material para fazer os ensaios, em especial a Amanco Brasil, Netafim, Irrigaplan, Irrimon, Naan Dan, Mondragon, Petroisa Scarcelli.

Aos amigos e colegas de pós-graduação da Irrigação e Drenagem, por todos estes anos de convivência e por toda a amizade sincera, Ana María Fravet, Adriana Smanhotto, Marcelo Aguiar, Magali Ribeiro, Marcelo Lopes, Adenilson Lima, Lílian Moreira, Marquinho Morato, Rodrigo Barbosa, Indalecio Dutra, Marcito Maggi, Raúl Martinez Uribe, Maritane Prior, Cristhian Ferrari, Alexandre Barretos, Handrey Borges, Marcus Vinicius Araújo, Jane Lopes, Elisandro Pires, Ieschua Katz, pela amizade e momentos vividos.

Aos meus grandes amigos peruanos em Botucatu-SP: Edwin Camacho Palomino, Roberto Velasco, Lizbet Alendez pelos momentos vividos, e a Doris Bedoya de Velasco.

A turma de estrangeiros por todos os momentos vividos: Gil Ignácio Lara C. (Ecuatoriano), Luiz Gabriel Quintero, Blanca e família, e Gabriel Garrido (Colombianos), Juan Bonnino e família (Paraguayos)

Aos amigos de pós-graduação da Zootecnia e Veterinária, em especial a Charli Loudtke, Ana Paula, Luciana Rodrigues, Marleidi da Costa Silva, Sabrina Endo Takahashi, Claudinha Komiyama, Camila.

Aos amigos da graduação, da FCA, pela colaboração na avaliação dos ensaios, em especial a Bianca Franco Schrepel, Tatiane Celine dos Santos, e Cleber Jadoski.

A todos os amigos da Biblioteca “Paulo de Carvalho Mattos” da FCA/UNESP – Campus de Botucatu-, pelas colaborações prestadas e amizade.

As funcionárias e amigas da seção de pós-graduação da FCA/UNESP – Campus de Botucatu e, em especial a Marilena do Carmo Santos, Marlene Rezende de Freitas e Jaqueline, pelo gentil e pronto atendimento.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, em especial ao Gilberto Winkler, Silvio Scolastici e José Israel Ramos, pela atenção, colaboração e amizade.

A Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos que me permitiu prosseguir os estudos.

***E finalmente aos amigos do passado e do presente, os quais espero ter também no futuro.***

## SUMÁRIO

|                                                                      | <b>Página</b> |
|----------------------------------------------------------------------|---------------|
| LISTA DE FIGURAS.....                                                | IX            |
| LISTA DE TABELAS.....                                                | X             |
| 1 RESUMO.....                                                        | 1             |
| 2 SUMMARY.....                                                       | 3             |
| 3 RESUMEN.....                                                       | 5             |
| 4 INTRODUÇÃO.....                                                    | 7             |
| 5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....                                         | 10            |
| 5.1 Irrigação localizada por gotejamento.....                        | 10            |
| 5.2 Irrigação por gotejamento no Brasil.....                         | 11            |
| 5.3 Emissores de água/gotejadores.....                               | 14            |
| 5.4 Coeficiente de uniformidade de aplicação de água .....           | 16            |
| 5.4.1. Coeficiente de variação de fabricação ( $CV_f$ ).....         | 16            |
| 5.4.2 Expoente da pressão na equação pressão x vazão do emissor..... | 19            |
| 5.4.3 Entupimento.....                                               | 20            |
| 5.5 Os gotejadores e sua caracterização.....                         | 20            |
| 5.6 Normas para avaliar os emissores.....                            | 22            |
| 5.6.1. Normas ISO 8796:2004 e 9261:2004.....                         | 22            |
| 6 MATERIAL E MÉTODOS.....                                            | 23            |
| 6.1 Amostragem.....                                                  | 26            |
| 6.2 Seqüência das avaliações.....                                    | 26            |
| 6.3 Coeficiente de variação de fabricação ( $CV_f$ ).....            | 26            |
| 6.4 Vazão em função da pressão de entrada.....                       | 27            |
| 6.5 Determinação da relação vazão-pressão.....                       | 28            |
| 6.6 Espessura de parede do tubo emissor.....                         | 28            |
| 6.7 Determinação do diâmetro interno do tubo emissor.....            | 28            |

|                                                                                     | <b>Página</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 6.8 Determinação do espaçamento entre os emissores.....                             | 29            |
| 6.9 Resistência à pressão hidráulica em temperatura ambiente.....                   | 29            |
| 6.10 Resistência à pressão hidráulica em condição de elevada temperatura.....       | 30            |
| 6.11 Resistência à tração.....                                                      | 31            |
| 6.12 Ensaio de envelhecimento precoce.....                                          | 32            |
| 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                                                       | 34            |
| 7.1 Coeficiente de variação de fabricação.....                                      | 35            |
| 7.2 Vazão em função da pressão de entrada.....                                      | 36            |
| 7.3 Ajuste da relação vazão-pressão.....                                            | 39            |
| 7.4 Espessura de parede do tubo emissor.....                                        | 41            |
| 7.5 Diâmetro interno do tubo emissor.....                                           | 42            |
| 7.6 Espaçamento entre os emissores.....                                             | 43            |
| 7.7 Resistência à pressão hidráulica em temperatura ambiente.....                   | 44            |
| 7.7.1 Pressão de 1,2 x a pressão máxima $p_{max}$ – produtos não reutilizáveis..... | 44            |
| 7.7.2 Pressão de 1,8 x a pressão máxima $p_{max}$ – produtos reutilizáveis.....     | 47            |
| 7.8 Resistência à pressão hidráulica submetida à elevada temperatura (40°C).....    | 49            |
| 7.9 Resistência à tensão.....                                                       | 52            |
| 7.10 Resistência dos tubos emissores à fadiga ambiental.....                        | 57            |
| 8 CONCLUSÕES.....                                                                   | 58            |
| 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS.....                                                    | 59            |

## LISTA DE FIGURAS

| <b>Figura</b>                                                                                         | <b>Página</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1. Modelo típico de gotejador cilíndrico.....                                                         | 12            |
| 2. Modelo de gotejador cilíndrico Amanco Drip PC.....                                                 | 12            |
| 3. Modelo de gotejador cilíndrico da Naan Dan PC.....                                                 | 13            |
| 4. Modelo de fita gotejadora Queen gil, com diâmetro 15,9 mm.....                                     | 13            |
| 5. Modelo de fita gotejadora Chapin.....                                                              | 13            |
| 6. Modelo de emissor da Twin plus autocompensante.....                                                | 14            |
| 7. Modelo da mangueira gotejadora Goldendrip.....                                                     | 14            |
| 8. Vista geral da bancada de ensaios de emissores para gotejamento.....                               | 23            |
| 9. Bobinas das diferentes marcas comerciais de emissores para gotejamento.....                        | 24            |
| 10. Secção transversal e posição dos pontos a serem medidos nos tubos emissores.....                  | 28            |
| 11. Ferramenta cônica e paquímetro digital para determinar o diâmetro interno do tubo emissor.....    | 29            |
| 12. Recipiente com resistência elétrica para aquecimento.....                                         | 30            |
| 13. Dispositivo de medida de tração a 180 N.....                                                      | 31            |
| 14. Modo de dobrar o tubo emissor antes de colocar na solução.....                                    | 32            |
| 15. Equipamentos usados para a avaliação da suscetibilidade ao rachamento por estresse ambiental..... | 33            |
| 16. Colocando a amostra de Aqua Traxx, dentro do recipiente com a solução.....                        | 33            |

## LISTA DE TABELAS

| Tabelas                                                                                                                                      | Página |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Classificação do coeficiente de variação de fabricação ( $CV_f$ ) de emissores para gotejamento (SOLOMON, 1979).....                      | 18     |
| 2. Classificação do coeficiente de variação de fabricação ( $CV_f$ ) de emissores para gotejamento (ASAE, 1985).....                         | 18     |
| 3. Classificação do coeficiente de variação de fabricação ( $CV_f$ ) de emissores para gotejamento (ABNT, 1986).....                         | 19     |
| 4. Principais características técnicas dos tubos emissores avaliados, fornecidos pelos fabricantes.....                                      | 25     |
| 5. Pressão nominal dos emissores para o cálculo do coeficiente de variação de fabricação ( $CV_f$ ).....                                     | 26     |
| 6. Pressão de trabalho de entrada para emissores não autocompensantes.....                                                                   | 27     |
| 7. Pressão de trabalho de entrada para emissores autocompensantes.....                                                                       | 28     |
| 8. Valores de vazão média medida e a variação em relação à vazão informada.....                                                              | 34     |
| 9. Valores de $CV_f$ de todos os tubos emissores.....                                                                                        | 35     |
| 10. Vazão média ( $L\ h^{-1}$ ) em função da pressão de 25 emissores para as marcas Petro Drip e Golden Drip.....                            | 36     |
| 11. Vazão média ( $L\ h^{-1}$ ) em função da pressão de 25 emissores para as marcas Chapin, Queen Gil e Aqua Traxx. ....                     | 37     |
| 12. Vazão média ( $L\ h^{-1}$ ) em função da pressão de 25 emissores para as marcas Tiran e Amanco Drip.....                                 | 37     |
| 13. Vazão média ( $L\ h^{-1}$ ) em função da pressão de 25 emissores para as marcas comerciais Naan Pc, Twin plus, Ram e Amanco Drip PC..... | 38     |
| 14. Vazões fornecidas pelo fabricante e a diferença com as vazões obtidas pela equação ajustada.....                                         | 39     |
| 15. Vazões fornecidas pelo fabricante e a diferença com as vazões obtidas pela equação ajustada.....                                         | 39     |
| 16. Valores de $x$ e de $k$ dos tubos emissores avaliadas.....                                                                               | 40     |
| 17. Valores de $x$ calculados e fornecidos pelo fabricante.....                                                                              | 41     |
| 18. Valores das espessuras de parede dos tubos emissores, em mm.....                                                                         | 42     |

| <b>Tabela</b>                                                                                                                                                                | <b>Pág.</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 19. Diâmetro interno (mm) dos tubos emissores avaliados.....                                                                                                                 | 43          |
| 20. Espaçamento entre emissores (mm) .....                                                                                                                                   | 44          |
| 21. Vazão ( $L\ h^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,2 vezes a $p_{max}$ (144 kPa) para Petro Drip e Golden Drip.....           | 45          |
| 22. Vazão ( $L\ h^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,2 vezes a $p_{max}$ (120 kPa) para Chapin e Queen Gil.....                 | 45          |
| 23. Vazão ( $L\ h^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,2 vezes a $p_{max}$ (360 kPa) para Tiran e Ram.....                        | 45          |
| 24. Vazão ( $L\ h^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,2 vezes a $p_{max}$ (480 kPa) para Amanco Drip e Twin Plus.....            | 46          |
| 25. Vazão ( $L\ h^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,2 vezes a $p_{max}$ (420 kPa) para Naan PC e Amanco Drip PC (480 kPa)..... | 46          |
| 26. Vazão ( $L\ h^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,2 vezes a $p_{max}$ (180 kPa) para Aqua Traxx.....                         | 46          |
| 27. Vazão ( $L\ h^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,8 vezes a $p_{max}$ (216 kPa) para a mangueira Petro Drip e Golden Drip    | 47          |
| 28. Vazão ( $L\ h^{-1}$ ) a pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando a pressão de 1,2 vezes a $p_{max}$ (420 kPa) para Naan PC.....                            | 47          |
| 29. Vazão ( $L\ h^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,8 vezes a $p_{max}$ (540 kPa) para Tiran e Ram.....                        | 48          |
| 30. Vazão ( $L\ h^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,8 vezes a $p_{max}$ (720 kPa) para Amanco Drip e Twin Plus.....            | 48          |
| 31. Vazão ( $L\ h^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,8 vezes a $p_{max}$ (630 kPa) para Naan PC e Amanco Drip PC (720 kPa)..... | 48          |
| 32. Vazão ( $L\ h^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,8 vezes a $p_{max}$ (180 kPa) para Aqua Traxx.....                         | 49          |
| 33. Valores de vazão ( $L\ h^{-1}$ ) antes e depois do ensaio em água a 40°C e as variações encontradas para as marcas Petro Drip e Golden Drip.....                         | 50          |
| 34. Valores de vazão ( $L\ h^{-1}$ ) antes e depois do ensaio em água a 40°C e as variações encontradas para as marcas Chapin e Queen Gil.....                               | 50          |
| 35. Valores de vazão ( $L\ h^{-1}$ ) antes e depois do ensaio em água a 40°C e as variações encontradas para marcas Aqua Traxx e Tiran.....                                  | 50          |
| 36. Valores de vazão ( $L\ h^{-1}$ ) antes e depois do ensaio em água a 40°C e as variações encontradas para o tubo emissor Amanco Drip.....                                 | 51          |

| <b>Tabela</b>                                                                                                                                                                     | <b>Pag</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 37. Valores de vazão ( $L h^{-1}$ ) antes e depois do ensaio em água a $40^{\circ}C$ e as variações encontradas para os tubos emissores autocompensantes Naan PC e Twin Plus..... | 51         |
| 38. Valores de vazão ( $L h^{-1}$ ) antes e depois do ensaio em água a $40^{\circ}C$ e as variações encontradas para os tubos emissores autocompensantes Ram e Amanco Drip PC.    | 51         |
| 39. Distância entre os pontos submetidos a diferentes trações aplicadas no ensaio para os tubos emissores.....                                                                    | 52         |
| 40. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Petro Drip.....                                                              | 53         |
| 41. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Golden Drip.....                                                             | 53         |
| 42. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Chapin.....                                                                  | 54         |
| 43. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Queen Gil.....                                                               | 54         |
| 44. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Aqua Traxx.....                                                              | 54         |
| 45. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Tiran.....                                                                   | 55         |
| 46. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Amanco Drip.....                                                             | 55         |
| 47. Valores de vazão ( $L h^{-1}$ ) antes e depois do ensaio em água a $40^{\circ}C$ e as variações encontradas para os tubos emissores autocompensantes Naan PC e Twin Plus..... | 55         |
| 48. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Twin Plus.....                                                               | 56         |
| 49. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Ram.....                                                                     | 56         |
| 50. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Amanco Drip PC.....                                                          | 56         |

## **1 RESUMO**

Com o desenvolvimento da tecnologia dos plásticos, tornou-se possível à construção de tubos emissores, com padrão de qualidade, a custos relativamente baixos. O emprego da irrigação localizada, pelo sistema de gotejamento, ganhou no Brasil novo impulso a partir dos anos 90, com a instalação de diversas empresas internacionais especializadas neste mercado. As empresas mais importantes do mundo se fazem presente no Brasil e algumas multinacionais estão produzindo aqui parte de sua linha de produção, como: Netafim, Plastro, Amanco, NaanDan e como empresa brasileira fabricante, existe a Petroisa.

Esse trabalho teve por objetivo caracterizar e avaliar de forma técnica e hidráulica alguns tubos emissores para gotejamento, comercializados no mercado brasileiro de acordo com as normas ISO 8796:2004 e ISO 9261:2004. O experimento foi conduzido no Laboratório de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – Campus de Botucatu, São Paulo.

A norma ISO 9261:2004 prescreve critérios para avaliar e especificar gotejadores com vazão inferior a  $24 \text{ L h}^{-1}$  e tem por característica principal, a flexibilidade para adaptar economicamente qualquer laboratório de irrigação, porque não especifica as características da bancada de ensaios.

Os ensaios visaram à determinação dos seguintes parâmetros: Coeficiente de variação de fabricação, equação característica da relação entre pressão e vazão, espessura da parede, diâmetro interno, espaçamento entre emissores, resistência à pressão hidráulica à temperatura ambiente e à temperatura de 40°C, resistência à tensão de 160 N e 180 N, e ensaio de envelhecimento precoce.

As análises mostraram um coeficiente de variação de fabricação ( $CV_f$ ) inferior a 0,07 para todos os tubos emissores (valor máximo permitido pela norma ISO 9261:2004), podendo-se inferir que as marcas comerciais avaliadas apresentaram boa uniformidade de vazão.

Os expoentes ( $x$ ) obtidos para os emissores, na equação pressão-vazão, foram 0,431, 0,502, 0,450, 0,575, 0,533, 0,480, 0,470 para as marcas Petro Drip, Golden Drip, Chapin, Queen Gil, Aqua Traxx, Tiran e Amanco Drip, respectivamente, classificando-os como não autocompensantes. Pela ISO 9261:2004, o valor de  $x$  não deve exceder a 0,2 para que um emissor seja considerado autocompensante. Os emissores autocompensantes Ram, Naan PC, Amanco Drip PC e Twin Plus, avaliados tiveram valores inferiores a 0,075.

O ensaio de resistência à tração, conforme a ISO 9261:2004 é uma ferramenta útil para classificar um tubo emissor em **reutilizável** e **não reutilizável**. Das marcas ensaiadas, Aqua Traxx foi classificada como não reutilizável devido provavelmente à menor espessura em relação aos outros tubos emissores. Os demais tubos emissores podem ser considerados como reutilizáveis.

Com respeito à norma ISO 8796:2004, referente ao ensaio de envelhecimento precoce, nenhuma das marcas comerciais ensaiadas apresentou rachaduras.

Pelos resultados obtidos é possível afirmar que todos os produtos ensaiados e disponíveis no mercado brasileiro, apresentaram um desempenho satisfatório de acordo com as duas normas.

**Palavras chave:** Irrigação localizada, tubos gotejadores, avaliação dos tubos gotejadores.

## **2 SUMMARY**

### **TECHNICAL EVALUATION OF EMITTING PIPES**

Botucatu, 2006. 64 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CARLOS JESUS BACA GARCIA

Adviser: Prof Dr. RAIMUNDO LEITE CRUZ

#### **SUMMARY**

With the domain of the technology of plastics, it became possible to manufacture quality emitting pipes standard, at relatively low costs. Trickle irrigation method, using emitting pipes, gained in impulse Brazil during last decade 90, with the installation of several specialized international industries. Multinationals industries such as Netafim, Plastro, Amanco, NaanDan and a Brazilian manufacturer, Petroisa are producing here part of its line of production.

This work had the objective, to characterize and evaluate emitting pipes, commercialized in Brazil according to ISO 8796 and ISO 9261:2004 standards. The

tests were conducted in the Laboratory of Irrigation of the Faculdade de Ciências Agronômicas - Campus of Botucatu, São Paulo, Brazil.

The following parameters were evaluated: manufacturing variation, pressure and discharge equation, thickness of the wall, internal diameter, emitters spacing, resistance to the hydraulic pressure at the current temperature and at raised temperature (40°C), resistance to the 160 tension and 180 N, and precocious aging.

The analyses had shown manufacturing coefficients of variation below 0,07 for all the emitting pipes, (maximum value allowed by ISO 9261:2004) standard.

The exponents of pressure ( $x$ ), in the pressure discharge e friction were of 0.431, 0.502, 0.450, 0.575, 0.533, 0.480, 0.470 for Petro Drip, Golden Drip, Chapin, Queen Gil, Aqua Traxx, Tiran and Amanco Drip, emitters respectively, classifying them as not compensating.

For ISO 9261:2004, the value of  $x$  should not exceed 0.2 to be classified as compensating. The evaluated emitters (Ram, Naan PC, Amanco Drip PC and Twin Plus) had values lesser than 0,075.

The test of resistance to the tension, as ISO 9261:2004 is a useful tool to classify an emitting in reusable and not reusable pipe. Aqua Traxx emitter was classified as not reusable. It presented probably the smaller thickness relative to the other emitting pipes.

With respect to ISO 8796:2004 standard, referring to the test assay of precocious aging, none of the tested commercial marks presented cracks.

Through the results it is possible to affirm that all tested products available the Brazilian market, presented a satisfactory performance in accordance with the two standards.

Keywords: Trickle irrigation, emitting pipes, evaluation of emitting pipes.

### **3 RESUMEN**

#### **EVALUACION TECNICA DE TUBOS EMISORES PARA RIEGO LOCALIZADO**

Con el desarrollo de la tecnología de plásticos, se torno posible la fabricación de tubos emisores con padrón de calidad, a costos relativamente bajos. El empleo del riego localizado, a través del método de goteo, ganó en el Brasil nuevo impulso a partir de los años 90, con la instalación de diversas empresas internacionales especializados en este mercado. Las empresas más importantes del mundo están presentes en el Brasil. Algunas transnacionales están produciendo aquí, parte de su línea de producción, como: Netafim, Plastro, Amanco, NaanDan. Como empresa brasileña fabricante, tenemos la empresa Petroisa.

Este trabajo tuvo por objetivo caracterizar y evaluar, técnica e hidráulicamente las principales marcas de tubos emisores, que son comercializados en el mercado Brasileño, de acuerdo con las normas ISO 8796 e ISO 9261:2004. El experimento fue conducido en el laboratorio de riego de la Universidad Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” de la Facultad de Ciencias Agrarias – Campus de Botucatu, Sao Paulo.

La norma ISO 9261:2004, prescribe criterios para evaluar y especificar goteadores con caudal inferior a  $24 \text{ L h}^{-1}$ , y tiene como característica principal, la flexibilidad para adaptar económicamente cualquier laboratorio de riego, porque no especifica las características de la bancada de ensayos.

Durante los ensayos, se determino los siguientes parámetros: Coeficiente de variación de fabricación, ecuación característica de la relación caudal presión, espesor de la pared, diámetro interno, distancia entre emisores, resistencia a presión hidráulica a temperatura ambiente y a temperatura elevada (40°C), resistencia a tensión con 160 N y 180 N y ensayo de envejecimiento precoz.

Los análisis mostraron un coeficiente de variación de fabricación ( $CV_f$ ) inferior a 0,07 para todos los tubos emisores, (valor máximo permitido por la norma ISO 9261:2004), pudiéndose inferir que todas las marcas comerciales evaluadas presentaron buena uniformidad.

El exponente del emisor,  $x$ , fue de 0,431; 0,502; 0,450; 0,575; 0,533; 0,480; 0,470 para las marcas Petro Drip, Golden Drip, Chapin, Queen Gil, Aqua Traxx, Tiran y Amanco Drip, respectivamente, clasificándolos como no autocompensantes. Según la norma ISO 9261:2004, el valor de  $x$  no debe exceder a 0,2 para que el emisor sea considerado autocompensante. Los emisores autocompensantes (Ram, Naan PC, Amanco Drip PC e Twin Plus) evaluados tuvieron valores menores a 0,075.

El ensayo de resistencia a tração conforme a ISO 9261:2004 es una herramienta útil para clasificar un tubo emisor como **reutilizable** o **no reutilizable**. De las marcas ensayadas, Aqua Traxx fue clasificada como no reutilizable debido probablemente al menor espesor con relación a los otros tubos emisores. Los demás tubos emisores pueden ser considerados como reutilizables.

Con respecto a la norma ISO 8796:2004, el ensayo de envejecimiento precoz, ninguna de las marcas comerciales ensayadas presentó rajaduras.

Por los resultados es posible afirmar que todos los productos ensayados y que son ofertados en el mercado brasileño, presentan un desempeño satisfactorio de acuerdo con las dos normas.

**Palabras claves:** Riego localizado, tubos de goteo, evaluación de tubos de goteo.

## **4 INTRODUÇÃO**

A irrigação é uma técnica milenar que nos últimos anos vem se desenvolvendo acentuadamente, apresentando equipamentos e sistemas disponíveis para as mais distintas condições. Atualmente, mais da metade da população mundial depende de alimentos produzidos em culturas irrigadas (MOYA TALENS, 2002). O contínuo crescimento da população mundial vem exigindo uma agricultura competitiva e tecnificada.

Em qualquer método de irrigação, é fundamental que a distribuição de água às plantas seja realizada com a máxima uniformidade possível. Na irrigação localizada, essa distribuição torna-se crítica porque as vazões fornecidas pelos emissores são pequenas e qualquer variação observada pode causar problemas, às vezes irreversíveis às culturas irrigadas, tanto pelo excesso de água aplicada, como principalmente, pelo déficit.

A irrigação localizada por gotejamento é um método na qual a água é aplicada gota a gota, sobre ou sob a superfície do solo, sendo oferecida às raízes em quantidades adequadas (AZEVEDO, 1986). Este método necessita de um mínimo de mão-de-obra e pode proporcionar a máxima eficiência de aplicação de água ao solo, proporcionando um potencial crescimento dos lucros e aumento da renda devido as maiores colheitas.

O sistema de irrigação por gotejamento, embora apresente algumas desvantagens, tem tido apoio de técnicos, produtores, pesquisadores e ambientalistas, que comprovam as vantagens deste método.

Os emissores constituem um dos principais componentes dos sistemas, por caracterizarem o método localizado. No processo de fabricação os materiais utilizados, fazem com que os emissores de um mesmo modelo, não sejam exatamente iguais entre si, e como consequência, podem ocasionar diferentes vazões, mesmo quando, trabalhando a mesma pressão de serviço. Isto caracteriza os efeitos dos aspectos construtivos, que são avaliados pelo coeficiente de variação de fabricação (VON BERNUTH e SOLOMON, 1986). As variações nas vazões dos emissores ocasionadas pelo envelhecimento, obstruções nos emissores e diferenças de temperatura, caracterizam os efeitos dos aspectos operacionais.

No Brasil está crescendo o uso da irrigação por gotejamento e a indústria de equipamentos de irrigação localizada por gotejamento tem dado sua contribuição. Uma vez que, estão produzindo emissores com melhor qualidade, mais econômicos, e deste modo, auxiliando a divulgação dos sistemas de irrigação por gotejamento.

Quase todas as marcas de tubos emissores existentes no mercado mundial estão sendo comercializadas no Brasil, diretamente ou por distribuidores, vendendo tubos, mangueiras e fitas gotejadoras prontas para o uso. Existem tubos emissores com espessuras, entre 100 e 250 micra. Quanto mais delgadas forem as suas paredes, menor o custo. Os espaçamentos também são bem variados, de 0,1 m até 1,0 m entre emissores. Os emissores podem ser de fluxo turbulento e não apresentam dispositivos de compensação de pressão, ou emissores autocompensantes, que dispõem de dispositivos de auto-regulagem da vazão, perante às variações da pressão (PIZARRO, 1996; LOPEZ et al., 1997; GOMES, 1997).

Em janeiro de ano 2004, a ISO – *International Organization for Standardization* – lançou uma nova edição da norma ISO 9261, que serve para avaliar e classificar os tubos emissores, e que preenche os requisitos para fornecer dados de boa qualidade para pesquisadores, técnicos e agricultores. Uma vez que as empresas, de um modo geral, ainda não fornecem alguns destes dados técnicos, torna-se importante a sua determinação de acordo com as normas.

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi caracterizar e avaliar técnica e hidraulicamente alguns tubos emissores utilizados em sistemas de irrigação, comercializados no mercado brasileiro de acordo com as normas ISO 8796:2004 e ISO 9261:2004, uma vez que, esses dados não se encontram disponíveis nos catálogos, nem nas embalagens dos produtos fabricados.

## **5 REVISÃO BIBLIOGRAFICA**

### **5.1 Irrigação localizada por gotejamento**

A irrigação localizada por gotejamento é um método em que a água é aplicada ao solo em pequenas quantidades, porém, com alta frequência, diretamente sobre a região radicular, com o uso de emissores colocados ao longo de uma linha de distribuição (denominada “lateral”) de modo a manter o teor de água do solo, próximo à capacidade de campo (HOWELL e HILLER, 1974; BURT e STYLES, 2000). Os componentes típicos em sistemas de irrigação por gotejamento incluem, unidade de bombeamento, filtros, dispositivos injetores de agroquímicos (nutrientes, defensivos agrícolas entre outros), linhas principais, secundárias e laterais, e emissores (BACA GARCIA, 2003).

Segundo Bernardo (1995) a introdução do método de irrigação por gotejamento não deve ser considerada somente como uma nova técnica para suprir água às culturas, mas sim, como uma nova filosofia em termos de aplicação de água, fazendo parte integrante de um conjunto de técnicas agrícolas nos cultivos, sob condições controladas de umidade do solo, adubação, salinidade, fitossanidade e variedades selecionadas, de modo a obter efeitos significativos na produção por área e por água consumida, assim como na época de colheita e qualidade do produto.

A irrigação localizada por gotejamento ainda possui custo inicial elevado, além de outras desvantagens como risco de entupimento dos emissores pela deposição de partículas minerais e orgânicas, concentração do sistema radicular e salinização. Entretanto as suas vantagens como: o uso racional da água, fertirrigação, pouca mão-de-obra e facilidade de automação, redução de custos de produção, baixo consumo de energia, entre outros, associadas a um conjunto de fatores econômicos têm incrementado seu uso no mundo e no Brasil (KELLER e BLIESNER, 1990; BERNARDO, 1995; PIZARRO, 1996; LOPEZ, 1997; SILVA et al., 2003).

## **5.2 Irrigação por gotejamento no Brasil**

A empresa CIPLA de Joinville, SC, em 1972 foi pioneira em fabricar equipamentos de irrigação localizada por gotejamento e a primeira instalação foi num pomar de pêssegos em Atibaia, SP (OLITTA, 1989), provavelmente na propriedade de Yassuo Kage (ANDRADE, 2001; ANDRADE, 2005).

O sistema xique xique, segundo Mendes (1989), foi originado na França, conhecido como “Bas rhône method”. Consistiam de orifícios com cerca de 1mm de diâmetro, feitos com agulha de injeção veterinária, em tubos de polietileno de 16mm de diâmetro. Cada furo era coberto com uma luva feita de pedaços de 10cm de comprimento de polietileno de 19 mm. Estes pedaços de tubo eram cortados transversalmente para vestirem sobre o orifício (SOCCOL et al., 2002). No Brasil este método foi implantado na década de 1980 na região do Estado do Rio Grande do Norte, local rico em cactáceos conhecidas como xiquexique, daí a explicação para a origem do nome deste sistema artesanal (MENDES, 1989).

O método de irrigação localizada é o que vem experimentando o maior número de inovações tecnológicas em todo o mundo. Suas características de uniformidade de aplicação e redução no consumo de água o tornam extremamente atraente em tempos em que o mundo discute o melhor aproveitamento da água em todos os seus usos. No Brasil, especificamente, o aumento da área irrigada anualmente por este método é facilmente perceptível (CHRISTOFIDIS, 1999). A irrigação localizada por gotejamento e por microaspersão cresceu em área 80,21% de 1996 a 1999 (CHRISTOFIDIS, 2001). Este mesmo autor prevê que até 2011, 40% e 30% das áreas com irrigação por superfície e aspersão,

respectivamente, sofrerão uma conversão para irrigação localizada por gotejamento e microaspersão.

O Brasil importou oficialmente de 1989 a outubro de 2004 cerca de 204 milhões de dólares em produtos para irrigação localizada, sendo que 63% vieram de países tradicionais fornecedores de produtos para irrigação localizada, na ordem por valor: Estados Unidos, Itália, Israel, Espanha e Grécia. O auge ocorreu entre 1995 a 2001, quando foram importados 138 milhões de dólares, correspondendo 68% do total no respectivo período. Em 2004 o mercado brasileiro absorveu 60 milhões de metros de mangueira gotejadora, para instalações novas, bem como para reposição (IMPORTAÇÃO BRASILEIRA, 2004). Na década de 90 iniciou-se uma nova fase da irrigação localizada no Brasil, quando diversas empresas estrangeiras começaram a se instalar no país, diretamente ou por de representantes (ANDRADE, 2005).

A Amanco - Brasil iniciou a fabricação de tubos gotejadores com emissores soldados internamente no tipo cilíndrico (Figuras 1 e 2) também chamados pelos agricultores de gotejador tipo “bobe” (AMANCO, 2005). No primeiro semestre de 2003 a Irrigaplan / NaanDan em Leme – SP e a Plastro em Uberlândia – MG, iniciaram a fabricação do tubo gotejador com emissor cilíndrico (Figura 3), (INTERCAMBIO, 2005; NAAN DAN, 2005).

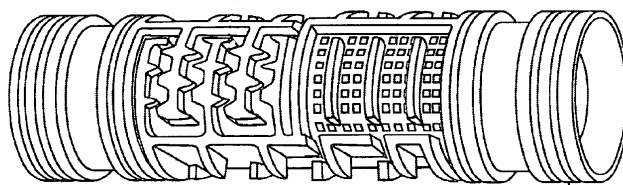


Figura 1. Modelo típico de gotejador cilíndrico.



Figura 2. Modelo de gotejador cilíndrico Amanco Drip PC.



Figura 3. Modelo de gotejador cilíndrico da Naan Dan PC.

Tanto a Amanco Brasil como a Irrigaplan distribuem atualmente o tubo emissor Aqua Traxx, fabricado pela empresa Americana Toro.



Figura 4. Modelo de tubo emissor Queen gil.



Figura 5. Modelo de tubo emissor Chapin.



Figura 6. Modelo de emissor da Twin plus autocompensante.



Figura 7. Modelo de tubo emissor Goldendrip.

Pode-se dizer que, no Brasil estão sendo comercializadas todas as marcas de gotejadores existentes no mercado mundial, de forma direta ou mediante distribuidores, vendendo tubos, mangueiras e fitas gotejadoras prontas para o uso.

### 5.3 Emissores de água/gotejadores

Os gotejadores são emissores conectados às linhas laterais. É um dos componentes de maior importância nas instalações de irrigação localizada. Toda dificuldade no seu projeto construtivo reside no seguinte problema: os emissores devem ser capazes de dissipar a pressão disponível e aplicar vazões pequenas, constantes e uniformes, em pontos discretos sistematicamente localizados com o objetivo que as laterais e derivações sejam reduzidas (BERNARDO, 1995; PIZARRO, 1996; LOPEZ, 1997; BURT e STYLES, 2000; MOYA TALENS, 2002). Por outro lado, a pressão de serviço dos emissores não deve ser alta, para reduzir o consumo de energia e também não deve ser muita baixa, para não comprometer

o desempenho hidráulico do emissor. Estas condições conduzem a emissores com reduzido diâmetro da seção de escoamento. Por outro lado, há uma condição oposta a ser cumprida: o diâmetro da seção de escoamento do emissor deve ser o maior possível, com o objetivo de evitar obstruções, que se apresentam como principal problema no manejo dos sistemas de irrigação localizada. Esta condição é tratada pelos fabricantes de forma muito variada e, como consequência, existem no mercado muitos tipos de emissores.

A maioria dos emissores opera a uma pressão próxima a 100 kPa, ainda que, os de alta vazão operam a pressões de 100 até 300 kPa. As vazões variam de 2 a 10 L h<sup>-1</sup> em gotejadores e de 20 a 150 L h<sup>-1</sup> em microaspersores. Os microaspersores operam a pressões que variam de 100 a 300 kPa, tendo um orifício de saída maior que o dos gotejadores e, portanto, requerendo um sistema de filtragem mais simples, em geral, filtros de tela de 80 mesh são suficientes (NAANDAN, 2005; MICROJET, 2005; AMANCO, 2005).

Segundo Lopez, et al., (1997) e Silva, et al. (2003), os emissores podem ser classificados quanto ao seu posicionamento nas linhas laterais em: a) sobre a linha; b) na linha; c) no prolongamento da linha.

Segundo Keller e Karmeli (1974); Pizarro, (1996); Lopez (1997); Burt e Styles, 2000; Silva et al. (2003), os tubos emissores em geral, devem apresentar as seguintes características:

- a) Fornecer a vazão baixa, constante, uniforme e pouco sensível às variações de pressão;
- b) Apresentar orifício de saída de água relativamente grande, para evitar problema de entupimento;
- c) Ser barato, resistente e compacto.
- d) Elevada uniformidade de fabricação
- e) Estabilidade da relação vazão-pressão ao longo do tempo.
- f) Pouca sensibilidade às mudanças de temperatura.
- g) Resistência ao ataque de insetos e/ou roedores.
- h) Resistência à agressividade química e ambiental, assim como as operações agrícolas.

Lamentavelmente na prática, estas características estão longe de estarem juntas.

#### 5.4 Coeficiente de uniformidade de aplicação de água

Nos sistemas de irrigação localizada, a eficiência depende diretamente da uniformidade com que a água é descarregada pelos gotejadores, e o coeficiente de variação de fabricação do emissor,  $CV_f$ , não deve ser desprezado por ter grande influencia na uniformidade de todo o sistema. Segundo Solomon, (1979 e 1985), os fatores mais significativos que influenciam a uniformidade dos sistemas de irrigação localizada são: entupimento dos gotejadores; numero de emissores por planta; coeficiente de variação de fabricação dos emissores; e expoente do emissor, entre outros. Destes fatores são de responsabilidade da indústria o coeficiente de variação de fabricação e o expoente do emissor (ANDRADE, 2005).

O índice de uniformidade freqüentemente utilizado para avaliar sistemas de irrigação localizada instalados é a uniformidade de distribuição, (UD), (PIZARRO, 1996; CLEMMENS e SOLOMON, 1997), a qual tem sido denominada uniformidade de emissão (UE), é expressa por:

$$UE = \frac{q_{25}}{\bar{q}} \quad (1)$$

em que:

$UE$ : uniformidade de emissão, decimal;

$q_{25}$ : média dos 25 menores valores obtidos ( $L h^{-1}$ );

$\bar{q}$ : média das vazões coletadas ( $L h^{-1}$ ).

Um baixo valor de  $UE$  pode ser atribuído a diferentes causas, sendo algumas de responsabilidade da indústria.

#### 5.4.1. Coeficiente de variação de fabricação (CVf)

O processo de fabricação dos emissores e a matéria prima empregada fazem com que os emissores de um mesmo modelo não sejam exatamente iguais entre si, proporcionando vazões diferentes quando submetidos à mesma pressão de operação. Os emissores são todos feitos de plásticos. Existem numerosas variáveis de controle nas máquinas injetoras e extrusoras, como pressão, temperatura e velocidade de injeção, temperatura do molde, tempo do ciclo do processo, manutenção do molde. Qualquer mudança na temperatura, pressão e tempo de esfriamento da moldagem afeta as características do emissor, por exemplo o tamanho, forma, peso, rugosidade das superfícies e a resistência (SOLOMON, 1979; ANDRADE, 2005).

Expressa-se o efeito dos fatores construtivos por uma medida de dispersão denominada coeficiente de variação de fabricação.

Considerando que a vazão de um grupo de emissores submetidos à mesma pressão é uma variável aleatória contínua e que as únicas causas de variação são devidos aos mesmos efeitos construtivos. A dispersão de valores, que neste caso ocorre entre os emissores pode ser medida de diferentes formas. Uma delas é o desvio padrão, definido como:

$$Sq = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (qi - \bar{q})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Sendo,  $Sq$ : desvio padrão da vazão dos emissores submetidos à mesma pressão.

Entretanto, o desvio padrão tem o inconveniente de ser uma medida absoluta, sendo mais conveniente à expressão na forma de dispersão relativa, para a qual se emprega o coeficiente de variação, que se define pela relação entre o desvio padrão e o valor médio (SOLOMON, 1979; PIZARRO, 1996; LOPEZ, 1997; FRIZZONE, 2003). O CVf é uma medida estatística característica, definida e proposta por Solomon, (1979).

$$CVf = \frac{S_q}{\bar{q}} \quad (3)$$

em que:

$CVf$ : coeficiente de variação de fabricação, decimal;

$S_q$ : desvio padrão da vazão de uma amostra, em  $L\ h^{-1}$ ;

$\bar{q}$ : vazão média da mesma amostra, em  $L\ h^{-1}$ .

Existem várias especificações de comportamento para os emissores com base no  $CVf$  Solomon, (1979), sugeriu uma amostra representativa de no mínimo 50 gotejadores, e na Tabela 1, tem-se a interpretação dos valores.

Tabela 1. Classificação do coeficiente de variação de fabricação ( $CVf$ ) de emissores para gotejamento (SOLOMON, 1979).

| $CV_f$      | Interpretação            |
|-------------|--------------------------|
| $\leq 0,03$ | Uniformidade excelente   |
| 0,03 a 0,07 | Uniformidade média       |
| 0,07 a 0,10 | Uniformidade baixa       |
| 0,10 a 0,14 | Uniformidade pobre       |
| $\geq 0,14$ | Uniformidade inaceitável |

De acordo com a ASAE (1985), podem ser classificados da seguinte forma (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação do coeficiente de variação de fabricação ( $CVf$ ) de emissores para gotejamento (ASAE, 1985).

| $CV_f$      | Interpretação            |
|-------------|--------------------------|
| $\leq 0,05$ | Uniformidade boa         |
| 0,05 a 0,10 | Uniformidade média       |
| 0,10 a 0,15 | Uniformidade marginal    |
| $\geq 0,15$ | Uniformidade inaceitável |

Segundo Lopez et al., (1997); Frizzone et al., (2003); indicam que a ISO 9260:1991 estabelece duas categorias de emissores: A e B. Na categoria A estão classificados os emissores com  $CV_f$  inferior a 0,05 e cujo desvio de vazão atual em relação a nominal seja inferior a 0,05. Na categoria B estão os emissores com  $CV_f$  entre 0,05 e 0,10 e cujo desvio da vazão em relação à nominal não supere 0,10.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, em seu projeto de norma ABNT 12:02.08-022 86, classifica os emissores da seguinte maneira.

Tabela 3. Classificação do coeficiente de variação de fabricação ( $CV_f$ ) de emissores para gotejamento (ABNT, 1986).

| $CV_f$      | Interpretação            |
|-------------|--------------------------|
| Até 0,10    | Uniformidade boa         |
| 0,10 a 0,20 | Uniformidade média       |
| 0,20 a 0,30 | Uniformidade marginal    |
| $\geq 0,30$ | Uniformidade inaceitável |

#### 5.4.2 Expoente da pressão na equação pressão x vazão do emissor

Keller e Karmeli, (1974); Keller e Blisner, (1990), citam como característica desejável aos emissores em irrigação localizada, uma relação vazão *versus* pressão favorável que resulta em vazões uniformes com baixa sensibilidade à variação da pressão. A equação ( 4 ) expressa a relação vazão versus pressão para emissores:

$$q = kp^x \quad (4)$$

em que:

$q$  : escoamento do gotejador, em  $L\ h^{-1}$ ;

$k$  : coeficiente específico de cada emissor, que também depende das unidades de  $q$  e  $p$ ;

$p$  : pressão disponível na entrada do gotejador, kPa;

$x$  : expoente do emissor caracterizando o escoamento no gotejador.

O valor do expoente de descarga “ $x$ ” caracteriza o regime de escoamento e pode variar teoricamente de 0 a 1,0. De acordo com Azevedo (1986) e Abreu et al. (1987), quanto mais próximo de zero for o valor de  $x$ , menor será a sensibilidade do emissor à variação de pressão (autocompensantes), por outro lado quando  $x$  é próximo a 1, a curva vazão pressão tende a formar um ângulo de 45 graus com o eixo das abscissas (eixo  $x$ , pressões) caracterizando um emissor com alta sensibilidade à variação de pressão, e o regime de escoamento é denominado laminar. No regime de escoamento turbulento, o  $x$  é igual a 0,5 (LOPEZ, 1997). A grande maioria dos emissores no mercado tem valores de  $x$  menores de 0,6, e quando os emissores são mais próximos de 0, são mais caros (BURT e STYLES, 2000; ANDRADE, 2005).

#### **5.4.3 Entupimento**

O entupimento dos gotejadores é um problema que preocupa tanto os agricultores como os técnicos. Entretanto, o manejo da tecnologia, dos produtos e do conhecimento disponível atualmente, permite lidar com as obstruções dos emissores, segundo a revisão bibliográfica e os trabalhos desenvolvidos por Resende, (1999); Cordeiro, (2002); Vieira (2002) e Dias et al., (2004).

Mesmo as águas mais cristalinas, podem causar entupimento, e mesmo a água mais carregada de impurezas, com turbidez elevada, pode ser usada em irrigação localizada por gotejamento (ANDRADE, 2005).

#### **5.5 Os gotejadores e sua caracterização**

Silva, (1984) analisou tubos de polietileno perfurados para trabalharem como gotejadores e concluiu que a variação da temperatura de 25 para 45 °C resultou em variação de vazão de 1,40 a 2,50% para dois diâmetros de orifícios avaliados. Os valores de expoente do emissor estavam próximos de 0,50.

Testezlaf e Campioni, (1993), caracterizaram a marca “Queen Gil”, encontraram um expoente do emissor igual a 0,63, concluindo que o produto é muito sensível

à variação de pressão. O coeficiente de variação de fabricação foi menor que 0,046%, considerado como produto de boa qualidade no processo de fabricação.

Schmidt, (1995), avaliou as características hidráulicas do tubo emissor “Queen Gil”. O expoente do emissor encontrado foi de 0,66, concluindo que o regime de escoamento era turbulento. O coeficiente de variação de vazão foi de 3,11%, sendo considerado bom.

Vieira, (1996), caracterizou o produto Rain-Tape encontrando um valor de 0,019% e 0,46 para o coeficiente de variação e para o expoente do emissor, respectivamente, estando em concordância com os valores fornecidos pelo fabricante.

Faria, (2002), avaliou o desempenho de 14 modelos de gotejadores enterrados, disponíveis no mercado, quanto à suscetibilidade à intrusão radicular. Concluiu que a intrusão radicular é aleatória, que os gotejadores autocompensantes apresentam maior instabilidade de vazão na presença de raízes e partículas de solo, que existe uma diferença tecnológica entre os modelos influenciando distúrbios na vazão e que nenhum dos emissores ensaiados demonstrou possuir mecanismos físicos que impeçam efetivamente a intrusão de raízes.

Soccol et al., (2002), avaliaram o emissor alternativo conhecido como xique-xique. Encontrou um expoente de emissor de 0,42 e o coeficiente de variação de fabricação (artesanal) de 0,19 na pressão de ensaio de 50 kPa. Mendes, (1989), para o mesmo tipo de emissor encontrou um padrão geral de eficiência que considerou baixo e inaceitável para irrigação localizada; encontrou  $CV_f$  variando de 21,00 a 36,70%. Freitas, (2003) caracterizou hidráulicamente emissores da Netafim, Carburundum e Katif para irrigação localizada, com a norma ISO 9260:1991, concluiu que todos os gotejadores testados apresentaram um desempenho satisfatório dentro da faixa de pressão recomendada pelos fabricantes.

Muñoz Rojas, (2004), caracterizou com a norma ISO 9260:1991, quatro marcas de emissores para irrigação localizada, dentre eles a marca Aqua Traxx, e encontrou um valor de  $0,01CV_f$ , e o valor de  $x$  (expoente do emissor) de 0,37, e ainda na relação vazão – temperatura registrou uma maior variação da vazão com o aumento da temperatura, com um declive de 0,0064.

Fravet et al., (2004), avaliaram a fita gotejadora marca Chapin, onde encontraram o  $CV_f$  de 0,013, e o valor de  $x$  (expoente do emissor) de 0,49, caracterizando como emissor de fluxo turbulento.

## **5.6 Normas para avaliar os emissores**

Segundo Solomon e Dedrick (1995), citado por Andrade, (2005), indicam que uma norma estabelecida representa o estado da arte na sua respectiva área, e pode ser uma ferramenta importante para as pessoas que selecionam, projetam, compram, instalam, operam e avaliam equipamentos de irrigação, e afirmam ainda, que os fornecedores, os projetistas, consultores e usuários finais de irrigação localizada por gotejamento, deveriam ser sabedores, e estar cientes, das normas disponíveis sobre vários equipamentos e procedimentos já normalizados.

### **5.6.1 Normas ISO 8796:2004 e 9261:2004**

Estas normas foram elaboradas pelo comitê técnico ISO/TC – Tratores e máquinas para agricultura e silvicultura, Subcomitê SC 18 – Sistemas e equipamentos de irrigação e drenagem. Para o caso da ISO 9261:2004, (segunda edição) que foi liberada em 15 de janeiro de 2004, cancela e toma o lugar das edições anteriores da ISO 9261:1991, e da ISO 9260:1991, das quais constitui uma revisão técnica. Esta norma internacional fornece exigências mecânicas e operacionais para emissores e tubos usados na irrigação e, onde aplicável, para conexões, e determina métodos de ensaio em conformidade com tais exigências. Também especifica os dados a serem fornecidos pelos fabricantes para permitir uma informação adequada, instalação e operação no campo. No caso da ISO 8796:2004, a qual foi liberada em junho de 2004, foi desenvolvido baseado na longa experiência de diversos países envolvidos intensivamente na irrigação, cujo método foi aprovado na prática. Esta norma internacional especifica um método de determinar a suscetibilidade ao rachamento por stress ambiental nas tubulações de polietileno.

## 6 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu – São Paulo.



Figura 8. Vista geral da bancada de ensaios de emissores para gotejamento.

A bancada de ensaios do laboratório de Irrigação (Figura 8) possui um depósito de água com capacidade de 500 L e uma motobomba para pressurizar as tubulações de PVC de 1 ¼ de polegada, as quais possuem comprimento de linhas laterais de 6 m (4 linhas), 2 válvulas de ar e 4 manômetros testados e aferidos antes dos ensaios, além de um filtro de tela metálica de 200 mesh.

Foram utilizados os seguintes modelos de tubos emissores: Tubo gotejador Amanco Drip, Amanco Drip PC e Aqua traxx da empresa Amanco - Brasil; Tubo gotejador Ram e Tiran da empresa Netafim; Mangueira gotejadora Petro Drip, Chapin, Golden drip da empresa Petroisa – Scarcelli; fita gotejadora Queen Gil da Irrigaplan, Naan Dan (Naan PC); e tubo gotejador Twin Plus da empresa Mondragon (Figura 9). Na escolha dos tubos emissores foi dado prioridade aos mais comercializados no Brasil. Na Tabela 4, são apresentados os tubos emissores selecionados e as principais características de cada um deles, estas obtidas tanto dos impressos encontrados nas bobinas, como nos catálogos e páginas eletrônicas de cada empresa.

Utilizou-se água da SABESP, cuja análise química apresentou um valor de 2,1 mg L<sup>-1</sup> de resíduos sólidos, estando dentro do limite aceitável de até 25 mg L<sup>-1</sup>. Durante o trabalho, a variação de temperatura, a qual era avaliada a cada 15 minutos, esteve entre 24°C e 26°C, conforme prescreve a Norma ISO 9261:2004 (23°C ± 3°C).



Figura 9. Bobinas das diferentes marcas comerciais de emissores para gotejamento.

Tabela 4. Principais características técnicas dos tubos emissores avaliados, fornecidos pelos fabricantes.

| Modelo          | Pressão<br>Nominal<br>(kPa) | Faixa de trabalho<br>(kPa) |        | Diâmetro (mm) |         | Espaçamento<br>(m) | Espessura<br>(mm) | Vazão<br>(L h <sup>-1</sup> ) | Fórmula do<br>emissor |        | CVf    |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------|--------|---------------|---------|--------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------|--------|--------|
|                 |                             | mínimo                     | máximo | interno       | externo |                    |                   |                               | k                     | x      |        |
| Petro drip      | 100                         | 40                         | 120    | 16,00         | -----   | 0,30               | 0,40              | 1,50                          | 0,174                 | 0,4611 | 0,04   |
| Golden Drip     | 100                         | 30                         | 120    | -----         | -----   | 0,30               | -----             | 1,50                          | -----                 | 0,53   | < 0,03 |
| Chapin          | 100                         | 30                         | 100    | -----         | -----   | 0,30               | 0,375             | 1,24                          | -----                 | 0,54   | -----  |
| Ram *           | 200                         | 50                         | 350    | 14,40         | 16,40   | 0,57               | 1,00              | 2,30                          | -----                 | -----  | -----  |
| Tiran           | 100                         | 50                         | 300    | 14,10         | 16,10   | 0,50               | 1,00              | 2,00                          | -----                 | -----  | -----  |
| Queen gil       | 100                         | 30                         | 100    | 16,50         | -----   | 0,30               | 0,20              | 1,20                          | -----                 | -----  | -----  |
| Aqua traxx      | 70                          | 30                         | 100    | -----         | -----   | 0,305              | 0,20              | 1,27                          | -----                 | -----  | -----  |
| Amanco Drip PC* | 100                         | 100                        | 400    | -----         | -----   | 0,33               | 0,90              | 2,30                          | -----                 | -----  | -----  |
| Amanco Drip     | 100                         | 100                        | 350    | -----         | 16,00   | 0,33               | 0,90              | 2,30                          | -----                 | -----  | -----  |
| Naan PC*        | 225                         | 100                        | 350    | 13,90         | 16,00   | 0,95               | 0,90              | 3,80                          | -----                 | -----  | -----  |
| Twin Plus*      | 225                         | 100                        | 400    | 15,50         | 17,50   | 0,75               | -----             | 1,83                          | 3,541                 | 0,0229 | 0,034  |

\* Tubos emissores autocompensantes

## 6.1 Amostragem

De cada bobina dos diferentes modelos de marcas comerciais, foram retirados ao acaso 25 emissores para serem submetidos aos ensaios.

## 6.2 Seqüência das avaliações

Todas as avaliações do presente trabalho seguiram a mesma seqüência preconizada pelas normas ISO 8796:2004 e ISO 9261:2004.

## 6.3 Coeficiente de variação de fabricação (CVf)

Foram avaliadas as vazões de 25 emissores para cada tubo emissor, com quatro repetições. No caso dos emissores não autocompensantes, foram usadas as pressões recomendadas pelo fabricante (Tabela 5) e, para os emissores autocompensantes, utilizou-se a média entre a pressão máxima e a mínima. A vazão foi avaliada por pesagem e transformada em volume, sendo que o tempo para cada ensaio foi de 5 minutos.

Tabela 5. Pressão nominal dos emissores para o cálculo do coeficiente de variação de fabricação (CVf).

| Empresas      | Marcas          | Pressão nominal<br>(kPa) | Faixas de trabalho (kPa) |           |
|---------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|-----------|
|               |                 |                          | P. mínima                | P. máxima |
| Petroisa      | Petro Drip      | 100                      | 40                       | 120       |
|               | Golden          | 100                      | 30                       | 120       |
|               | Chapin          | 100                      | 30                       | 100       |
| Netafim       | Ram*            | 175                      | 50                       | 350       |
|               | Tiran           | 100                      | 50                       | 300       |
| Irrigotec     | Queen Gil       | 50                       | 30                       | 100       |
| Amanco Brasil | Aqua traxx      | 70                       | 30                       | 100       |
|               | Amanco Drip PC* | 250                      | 100                      | 400       |
|               | Amanco Drip     | 100                      | 100                      | 350       |
| Irrigaplan    | Naan PC*        | 225                      | 100                      | 350       |
| Mondragon     | Twin Plus*      | 250                      | 100                      | 400       |

\* Tubos emissores autocompensantes.

Para os emissores autocompensantes condicionou-se a amostra operando por 1 hora. Os procedimentos para condicionamento seguiram os seguintes passos: foi ajustada a pressão mínima de trabalho, esta mantida por 3 minutos e, posteriormente, ajustada à pressão máxima de trabalho por mais 3 minutos, sucessivamente até os 18 minutos. Logo após, ajustou-se a pressão média (centro da faixa) até que o tempo total de condicionamento completasse uma hora. Cessado o condicionamento e mantendo-se a pressão de entrada no centro da faixa de compensação, avaliou-se os emissores durante 5 minutos, sendo que a vazão por pesagem foi convertida em volume.

#### 6.4 Vazão em função da pressão de entrada

Em continuação ao teste anterior, foi medida a vazão, com pressão crescente até 1,2 da pressão máxima ( $p_{max}$ ) com quatro repetições para cada um dos 25 emissores selecionados. Foram considerados os dados de vazão mencionados no item 6.4 cumprindo, assim, a exigência de que não se tenha diferença maior do que 50 kPa entre uma pressão e outra durante a sequência (Tabela 6).

Para os emissores autocompensantes (Tabela 7), mediu-se a vazão decrescente de 1,2 da  $p_{max}$  até zero nos mesmos valores de pressão usados quando testado em pressões crescentes. Se a pressão real de entrada exceder a pressão de entrada desejada em 10 kPa durante o acréscimo e decréscimo, será necessário retornar a pressão a zero, e repetir a avaliação. O valor da vazão neste item de avaliação não deve ultrapassar  $\pm 7\%$  da vazão nominal.

Tabela 6. Pressão de trabalho de entrada para emissores não autocompensantes.

| MARCAS      | Pressões em kPa * 1,2 Pressão máxima |     |     |     |      |      |      |      |
|-------------|--------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Petro Drip  | 40                                   | 60  | 80  | 100 | 120  | 144* | ---  | ---  |
| Golden Drip | 40                                   | 60  | 80  | 100 | 120  | 144* | ---  | ---  |
| Chapin      | 30                                   | 50  | 70  | 100 | 120* | ---  | ---  | ---  |
| Tiran       | 50                                   | 100 | 150 | 200 | 250  | 300  | 360* | ---  |
| Queen Gil   | 30                                   | 52  | 70  | 90  | 100  | 120* | ---  | ---  |
| Aqua traxx  | 30                                   | 55  | 70  | 90  | 100  | 120* | ---  | ---  |
| Amanco Drip | 100                                  | 150 | 200 | 250 | 300  | 350  | 400  | 480* |

Tabela 7. Pressão de trabalho de entrada para emissores autocompensantes.

| MARCAS         | Pressões em kPa |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |
|----------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Twin Plus      | 100             | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 480* | 400 | 350 | 300 | 250 | 200 | 150 |
| Ram            | 50              | 100 | 150 | 175 | 200 | 250 | 300 | 360* | 300 | 250 | 200 | 150 | 100 | 50  |
| Amanco Drip PC | 100             | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 480* | 400 | 350 | 300 | 250 | 200 | 150 |
| Naan PC        | 100             | 150 | 200 | 225 | 250 | 300 | 350 | 420* | 350 | 300 | 250 | 200 | 150 | 100 |

\* 1,2 pressão máxima.

### 6.5 Determinação da relação vazão-pressão

A relação entre a vazão,  $q$ , em litros por hora, e a pressão de entrada no emissor,  $p$ , em kilopascal, foi calculada utilizando-se os mesmos dados para obtenção da vazão em função da pressão de entrada.

### 6.6 Espessura de parede do tubo emissor

Com o auxílio de um micrômetro (Paquímetro digital) com precisão de 0,01 mm, determinou-se a espessura do tubo emissor em quatro pontos equidistantes em duas seções transversais ao comprimento do tubo, conforme Figura 10.

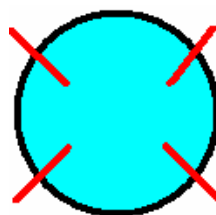


Figura 10. Secção transversal e posição dos pontos a serem medidos nos tubos emissores.

### 6.7 Determinação do diâmetro interno do tubo emissor

Inseriu-se em uma das extremidades do tubo emissor uma ferramenta cônica (Figura 11) com ângulo menor de  $10^\circ$ , tomadas as devidas precauções com a finalidade

de não se 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 11. Ferramenta cônica e paquímetro digital para determinar o diâmetro interno do tubo emissor.

### 6.8 Determinação do espaçamento entre os gotejadores

O espaçamento entre 3 emissores, foi determinado com trena de 1 mm de precisão.

### 6.9 Resistência à pressão hidráulica em temperatura ambiente

Um trecho do tubo emissor com 5 emissores passou por duas avaliações. Uma à pressão de 1,2 vezes a  $p_{max}$ , e outra à pressão de 1,8 vezes a  $p_{max}$ . Os tubos emissores ficaram gotejando por 60 minutos para cada pressão, freqüentemente atentando para a retirada de todo o ar do sistema. A água foi mantida a uma temperatura entre 23 e 26°C, sendo reduzida lentamente a pressão para a pressão nominal, fazendo-se a medida da vazão por 5 minutos, com quatro repetições.

### 6.10 Resistência à pressão hidráulica em condição de elevada temperatura

Delimitou-se um trecho com 3 emissores de cada modelo de tubo emissor e, posteriormente, o tubo emissor foi colocado num recipiente, conforme Figura 12, e pressurizada com água a 1,2 da  $p_{max}$ . A pressurização foi incrementada gradualmente tomando-se o cuidado para evitar o acúmulo de ar no interior do tubo emissor pressurizado.

Logo após, o recipiente foi preenchido com água, a qual foi mantida aquecida a 40 °C por uma resistência blindada de 1600 W, sendo esta temperatura monitorada com controle eletrônico. As mangueiras permaneceram em funcionamento e imersas por 60 minutos. A temperatura da água variou de 38 °C a 43 °C.

Depois dos 60 minutos, as mangueiras foram retiradas do recipiente e passaram por um repouso de 30 minutos a temperatura ambiente. Foi feita novamente a medição de vazão em pressão nominal, com a água entre 24 e 26 °C, com 4 repetições e 5 minutos de coleta.



Figura 12. Recipiente com resistência elétrica para aquecimento da água.

### 6.11 Resistência à tração

Realizou-se o teste à temperatura ambiente de 23 °C, utilizando-se de dois trechos do tubo emissor de cada fabricante. Delimitou-se dois pontos distantes entre si de 150 mm.

Num dispositivo instalado (Figura 13) no Laboratório de Irrigação adaptado à norma ASAE S553 (AMERICAN NATIONAL STANDARD, 2001), aplicou-se duas tensões, 160 N e 180 N. Tomou-se o cuidado de incrementar a tração lentamente, de maneira a não danificar as amostras.

A tração foi mantida por 15 minutos. Após este tempo, retiraram-se as mangueiras do dispositivo e avaliou-se a ocorrência de fissuras.

A fim de que o produto fosse considerado como **reutilizável**, este deveria ter suportado à tensão de 180 N sem apresentar danos e, além disso, apresentar variação menor que  $\pm 5\%$  entre as duas marcas analisadas.



Figura 13. Dispositivo de medida de tração a 180 N.

### 6.12 Ensaio de envelhecimento precoce

Foram cortadas 5 amostras de 32 cm de cada material, estas dobradas em forma de U, com dois planos perpendiculares diferentes, formando cantos vivos (Figura 14). Esta dobra deve estar a pelo menos 5 cm da ponta do tubo emissor. Para prender a dobra, foi usado um clipe e arame no caso dos tubos emissores de maior espessura.

Preparou-se uma solução concentrada com 200 mL do reagente ativo do tipo nonylphenoxy poly(ethyleneoxy) ethanol, (Renex) em 1800 mL de água (solução com 10% do reagente e 90% de água) num béquer de vidro um pouco antes da realização do ensaio, agitando-se com agitador magnético por uma hora, com aquecimento a  $70 \pm 2$  °C. Posteriormente, foram colocados as 5 amostras dentro da solução (totalmente imersas), e depois de uma hora foram removidas. Analisou-se minuciosamente cada tubo emissor, sem o auxílio de aparelhos óticos, a fim de se detectar rachaduras visíveis na área das dobras. Foi usada para cada ensaio uma nova solução.

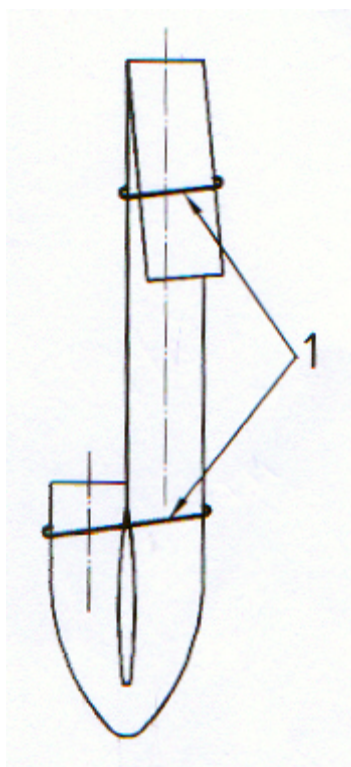


Figura 14. Modo de dobrar o tubo emissor antes de colocar na solução.



Figura 15. Equipamentos usados para a avaliação da suscetibilidade ao rachamento por estresse ambiental.

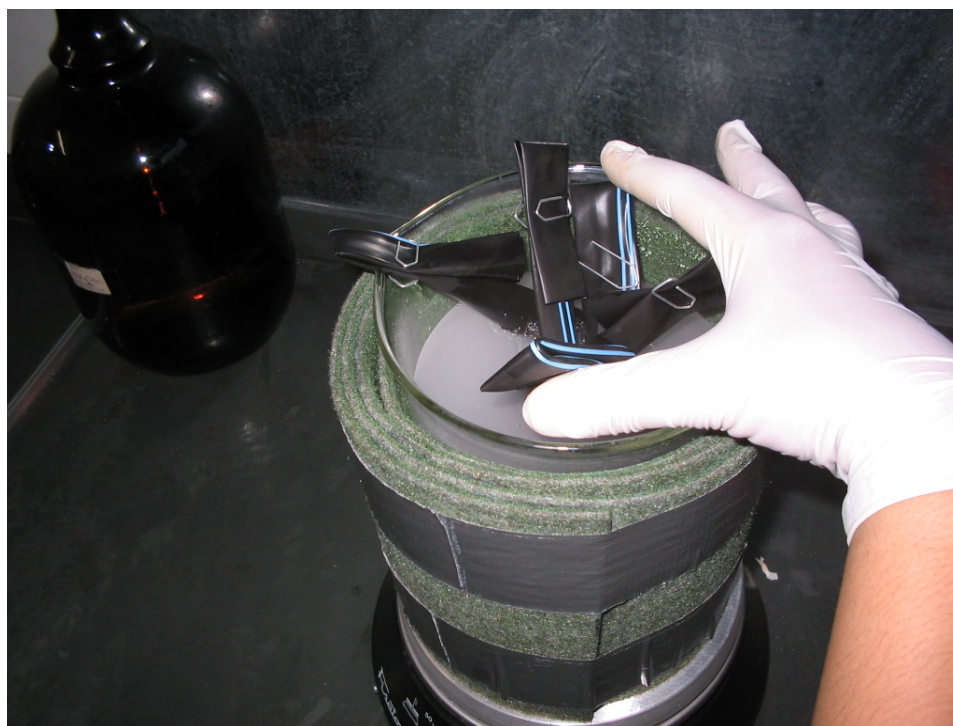


Figura 16. Colocando a amostra de Aqua Traxx, dentro do recipiente com a solução.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Na Tabela 8, podem ser observadas 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 8. Valores de vazão média dos emissores medida e a variação em relação à vazão informada.

| Marcas         | Pressão nominal (kPa) | Vazão média $q$ (L h <sup>-1</sup> ) |        | Variação observada (%)* |
|----------------|-----------------------|--------------------------------------|--------|-------------------------|
|                |                       | Informada                            | Medida |                         |
| Petro Drip     | 100                   | 1,50                                 | 1,47   | - 2,00                  |
| Golden Drip    | 100                   | 1,50                                 | 1,43   | - 4,67                  |
| Chapin         | 70                    | 1,24                                 | 1,23   | - 0,81                  |
| Queen Gil      | 70                    | 1,33                                 | 1,35   | + 1,50                  |
| Aqua Traxx     | 70                    | 1,14                                 | 1,12   | - 1,75                  |
| Tiran          | 100                   | 2,00                                 | 2,05   | + 2,50                  |
| Amanco Drip    | 100                   | 2,30                                 | 2,26   | - 1,74                  |
| Naan PC        | 225                   | 3,80                                 | 3,73   | - 1,84                  |
| Twin Plus      | 250                   | 1,83                                 | 1,95   | + 6,56                  |
| Ram            | 175                   | 2,30                                 | 2,36   | + 2,61                  |
| Amanco Drip PC | 250                   | 2,30                                 | 2,33   | + 1,30                  |

\* Variação permitida  $\pm$  7% (Norma ISO 9261:2004).

Nos tubos emissores autocompensantes, o emissor da marca comercial Naan PC esteve abaixo da vazão informada em 1,84%. E nos tubos emissores não autocompensados, a marca comercial Queen Gil, com pressão de 70 kPa, foi a que esteve mais próximo em relação à vazão informada.

### 7.1 Coeficiente de variação de fabricação

O efeito dos fatores construtivos para todas as marcas avaliadas, expresso pelo coeficiente de variação de fabricação ( $CV_f$ ), esteve inferior a 0,07 (limite máximo segundo a norma). Portanto, pode-se inferir que todos os produtos encontrados no mercado brasileiro e avaliados neste trabalho podem ser considerados de ótima qualidade do ponto de vista do processo de fabricação (Tabela 9).

Tabela 9. Valores de  $CV_f$  de todos os tubos emissores.

| Marca          | Pressões<br>(kPa) | $CV_f$     |           |
|----------------|-------------------|------------|-----------|
|                |                   | Informados | Medidos * |
| Petro Drip     | 100               | 0,044      | 0,038     |
| Golden Drip    | 100               | ---        | 0,056     |
| Chapin         | 100               | 0,030      | 0,026     |
| Queen Gil      | 70                | ---        | 0,028     |
| Aqua Traxx     | 70                | ---        | 0,007     |
| Tiran          | 100               | 0,003      | 0,016     |
| Amanco Drip    | 100               | ---        | 0,009     |
| Naan PC        | 225               | ---        | 0,029     |
| Twin Plus      | 250               | 0,034      | 0,035     |
| Ram            | 175               | ---        | 0,019     |
| Amanco Drip PC | 250               | ---        | 0,045     |

\* não deve exceder 0,07 (Norma ISO 9261:2004)

Conforme Solomon (1979), Chapin, Queen Gil, Aqua Traxx, Tiran, Amanco Drip e Naan PC, podem ser considerados como excelentes, e as marcas Petro Drip, Golden Drip, Twin Plus e Amanco Drip PC, como de uniformidade média. Conforme a ASAE (1985), todos são considerados como de uniformidade BOA (menores que 0,05), exceto o emissor Golden Drip, considerado como de uniformidade média.

Entre os emissores de fluxo turbulento, a marca Aqua Traxx obteve o menor resultado de  $CV_f$ , com um valor de 0,007. Entre os emissores autocompensantes, a marca Ram obteve valor de 0,019.

## 7.2 Vazão em função da pressão de entrada

Foram avaliados 25 emissores de cada marca comercial, 5 diferentes pressões para a marca Chapin, 6 pressões para as marcas Petro Drip, Golden Drip, Aqua Traxx, Queen Gil, Amanco Drip, 7 pressões para a marca Tiran, e 8 pressões diferentes para as marcas Ram, Amanco Drip PC, Naan PC e Twin Plus, totalizando 10600 medições de vazão, cujos resultados estão apresentados nas Tabelas 10, 11, 12 e 13.

Tabela 10. Vazão média ( $L h^{-1}$ ) em função da pressão de 25 emissores para as marcas Tiran e Amanco Drip.

| Pressão – kPa | Vazão ( $L h^{-1}$ ) |             |
|---------------|----------------------|-------------|
|               | Tiran                | Amanco Drip |
| 50            | 1,501                | -----       |
| 100           | 2,054                | 2,264       |
| 150           | 2,484                | 2,751       |
| 200           | 2,848                | 3,184       |
| 250           | 3,205                | 3,541       |
| 300           | 3,454                | 3,896       |
| 350           | -----                | 4,194       |
| 360           | 3,814                | -----       |
| 400           | -----                | 4,463       |
| 480           | -----                | 4,765       |

Pode-se observar nestas Tabelas que os emissores considerados de regime de escoamento turbulento são muito sensíveis a variação na pressão, respondendo a vazão proporcionalmente à pressão aplicada (LOPEZ, et al., 1997).

Tabela 11. Vazões médias ( $\text{L h}^{-1}$ ) em função da pressão aplicada em 25 emissores para as marcas Petro Drip e Golden Drip.

| Pressão – kPa | Vazão ( $\text{L h}^{-1}$ ) |             |
|---------------|-----------------------------|-------------|
|               | Petro Drip                  | Golden Drip |
| 40            | 0,986                       | 0,909       |
| 60            | 1,194                       | 1,112       |
| 80            | 1,334                       | 1,259       |
| 100           | 1,467                       | 1,427       |
| 120           | 1,603                       | 1,545       |
| 144           | 1,720                       | 1,718       |

Tabela 12. Vazão média ( $\text{L h}^{-1}$ ) em função da pressão de 25 emissores para as marcas Chapin, Queen Gil e Aqua Traxx.

| Pressão – kPa | Vazão ( $\text{L h}^{-1}$ ) |           |            |
|---------------|-----------------------------|-----------|------------|
|               | Chapin                      | Queen Gil | Aqua Traxx |
| 30            | 0,862                       | 0,869     | 0,709      |
| 50            | 1,062                       | 1,201     | -----      |
| 55            | -----                       | -----     | 0,983      |
| 70            | 1,230                       | 1,350     | 1,124      |
| 90            | 1,445                       | 1,639     | 1,291      |
| 100           | 1,584                       | 1,742     | 1,360      |
| 120           | -----                       | 1,924     | 1,497      |

Na Tabela 13, pode-se observar que para os tubos emissores autocompensantes, quando a pressão aumenta, existe um pequeno aumento na vazão (Pressão mínima até pressão máxima) de 0,225; 0,198; 0,047 e 0,101  $\text{L h}^{-1}$ , para as marcas NaanPC, Twin

Plus, Ram Amanco Drip PC, respectivamente, não concordando com as afirmações dos fabricantes, que indicam que a vazão se mantém constante com o aumento de pressão dentro da faixa (NETAFIM, 2005; AMANCO, 2005; NAANDAN, 2005 e IRRIGAPLAN, 2005).

Tabela 13. Vazão média ( $L h^{-1}$ ) em função da pressão de 25 emissores para as marcas comerciais Naan PC, Twin plus, Ram e Amanco Drip PC.

| Pressão – kPa | Vazão ( $L h^{-1}$ ) |           |       |                |
|---------------|----------------------|-----------|-------|----------------|
|               | Naan PC              | Twin plus | Ram   | Amanco Drip PC |
| 50            | -----                | -----     | 2,352 | -----          |
| 100           | 3,642                | 1,895     | 2,355 | 2,298          |
| 150           | 3,661                | 1,900     | 2,359 | 2,316          |
| 175           | -----                | -----     | 2,361 | -----          |
| 200           | 3,705                | 1,931     | 2,369 | 2,319          |
| 225           | 3,731                | -----     | ----- | -----          |
| 250           | 3,803                | 1,954     | 2,370 | 2,325          |
| 300           | 3,816                | 2,009     | 2,374 | 2,339          |
| 350           | 3,831                | 2,039     | ----- | 2,368          |
| 360           | -----                | -----     | 2,399 | -----          |
| 400           | -----                | 2,060     | ----- | 2,389          |
| 420           | 3,867                | -----     | ----- | -----          |
| 480           | -----                | 2,093     | ----- | 2,399          |

Aceita-se pela ISO 9261:2004, que a conformação da curva obtida com os dados da Tabela 10, 11, 12 e 13, pode ter uma variação de  $\pm 7\%$  em relação à curva apresentada pelo fabricante. Esta comparação ficou prejudicada porque só os fabricantes das marcas Tiran e Petro Drip forneceram a vazão para as diferentes pressões.

De modo geral, conforme se observa nas Tabelas 14 e 15, as vazões experimentais determinadas em laboratório estão próximas às fornecidas pelos catálogos da Petro Drip e Tiran, com valores superiores aos fornecidos. Observa-se nas citadas Tabelas, que as

diferenças percentuais dentro da faixa de trabalho recomendada pelo fabricante (60 a 120 kPa, e 50 a 300 kPa Petro Drip e Tiran, respectivamente), estão menores que o 7% imposto pela norma.

Tabela 14. Vazões fornecidas pelo fabricante e a diferença com as vazões obtidas pela equação ajustada.

| Pressão – kPa | Vazão ( $\text{L h}^{-1}$ ) do emissor Petro Drip |                |               |
|---------------|---------------------------------------------------|----------------|---------------|
|               | Vazão nominal                                     | Vazão ajustada | Diferença (%) |
| 40            | 0,96                                              | 0,986          | + 2,71        |
| 60            | 1,15                                              | 1,194          | + 3,83        |
| 80            | 1,34                                              | 1,334          | - 0,45        |
| 100           | 1,46                                              | 1,467          | + 0,48        |
| 120           | 1,58                                              | 1,603          | + 1,46        |

Tabela 15. Vazões fornecidas pelo fabricante e a diferença com as vazões obtidas pela equação ajustada.

| Pressão – kPa | Vazão ( $\text{L h}^{-1}$ ) do emissor Tiran |                |               |
|---------------|----------------------------------------------|----------------|---------------|
|               | Vazão nominal                                | Vazão ajustada | Diferença (%) |
| 50            | 1,43                                         | 1,501          | + 4,97        |
| 100           | 2,00                                         | 2,054          | + 2,70        |
| 150           | 2,43                                         | 2,484          | + 2,22        |
| 200           | 2,79                                         | 2,848          | + 2,08        |
| 250           | 3,10                                         | 3,205          | + 3,39        |
| 300           | 3,39                                         | 3,454          | + 1,89        |

### 7.3 Ajuste da relação vazão-pressão

Utilizando os valores das Tabelas 10, 11, 12 e 13, ajustou-se as relações vazão-pressão obtendo-se o valor de  $x$  e de  $k$  conforme Tabela 18. Para os tubos emissores não autocompensantes, foi obtida também pelo ajuste da equação potencial com os pares de valores

médios de vazão e pressão e seu coeficiente de determinação. Segundo Lopez, (1997), o coeficiente de determinação ( $r^2$ ), serve como ferramenta útil para comprovar o ajuste da equação. No caso dos tubos emissores autocompensantes, o ajuste mediante uma função exponencial é deficiente, resultando baixos valores do coeficiente de determinação (LOPEZ et al., 1997).

Tabela 16. Valores de  $x$  e  $k$ , para as formulas dos emissores avaliados.

| Marcas          | $x$   | $k$ (L h <sup>-1</sup> kPa <sup>-x</sup> ) | Formula do emissor |
|-----------------|-------|--------------------------------------------|--------------------|
| Petro Drip      | 0,431 | 0,201                                      | $q=0,201P^{0,431}$ |
| Golden Drip     | 0,502 | 0,142                                      | $q=0,142P^{0,502}$ |
| Chapin          | 0,450 | 0,182                                      | $q=0,182P^{0,450}$ |
| Queen Gil       | 0,575 | 0,117                                      | $q=0,117P^{0,575}$ |
| Aqua Traxx      | 0,533 | 0,117                                      | $q=0,117P^{0,533}$ |
| Tiran           | 0,480 | 0,225                                      | $q=0,225P^{0,480}$ |
| Amanco Drip     | 0,470 | 0,260                                      | $q=0,260P^{0,470}$ |
| Naan PC*        | 0,056 | 2,756                                      | $q=2,756P^{0,056}$ |
| Twin Plus*      | 0,075 | 1,288                                      | $q=1,288P^{0,075}$ |
| Ram*            | 0,015 | 2,183                                      | $q=2,183P^{0,015}$ |
| Amanco Drip PC* | 0,034 | 1,926                                      | $q=1,926P^{0,034}$ |

\* Emissores autocompensantes.

Pela ISO 9261:2004, quando o valor do expoente do emissor  $x$  é maior do que 0,2, considera-se este emissor não autocompensante. Pode-se observar na tabela anterior, as marcas comerciais Naan PC, Twin Plus, Ram e Amanco Drip PC, apresentam valores inferiores a 0,2, podendo-se afirmar que estes produtos são autocompensantes conforme manifestam seus fabricantes. Nas demais marcas comerciais, os valores de  $x$  são próximos a 0,5, o que indica que o regime de escoamento dos emissores é turbulento (KELLER e KARMEELLI, 1975; PIZARRO, 1996; LOPEZ, 1997), significando que as mudanças na vazão, se relacionam com a raiz quadrada da pressão, conseqüentemente, uma variação na energia de pressão da ordem de 20% permite que a vazão dos emissores varie em torno de  $\pm 10\%$  em relação ao valor desejado. Andrade (2005), encontrou  $x$  igual a 0,494, e  $k$  igual a 0,154 para Golden Drip, valores muito próximos aos valores obtidos neste experimento.

Para os emissores não autocompensantes, o modelo potencial correlacionado, apresentou alto coeficiente de determinação ( $r^2$ ) 0,99, ou seja, 99% da variação da vazão é devido a relação que existe entre vazão e pressão. A diferença se deve ao erro experimental.

O expoente  $x$  calculado, não deve desviar do valor fornecido pelo fabricante em  $\pm 5\%$ , segundo a norma ISO 9261:2004. Não foi possível fazer esta comparação com todos os produtos, pois só as marcas Petro Drip, Golden, Chapin e Twin Plus, informaram este coeficiente nos seus catálogos (Tabela 17).

Tabela 17. Valores de  $x$  calculados e fornecidos pelo fabricante.

| Marcas comerciais | Expoentes dos emissores |                |                |
|-------------------|-------------------------|----------------|----------------|
|                   | $x$ fornecidos          | $x$ calculados | Diferenças (%) |
| Petro Drip        | 0,46                    | 0,43           | - 6,52         |
| Golden Drip       | 0,53                    | 0,50           | - 5,66         |
| Chapin            | 0,54                    | 0,45           | - 16,67        |
| Twin Plus         | 0,02                    | 0,08           | + 227,00       |

Para emissores autocompensantes, o ajuste mediante uma função potencial é deficiente, resultando valores muito baixos de  $r^2$ . Um ajuste linear, neste caso é mais indicado (LOPEZ, 1997). Portanto, o valor de  $\pm 5\%$  sugerido pela norma ISO 9261:204 como variação máxima recomendada para o coeficiente  $x$ , no caso específico de tubos emissores autocompensantes, não se aplica. Motivo este, da grande variação observada para o tubo emissor Twin Plus.

#### 7.4 Espessura de parede do tubo emissor

Na Tabela 18, são apresentados os valores de espessura da primeira e segunda seção dos tubos emissores. A norma ISO 9261:2004 recomenda que os fabricantes declarem estes valores arredondados em 0,05 mm, e pelo critério desta norma, a espessura de

parede do tubo emissor, não pode ter nenhum dos quatro pontos com medida inferior a 90% da espessura declarada.

Tabela 18. Valores das espessuras de paredes dos tubos emissores, em mm.

| Marcas      | Espess.<br>(mm)* | Primeira seção |      |      |      | Segunda seção |      |      |      |
|-------------|------------------|----------------|------|------|------|---------------|------|------|------|
|             |                  | 1              | 2    | 3    | 4    | 1             | 2    | 3    | 4    |
| Petro Drip  | 0,40             | 0,44           | 0,45 | 0,44 | 0,41 | 0,47          | 0,45 | 0,44 | 0,42 |
| Golden Drip | 0,40             | 0,42           | 0,43 | 0,45 | 0,46 | 0,45          | 0,47 | 0,44 | 0,43 |
| Chapin      | 0,40             | 0,48           | 0,46 | 0,51 | 0,49 | 0,47          | 0,48 | 0,46 | 0,49 |
| Queen Gil   | 0,20             | 0,23           | 0,28 | 0,26 | 0,24 | 0,25          | 0,28 | 0,23 | 0,24 |
| Aqua Traxx  | 0,20             | 0,20           | 0,21 | 0,23 | 0,21 | 0,22          | 0,23 | 0,22 | 0,20 |
| Tiran       | 0,90             | 1,02           | 0,99 | 0,98 | 1,01 | 1,04          | 1,02 | 1,03 | 1,01 |
| Amanco Drip | 0,85             | 0,95           | 0,98 | 1,01 | 0,99 | 0,96          | 1,02 | 0,98 | 0,99 |
| Naan PC     | 0,90             | 0,94           | 0,93 | 0,93 | 0,94 | 0,93          | 0,94 | 0,90 | 0,95 |
| Twin Plus   | 1,00             | 1,16           | 1,17 | 1,20 | 1,15 | 1,16          | 1,16 | 1,19 | 1,20 |
| Ram         | 1,00             | 1,05           | 1,09 | 1,10 | 1,06 | 1,05          | 1,04 | 1,11 | 1,07 |
| Amanco PC   | 0,90             | 1,01           | 1,03 | 1,07 | 1,04 | 1,12          | 1,05 | 1,09 | 1,04 |

\* Espessura fornecida pelo fabricante.

De modo geral, conforme as colunas da primeira e segunda seção da Tabela anterior, as espessuras determinadas em laboratório estão acima das fornecidas pelo catálogo dos fabricantes. Pode-se inferir que todas as marcas comerciais estão dentro das especificações da norma ISO 9261:2004, para este item.

## 7.5 Diâmetro interno dos tubos emissores

Na bobina ensaiada da marca Golden Drip, o diâmetro medido foi 16,31 mm, com um desvio de 0,31 mm sobre o diâmetro declarado no catálogo, 16,00 mm, sugerindo algum problema no controle de qualidade do fabricante.

O diâmetro interno medido não deve se desviar mais do que  $\pm 0,3$  mm do diâmetro fornecido pelo fabricante.

Tabela 19. Diâmetros internos (mm) fornecidos pelo fabricante e medidos, dos tubos emissores avaliados.

| Produto        | Diâmetro interno (mm) |        | Desvio (mm)* |
|----------------|-----------------------|--------|--------------|
|                | Informado             | Medido |              |
| Petro Drip     | 16,00                 | 15,78  | - 0,22       |
| Golden Drip    | 16,00                 | 16,31  | + 0,31       |
| Chapin         | 16,00                 | 16,04  | + 0,04       |
| Queen Gil      | 16,50                 | 16,34  | - 0,16       |
| Aqua Traxx     | 16,00                 | 16,24  | + 0,24       |
| Tiran          | 14,10                 | 14,38  | + 0,28       |
| Amanco Drip    | 13,80                 | 13,98  | + 0,18       |
| Naan PC        | 13,90                 | 14,19  | + 0,29       |
| Twin Plus      | 15,50                 | 15,65  | + 0,15       |
| Ram            | 14,40                 | 14,34  | + 0,06       |
| Amanco Drip PC | 14,20                 | 14,18  | - 0,14       |

\* Aceitável  $\pm 0,3$  (Norma ISO 9261:2004)

## 7.6 Espaçamento entre os emissores

Os espaçamentos entre os emissores não devem se desviar mais do que 5% do espaçamento declarado. Na Tabela 20. Pode-se observar que todos os tubos emissores estão dentro da faixa de tolerância.

O tubo emissor Twin Plus, não apresentou desvio entre o espaçamento declarado e o medido.

Tabela 20. Espaçamento entre emissores (mm).

| Marcas            | Espaçamento<br>Informado<br>(mm) | Valores medidos |      |     | Valor médio<br>medido<br>(mm) | Maior<br>desvio**<br>(%) |
|-------------------|----------------------------------|-----------------|------|-----|-------------------------------|--------------------------|
|                   |                                  | 1               | 2    | 3   |                               |                          |
| Petro Drip        | 300                              | 303             | 305* | 304 | 304,00                        | + 1,67                   |
| Golden Drip       | 300                              | 300             | 295* | 298 | 297,67                        | - 1,67                   |
| Chapin            | 300                              | 309             | 309* | 309 | 309,00                        | + 3,00                   |
| Queen Gil         | 300                              | 295*            | 296  | 295 | 295,33                        | - 1,67                   |
| Aqua Traxx        | 305                              | 301*            | 302  | 301 | 301,33                        | - 1,31                   |
| Tiran             | 500                              | 505*            | 501  | 500 | 502,00                        | + 1,00                   |
| Amanco Drip       | 330                              | 344*            | 332  | 343 | 339,67                        | + 4,24                   |
| Naan PC           | 950                              | 970*            | 960  | 960 | 963,33                        | + 2,11                   |
| Twin Plus         | 750                              | 750             | 750  | 750 | 750,00                        | -----                    |
| Ram               | 570                              | 563*            | 566  | 567 | 565,33                        | - 1,23                   |
| Amanco Drip<br>PC | 330                              | 339             | 346* | 344 | 343,00                        | + 4,85                   |

\* valor mais alto com respeito ao informado.

\*\* Maior desvio com relação ao valor mais alto.

## 7.7 Resistência à pressão hidráulica em temperatura ambiente

### 7.7.1 Pressão de 1,2 vezes a pressão máxima $p_{max}$ – produtos não reutilizáveis

Após os tubos emissores terem trabalhado por uma hora na pressão de bancada igual a 1,2 vezes a pressão máxima  $p_{max}$ , que é um procedimento específico para emissores classificados como não reutilizáveis. A diferença de  $\pm 10\%$  é aceitável. Os resultados apresentam quatro repetições para cada emissor. Nas Tabelas seguintes são apresentados os resultados para todas as marcas comerciais.

Tabela 21. Vazão ( $\text{L h}^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,2 vezes a  $p_{\max}$  (144 kPa) para Petro Drip e Golden Drip.

| No de emissor | Petro Drip (144 kPa) |                    |              | Golden Drip (144 kPa) |                    |              |
|---------------|----------------------|--------------------|--------------|-----------------------|--------------------|--------------|
|               | Vazão original       | Vazão após o teste | Variação (%) | Vazão original        | Vazão após o teste | Variação (%) |
| 1             | 1,492                | 1,496              | + 0,268      | 1,432                 | 1,429              | - 0,209      |
| 2             | 1,450                | 1,454              | + 0,276      | 1,374                 | 1,387              | + 0,946      |
| 3             | 1,436                | 1,442              | + 0,418      | 1,425                 | 1,434              | + 0,632      |
| 4             | 1,419                | 1,426              | + 0,493      | 1,396                 | 1,409              | + 0,931      |
| 5             | 1,420                | 1,411              | - 0,634      | 1,440                 | 1,463              | + 1,597      |

Tabela 22. Vazão ( $\text{L h}^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,2 vezes a  $p_{\max}$  (120 kPa) para Chapin e Queen Gil.

| No de emissor | Chapin (120 kPa) |                    |              | Queen Gil (120 kPa) |                    |              |
|---------------|------------------|--------------------|--------------|---------------------|--------------------|--------------|
|               | Vazão original   | Vazão após o teste | Variação (%) | Vazão original      | Vazão após o teste | Variação (%) |
| 1             | 1,477            | 1,473              | - 0,271      | 1,361               | 1,366              | + 0,367      |
| 2             | 1,426            | 1,431              | + 0,351      | 1,420               | 1,427              | + 0,493      |
| 3             | 1,436            | 1,449              | + 0,905      | 1,433               | 1,444              | + 0,767      |
| 4             | 1,377            | 1,381              | + 0,290      | 1,350               | 1,367              | + 1,259      |
| 5             | 1,457            | 1,469              | + 0,824      | 1,343               | 1,354              | + 0,819      |

Tabela 23. Vazão ( $\text{L h}^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,2 vezes a  $p_{\max}$  (360 kPa) para Tiran e Ram.

| No de emissor | Tiran (360 kPa) |                    |               | Ram (360 kPa)  |                    |               |
|---------------|-----------------|--------------------|---------------|----------------|--------------------|---------------|
|               | Vazão original  | Vazão após o teste | Variação (%)* | Vazão original | Vazão após o teste | Variação (%)* |
| 1             | 2,082           | 2,073              | - 0,432       | 2,311          | 2,304              | - 0,303       |
| 2             | 2,076           | 2,074              | - 0,096       | 2,212          | 2,203              | - 0,407       |
| 3             | 2,004           | 2,006              | + 0,099       | 2,319          | 2,316              | - 0,129       |
| 4             | 2,063           | 2,061              | - 0,096       | 2,351          | 2,343              | - 0,340       |
| 5             | 2,092           | 2,088              | + 0,191       | 2,360          | 2,358              | - 0,085       |

Tabela 24. Vazão ( $\text{L h}^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,2 vezes a  $p_{max}$  (480 kPa) para Amanco Drip e Twin Plus.

| No de emissor | Amanco Drip (480 kPa) |                    |               | Twin Plus (480 kPa) |                    |               |
|---------------|-----------------------|--------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------|
|               | Vazão original        | Vazão após o teste | Variação (%)* | Vazão original      | Vazão após o teste | Variação (%)* |
| 1             | 2,263                 | 2,251              | - 0,530       | 2,009               | 1,992              | - 0,846       |
| 2             | 2,282                 | 2,289              | + 0,307       | 1,956               | 1,944              | - 0,613       |
| 3             | 2,282                 | 2,292              | + 0,438       | 1,880               | 1,855              | - 1,330       |
| 4             | 2,289                 | 2,300              | + 0,481       | 1,950               | 1,938              | - 0,615       |
| 5             | 2,264                 | 2,255              | - 0,398       | 1,948               | 1,939              | - 0,462       |

Tabela 25. Vazão ( $\text{L h}^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,2 vezes a  $p_{max}$  (420 kPa) para Naan PC e Amanco Drip PC (480 kPa).

| No de emissor | Naan PC (420 kPa) |                    |               | Amanco Drip PC (480 kPa) |                    |               |
|---------------|-------------------|--------------------|---------------|--------------------------|--------------------|---------------|
|               | Vazão original    | Vazão após o teste | Variação (%)* | Vazão original           | Vazão após o teste | Variação (%)* |
| 1             | 3,769             | 3,761              | - 0,212       | 2,450                    | 2,452              | + 0,082       |
| 2             | 3,755             | 3,754              | - 0,027       | 2,353                    | 2,355              | + 0,085       |
| 3             | 3,712             | 3,725              | + 0,090       | 2,285                    | 2,298              | + 0,569       |
| 4             | 3,717             | 3,722              | + 0,350       | 2,246                    | 2,253              | + 0,312       |
| 5             | 3,708             | 3,715              | + 0,189       | 2,320                    | 2,330              | + 0,431       |

Tabela 26. Vazão ( $\text{L h}^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,2 vezes a  $p_{max}$  (180 kPa) para Aqua Traxx.

| Emissor nº. | Vazão original | Vazão após o teste | Variação (%) |
|-------------|----------------|--------------------|--------------|
| 1           | 1,102          | 1,106              | + 0,363      |
| 2           | 1,113          | 1,116              | + 0,269      |
| 3           | 1,115          | 1,106              | - 0,807      |
| 4           | 1,112          | 1,117              | + 0,449      |
| 5           | 1,114          | 1,116              | + 0,180      |

Todos os tubos emissores de todas as marcas comerciais, não apresentaram variações insignificantes de vazões, ao se considerar uma tolerância de até  $\pm 10\%$ , permitido pela ISO 9261:2004. Conseqüentemente pode-se inferir, que todos os produtos podem ser classificados como **reutilizáveis** para esta pressão de 1,2 pressão máxima.

### 7.7.2 Pressão de 1,8 x a pressão máxima $p_{max}$ – produtos reutilizáveis

Para os produtos reutilizáveis, o critério de pressão torna-se mais exigente, 1,8 vezes a pressão máxima. Os resultados obtidos são apresentados nas Tabelas 27 a 32.

Tabela 27. Vazão ( $L h^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,8 vezes a  $p_{max}$  (216 kPa) para a mangueira Petro Drip e Golden Drip

| No de emissor | Petro Drip (216 kPa) |                    |                           | Golden Drip (216 kPa) |                    |                           |
|---------------|----------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------|
|               | Vazão original       | Vazão após o teste | Variação (%) <sup>*</sup> | Vazão original        | Vazão após o teste | Variação (%) <sup>*</sup> |
| 1             | 1,492                | 1,520              | + 1,87                    | 1,432                 | 1,456              | + 1,676                   |
| 2             | 1,450                | 1,478              | + 1,931                   | 1,374                 | 1,398              | + 1,74                    |
| 3             | 1,436                | 1,466              | + 2,089                   | 1,425                 | 1,449              | + 1,684                   |
| 4             | 1,419                | 1,450              | + 2,185                   | 1,396                 | 1,420              | + 1,720                   |
| 5             | 1,420                | 1,438              | + 1,268                   | 1,440                 | 1,472              | + 2,222                   |

\*Variação aceitável de  $\pm 10\%$

Tabela 28. Vazão ( $L h^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,8 vezes a  $p_{max}$  (180 kPa) para Chapin e Queen Gil.

| No de emissor | Chapin (180 kPa) |                    |              | Queen Gil (180 kPa) |                    |              |
|---------------|------------------|--------------------|--------------|---------------------|--------------------|--------------|
|               | Vazão original   | Vazão após o teste | Variação (%) | Vazão original      | Vazão após o teste | Variação (%) |
| 1             | 1,477            | 1,481              | + 0,271      | 1,361               | 1,375              | + 1,029      |
| 2             | 1,426            | 1,436              | + 0,701      | 1,420               | 1,428              | + 0,563      |
| 3             | 1,436            | 1,445              | + 0,627      | 1,433               | 1,455              | + 1,535      |
| 4             | 1,377            | 1,384              | + 0,508      | 1,350               | 1,358              | + 0,592      |
| 5             | 1,457            | 1,465              | + 0,549      | 1,343               | 1,351              | + 0,596      |

Tabela 29. Vazão ( $\text{L h}^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,8 vezes a  $p_{max}$  (540 kPa) para Tiran e Ram.

| No de emissor | Tiran (540 kPa) |                    |              | Ram (540 kPa)  |                    |              |
|---------------|-----------------|--------------------|--------------|----------------|--------------------|--------------|
|               | Vazão original  | Vazão após o teste | Variação (%) | Vazão original | Vazão após o teste | Variação (%) |
| 1             | 2,082           | 2,090              | + 0,384      | 2,291          | 2,301              | + 0,437      |
| 2             | 2,076           | 2,086              | + 0,482      | 2,282          | 2,296              | + 0,613      |
| 3             | 2,004           | 2,011              | + 0,349      | 2,331          | 2,327              | - 0,172      |
| 4             | 2,063           | 2,069              | + 0,291      | 2,339          | 2,335              | - 0,171      |
| 5             | 2,092           | 2,099              | + 0,335      | 2,303          | 2,307              | + 0,174      |

Tabela 30. Vazão ( $\text{L h}^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,8 vezes a  $p_{max}$  (720 kPa) para Amanco Drip e Twin Plus.

| No de emissor | Amanco Drip (720 kPa) |                    |              | Twin Plus (720 kPa) |                    |              |
|---------------|-----------------------|--------------------|--------------|---------------------|--------------------|--------------|
|               | Vazão original        | Vazão após o teste | Variação (%) | Vazão original      | Vazão após o teste | Variação (%) |
| 1             | 2,263                 | 2,235              | - 1,337      | 2,120               | 2,091              | - 1,368      |
| 2             | 2,282                 | 2,261              | - 0,920      | 1,996               | 1,999              | + 0,150      |
| 3             | 2,282                 | 2,221              | - 2,673      | 1,938               | 1,947              | + 0,464      |
| 4             | 2,289                 | 2,284              | - 0,218      | 1,960               | 1,966              | + 0,306      |
| 5             | 2,264                 | 2,262              | - 0,088      | 1,955               | 1,949              | - 0,307      |

Tabela 31. Vazão ( $\text{L h}^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,8 vezes a  $p_{max}$  (630 kPa) para Naan PC e Amanco Drip PC (720 kPa)

| No de emissor | Naan PC (630 kPa) |                    |              | Amanco Drip PC (720 kPa) |                    |              |
|---------------|-------------------|--------------------|--------------|--------------------------|--------------------|--------------|
|               | Vazão original    | Vazão após o teste | Variação (%) | Vazão original           | Vazão após o teste | Variação (%) |
| 1             | 3,669             | 3,666              | - 0,082      | 2,289                    | 2,288              | - 0,044      |
| 2             | 3,703             | 3,713              | 0,270        | 2,313                    | 2,315              | + 0,086      |
| 3             | 3,733             | 3,729              | - 0,107      | 2,302                    | 2,316              | + 0,608      |
| 4             | 3,754             | 3,756              | + 0,053      | 2,289                    | 2,297              | + 0,349      |
| 5             | 3,719             | 3,715              | - 0,108      | 2,311                    | 2,320              | + 0,389      |

Tabela 32. Vazão ( $\text{L h}^{-1}$ ) à pressão nominal e sua variação após 60 min trabalhando à pressão de 1,8 vezes a  $p_{max}$  (180 kPa) para Aqua Traxx.

| Emissor nº. | Vazão original | Vazão após o teste | Variação (%) |
|-------------|----------------|--------------------|--------------|
| 1           | 1,102          | 1,110              | + 0,726      |
| 2           | 1,113          | 1,119              | + 0,539      |
| 3           | 1,115          | 1,116              | + 0,090      |
| 4           | 1,112          | 1,114              | + 0,180      |
| 5           | 1,114          | 1,117              | + 0,269      |

Mesmo, neste critério, todos os tubos emissores (autocompensantes e não autocompensantes) foram considerados **reutilizáveis**, até aqueles com menor espessura de parede.

Em todos os emissores não autocompensantes, houve um aumento da vazão, mas dentro do limite de variação permitido pela ISO 9261:2004. Com exceção da marca Amanco Drip, em que foi observada uma diminuição da vazão em todos os emissores, porém, dentro do limite de 10%.

### 7.8 Resistência à pressão hidráulica submetida à elevada temperatura (40°C)

Muito similar ao ensaio anterior, tomou-se um segmento com três emissores para cada produto. Estes segmentos de tubo foram imersos no recipiente, conforme Figura 10, sendo então submetidos à pressão máxima de trabalho.

A pressurização foi lenta e tomou-se o cuidado de retirar todo o ar de dentro da mangueira.

Depois disto o recipiente foi preenchido com água. A temperatura da água variou de 30 a 42°C durante o ensaio, com uma resistência blindada e regulada com dispositivo eletrônico. O tubo emissor permaneceu imerso e pressurizado por 60 minutos para cada tubo emissor.

Depois dos 60 minutos, os segmentos foram retirados do recipiente e ficaram em repouso a temperatura ambiente por 30 minutos. Novamente foram pressurizados a

pressão nominal, e foram avaliadas a vazões dos três emissores para cada tubo emissor, com 4 repetições. O tempo de coleta de água foi de 5 minutos. Os dados consolidados estão nas Tabelas 33 a 36. A vazão de cada emissor não deve desviar mais do que  $\pm 10\%$  da vazão original, conforme norma ISO 9261:2004.

Tabela 33. Valores de vazão ( $L h^{-1}$ ) antes e depois do ensaio em água a  $40^{\circ}C$  e as variações encontradas para as marcas Petro Drip e Golden Drip.

| Emissor | PetroDrip      |              |               | Golden Drip    |              |               |
|---------|----------------|--------------|---------------|----------------|--------------|---------------|
|         | Vazão original | Vazão ensaio | Diferença (%) | Vazão original | Vazão ensaio | Diferença (%) |
| 1       | 1,375          | 1,370        | - 0,364       | 1,385          | 1,383        | - 0,144       |
| 2       | 1,401          | 1,402        | + 0,071       | 1,402          | 1,398        | - 0,285       |
| 3       | 1,369          | 1,360        | - 0,657       | 1,411          | 1,408        | - 0,213       |

Tabela 34. Valores de vazão ( $L h^{-1}$ ) antes e depois do ensaio em água a  $40^{\circ}C$  e as variações encontradas para as marcas Chapin e Queen Gil.

| Emissor | Chapin         |              |               | Queen Gil      |              |               |
|---------|----------------|--------------|---------------|----------------|--------------|---------------|
|         | Vazão original | Vazão ensaio | Diferença (%) | Vazão original | Vazão ensaio | Diferença (%) |
| 1       | 1,442          | 1,448        | + 0,416       | 1,761          | 1,753        | - 0,454       |
| 2       | 1,509          | 1,501        | - 0,530       | 1,686          | 1,698        | + 0,712       |
| 3       | 1,453          | 1,465        | + 0,826       | 1,796          | 1,804        | + 0,445       |

Tabela 35. Valores de vazão ( $L h^{-1}$ ) antes e depois do ensaio em água a  $40^{\circ}C$  e as variações encontradas para marcas Aqua Traxx e Tiran.

| Emissor | Aqua Traxx     |              |               | Tiran          |              |               |
|---------|----------------|--------------|---------------|----------------|--------------|---------------|
|         | Vazão original | Vazão ensaio | Diferença (%) | Vazão original | Vazão ensaio | Diferença (%) |
| 1       | 1,118          | 1,126        | + 0,716       | 2,074          | 2,068        | - 0,290       |
| 2       | 1,133          | 1,128        | - 0,441       | 1,995          | 1,987        | - 0,401       |
| 3       | 1,094          | 1,098        | + 0,366       | 2,082          | 2,090        | + 0,384       |

Tabela 36. Valores de vazão ( $L\ h^{-1}$ ) antes e depois do ensaio em água a  $40^{\circ}C$  e as variações encontradas para o tubo emissor Amanco Drip.

| Emissor | Amanco Drip    |              |               |
|---------|----------------|--------------|---------------|
|         | Vazão original | Vazão ensaio | Diferença (%) |
| 1       | 2,199          | 2,189        | - 0,455       |
| 2       | 2,211          | 2,216        | + 0,226       |
| 3       | 2,231          | 2,240        | + 0,403       |

Pode-se verificar que nos emissores autocompensantes (Tabelas 37 e 38), houve uma diminuição na vazão depois do ensaio a  $40^{\circ}C$ , provavelmente devido a uma dilatação da membrana especial que possuem, ainda dentro do limite de variação permitido pela ISO 9261:2004.

Tabela 37. Valores de vazão ( $L\ h^{-1}$ ) antes e depois do ensaio em água a  $40^{\circ}C$  e as variações encontradas para os tubos emissores autocompensantes Naan PC e Twin Plus.

| Emissor | Naan PC        |              |               | Twin Plus      |              |               |
|---------|----------------|--------------|---------------|----------------|--------------|---------------|
|         | Vazão original | Vazão ensaio | Diferença (%) | Vazão original | Vazão ensaio | Diferença (%) |
| 1       | 3,829          | 3,696        | - 3,473       | 2,136          | 2,053        | - 3,886       |
| 2       | 3,414          | 3,355        | - 1,728       | 2,062          | 1,970        | - 4,462       |
| 3       | 3,622          | 3,584        | - 1,049       | 2,121          | 2,011        | - 5,186       |

Tabela 38. Valores de vazão ( $L\ h^{-1}$ ) antes e depois do ensaio em água a  $40^{\circ}C$  e as variações encontradas para os tubos emissores autocompensantes Ram e Amanco Drip PC.

| Emissor | Ram            |              |               | Amanco Drip PC |              |               |
|---------|----------------|--------------|---------------|----------------|--------------|---------------|
|         | Vazão original | Vazão ensaio | Diferença (%) | Vazão original | Vazão ensaio | Diferença (%) |
| 1       | 2,391          | 2,378        | - 0,544       | 2,538          | 2,464        | - 2,916       |
| 2       | 2,349          | 2,316        | - 1,405       | 2,160          | 2,056        | - 4,815       |
| 3       | 2,240          | 2,194        | - 2,054       | 2,369          | 2,248        | - 5,108       |

## 7.9 Resistência à tração

Os ensaios foram realizados a temperatura ambiente de 24,5 °C. Dois segmentos das onze marcas (22 ensaios) de tubo e mangueira gotejadora foram preparados para serem ensaiados. Um segmento da Petro Drip sofreria a tensão de 160 N e o outro de 180 N. O mesmo aconteceu com as outras amostras (mais dez). Cada segmento tinha 3 gotejadores. Marcou-se em cada mangueira dois pontos eqüidistantes em 150 mm.

Num simulador de tração adaptado, conforme norma ASAE S553 (Figura 13), no Laboratório de Irrigação foram aplicadas as forças. Tomou-se o cuidado de incrementar a tensão lentamente, no mínimo 30 segundos, de maneira a não danificar as amostras prematuramente.

Tabela 39. Distância entre os pontos submetidos a diferentes trações aplicadas no ensaio para os tubos emissores.

| Marca       | Força aplicada de 160 N          |        |            | Força aplicada de 180 N          |        |            |
|-------------|----------------------------------|--------|------------|----------------------------------|--------|------------|
|             | Distância entre dois pontos (mm) |        |            | Distância entre dois pontos (mm) |        |            |
|             | Antes                            | Depois | Variação % | Antes                            | Depois | Variação % |
| Petro Drip  | 150                              | 153    | 2,00       | 150                              | 154    | 2,67       |
| Golden Drip | 150                              | 153    | 2,00       | 150                              | 153,5  | 2,33       |
| Chapin      | 150                              | 152    | 1,33       | 150                              | 152    | 1,33       |
| Queen Gil   | 150                              | 151    | 0,67       | 150                              | 151    | 0,67       |
| Aqua Traxx  | 150                              | 178    | 18,67      | 150                              | 198    | 32,00      |
| Tiran       | 150                              | 151    | 0,67       | 150                              | 152,5  | 1,67       |
| Amanco Drip | 150                              | 151    | 0,67       | 150                              | 151    | 0,67       |
| Naan PC     | 150                              | 150,5  | 0,33       | 150                              | 151,5  | 1,00       |
| Twin Plus   | 150                              | 150,5  | 0,33       | 150                              | 151    | 0,67       |
| Ram         | 150                              | 151    | 0,67       | 150                              | 152    | 1,33       |
| Amanco Drip | 150                              | 151    | 0,67       | 150                              | 151    | 0,67       |
| PC          |                                  |        |            |                                  |        |            |

\*Aceitável até  $\pm 5\%$  de variação. (Norma ISO 9261:2004)

Cada segmento de mangueira ficou tracionado por 15 minutos. Após este tempo seria retirado do dispositivo e seriam avaliados os danos físicos, a vazão na pressão nominal (aceitável  $\pm 10\%$  de variação) e a distância entre os sinais pré-marcados, que poderiam variar  $\pm 5\%$ , ou seja, de 142,5 a 157,5 mm.

Na Tabela 39, pode-se observar que a marca Queen Gil, mesmo tendo uma espessura relativamente baixa (0,20 mm), foi a que apresentou menor variação com 0,67%, sendo que a marca Aqua Traxx com a mesma espessura, não passou no ensaio, pois a distância entre as marcas variou acima do limite permitido nas duas tensões testadas. Quanto a vazão, Tabela 44, as variações para 160N, estão dentro do permissível.

Tabela 40. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Petro Drip.

| Emissor | 160 N    |             |               | 180 N    |             |               |
|---------|----------|-------------|---------------|----------|-------------|---------------|
|         | Original | Após ensaio | Variação (%)* | Original | Após ensaio | Variação (%)* |
| 1       | 1,442    | 1,460       | + 0,101       | 1,455    | 1,453       | - 0,137       |
| 2       | 1,328    | 1,329       | + 0,075       | 1,463    | 1,452       | - 0,752       |
| 3       | 1,296    | 1,311       | + 1,157       | 1,284    | 1,273       | - 0,857       |

\*Aceitável até 10% de variação. (Norma ISO 9261:2004).

Tabela 41. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Golden Drip.

| Emissor | 160 N    |             |               | 180 N    |             |               |
|---------|----------|-------------|---------------|----------|-------------|---------------|
|         | Original | Após ensaio | Variação (%)* | Original | Após ensaio | Variação (%)* |
| 1       | 1,393    | 1,401       | + 0,574       | 1,411    | 1,408       | - 0,213       |
| 2       | 1,412    | 1,422       | + 0,708       | 1,427    | 1,429       | + 0,140       |
| 3       | 1,417    | 1,422       | + 0,353       | 1,402    | 1,419       | + 1,213       |

\*Aceitável até 10% de variação. (Norma ISO 9261:2004).

Tabela 42. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Chapin.

| Emissor | 160 N    |             |               | 180 N    |             |               |
|---------|----------|-------------|---------------|----------|-------------|---------------|
|         | Original | Após ensaio | Variação (%)* | Original | Após ensaio | Variação (%)* |
| 1       | 1,442    | 1,449       | + 0,485       | 1,446    | 1,428       | - 1,245       |
| 2       | 1,409    | 1,389       | - 1,419       | 1,420    | 1,407       | - 0,915       |
| 3       | 1,430    | 1,437       | - 0,490       | 1,434    | 1,432       | 0,139         |

\*Aceitável até 10% de variação. (Norma ISO 9261:2004).

Tabela 43. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Queen Gil.

| Emissor | 160 N    |             |               | 180 N    |             |               |
|---------|----------|-------------|---------------|----------|-------------|---------------|
|         | Original | Após ensaio | Variação (%)* | Original | Após ensaio | Variação (%)* |
| 1       | 1,730    | 1,731       | + 0,058       | 1,664    | 1,659       | - 0,300       |
| 2       | 1,685    | 1,699       | + 0,831       | 1,742    | 1,739       | - 0,172       |
| 3       | 1,748    | 1,766       | + 1,030       | 1,749    | 1,727       | - 1,258       |

\*Aceitável até 10% de variação. (Norma ISO 9261:2004).

Tabela 44. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Aqua Traxx.

| Emissor | 160 N    |             |               | 180 N    |             |               |
|---------|----------|-------------|---------------|----------|-------------|---------------|
|         | Original | Após ensaio | Variação (%)* | Original | Após ensaio | Variação (%)* |
| 1       | 1,128    | 1,065       | - 5,585       | 1,120    | 1,001       | - 10,625      |
| 2       | 1,124    | 1,057       | - 5,961       | 1,119    | 0,997       | - 10,90       |
| 3       | 1,147    | 1,080       | - 5,841       | 1,132    | 0,987       | - 12,809      |

\*Aceitável até 10% de variação. (Norma ISO 9261:2004).

Tabela 45. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Tiran.

| Emissor | 160 N    |             |               | 180 N    |             |               |
|---------|----------|-------------|---------------|----------|-------------|---------------|
|         | Original | Após ensaio | Variação (%)* | Original | Após ensaio | Variação (%)* |
| 1       | 2,097    | 2,110       | + 0,620       | 2,003    | 2,008       | + 0,250       |
| 2       | 2,020    | 2,028       | + 0,396       | 2,023    | 2,026       | + 0,148       |
| 3       | 2,024    | 2,038       | + 0,692       | 2,028    | 2,031       | + 0,148       |

\*Aceitável até 10% de variação. (Norma ISO 9261:2004).

Tabela 46. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Amanco Drip.

| Emissor | 160 N    |             |               | 180 N    |             |               |
|---------|----------|-------------|---------------|----------|-------------|---------------|
|         | Original | Após ensaio | Variação (%)* | Original | Após ensaio | Variação (%)* |
| 1       | 2,253    | 2,280       | + 1,198       | 2,226    | 2,235       | + 0,404       |
| 2       | 2,236    | 2,256       | + 0,894       | 2,255    | 2,261       | + 0,266       |
| 3       | 2,272    | 2,266       | - 0,264       | 2,223    | 2,221       | - 0,090       |

\*Aceitável até 10% de variação. (Norma ISO 9261:2004).

Tabela 47. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Naan PC.

| Emissor | 160 N    |             |               | 180 N    |             |               |
|---------|----------|-------------|---------------|----------|-------------|---------------|
|         | Original | Após ensaio | Variação (%)* | Original | Após ensaio | Variação (%)* |
| 1       | 3,748    | 3,754       | + 0,160       | 3,795    | 3,797       | + 0,053       |
| 2       | 3,769    | 3,770       | + 0,027       | 3,741    | 3,748       | + 0,187       |
| 3       | 3,755    | 3,754       | - 0,027       | 3,726    | 3,733       | + 0,188       |

\*Aceitável até 10% de variação. (Norma ISO 9261:2004).

Tabela 48. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Twin Plus.

| Emissor | 160 N    |             |               | 180 N    |             |               |
|---------|----------|-------------|---------------|----------|-------------|---------------|
|         | Original | Após ensaio | Variação (%)* | Original | Após ensaio | Variação (%)* |
| 1       | 1,989    | 1,979       | - 0,503       | 1,946    | 1,950       | + 0,206       |
| 2       | 1,971    | 1,973       | + 0,101       | 1,945    | 1,949       | + 0,206       |
| 3       | 1,953    | 1,957       | + 0,205       | 1,976    | 1,980       | + 0,202       |

\*Aceitável até 10% de variação. (Norma ISO 9261:2004).

Tabela 49. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Ram.

| Emissor | 160 N    |             |               | 180 N    |             |               |
|---------|----------|-------------|---------------|----------|-------------|---------------|
|         | Original | Após ensaio | Variação (%)* | Original | Após ensaio | Variação (%)* |
| 1       | 2,360    | 2,369       | + 0,381       | 2,387    | 2,392       | + 0,209       |
| 2       | 2,329    | 2,333       | + 0,172       | 2,330    | 2,339       | + 0,386       |
| 3       | 2,372    | 2,381       | + 0,379       | 2,384    | 2,390       | + 0,252       |

\*Aceitável até 10% de variação. (Norma ISO 9261:2004).

Tabela 50. Variação entre a vazão original ( $L h^{-1}$ ) e a obtida após o ensaio de tração para o produto Amanco Drip PC.

| Emissor | 160 N    |             |               | 180 N    |             |               |
|---------|----------|-------------|---------------|----------|-------------|---------------|
|         | Original | Após ensaio | Variação (%)* | Original | Após ensaio | Variação (%)* |
| 1       | 2,338    | 2,341       | + 0,128       | 2,351    | 2,359       | + 0,340       |
| 2       | 2,331    | 2,337       | + 0,257       | 2,387    | 2,391       | + 0,168       |
| 3       | 2,295    | 2,299       | + 0,174       | 2,319    | 2,324       | + 0,216       |

\*Aceitável até 10% de variação. (Norma ISO 9261:2004).

Se os fabricantes declarassem uma tensão de ensaio menor do que o preconizado pela norma ISO 9261:2004, o que é permitido, então se teria de conduzir este ensaio

nesta tensão declarada, o que provavelmente aprovaria os produtos neste quesito. Lamentavelmente nenhuma das empresas comerciais apresentou esta informação.

O ensaio de resistência à tensão, mostrou-se eficiente para classificar os tubos emissores como **reutilizável** ou **não reutilizável**.

#### **7.10 Resistência dos tubos emissores à fadiga ambiental**

O resultado do ensaio (número de dobras com falhas) em todos os tubos emissores revelou nenhuma rachadura. Pode-se concluir que o material usado como matéria prima na fabricação dos tubos emissores, é de boa qualidade.

## **8 CONCLUSÕES**

Nas condições em que os ensaios foram conduzidos, seguindo as recomendações das Normas ISO 8796:2004 e ISO 9261:2204, e como caráter pioneiro dos mesmos, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- a) Os coeficientes de variação de fabricação para todos os tubos emissores avaliados foram abaixo de 0,07, permitido pela norma ISO 9261:2004.
- b) Os tubos emissores não autocompensantes obtiveram valores dos expoentes entre 0,431 e 0,575, sendo classificados como de fluxo turbulento. Nos emissores autocompensantes, os valores dos expoentes foram próximos a zero.
- c) O ensaio de resistência à tração constitui-se em uma ferramenta rápida para diagnosticar se o tubo emissor pode ser removido e reinstalado.
- d) Os produtos ensaiados e ofertados no mercado brasileiro apresentaram um bom desempenho de acordo com as duas normas.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS

ABREU, J. M. H.; LOPEZ, J. R.; REGALADO, A. P.; HERNANDEZ, J. F. G. **El riego localizado**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 1987, 317p.

AMANCO. **Amanco-Brasil**. 2005. Disponível em: <<http://www.amanco.com.br>> Acesso em: 14 jul. 2005.

AMERICAN NATIONAL STANDARD. **ANSI/ASAE S553**: Collapsible emitting hose (drip tape): specifications and performance testing. St Joseph, 1985. 6p.

ANDRADE, L. Irrigação gota a gota, a solução para a escassez de água. **Agrianual 2001**, São Paulo, p. 78-90, 2001.

ANDRADE, L. **Avaliação Hidráulica e de resistência a tração de dois modelos de mangueiras gotejadoras**. 2005. 76 p. Dissertação (Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

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, H. M. Irrigação Localizada. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n. 139, p.40-53, 1986.

BACA GARCIA, C. J. **Irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial na cultura de batata (*Solanum tuberosum* L.) com dois sistemas de plantio**. 2003. 67 p. Dissertação (Agronomia-Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, 1995. 463 p.

BURT, C. M.; STYLES, S. W. **Drip and microirrigation for trees, vines, and row crops**. San Luis Obispo: The Irrigation Training & Research Center, 2000, 261 p.

CHRISTOFIDIS, D. **Situação das áreas irrigadas: métodos e equipamentos de irrigação – Brasil**. Brasília: DH/SRH/MMA, 1999. 26p.

CHRISTOFIDIS, D. Os recursos hídricos e a pratica da irrigação no Brasil e no mundo. **ITEM: irrigação e tecnologia moderna**, Brasília, n. 49, p. 8-13, 2001.

CLEMMENS, A. J.; SOLOMON, K. H. **Estimation of global irrigation distribution uniformity**. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v 123, n.6, p. 454-461, 1997.

CORDEIRO, E. A. **Influencia do tratamento de água ferruginosa no desempenho de sistema de irrigação por gotejamento**. 2002. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

DIAS, N. da S.; et al. **Resistência de diferentes tipos de tubogotejadores ao entupimento por precipitação química de cálcio.** Irriga, v. 9, n.2, p.115-125, 2004.

FARIA, L. F. **Variação de vazão de gotejadores enterrados na irrigação de citros e café.** 2002. 102 p. Dissertação (Mestrado Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, Piracicaba, 2002.

FRAVET. A. M. M. F de., BACA GARCIA, CRUZ R. L., ANDRADE L. **Evaluación de las características hidráulicas de una cinta de goteo marca chapin ®.** In: CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE, 1, 2004, Lima: **Anais...**Lima: Universidad Agraria La Molina, 2004. CD-ROM.

FREITAS AQUINO, R., CARVALHO A. **Características Hidráulicas dos emissores Netafim, Carburundum e Katif para irrigação localizada.** XVI CICESA/UFLA, 2003.

FRIZZONE, J. A.; NETO, D. D., **Avaliação de sistemas de irrigação.** In: (MIRANDA, J. H. de; PIRES, R. C. de M.). Irrigação, v. 2., Jaboticabal, 703 p., 2003.

GOMES, H. P. Engenharia de irrigação: Hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. 2 ed. Ver. Ampl. Campina Grande, 1997. 390p.

HOWELL, A. T.; HILLER, E. A. Designing trickle irrigation laterals for uniformity. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, Reston, v. 100, n. IR4, p. 443- 454, 1974.

IMPORTAÇÃO BRASILEIRA - BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comercio Exterior.** Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br>> Acesso em: 26 nov. 2004.

INTERCAMBIO. Irrigação localizada conquista mercado. **Câmara Brasil – Israel de Comercio e Industria.** São Paulo, 2002. Disponível em: <[http://www.cambici.com.br/html/infoc/infoc\\_agri\\_irrilocalizada.htm](http://www.cambici.com.br/html/infoc/infoc_agri_irrilocalizada.htm)>. Acesso em: 11 set. 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8796: Polyethylene PE 32 and PE 40 pipes for irrigation lateral: susceptibility to environmental stress cracking induced by inserted-type fittings: test method and requirements.** 2 ed. Geneva, 2004a. 20 p.

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

IRRIMON. **Irrimon Brasil**, 2005. Disponível em: <<http://www.irrimon.net>>. Acesso em: 12 set. 2005.

KELLER, J.; KARMEI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 17, n. 4, p. 678-684, 1974.

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

LOPEZ, R. J. et al., **Riego localizado.** 2 ed. Madrid: Ediciones Mundi Prensa, 1997. 405 p.

MENDES, W. C. R. **Avaliação da irrigação localizada sistema xique-xique.** 1989. 105 p. Dissertação (Mestrado Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, 1989.

MICROJET. Microjet sunjet. 2005. Disponível em <<http://www.microjet.net/details/sun.htm>> Acesso em: 12 Out. 2005.

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

MUÑOZ ROJAS, R. A. **Caracterización de cuatro marcas de emisores para riego localizado comercializados en Chile.** 2004, 50 p. Memória de Título para optar al título de Ingeniero Agrônomo, Universidad de Talca, Talca, 2004.

NAANDAN. Wide product range. 2005. Disponível em: <<http://www.naandan.com/naan>>. Acesso em: 24 out. 2005.

NETAFIM. Netafim Brasil Sistemas e equipamentos de irrigação. Disponível em: <<http://www.netafim.com.br>>. Acesso em: 5 set. 2005.

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

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

RESENDE, R. S. **Suscetibilidade de gotejadores ao entupimento de causa biológica e avaliação do desentupimento via cloração de água de irrigação**. 1999. 90 p. Dissertação (Mestrado Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 1999.

RESENDE, R. S. **Intrusão radicular e efeito de vácuo em gotejamento enterrado na irrigação de cana-de-açúcar**. 2003. 124 p. Tese (Doutorado Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 2003.

SCHMIDT, M. V. V. **Características hidráulicas do tubogotejador “QUEEN GIL”**. 1995. 56 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

SILVA, J. G. F. **Características hidráulicas de tubos de polietileno perfurados para irrigação por gotejamento**. 1984. 63 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.

SILVA, J. G. F. da, et al., **Avaliação de sistemas de irrigação**. In: (MIRANDA, J. H. de; PIRES, R. C. de M.). Irrigação. Jaboticabal, v. 2., 703 p., 2003.

SOCCOL, O. J.; ULLMANN, M. N.; FRIZONE, J. A. Performance analysis of a trickle irrigation subunit installed in an apple orchard. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. Curitiba, v. 45, n. 4, p. 525-530, 2002.

SOLOMON, K. Manufacturing variation of trickle emitters. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph. 22, n.5, p. 1034-1038, 1979.

SOLOMON, K. Global uniformity of trickle irrigation systems. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph v. 28, n. 4, p. 1151-1158, 1985.

TESTEZLAF, R.; CAMPIONI, E. C. Comportamento hidráulico do tubogotejador “Queen Gil”. **Engenharia Agrícola**, Campinas, v.13, p. 29-38, 1993.

VIEIRA, A. T. **Caracterização hidráulica de um tubo gotejador**. 1996. 71 p. Dissertação (Mestrado Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 1996.

VIEIRA, G. H. S. **Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas**. 2002. 87 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

VON BERNUTH, R; SOLOMON, K, H. **Emitter constrution**. IN (NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A.). Trickle irrigation for crop production. Phoenix, Chapter 2, p. 27-52, 1986.