

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

**EFEITO DA ESPESSURA DA PAREDE NO DESEMPENHO HIDRÁULICO  
DE MANGUEIRAS GOTEJADORAS**

**ANA PAULA RUSSO ASSUMPÇÃO SCHIMIDT**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

Botucatu-SP  
Fevereiro - 2014

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

**EFEITO DA ESPESSURA DA PAREDE NO DESEMPENHO HIDRÁULICO  
DE MANGUEIRAS GOTEJADORAS**

**ANA PAULA RUSSO ASSUMPCÃO SCHIMIDT**

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Cury Saad

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

Botucatu-SP  
Fevereiro - 2014

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

S349e Schimidt, Ana Paula Russo Assumpção, 1987-  
Efeito da espessura da parede no desempenho hidráulico  
de mangueiras gotejadoras / Ana Paula Russo Assumpção  
Schimidt. - Botucatu : [s.n.], 2014  
ix, 47 f. : ils. color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2014

Orientador: João Carlos Cury Saad

Inclui bibliografia

1. Irrigação agrícola. 2. Irrigação por gotejamento. 3. Água na agricultura. 4. Equipamento agrícola - Desempenho. I. Saad, João Carlos Cury. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu. IV. Título.

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

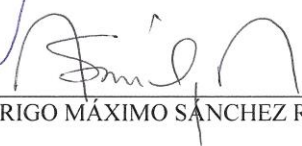
TÍTULO: “EFEITO DA ESPESSURA DA PAREDE NO DESEMPENHO HIDRÁLICO  
DE MANGUEIRAS GOTEJADORAS”

ALUNA: ANA PAULA RUSSO ASSUMPÇÃO SCHIMIDT

ORIENTADOR: PROF. DR. JOÃO CARLOS CURY SAAD

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. JOÃO CARLOS CURY SAAD

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. JULIO CESAR THOALDO ROMEIRO

Data da Realização: 25 de fevereiro de 2014

*Dedico,*

À minha família

## AGRADECIMENTOS

Aos meus amados pais e irmão sempre presentes, me dando todo amor e carinho. Meus exemplos de humildade e determinação. Meu porto seguro.

Ao meu grande amor Rubens por todo apoio carinho e companheirismo. Obrigada por dividir esse sonho comigo e me ajudar a conquista-lo.

Ao meu orientador Professor Doutor João Carlos Cury Saad que sempre me incentivou a seguir em frente. Sempre atencioso e dedicado é mais que um orientador é um amigo.

A todos os funcionários e professores do Departamento de Engenharia Rural que sempre me ajudaram na realização das atividades, pela amizade e ensinamentos transmitidos, por todos os momentos que foram muito importantes para meu crescimento pessoal e profissional.

Aos amigos que fiz durante o curso e que compartilharam comigo todas as etapas dessa fase de nossas vidas. Sem vocês tudo teria sido mais difícil.

Ao Doutor Luiz Antonio de Andrade e à Empresa Petroisa que viabilizaram a realização deste trabalho, doando o material necessário para realização dos ensaios e pela confiança.

A Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu e ao Programa de Pós-graduação em Irrigação e Drenagem pelo sistema de ensino de excelente qualidade.

A Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	IV
SUMÁRIO .....	V
LISTA DE TABELAS .....	VIII
RESUMO .....	1
SUMMARY .....	1
1 INTRODUÇÃO .....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1 Irrigação no Brasil .....	6
2.2 Irrigação Localizada.....	9
2.3 Irrigação por gotejamento .....	10
2.4 Emissores .....	11
2.5 Coeficiente de variação de fabricação .....	16
2.6 Equação característica do emissor .....	18
2.7 Norma para avaliação de emissores (ISO 9261:2004).....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	21
3.1 Descrição do experimento .....	21
3.2 Amostragem.....	23
3.3 Sequência das avaliações .....	23
3.4 Precisão dos dispositivos de medição .....	23
3.5 Coleta e medição da vazão.....	24
3.6 Coeficiente de variação de fabricação .....	24
3.7 Vazão em função da pressão de entrada .....	25
3.8 Vazão em função da pressão de entrada .....	25
3.9 Espessura da parede .....	26
3.10 Diâmetro interno .....	26

3.11	Espaçamento entre emissores .....	27
3.12	Resistência à pressão hidráulica na pressão de 1,2 pressão máxima ( $p_{max}$ ) para produtos não-reutilizáveis.....	27
3.13	Resistência à pressão hidráulica na pressão de 1,8 pressão máxima ( $p_{max}$ ) para produtos não-reutilizáveis.....	28
3.14	Resistência à pressão hidráulica em temperatura elevada .....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
4.1	Coeficiente de variação de fabricação ( $C_{vf}$ ).....	30
4.2	Vazão em função da pressão de entrada .....	33
4.3	Ajuste da relação vazão-pressão .....	35
4.4	Espessura da parede .....	36
4.5	Diâmetro interno .....	37
4.6	Espaçamento entre emissores .....	38
4.7	Resistência à pressão hidráulica em temperatura ambiente.....	38
4.7.1	Pressão de 1,2 vezes a pressão máxima para produtos não reutilizáveis. ....	38
4.7.2	Pressão de 1,8 vezes a pressão máxima para produtos reutilizáveis. ....	39
4.8	Resistência à pressão hidráulica submetida à elevada temperatura (40°C).....	40
5	CONCLUSÕES.....	42
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Área (1000 ha) e porcentagem da área irrigada no Brasil pelos diferentes métodos de irrigação.....	8
<b>Figura 2</b> Área irrigada (1000 ha) no Brasil por Região Hidrográfica. ....	9
<b>Figura 3</b> (a) Emissor tipo microtubo (b) Microtubo utilizado na irrigação de begônias... ..	12
<b>Figura 4</b> Tubo emissor com gotejador“in line” .....	12
<b>Figura 5</b> (a) Emissores tipo “on line” e (b).emissores tipo “on line” .....	13
<b>Figura 6</b> Emissor percurso longo integrado tipo bobe.....	13
<b>Figura 7</b> (a) Fita gotejadora T Tape John Deere; (b) Fita gotejadora Ro-Drip John Deere e (c) Segmento de mangueira gotejadora colapsável de labirinto longo. ....	14
<b>Figura 8</b> (a) TalDrip gotejador plano com labirinto não compensante e (b) Amon Drip gotejadores planos com labirinto autocompensante.....	14
<b>Figura 9</b> Classificação dos emissores de acordo com seu expoente e a variação de vazão em função da variação de pressão para cada tipo de regime de escoamento.....	19
<b>Figura 10</b> Detalhes das embalagens das mangueiras (a) Jurussu, (b) Amandi, (c) Manári e (d) Tiquira. ....	22
<b>Figura 11</b> Vista da bancada de ensaios.....	23
<b>Figura 12</b> Balança e coletores usados nas avaliações.....	24
<b>Figura 13</b> Secção transversal e posição dos pontos medidos nos tubos emissores para medição da espessura da parede. ....	26
<b>Figura 14</b> Método de determinação do diâmetro interno da mangueira gotejadora através do volume. ....	27
<b>Figura 15</b> Detalhes do dispositivo utilizado para teste de resistência à pressão hidráulica submetida a temperatura elevada (40°C).....	29
<b>Figura 16</b> Valores de Cvf para primeira e segunda amostras.....	31
<b>Figura 17</b> Relação vazão x pressão para as mangueiras avaliadas.....	34

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Distribuição percentual da irrigação nas regiões brasileiras, segundo dados dos Censos Agropecuários 95/96 e 05/06. ....	7
<b>Tabela 2</b>	Classificação de coeficiente de variação de fabricação de emissores para gotejamento .....	17
<b>Tabela 3</b>	Classificação de coeficiente de variação de fabricação de emissores para gotejamento.....	17
<b>Tabela 4</b>	Classificação de coeficiente de variação de fabricação de emissores para gotejamento .....	18
<b>Tabela 5</b>	Especificações técnicas fornecidas pelo fabricante na embalagem dos produto	21
<b>Tabela 6</b>	Pressão nominal, máxima e mínima de operação informada pelo fabricante em kPa.....	25
<b>Tabela 7</b>	Valores de Coeficiente de variação de fabricação – Cvf (%) informado e medido da primeira amostra avaliada .....	30
<b>Tabela 8</b>	Valores de Coeficiente de variação de fabricação – Cvf (%) informado e medido da segunda amostra avaliada.....	31
<b>Tabela 9</b>	Variação dos valores de vazão média medida em relação à vazão informada. ...	33
<b>Tabela 10</b>	Vazão média ( $L.h^{-1}$ ) em função da pressão de entrada (kPa). ....	34
<b>Tabela 11</b>	Média do vazão ( $L.h^{-1}$ ) na pressão de entrada de 80 kPa para as mangueiras avaliadas. ....	35
<b>Tabela 12</b>	Valores de x e k, para a equação característica dos emissores avaliados. ....	35
<b>Tabela 13</b>	Variação entre os valores m informado e calculado. ....	36
<b>Tabela 14</b>	Valores de espessura da parede das mangueiras em mm.....	37
<b>Tabela 15</b>	Diâmetro interno informado e diâmetro interno medido em mm.....	37
<b>Tabela 16</b>	Espaçamento entre emissores em mm. ....	38
<b>Tabela 17</b>	Vazão ( $Lh^{-1}$ ) à pressão nominal (70kPa) e sua variação após o teste à pressão de 1,2 pmax (100 kPa) para mangueira Tiquira. ....	38
<b>Tabela 18</b>	Vazão ( $Lh^{-1}$ ) à pressão nominal (100kPa) e sua variação após o teste à pressão de 1,2 pmax (144 Ka) para mangueira Manári. ....	39

<b>Tabela 19</b> Vazão ( $Lh^{-1}$ ) à pressão nominal (100kPa) e sua variação após o teste à pressão de 1,8 pmax (216 kPa) para mangueira Amandi. ....	39
<b>Tabela 20</b> Vazão ( $Lh^{-1}$ ) à pressão nominal (150kPa) e sua variação após o teste à pressão de 1,2 pmax (324 kPa) para mangueira Jurussu. ....	39
<b>Tabela 21</b> Vazão ( $Lh^{-1}$ ) à pressão nominal (70kPa) e sua variação após o teste à pressão máxima (84 kPa) para mangueira Tiquira. ....	40
<b>Tabela 22</b> Vazão ( $Lh^{-1}$ ) à pressão nominal (100 kPa) e sua variação após o teste à pressão máxima (120 kPa) para mangueira Manári. ....	41
<b>Tabela 23</b> Vazão ( $Lh^{-1}$ ) à pressão nominal (100 kPa) e sua variação após o teste à pressão máxima (120 kPa) para mangueira Amandi. ....	41
<b>Tabela 24</b> Vazão ( $Lh^{-1}$ ) à pressão nominal (150 kPa) e sua variação após o teste à pressão máxima (180 kPa) para mangueira Jurussu. ....	41

## RESUMO

As empresas do setor agrícola vêm na irrigação brasileira uma grande oportunidade de negócio, fato comprovado pelo crescente número de empresas que vem se especializando em importar, revender e até mesmo projetar e fabricar seus próprios modelos de gotejadores. As empresas nacionais, de maneira geral, trabalham com um único modelo de emissor inserido em mangueiras com espessuras diferentes para atender os diferentes tipos de aplicações e consumidores.

Com o objetivo de avaliar a interferência da espessura da parede das mangueiras gotejadoras na vazão oferecida pelo emissor foi desenvolvido um experimento no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de Botucatu. O trabalho conduzido em uma bancada de ensaio, avaliou quatro mangueiras de fabricação nacional (Tiquira, Manári, Amandi e Jurussu) da empresa Petroisa. As avaliações foram realizadas segundo a norma internacional ISO 9261:2004.

Os parâmetros avaliados foram: coeficiente de variação de fabricação, relação vazão x pressão, determinação da equação característica, espessura de parede e diâmetro interno das mangueiras, espaçamento entre emissores e resistência à pressão hidráulica em temperatura ambiente e à temperatura de 40 °C. Como resultado os coeficientes de fabricação das mangueiras atenderam às especificações da norma ISO 9261:2004, com exceção da Manári. S

Segundo o catálogo fornecido pelo fabricante, as equações características das mangueiras apresentariam os mesmos valores, uma vez que os emissores são do mesmo modelo. Essa observação não correspondeu ao resultado obtido no experimento, que obteve equações distintas para as diferentes mangueiras utilizadas.

Observou-se também que ao se utilizar o mesmo modelo de gotejador para uma mesma pressão, quanto maior a espessura da parede, menor a vazão do emissor.

**Palavras chaves:** Coeficiente de variação de fabricação, irrigação localizada, mangueira gotejadora, ISO 9261:2004, equação característica.

EFFECT OF WALL THICKNESSES ON THE HYDRAULIC PERFORMANCE OF DRIPPERLINES. Botucatu, 2014. 47 p. Master's Dissertation in Agronomy/ Irrigation and Drainage) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ANA PAULA RUSSO ASSUMPTÃO SCHIMIDT

Supervisor: DOUTOR JOÃO CARLOS CURY SAAD

## **SUMMARY**

Companies in the agricultural sector see a great business opportunity in the Brazilian irrigation sector. A fact proven by the increasing number of companies that has been specializing in importing, reselling and even design and manufacture their own models of drippers. National companies generally work with a single model of dripper that is inserted in the dripperlines with different thicknesses to suit different types of consumers.

The current research evaluates the effect of wall thickness on the hydraulic performance of dripperlines. The experiment was conducted in a bench trial in the Laboratory Testing Equipment for Irrigation of Faculty of Agronomic Sciences UNESP. Four Brazilian manufactured dripperlines (Tiquira, Manari, Amandi and Jurussu) of Petroisa Company were evaluated. The evaluations were done according to the ISO 9261:2004.

The parameters determined were coefficient of variation of manufacture, relation pressure x flow, the characteristic equation, wall thickness and inside diameter, the spacing between drippers and hydraulic pressure resistance at room temperature and at 40 °C. As a result, the coefficients of variation of manufacture the specifications of the ISO 9261:2004 standard, except Manari.

According to the catalog provided by the manufacturer, the characteristics of the dripperlines equations showed the same values, since the emitters are

the same type. This observation does not correspond to the results obtained in the experiment, which demonstrated distinct equations for the different dripperlines used.

The results indicated a tendency that one is using the same type of dripper for the same pressure, the larger the wall thickness, the lower the flow rate of the dripper. The other variables had results within established standard, also being in agreement with the values listed in catalog.

---

**Keywords:** Coefficient of variation manufacture, drip irrigation, dripperlines, ISO 9261:2004, characteristic equation.

## 1 INTRODUÇÃO

Para satisfazer as necessidades de uma população crescente a agricultura precisa ser mais produtiva e eficiente. Uma das maneiras de se produzir mais e melhor é utilizando a irrigação. Pesquisas demonstram que cada hectare irrigado equivale a três hectares de sequeiro em produtividade física e a sete em produtividade econômica (BRASIL, 2004; DOMINGUES, 2004).

Com a alta demanda, o mercado de equipamentos para irrigação experimenta um período de crescimento. Dentre os sistemas de irrigação pressurizados o método da irrigação localizada vem ganhando destaque devido à sua versatilidade.

Faria et al. (2006) acrescentam que além de ser utilizada em uma diversidade de culturas, a irrigação localizada permite a intensificação de técnicas de cultivo e a obtenção de um produto mais competitivo pela melhor qualidade e produção em diferentes épocas.

As empresas do setor agrícola veem na irrigação brasileira uma grande oportunidade de negócio, fato comprovado pelo crescente número de empresas que vem se especializando em importar, revender e até mesmo projetar e fabricar seus próprios modelos de emissores. Quase todas as modelos de tubos emissores existentes no mercado mundial estão sendo comercializadas no Brasil (GARCIA, 2006).

O mercado, de maneira geral, está dividido entre as multinacionais com seus centros de distribuição e revendas, os quais comercializam a tecnologia estrangeira. Como exemplos podemos citar Netafim, NaandaanJain e John Deere; e as empresas nacionais ou trabalham importando e comercializando tecnologia estrangeira ou desenvolvem e fabricam seus produtos com tecnologia nacional.

Existem tubos emissores com espessuras variando entre 100 e 250 microns e os espaçamentos também são bem variados, de 0,1 m até 1,0 m entre emissores. (PIZARRO, 1996; LOPEZ et al., 1997; GOMES,1997).

A diversidade de tipos de mangueira é necessária para atender ao diferentes tipos de consumidores. A espessura da parede da mangueira gotejadora está relacionada com a durabilidade e com a resistência a maiores pressões. Além disso, implica em maior requerimento de matéria-prima e maior custo. Alguns fabricantes utilizam o mesmo labirinto para mangueiras com diferentes espessuras de parede e atribuem o mesmo desempenho hidráulico.

No entanto, há dúvidas quanto a influência da maior espessura da parede (maior quantidade de matéria-prima) no desempenho do labirinto, pois durante o processo de extrusão podem haver alterações na conformação do caminho percorrido pela água no interior do labirinto e conseqüente alteração da vazão.

No caso de emissores do tipo plano de labirinto curto o processo produtivo inicia-se com o dimensionamento do emissor, ou seja, a determinação das características geométricas do labirinto (ângulos, profundidade, largura, comprimento). O projeto é então patenteado e a empresa torna-se detentora da tecnologia e essas informações, segredos industriais.

Os emissores são fabricados através de sistemas de injeção de resina plástica nos moldes e posteriormente, no momento da fabricação da mangueira, são soldados a quente no interior da mangueira no espaçamento selecionado por processo de extrusão. Antes de ser embalada é feito na mangueira, o furo por onde sairá a água em forma de gotas.

Adotou-se neste estudo os produtos da empresa Petroisa, posicionada no mercado desde 1994, inicialmente como distribuidora e a partir de 2005 como fabricante de mangueiras com gotejadores planos (tipo labirinto), atendendo parceiros em todo o Brasil e América do Sul.

As mangueiras são feitas de proporções de diferentes classes de polietileno permitindo a fabricação de uma gama de mangueiras com diferentes características de durabilidade, espaçamento e espessura.

Em decorrência do próprio processo de fabricação das mangueiras gotejadoras a hipótese deste trabalho é que a maior quantidade de matéria-prima requerida para fabricação das mangueiras de maior espessura pode alterar a configuração do labirinto do emissor e conseqüentemente a vazão, portanto mangueiras com diferentes espessuras possuem diferentes relações vazão x pressão porém com o mesmo modelo de labirinto.

O objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar o desempenho hidráulico de mangueiras gotejadoras de diferentes espessuras e mesmo labirinto. A avaliação do desempenho hidráulico consistiu em determinar equação característica dos emissores, calcular o coeficiente de variação de fabricação, espessura de parede e diâmetro interno das mangueiras, espaçamento entre emissores e resistência à pressão hidráulica e comparar os resultados com as especificações do fabricante.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Irrigação no Brasil

Denomina-se irrigação o conjunto de técnicas destinadas a aplicação artificial de água na agricultura com o objetivo de viabilizar os cultivos em áreas onde a má distribuição de chuvas ou a escassez de água limita a atividade agrícola.

De acordo com Bernardo et al. (2006) a finalidade básica da irrigação é proporcionar água às culturas de maneira a atender às exigências durante todo seu ciclo, possibilitando altas produtividades e produtos de boa qualidade.

Estima-se que 69% das águas consumidas no mundo são utilizadas na agricultura, 23% na indústria e 8% para o abastecimento público. No Brasil tem-se 68% para a agricultura, 14% para indústria e 18% para abastecimento da população. (BRASIL, 2009).

Segundo dados da FAO (2006) a área irrigada no mundo ocupa 18% da área total agricultável e corresponde a 44% da produção mundial e quase 50% do valor dessa produção.

No Brasil apenas 5% das áreas são irrigadas, sendo estas responsáveis por 16% da produção e 35% do valor da produção. Cada hectare irrigado equivale a três hectares de sequeiro em produtividade física e a sete em produtividade econômica (BRASIL, 2004; DOMINGUES, 2004). Os dados mostram a importância da irrigação para a produção de alimentos e para o agronegócio uma vez que agrega valor ao produto.

Estudos feitos pelo Ministério do Meio Ambiente / Secretaria de Recursos Hídricos / Departamento de Desenvolvimento Hidroagrícola – MMA/SRH/DDH,

demonstram que o Brasil detém cerca de 12% da disponibilidade mundial de recursos hídricos e tem capacidade de suporte à expansão da agricultura irrigada de forma sustentável em uma área de aproximadamente 29.564.000 hectares. (CHRISTOFIDIS, 2008).

A prática da irrigação inserida no foco do agronegócio, deve ser analisada dentro de um conceito mais amplo, sendo uma estratégia para aumento da produção, produtividade e rentabilidade do empreendimento agrícola de forma sustentável, preservando os recursos naturais e geração de empregos. Sendo assim a irrigação localizada e principalmente o método de irrigação por gotejamento, surge como excelente opção para ocupar as áreas de expansão da agricultura irrigada, pois suas características atendem às necessidades de realizar controle rigoroso da quantidade de água aplicada, possibilita economia de água e de energia. (MANTOVANI et al., 2009).

Baseando-se nos dados dos Censos realizados pelo IBGE nos anos 1995/1996 e 2005/2006, Paulino et al. (2011) observaram que a área irrigada no país aumentou de 3.121.644 para 4.453.925 ha, representando incremento de 1,3 milhões de hectares, ou seja, 42% em aproximadamente 10 anos, o que resulta em um ritmo médio de 150 mil hectares por ano.

Na Tabela 1 pode-se observar a distribuição percentual da irrigação por regiões brasileiras, segundo o Censo Agropecuário 1995/1996 e 2005/2006.

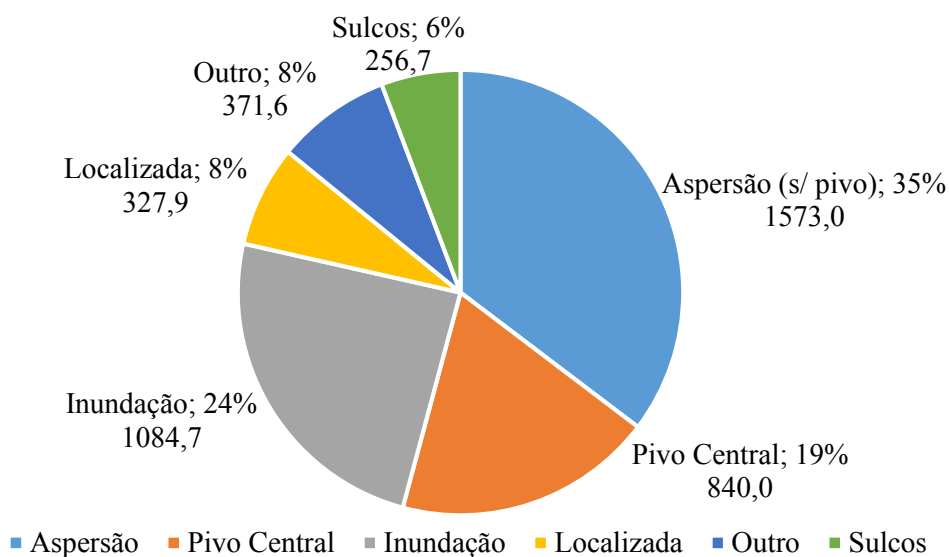
**Tabela 1.** Distribuição percentual da irrigação nas regiões brasileiras, segundo dados dos Censos Agropecuários 95/96 e 05/06.

Região	Área Irrigada (ha)	Percentual (%)	Área Irrigada (ha)	Percentual (%)
	Censo 95/96		Censo 05/06	
Sudeste	929.189	29,8	1.586.744	35,6
Sul	1.096.592	35,1	1.224.578	27,5
Nordeste	751.887	24,1	985.348	22,1
Centro-oeste	260.953	8,4	549.466	12,4
Norte	83.023	2,7	107.789	2,4
<b>Total</b>	<b>3.121.644</b>	<b>100</b>	<b>4.453.925</b>	<b>100</b>

\*retirado de Saraiva (2012).

A região Sudeste é atualmente a região com maior área irrigada lugar ocupado anteriormente pela região Sul. A região Nordeste ficou em terceiro lugar com 22% da sua área irrigada seguida das regiões Centro-oeste e Norte com 12,4% e 2,45%, respectivamente. (SARAIVA,2012)

Pode-se observar na Figura 1 que os sistemas de irrigação por aspersão, excluindo-se o pivô, são os sistemas mais utilizados e a irrigação por sulcos com apenas 6% é a menos empregada



**Figura 1.** Área (1000 ha) e porcentagem da área irrigada no Brasil pelos diferentes métodos de irrigação. Adaptado de Paulino et al. (2011).

Segundo o Informe 2012 sobre Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil elaborado pela Agência Nacional de Águas, o valor estimado de área irrigada em 2010 foi de 5,4 milhões de hectares, 20% superior ao estimado para 2006. A Figura 2 apresenta as áreas irrigadas em 2006 e 2010 para as diferentes regiões hidrográficas. Observa-se que todas as regiões apresentaram incremento da área irrigada. A região hidrográfica do Paraná se destaca com uma área de 1,8 milhão de hectares irrigados.

O Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) juntamente com o Ministério da Integração mostram três estimativas para crescimento da área irrigada no Brasil para o ano de 2030, levando em consideração três cenários: otimista, manutenção e pessimista; as áreas irrigadas seriam de 9.763 mil ha, 7.823 mil ha e 6.922 mil ha respectivamente.

O aumento da insegurança climática, os incentivos de políticas públicas e de leis ambientais, os planos diretores e as discussões sobre o assunto são alguns dos fatores que tem contribuído para o aumento da área irrigada no Brasil.

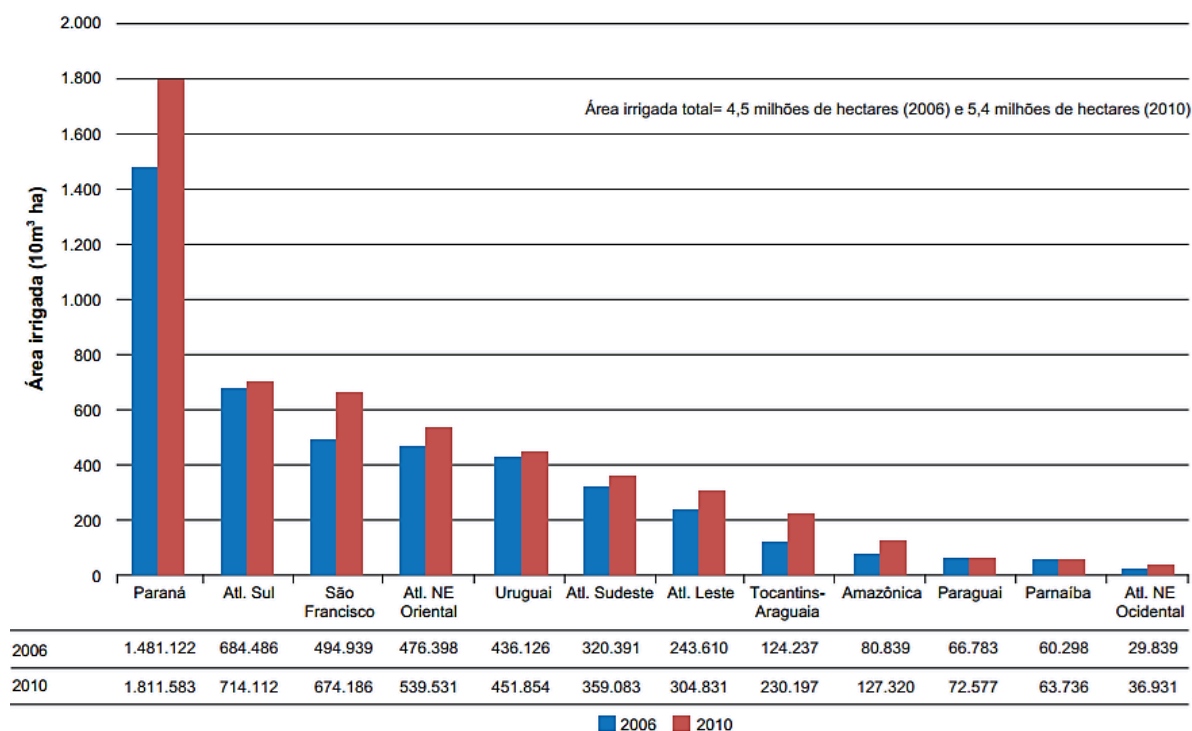


Figura 2 Área irrigada (1000 ha) no Brasil por Região Hidrográfica. (ANA, 2012)

## 2.2 Irrigação Localizada

A técnica da irrigação localizada foi desenvolvida por volta de 1960 marcando um período de grande crescimento no campo da irrigação.

A irrigação localizada constitui um método em que a água é fornecida em pequena intensidade, alta frequência e diretamente sobre a região radicular das plantas, mantendo a umidade próxima do ideal. A água é comumente aplicada em forma de gotas na superfície ou subsuperfície do solo (irrigação por gotejamento) e por aspersão de baixo volume (irrigação por microaspersão) (FRIZZONE et al, 2012).

Alguns dos objetivos técnicos e agronômicos do uso dos sistemas de irrigação localizada são: (a) possibilidade de obtenção de elevados valores de conteúdo de água no solo, sem problemas de aeração do solo; (b) variações mínimas do conteúdo de água no solo durante o ciclo da cultura; (c) fornecimento de água somente no volume de solo onde a absorção da água pelo sistema radicular das plantas é mais eficiente; (d) redução do problema de salinidade para as plantas pelo deslocamento dos sais para além do volume de solo ocupado pelas raízes, pela diminuição da concentração de sais por manter altos conteúdos de água no solo e por evitar a queima de folhas devido à acumulação de

sais em sua superfície através do contato com a água de irrigação; (e) economizar água pela redução da evaporação direta do solo, escoamento superficial e percolação profunda (BISCONER, 2011).

Devido a sua versatilidade esta técnica tem aplicação na irrigação de plantas frutíferas (citrus, maçã, uva etc); hortaliças (tomate, pimentão, alface etc); plantas ornamentais e flores (rosa, begônia, azaléia, etc) e grandes culturas (cana-de-açúcar). Faria et al. (2006) acrescentam que além de ser utilizada em uma diversidade de culturas, a irrigação localizada proporciona uma atividade agrícola mais segura, permite a intensificação de técnicas de cultivo e a obtenção de um produto mais competitivo pela melhor qualidade e produção em diferentes épocas.

Assim como os outros métodos de irrigação, a irrigação localizada não é o método mais adequado para todas as culturas, situações de terreno, objetivos do usuário e condições sócio-econômicas (EVANS; WU; SMAJSTRALA, 2007). Cada caso deve ser analisado sob vários aspectos antes de decidir qual método e sistema de irrigação utilizar.

### **2.3 Irrigação por gotejamento**

A irrigação por gotejamento é caracterizada pelo fornecimento de água de forma frequente e lenta através de dispositivos chamados emissores, localizados em pontos selecionados ao longo das linhas laterais de distribuição de água (HOWELL et al., 1983 citado por LUDWIG, 2012).

Sistemas de irrigação por gotejamento consistem de um sistema de bombeamento seguido de uma rede de tubulações, filtros, emissores e os sistemas de controle e monitoramento (NAKAYAMA, 1986).

Essa técnica utiliza tubulações flexíveis de polietileno, nas quais são inseridos os emissores que operam pressurizados, fornecendo água, gota a gota, podendo formar no solo uma superfície molhada de forma circular, podendo não existir sobreposição dos bulbos molhados, ou tendo uma forma contínua com sobreposição (BERNARDO et al., 2006).

Segundo Bernardo et al. (2006) 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 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 e qualidade do produto.

Desta forma 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; BLIESNER, 1990; BERNARDO et al., 2006; PIZARRO, 1996; LOPEZ, 1997; SILVA et al., 2003).

## 2.4 Emissores

Segundo a norma ISO 9261:2004, emissor é o dispositivo instalado numa linha lateral de irrigação e projetado para descarregar água na forma de gotas ou fluxo contínuo com uma vazão que não exceda  $24 \text{ L h}^{-1}$ , exceto durante o processo de lavagem.

O emissor é o elemento mais importante em um sistema de irrigação por gotejamento, pois seu desempenho está diretamente relacionado à uniformidade de aplicação de água e conseqüentemente na eficiência do uso da água (HEZARJARIBI et al. 2008).

Os emissores podem ser do tipo autocompensantes ou não autocompensantes. Os primeiros se ajustam as variações de pressão fornecendo assim uma vazão constante ao longo da linha lateral, possibilitando o emprego de maiores comprimentos de linha, em contrapartida o seu emprego tem custo mais elevado. Por outro lado, nos emissores não autocompensantes a vazão diminui à medida que há uma redução da pressão, fazendo com que as linhas sejam menores para manutenção da uniformidade. (LUDWIG, 2012).

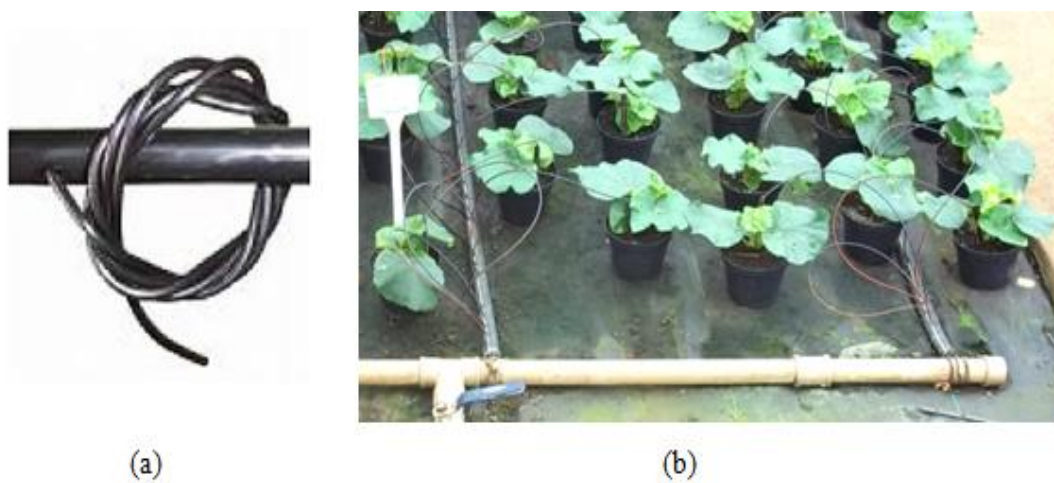
Para Wu e Gitlin (1974) a variação na vazão dos emissores está relacionada com o comprimento da linha lateral e pressão de entrada, espaçamentos dos gotejadores e da razão de fluxo total. Os emissores se caracterizam do ponto de vista

hidráulico pela pressão de serviço e sua variação e pela vazão nominal (VERMEIREN e JOBLING 1997).

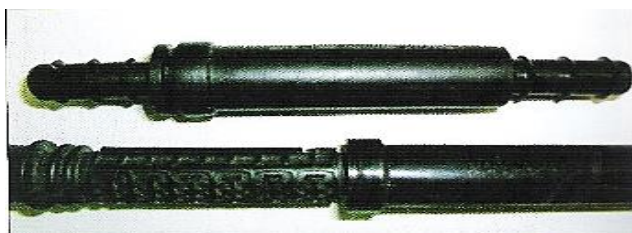
Os emissores são classificados de acordo com seu posicionamento nas linhas laterais: on line ou in line; taxa de vazão autocompensantes e não autocompensantes; forma de dissipação de energia e ainda, forma construtiva (caminho longo; labirinto; caminho curto; vortex e orifício) (KELLER e BLIESNER, 1990; LOPEZ et al. 1997 e SILVA et al. 2003).

Andrade (2009) descreve um breve histórico da evolução tecnológica dos emissores utilizados em gotejamento. O autor relata que os emissores tipo microtubo foram os primeiros a serem utilizados. Os produtores compravam mangueiras plásticas, faziam furos nas mangueiras e inseriam os microtubos de comprimento e diâmetro variáveis.

Surgiram na mesma época, nos anos 60, os emissores “in line” o produtor cortava a mangueira transversalmente e conectava esta mangueira usando um gotejador plástico.



**Figura 3** (a) Emissor tipo microtubo (ANDRADE, 2009) (b) Microtubo sendo utilizado na irrigação de begônias (arquivo pessoal).



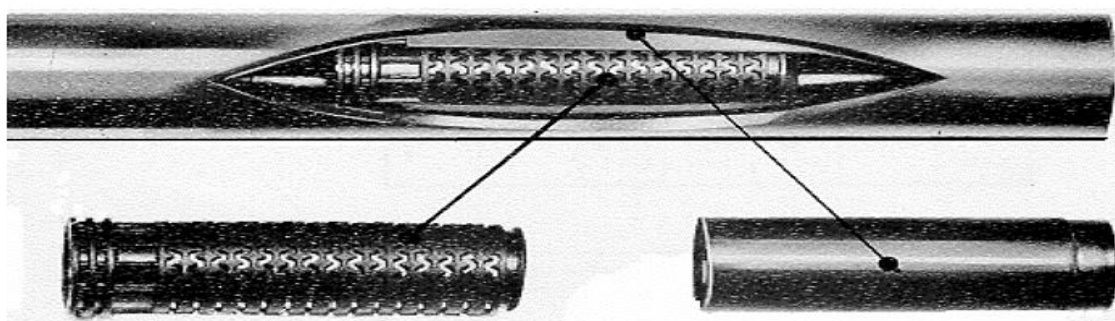
**Figura 4** Tubo emissor com gotejador “in line” (retirado de FRIZZONE et al., 2012)

Na sequência surgiram os gotejadores “on line”, similar a um botão, que eram inseridos num furo feito na mangueira.



**Figura 5** (a) Emissores tipo “on line” Netafim e (b).emissores tipo “on line” John Deere.

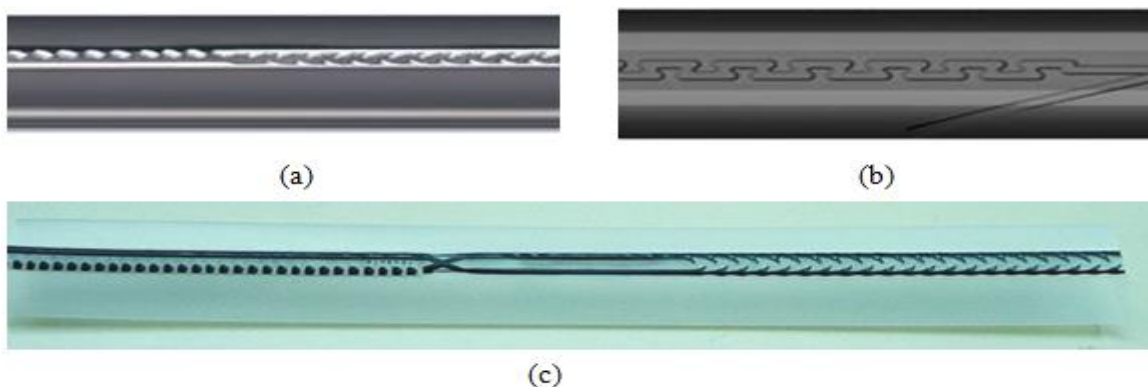
No fim dos anos 70 surgem as mangueiras gotejadoras prontas (ou tubos gotejadores) para uso, isto é, o agricultor não precisava mais comprar em separado a mangueira e o gotejador. O emissor já vinha instalado internamente nas mangueiras, como do tipo redondo ou “bobe”. No início dos anos 80, surgiram as mangueiras gotejadoras colapsáveis.



**Figura 6** Emissor percurso longo integrado tipo bobe. (retirado de TESTEZLAF, 2013)

Segundo definição da Norma ISO 9261:2004, entende-se por “mangueira colapsável como tubulação emissora cuja secção transversal (que é redonda ou arredondada operando na pressão de trabalho recomendada pelo fabricante) se altera quando a pressão é zero, geralmente por causa da pequena espessura de parede ou por causa da natureza flexível do material de que a mangueira é fabricada”.

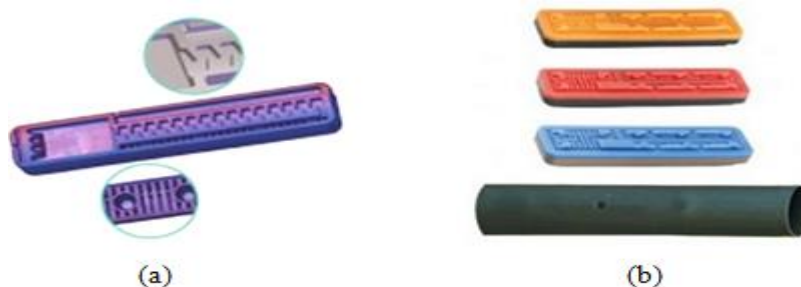
Nas mangueiras gotejadoras colapsáveis os emissores tem basicamente duas formas: o emissor contínuo construído ao longo da mangueira e o gotejador plano.



**Figura 7** (a) Fita gotejadora T Tape John Deere; (b) Fita gotejadora Ro-Drip John Deere e (c) Segmento de mangueira gotejadora colapsável de labirinto longo (Andrade, 2009).

Os emissores contínuos são construídos ou soldados internamente ao longo da parede da mangueira no momento de sua fabricação.

Os gotejadores planos têm comprimento de 20 a 55 mm, largura de 4 a 15 mm e altura de 2 a 3 mm. São fabricados por sistema de injeção de resina plástica, e posteriormente no momento de fabricação da mangueira por processo de extrusão, o gotejador é soldado a quente, internamente na parede da mangueira. (ANDRADE, 2009).



**Figura 8** (a) TalDrip gotejador plano com labirinto não compensante (Naandajain, 2010) e (b) Amon Drip gotejadores planos com labirinto autocompensante (Naandajain, 2010).

A maioria dos emissores opera a uma pressão próxima a 100 kPa, ainda que os de alta vazão operem a pressões de 100 até 300 kPa. As vazões variam de 2 a 10L h<sup>-1</sup> em gotejadores e de 20 a 150L 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 (NAANDAN, 2013; MICROJET, 2013; AMANCO, 2013).

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

- a) Fornecer 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.

Os emissores produzidos para irrigação localizada mesmo quando fabricados pela mesma empresa, apresentam pequenas diferenças. Essa variabilidade causada pelo processo de fabricação contribuirá para a não uniformidade do sistema de irrigação (SCHWANKL e HANSON, 2007).

Para Siqueira e Barros Júnior (2003), a principal finalidade de ensaios de equipamentos utilizados em sistemas de irrigação localizada consiste na determinação e avaliação de suas características hidráulicas.

São muitos os fatores que influenciam ou afetam a eficiência de aplicação d'água, destacando-se: variação da vazão devido ao processo de fabricação; expoente da pressão na equação de vazão do emissor e estabilidade da vazão em função da pressão; variação da pressão de funcionamento; perda de carga em razão da inserção do emissor na linha lateral e suscetibilidade a entupimento por sedimentação ou precipitação de sais.

## 2.5 Coeficiente de variação de fabricação

Para Von Bernuth e Solomon et al. (1986), o ideal para um sistema de gotejamento é que todos os emissores apliquem o mesmo volume de água em um determinado tempo. Na prática esse desempenho considerado ideal não ocorre, pois a vazão dos emissores é afetada por variações de pressão da água e pela diferença das características dos emissores que ocorrem durante a sua fabricação.

Algumas das causas comuns de variação de fabricação são: pressão de moldagem, temperatura, variação na matéria-prima, 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).

Conforme Cararo (2004), as características hidráulicas dos gotejadores são resultantes das características do acabamento das partes internas, do projeto do gotejador, do material utilizado para a fabricação e do método de instalação.

Solomon (1979 e 1985) ressalta que os fatores mais significativos que influenciam a uniformidade dos sistemas de irrigação localizada são: entupimento dos gotejadores; número 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).

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 devidas aos mesmos efeitos construtivos, a dispersão de valores pode ser medida pelo desvio padrão, definido como (Equação 1):

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

Em que:

n: total de emissores avaliados.

q<sub>i</sub>: vazão de cada um dos emissores avaliados, em L h<sup>-1</sup>

$\bar{q}$ : vazão média dos emissores avaliados, em L h<sup>-1</sup>

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, um valor resultante da relação entre o desvio padrão e média das vazões dos emissores amostrados (SOLOMON, 1979; PIZARRO, 1996; LOPEZ, 1997; FRIZZONE, 2003). O Cvf pode ser expresso por meio da Equação 2:

$$Cvf = \frac{Sq}{\bar{q}} \quad (2)$$

Cvf: coeficiente de variação de fabricação, decimal;

Sq: desvio padrão da vazão de uma amostra, em L h<sup>-1</sup>;

q: vazão média da mesma amostra, em L h<sup>-1</sup>.

Existem várias especificações de comportamento para os emissores com base no Cvf. Solomon (1979) sugeriu avaliar uma amostra representativa de no mínimo 50 gotejadores, sendo a classificação dada segundo a Tabela 2.

**Tabela 2** Classificação de coeficiente de variação de fabricação de emissores para gotejamento (SOLOMON, 1979)

<i>CVf</i>	<b>Interpretação</b>
≤ 0,03	Uniformidade Excelente
0,03 - 0,07	Uniformidade Média
0,07 - 0,10	Uniformidade Baixa
0,10 - 0,14	Uniformidade Pobre
≥ 0,14	Uniformidade Inaceitável

A Tabela 3 mostra a classificação do coeficiente de variação de fabricação segundo a ASAE (1985).

**Tabela 3** Classificação de coeficiente de variação de fabricação de emissores para gotejamento (ASAE, 1985)

<i>CVf</i>	<b>Interpretação</b>
< 0,05	Uniformidade Boa
0,05 - 0,10	Uniformidade Média
0,10 - 0,15	Uniformidade Marginal
≥ 0,15	Uniformidade Inaceitável

Segundo Lopez et al. (1997) e Frizzone et al. (2003) 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. 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 02.08-022 86, classifica os emissores segundo a Tabela 4.

**Tabela 4** Classificação de coeficiente de variação de fabricação de emissores para gotejamento (ABNT, 1986)

<b>C<sub>v</sub>f</b>	<b>Interpretação</b>
Até 0,10	Uniformidade Boa
0,10 - 0,20	Uniformidade Média
0,20 - 0,30	Uniformidade Marginal
≥ 0,30	Uniformidade Inaceitável

## 2.6 Equação característica do emissor

A equação geral dos emissores, também conhecida como curva característica do emissor (Equação 3), descreve o comportamento da vazão em função da pressão de operação (KELLER e KARMELI, 1974):

$$q = k \cdot H^x \quad (3)$$

Em que:

q: vazão do gotejador (L.h<sup>-1</sup>);

k: constante de proporcionalidade, específica para cada emissor;

H: pressão em que opera o emissor (kPa);

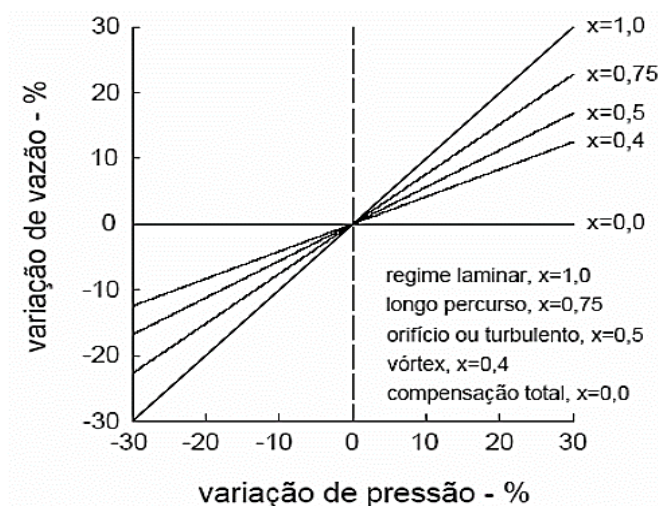
x: expoente que caracteriza o regime de fluxo.

Segundo Keller e Karmeli (1974), a equação característica do emissor depende das características geométricas dos emissores, pressão de serviço e viscosidade do fluido (Equação 3). Os mesmos autores relatam que dentro de um limite de

vazão o expoente  $x$  caracteriza o regime de fluxo do gotejamento e a relação vazão-pressão.

Normalmente, quando o emissor apresenta um regime laminar, o expoente  $x$  da equação tende a 1 caracterizando um emissor com alta sensibilidade à variação de pressão; quando o regime é turbulento o expoente  $x$  da equação tende a 0,5; e quando o emissor é autocompensante o expoente  $x$  tende a 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.

Keller e Bliesner (1990) utilizam o valor do coeficiente de descarga para classificar o regime de escoamento no emissor de acordo com a figura 9.



**Figura 9** Classificação dos emissores de acordo com seu expoente e a variação de vazão em função da variação de pressão para cada tipo de regime de escoamento. (Teixeira, 2006).

A grande maioria dos emissores no mercado tem valores de  $x$  menores de 0,6 e quando os emissores apresentam  $x$  mais próximos de 0 são mais caros (BURT e STYLES, 2000; ANDRADE, 2005).

Segundo Bralts et al. (1981), o fator de proporcionalidade da equação de fluxo do emissor ( $k$ ), inclui no seu valor os fatores relacionados a fabricação do emissor.

## **2.7 Norma para avaliação de emissores (ISO 9261:2004)**

Uma norma técnica (ou padrão) é um documento, normalmente produzido por um órgão oficial acreditado para tal, que estabelece regras, diretrizes ou características, níveis de qualidade ou de eficiência e a segurança acerca de um material, produto, processo ou serviço.

A norma ISO 9261:2004 foi elaborada pelo comitê técnico ISO/TC –Tratores e máquinas para agricultura e silvicultura, Subcomitê SC 18 – Sistemas e equipamentos de irrigação e drenagem. Esta norma internacional fornece exigências mecânicas e operacionais para emissores e tubos usados na irrigação e, onde aplicável, para conexões. Determina ainda métodos de ensaio em conformidade com tais exigências e especifica os dados a serem fornecidos pelos fabricantes para permitir uma adequada, instalação e operação no campo (GARCIA, 2006).

Embora a aplicação de normas técnicas não seja obrigatória, quando seguidas desempenham grande importância nas relações industriais e comerciais. Uma “marca” em conformidade com as normas oferece aos consumidores certa garantia de qualidade e segurança (ALMACINHA, 2005).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição do experimento

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas – Campus de Botucatu. Foram avaliadas quatro mangueiras gotejadoras (Figura 10) caracterizadas no quadro a seguir:

**Tabela 5** Especificações técnicas fornecidas pelo fabricante na embalagem dos produtos

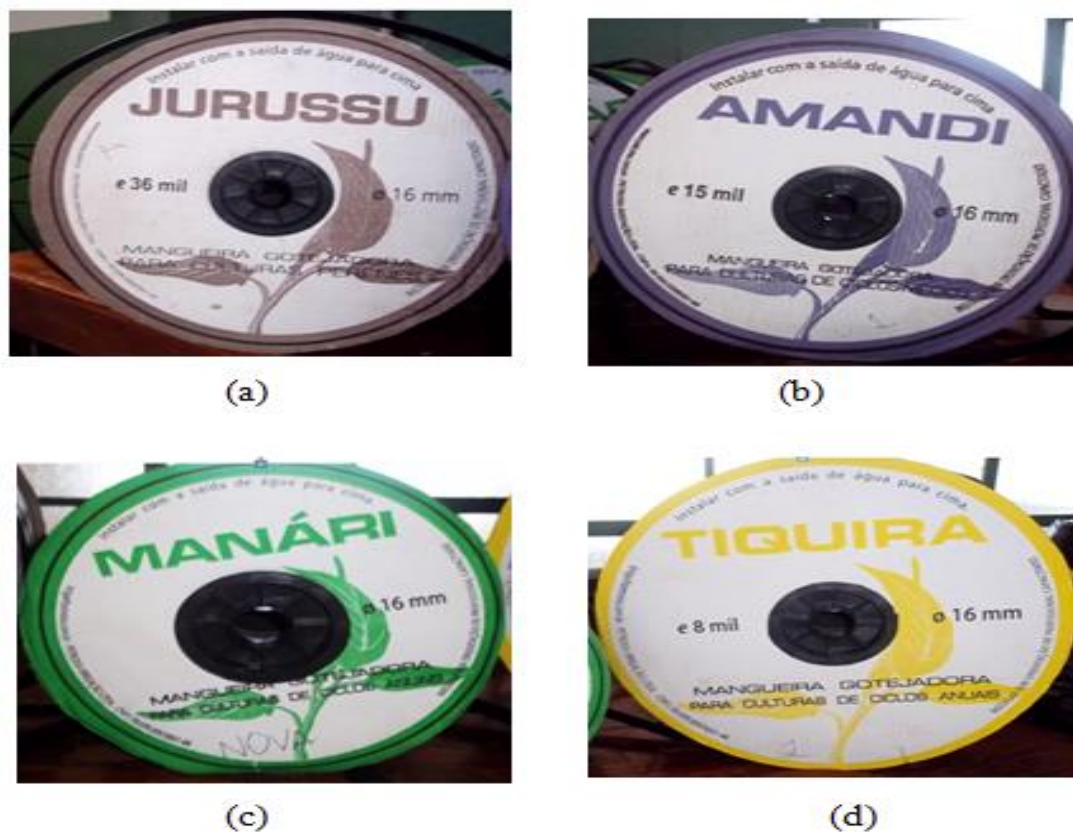
Especificações	Tiquira	Manári	Amandi	Jurussu
Espessura da Parede (mm)	0,2	0,25	0,38	0,90
Diâmetro Interno (mm)	16	16	16	16
Espaçamento (m)	0,30	0,30	0,30	0,30
Pressão Nominal (kPa)	70	100	100	150
Vazão Nominal (Lh <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup> )	4	5	5	6
Cvf (%)*	-	-	3,11	3,11
Equação do emissor	$Q = 0,46 \times p^{0,5}$	$Q = 0,46 \times p^{0,5}$	$Q = 0,46 \times p^{0,5}$	$Q = 0,46 \times p^{0,5}$

\*Cvf : Coeficiente de variação de fabricação

De acordo com o fabricante as mangueiras Tiquira e Manári são recomendadas para serem instaladas e utilizadas uma única vez sendo classificadas como não-reutilizáveis, sendo indicadas para irrigação de cultivos de ciclo curto ou anuais.

As mangueiras Amandi e Jurussu são produtos reutilizáveis podendo ser utilizados e reinstalados sem que haja variação significativa no seu desempenho. São recomendadas para irrigação de cultivos de ciclo longo.

Os ensaios seguiram as determinações especificadas na Norma ISO 9261:2004



**Figura 10** Detalhes das embalagens das mangueiras (a) Jurussu, (b) Amandi, (c) Manári e (d) Tiquira.

As avaliações foram realizadas na bancada de ensaios para tubos gotejadores do Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu (Figura 11). A bancada de ensaios possui um reservatório de água com capacidade de 300 litros e uma moto-bomba para pressurizar a água pelas tubulações de PVC de 1 ¼ de polegada, com um filtro de tela metálica de 200 mesh. As linhas laterais têm comprimento de 6 metros (4 linhas, com recirculação de água), 2 válvulas de saída de ar e 2 manômetros.



**Figura 11** Vista da bancada de ensaios.

### **3.2 Amostragem**

Foi coletada uma bobina de cada modelo de mangueira fabricado pela empresa. A seleção foi feita ao acaso no estoque da fábrica tomando o cuidado de selecionar mangueiras com mesmo espaçamento entre emissores e que haviam sido fabricadas pela mesma máquina.

De cada bobina foram retirados 25 emissores ao acaso de um total aproximado de 2000 emissores da mangueira Tiquira; 1700 das mangueiras Manári e Jurussu e 2700 da mangueira Amandi.

### **3.3 Sequência das avaliações**

Todas as avaliações foram realizadas de acordo com a sequência estabelecida pela Norma ISO 9261:2004.

### **3.4 Precisão dos dispositivos de medição**

A pressão de água foi medida através de um manômetro digital capaz de medir com um erro menor do que 1% dos valores reais. Durante o ensaio, a pressão não variou mais que 2%.

A vazão foi medida com dispositivos capazes de medir com um erro de  $\pm 0,5\%$  da vazão nominal.

### 3.5 Coleta e medição da vazão

A vazão de cada emissor foi coletada separadamente em Becker de plástico com capacidade de 500 ml.

Após a coleta da água, na saída dos emissores, os frascos foram pesados em balança com precisão de 0,5 gramas para determinação da massa da água. O volume foi obtido dividindo-se a massa pelo valor da densidade da água. Com os valores de volume e tempo de coleta calculou-se a vazão de cada emissor.

O tempo de coleta foi marcado com um cronometro e a temperatura da água foi aferida com um termômetro.



**Figura 12** Balança e coletores usados nas avaliações

### 3.6 Coeficiente de variação de fabricação

De acordo com a norma foram avaliados 25 emissores de cada mangueira gotejadora sob pressão nominal informada pelo fabricante (Tabela 6) com

quatro repetições. O tempo da coleta variou entre 5 e 8 minutos para que em cada pressão fosse coletado o mesmo volume aproximado de água (200 ml).

**Tabela 6** Pressão nominal, máxima e mínima de operação informada pelo fabricante em kPa.

<b>Produto</b>	<b>Pressão Nominal (kPa)</b>	<b>Pressão Mínima (kPa)</b>	<b>Pressão Máxima (kPa)</b>
Tiquira	70	56	84
Manári	100	80	120
Amandi	100	80	120
Jurussu	150	120	180

O coeficiente de variação foi calculado com a seguinte fórmula:

$$C_v = \frac{S_q}{\bar{q}} \times 100 \quad (4)$$

Em que:

$C_v$  = Coeficiente de variação em %

$S_q$  = desvio padrão da vazão em litros por hora

$\bar{q}$  = vazão média da amostra em litros por hora

### 3.7 Vazão em função da pressão de entrada

Na sequência do teste anterior, foi medida para cada mangueira, a vazão ( $L \cdot h^{-1}$ ), em função da pressão de entrada. A pressão foi crescente em intervalos não maiores que 50 kPa, da pressão zero até 1,2 pressão máxima ( $p_{max}$ ), tal que para cada mangueira foram testados seis valores de pressão em 25 emissores, com quatro repetições. O tempo de coleta variou entre 5 e 13 minutos para que o volume coletado em cada pressão fosse aproximadamente o mesmo (200 ml) a metodologia para coleta e medição seguiu o item 5.5.

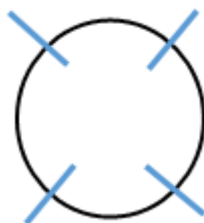
### 3.8 Vazão em função da pressão de entrada

Com dados de vazão em função da pressão de entrada coletados no teste anterior foram ajustadas as equações e os gráficos da relação entre a vazão,  $q$ , em

litros por hora, e a pressão de entrada no emissor,  $p$ , em kPa. Utilizou-se o software SigmaPlot 11.0 para realizar o ajuste das equações com base nos 100 valores obtidos (25 emissores 4 repetições) conforme equação 3.

### 3.9 Espessura da parede

A medição foi feita com um micrometro com precisão de 0,01 mm em quatro pontos equidistantes na periferia do tubo em duas secções transversais ao comprimento da mangueira conforme figura 13. A seção utilizada para esta medição foi retirada da amostragem não sendo submetida as avaliações na bancada de ensaios.



**Figura 13** Seção transversal e posição dos pontos medidos nos tubos emissores para medição da espessura da parede.

### 3.10 Diâmetro interno

O diâmetro interno foi determinado pelo volume de uma seção da mangueira de comprimento conhecido (cilindro). Para cada mangueira foram retirados 5 trechos de 10 cm cada, os quais foram fixados em uma base de copo plástico descartável com cola própria para polietileno, formando um cilindro. O conjunto (trecho da mangueira e base de copo plástico) foi pesado e tarado em balança de precisão. Em seguida cada cilindro era preenchido com água destilada para obter a massa da água. Conhecendo-se a densidade da água, determina-se o volume, tendo o volume calcula-se o diâmetro interno equivalente através da equação:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi h}}$$

(10)

Sendo:

$V$  = volume do cilindro em mL

$h$  = altura do cilindro em mm

$D$  = diâmetro do cilindro em mm



**Figura 14.** Método de determinação do diâmetro interno da mangueira gotejadora através do volume.

### 3.11 Espaçamento entre emissores

Mediu-se o espaçamento entre três emissores de maneira aleatória com trena de 1,0 mm de precisão.

### 3.12 Resistência à pressão hidráulica na pressão de 1,2 pressão máxima ( $p_{max}$ ) para produtos não-reutilizáveis

Uma seção da mangueira contendo cinco emissores foi gradualmente pressurizada tomando o cuidado de não deixar ar dentro da mangueira, e mantida na pressão de ensaio de  $1,2 p_{max}$  por 1 hora.

A montagem resistiu à pressão de ensaio sem mostrar sinais de dano a mangueira, emissores ou à conexão. A montagem não rompeu e nenhum vazamento foi identificado. Vazamentos que não excedem à vazão de uma unidade emissora são permissíveis às uniões.

Após 1 hora a pressão foi reduzida à pressão de ensaio nominal e mantida por pelo 3 min. Em seguida foi medido a vazão de cada emissor.

### **3.13 Resistência à pressão hidráulica na pressão de 1,8 pressão máxima ( $p_{max}$ ) para produtos não-reutilizáveis.**

Uma seção da mangueira contendo cinco emissores foi gradualmente pressurizada tomando o cuidado de não deixar ar dentro da mangueira, e mantida na pressão de ensaio de  $1,8 p_{max}$  por 1 hora.

A montagem resistiu à pressão de ensaio sem mostrar sinais de dano a mangueira, emissores ou à conexão. A montagem não rompeu, e nenhum vazamento foi identificado. Vazamentos que não excedem à vazão de uma unidade emissora são permissíveis às uniões.

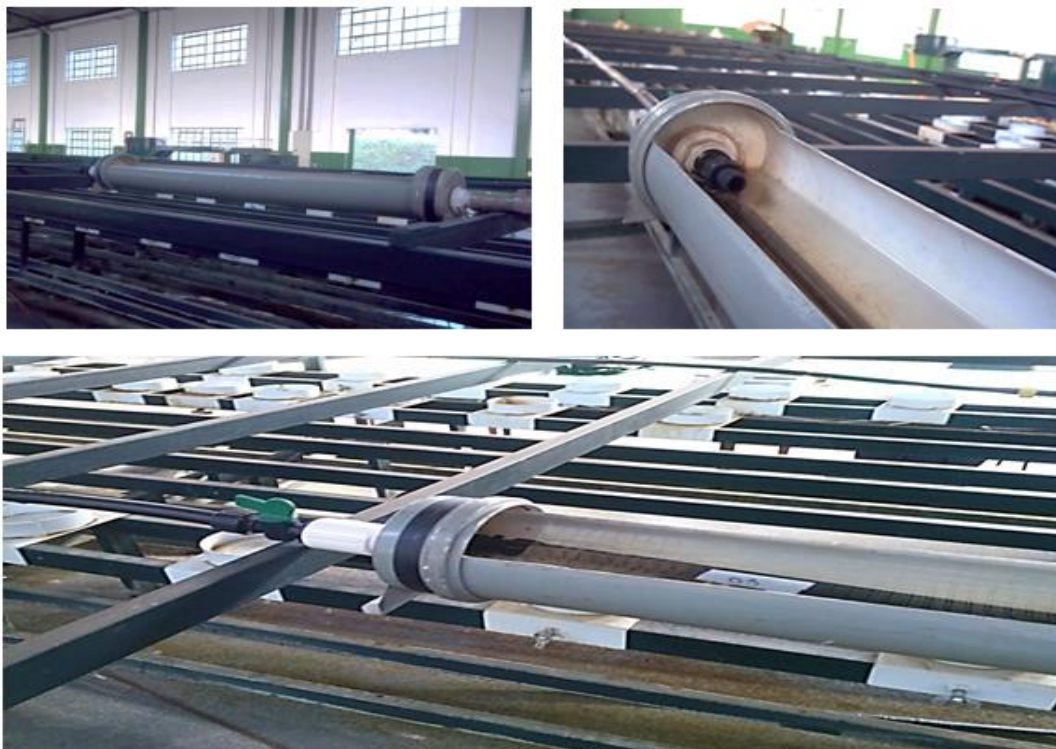
Após 1 hora a pressão foi reduzida à pressão de ensaio nominal e mantida por pelo 3 min. Em seguida foi medida a vazão de cada emissor.

### **3.14 Resistência à pressão hidráulica em temperatura elevada**

O ensaio foi realizado em uma montagem com um trecho de mangueira contendo três emissores, para cada mangueira avaliada.

O trecho montado foi conectado a uma fonte de água através de conector inicial e pressurizada lentamente até a pressão de serviço máxima, com o cuidado de não deixar ar dentro da mangueira. O sistema foi mantido a esta pressão por 1 h enquanto a montagem com amostras dos emissores estava imersa em água a  $40\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ , conforme Figura 14.

A montagem deveria resistir à pressão de ensaio sem mostrar sinais de dano. Após 1 hora o trecho da mangueira foi retirado da água quente ficando em repouso durante 30 minutos à temperatura ambiente. Em seguida aplicou-se a pressão nominal,  $p_n$ , por pelo menos 3 minutos a  $23\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$  e medida a vazão de cada unidade emissora.



**Figura 15** Detalhes do dispositivo utilizado para teste de resistência à pressão hidráulica submetida a temperatura elevada (40°C).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Coeficiente de variação de fabricação (Cvf)

O teste para determinação do coeficiente de variação de fabricação resultou nos dados da Tabela 7.

**Tabela 7** Valores de Coeficiente de variação de fabricação – Cvf (%) informado e medido da primeira amostra avaliada

Mangueira Gotejadora	Cvf (%)	
	Informado	Medido
Tiquira	-	11,6
Manári	-	8,81
Amandi	3,11	8,27
Jurussu	3,11	3,24

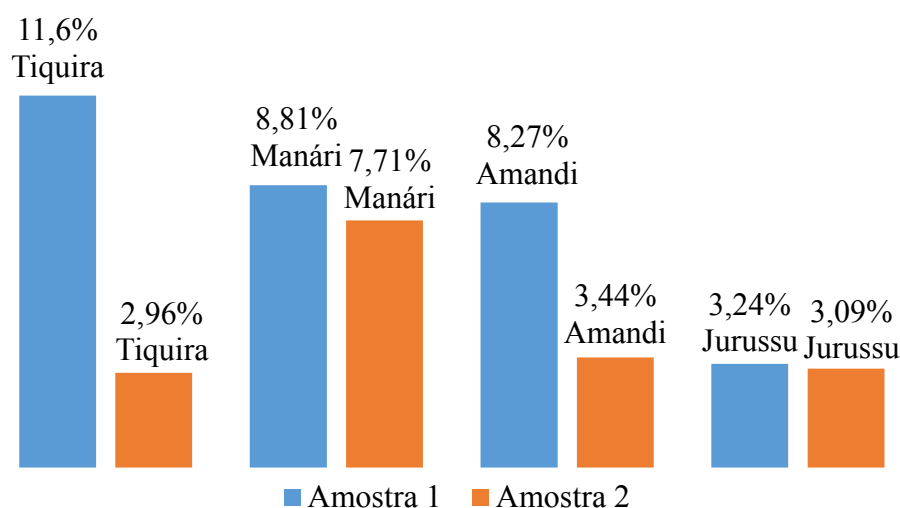
De acordo com os dados apenas a mangueira Jurussu apresentou Cvf inferior a 7% que é o limite máximo permitido pela norma ISO 9261:2004; todas as demais apresentaram valores de Cvf maiores do que o declarado. Os resultados foram comunicados à empresa que por sua vez realizou regulagem da máquina e modificações no processo produtivo. Após as modificações novas bobinas foram fabricadas e coletadas novas amostras coletadas.

A Tabela 8 apresenta os valores de Cvf para o segundo grupo de amostras testado. Segundo Solomon (1979) o modelo Manári é considerado de uniformidade baixa; Amandi e Jurussu de uniformidade média e Tiquira de uniformidade excelente.

A avaliação do segundo grupo de amostras mostrou uma diminuição nos valores de Cvf e, portanto, melhor controle do processo produtivo como pode ser observado na Figura 16. Apenas o modelo Manári não atendeu a norma após as alterações na linha de produção executadas pelo fabricante.

**Tabela 8** Valores de Coeficiente de variação de fabricação – Cvf (%) informado e medido da segunda amostra avaliada

Mangueira Gotejadora	Cvf (%)	
	Informado	Medido
Tiquira	-	2,96
Manári	-	7,71
Amandi	3,11	3,44
Jurussu	3,11	3,09



**Figura 16** Valores de Cvf para primeira e segunda amostras

Oliveira et al. (2000), estudaram as características hidráulicas do tubo gotejador Hidrodrrip II, 2,3 L h-1, cujos emissores são inseridos nos tubos durante o

processo de fabricação e espaçados a 0,3 m, e de formato tipo labirinto. Os autores verificaram coeficiente de variação de fabricação de 1,59%.

Garcia, (2006) fez uma avaliação técnica de 11 tubos emissores comercializados no Brasil: Petro Drip, Golden Drip, Chapin, Queen Gil, Aqua Traxx, Tiran, Amanco Drip e Twin Plus ( não auto compensantes) e Naan Pc, Ram e Amanco Drip PC (autocompensantes). O autor também seguiu a norma ISO 9261:2004 e para os valores de  $C_{vf}$  verificou que todos os tubos apresentaram valores inferiores a 7% (limite máximo considerado pela norma) variando entre 0,9% para o modelo Ram e 5,6% para o modelo Golden Drip. Neste trabalho todos os tubos foram considerados de ótima qualidade do ponto de vista do processo de fabricação.

Um estudo realizado por Dias et al. (2005) avaliou, entre outros parâmetros, o  $C_{vf}$  de 5 modelos de mangueiras gotejadoras utilizadas no cultivo do meloeiro: Katif ; Hydrodrip II; Netafim; Chapin e Queen gil. As mangueiras foram testadas antes da instalação no campo e de acordo com os autores a uniformidade de vazão do emissor foi classificada como média para o gotejador Chapin 0,30 m e boa para os demais gotejadores estudados.

Andrade (2005) analisou duas mangueiras gotejadoras, Golden Drip, fabricado por Seo Won Inc.(Coréia do Sul) com espessura de parede de 0,0002 m, gotejador plano de fluxo turbulento tipo labirinto espaçados a 0,30 m, vazão nominal de  $1,5 \text{ L.h}^{-1}$  por emissor a pressão nominal de 100 kPa e diâmetro nominal de 0,016 m e o protótipo P2015, na época, em fase de desenvolvimento pela empresa Petroisa Brasil, também com gotejador plano tipo labirinto, com vazão nominal de  $1,5 \text{ L.h}^{-1}$  a 100 kPa. O autor determinou os valores de  $C_{vf}$  e obteve para o P2015 um  $C_{vf}$  de 4,37% e para a Golden Drip de 5,61%

Rojas (2004) realizou a caracterização hidráulica de 3 tubos gotejadores para irrigação localizada comercializados no Chile. O O-Tiff2 não auto compensado e Microflapper e NGE autocompensados. O autor verificou que o O-Tiff2 apresentou o menor valor de  $C_{vf}$  igual a 2,37%, NGE apresentou valor de 4,5% e o modelo Microflapper 6,28%.

Existe no mercado uma variedade de modelos que apresentam diferentes valores de  $C_{vf}$ , o ideal seria que as mangueiras saíssem de fábrica sem nenhuma variação, ou seja com valor de  $C_{vf}$  igual a zero porém, na prática isso não acontece pois o

processo produtivo teria que ser tão rigoroso e preciso que os custos para isso seriam proibitivos. Portanto busca-se produtos com valores de  $C_{vf}$  os mais baixos possíveis (mais próximos de zero) pois esta característica do produto auxiliará no aumento da uniformidade de distribuição de água no campo, o que é altamente desejado pelo produtor.

Na Tabela 9 podem ser observadas as diferenças percentuais entre as vazões fornecidas pelo fabricante em relação aos valores obtidos experimentalmente. Segundo a norma ISO 9261:2004 a vazão média das amostras não deve divergir da vazão nominal declarada por mais ou menos que 7%.

Observa-se que todas as vazões medidas foram inferiores às declaradas, estando todos os modelos fora das especificações da norma.

**Tabela 9** Variação dos valores de vazão média medida em relação à vazão informada.

Mangueira Gotejadora	Vazão média $q_n$ (L.h <sup>-1</sup> )*		Variação (%) **
	Informada	Medida	
Tiquira	1,200	1,089	-9,25
Manári	1,500	1,239	-17,40
Amandi	1,500	1,290	-14,00
Jurussu	1,800	1,339	-25,61

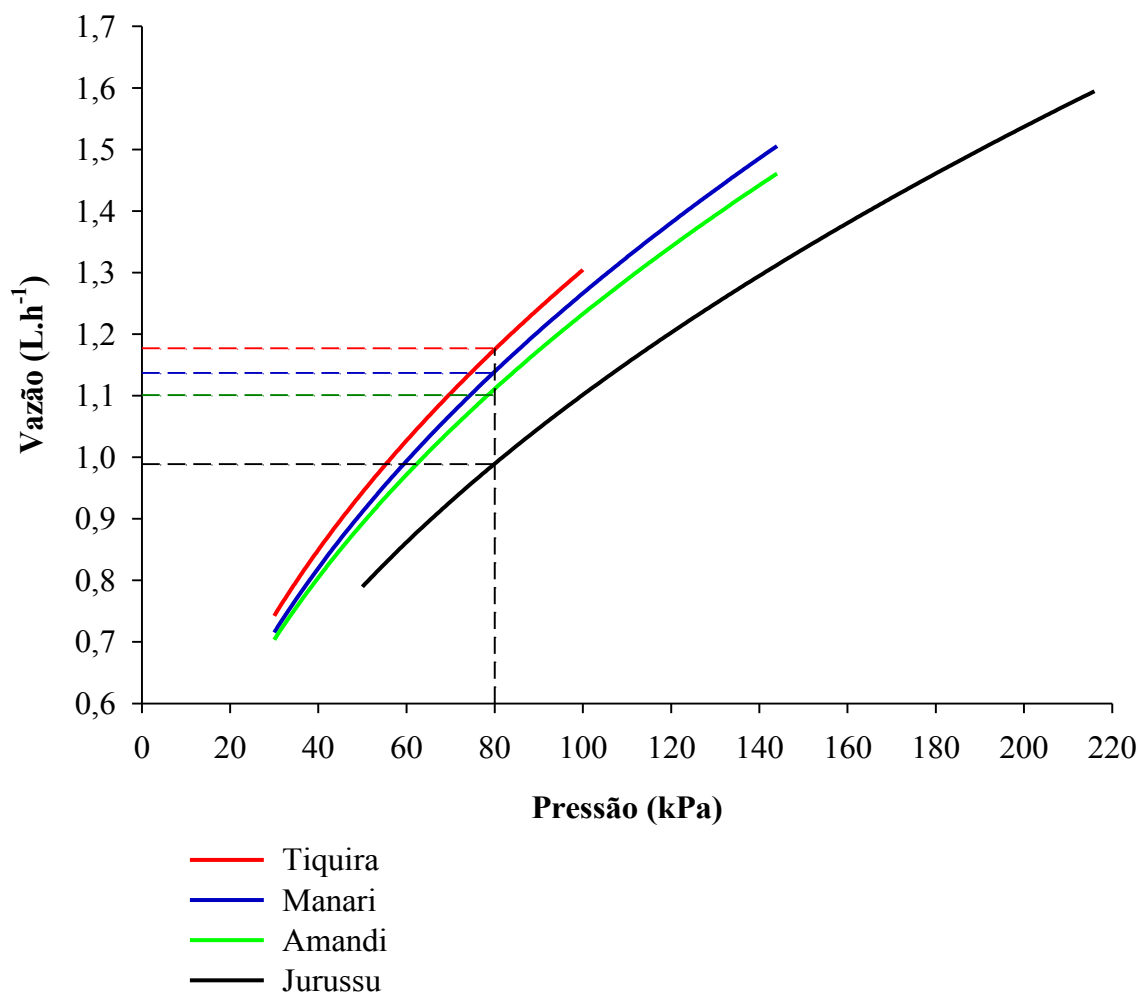
\* vazão média/emissor sob pressão nominal informada \*\* Variação permitida 7% (Norma ISO 9261:2004)

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

Verificou-se pelos resultados apresentados na Tabela 10 que há significativa variação da vazão fornecida pelo emissor à medida em que ocorre um aumento da pressão, o que sugere que estes emissores são sensíveis a variação na pressão.

Comparando-se os valores de vazão para um mesmo valor de pressão observou-se que a vazão é decrescente da Tiquira para a Jurussu, ou seja, da mangueira de menor espessura para a de maior espessura (Figura 17). A Tabela 11 apresenta a comparação de médias para os valores de vazão na pressão de entrada de 80 kPa. O teste Tukey a 5% de probabilidade confirmou a diferença estatística entre os valores médios de vazão.

A mangueira Tiquira tem uma espessura 0,66 mm menor do que a Jurussu e apresentou uma vazão 19% maior. Comparando-se a Amandi e a Manari com a Tiquira a vazão desta última foi 6,46% e 3,40% maior, respectivamente.



**Figura 17.** Relação vazão x pressão para as mangueiras avaliadas.

**Tabela 10** Vazão média (L.h<sup>-1</sup>) em função da pressão de entrada (kPa).

Pressão (kPa)	Vazão média (L.h <sup>-1</sup> )			
	Tiquira	Manári	Amandi	Jurussu
30	0,744	0,710	0,712	0,786
50	0,929	0,911	0,890	-
70	1,089	-	-	-
80	1,177	1,137	1,101	0,989
90	1,248	1,214	1,237	-
100	1,308	1,290	1,239	1,108
120	-	1,365	1,331	-
144	-	1,504	1,473	-
150	-	-	-	1,339
180	-	-	-	1,457
216	-	-	-	1,596

**Tabela 11** Vazão média (L.h<sup>-1</sup>) na pressão de entrada de 80 kPa para as mangueiras avaliadas.

Mangueira Gotejadora	Vazão média (L.h <sup>-1</sup> )
Tiquira	1,177 A
Manári	1,137 B
Amandi	1,101 C
Jurussu	0,989 D

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

### 4.3 Ajuste da relação vazão-pressão

Com os dados de vazão em função da pressão de entrada obteve-se os valores de  $x$ , de  $k$  e do coeficiente de determinação  $R^2$  apresentados na Tabela 11 pelo ajuste da equação potencial.

Segundo Lopez (1997), o coeficiente de determinação serve como ferramenta útil para comprovar o ajuste da equação. Valores próximos de 1 indicam um bom ajuste.

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 13 que os valores de  $x$  são próximos a 0,5 significando que as mudanças na vazão, se relacionam com a raiz quadrada da pressão, conseqüentemente, uma variação na pressão da ordem de 20% permite que a vazão dos emissores varie em torno de  $\pm 10\%$ . Expoente  $x$  com valor próximo de 0,5 também indica que o regime de escoamento dos emissores é turbulento (KELLER e KARMELLI, 1975; PIZARRO, 1996; LOPEZ, 1997). O uso de gotejadores de fluxo turbulento num sistema de irrigação requer atenção para os limites de topografia do terreno e comprimento da linha lateral.

**Tabela 12** Valores de  $x$  e  $k$ , para a equação característica dos emissores avaliados.

Mangueira Gotejadora	$x$	$k$	$R^2$	Equação (kPa)	Equação (mca)
Tiquira	0,4681	0,1510	0,9608	$q = 0,1510 H^{0,4681}$	$q = 0,4390 H^{0,4681}$
Manári	0,4657	0,1443	0,8957	$q = 0,1443 H^{0,4657}$	$q = 0,4177 H^{0,4657}$
Amandi	0,4745	0,1424	0,9761	$q = 0,1424 H^{0,4745}$	$q = 0,4206 H^{0,4745}$
Jurussu	0,4804	0,1205	0,9817	$q = 0,1205 H^{0,4804}$	$q = 0,3607 H^{0,4804}$

Andrade (1990) e Bonomo et al. (1998) obtiveram valores de  $x$  iguais a 0,5491 e 0,50, respectivamente, para tubo perfurado de polietileno flexível. Frizzone et al 1998 avaliaram o tubo gotejador Rain-Tape TPC e obtiveram por análise de regressão a equação característica do emissor  $q = 0,164 H^{0,4563}$ . O valor de  $x = 0,4563$  indica que o regime de escoamento é turbulento. Para o tubo gotejador Queen Gil, Testezlaf e Campioni 1993, encontraram  $x = 0,625$ , sendo classificado também como de regime turbulento.

Segundo o catálogo fornecido pelo fabricante, as equações características das mangueiras apresentariam os mesmos valores, uma vez que os emissores são do mesmo modelo. Essa observação não corresponde ao resultado obtido no experimento, que demonstrou equações distintas para as diferentes mangueiras utilizadas.

Segundo a norma ISO o expoente ( $x$ ) calculado não deve divergir da declaração do fabricante mais que  $\pm 5\%$ . A variação entre o valor do expoente declarado e o calculado ficou dentro do estabelecido pela norma apenas para a Jurussu, os outros modelos apresentaram variação maior do que 5%.

**Tabela 13** Variação entre os valores m informado e calculado.

Mangueira Gotejadora	Informado	Medido	Variação (%)
Tiquira	0,5	0,4681	-6,38
Manári	0,5	0,4657	-6,86
Amandi	0,5	0,4745	-5,10
Jurussu	0,5	0,4804	-3,92

#### 4.4 Espessura da parede

A tabela 14 apresenta os resultados da avaliação da espessura de parede em milímetros. A espessura da parede segundo a norma ISO 9261:2004 deve ser declarada em valores arredondados em 0,05 mm, e pelo critério desta norma, a espessura de parede do tubo emissor não pode apresentar nenhum dos quatro pontos avaliados com medida inferior a 90% de espessura declarada.

**Tabela 14** Valores de espessura da parede das mangueiras em mm.

Mangueira Gotejadora	Seção	Quadrante				Espessura Média (mm)	Espessura Informada (mm)
		1	2	3	4		
Tiquira	1	0,20	0,19	0,20	0,20	0,20	0,2
	2	0,19	0,18	0,20	0,21		
Manári	1	0,24	0,23	0,24	0,25	0,24	0,25
	2	0,23	0,22	0,23	0,24		
Amandi	1	0,35	0,36	0,35	0,37	0,36	0,38
	2	0,35	0,35	0,37	0,35		
Jurussu	1	0,86	0,92	0,91	0,84	0,87	0,90
	2	0,85	0,9	0,83	0,85		

De maneira geral as espessuras determinadas em laboratório tem valores maiores e menores do que o declarado e estão dentro das especificações.

#### 4.5 Diâmetro interno

A norma ISO 9261:2004 estabelece que o diâmetro interno medido não deve desviar mais do que 0,3mm do diâmetro interno declarado.

Como pode ser observado na tabela 15 as mangueiras Manári, Amandi e Jurussu estão fora da especificação da norma sugerindo algum problema no processo de fabricação das mangueiras.

**Tabela 15** Diâmetro interno informado e diâmetro interno medido em mm.

Mangueira Gotejadora	Diâmetro Informado (mm)	Diâmetro Medido (mm)	Desvio (mm)
Tiquira	16	15,90	-0,10
Manári	16	14,94	-1,06
Amandi	16	14,70	-1,30
Jurussu	16	16,73	+0,73

#### 4.6 Espaçamento entre emissores

Para este item todas as mangueiras ficaram dentro das especificações como pode ser verificado na tabela 16, pois nenhum valor medido desviou mais do que 5% do espaçamento declarado.

**Tabela 16** Espaçamento entre emissores em mm.

Mangueira Gotejadora	Espaçamento Declarado (mm)	Espaçamento Medido (mm)			Desvio (%)**
		1	2	3	
Tiquira	300	280	290	303*	1,00
Manári	300	300	290	303*	1,00
Amandi	300	300	300	301*	0,33
Jurussu	300	300	302*	299	0,67

\*maior valor observado

\*\*desvio em relação ao maior valor observado

#### 4.7 Resistência à pressão hidráulica em temperatura ambiente.

##### 4.7.1 Pressão de 1,2 vezes a pressão máxima para produtos não reutilizáveis.

Nas tabelas 17 e 18 estão os dados dos testes para as mangueiras Tiquira e Manári. A norma recomenda que a vazão de cada unidade de emissor não deve divergir em mais que  $\pm 10\%$  de sua vazão original

Para a mangueira Tiquira observou-se que os valores estão dentro do permitido pela norma.

**Tabela 17** Vazão ( $Lh^{-1}$ ) à pressão nominal (70kPa) e sua variação após o teste à pressão de 1,2 pmax (100 kPa) para mangueira Tiquira.

Número do emissor	Vazão nominal	Vazão após o teste	Varição (%)
1	1,083	1,084	0,09
2	1,064	1,093	2,73
3	1,074	1,084	0,93
4	1,046	1,047	0,10
5	1,083	1,084	0,09

A mesma observação pode ser feita para a mangueira Manári que teve variações de vazão dentro do especificado.

**Tabela 18** Vazão ( $Lh^{-1}$ ) à pressão nominal (100kPa) e sua variação após o teste à pressão de 1,2 pmax (144 Ka) para mangueira Manári.

Número do emissor	Vazão nominal	Vazão após o teste	Varição (%)
1	1,145	1,146	0,11
2	1,344	1,333	-0,80
3	1,145	1,146	0,11
4	1,145	1,171	2,29
5	1,245	1,234	-0,92

#### 4.7.2 Pressão de 1,8 vezes a pressão máxima para produtos reutilizáveis.

A norma recomenda que a vazão de cada unidade de emissor não deve divergir em mais que  $\pm 10\%$  de sua vazão original. De acordo com os resultados apresentados nas tabelas 19 e 20 as mangueiras Amandi e Jurussu atenderam as especificações podendo ser classificadas como reutilizáveis.

**Tabela 19** Vazão ( $Lh^{-1}$ ) à pressão nominal (100kPa) e sua variação após o teste à pressão de 1,8 pmax (216 kPa) para mangueira Amandi.

Número do emissor	Vazão nominal	Vazão após o teste	Varição (%)
1	1,270	1,256	-1,11
2	1,330	1,331	0,05
3	1,359	1,331	-2,08
4	1,270	1,211	-4,64
5	1,285	1,271	-1,10

**Tabela 20** Vazão ( $Lh^{-1}$ ) à pressão nominal (150kPa) e sua variação após o teste à pressão de 1,2 pmax (324 kPa) para mangueira Jurussu.

Número do emissor	Vazão nominal	Vazão após o teste	Varição (%)
1	1,315	1,331	1,19
2	1,315	1,346	2,33
3	1,359	1,376	1,22
4	1,374	1,361	-0,97
5	1,359	1,346	-0,98

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

Nas tabelas 21 a 24 estão os valores obtidos após o teste para as mangueiras Tiquira, Manári, Amandi e Jurussu respectivamente.

De acordo com a norma ISO 9261:2004 a vazão após o teste não deve variar mais que  $\pm 10\%$  da vazão original.

**Tabela 21** Vazão ( $Lh^{-1}$ ) à pressão nominal (70kPa) e sua variação após o teste à pressão máxima (84 kPa) para mangueira Tiquira.

Número do emissor	Vazão nominal	Vazão após o teste	Variação (%)
1	1,083	1,084	0,90
2	1,064	1,075	1,00
3	1,074	1,075	0,06

A vazão e a uniformidade de um sistema de irrigação podem ser influenciadas por fatores como entupimento dos emissores, variabilidade do processo industrial e temperatura da água. (KELLER E BLIESNER, 1990; SOLOMON 1985).

A temperatura é um fator que não pode ser controlado no campo e influencia em propriedades da água como a viscosidade e também na geometria da passagem de fluxo. Como consequência pode haver variação na vazão do emissor. (KELLER E KARMEELLI, 1975; PARCHOMCHUK, 1976).

Parchomchuk, 1976 afirma que se o regime de escoamento no emissor for turbulento, a vazão não será afetada significativamente pela mudança de viscosidade.

Oliveira et al. 2000, avaliaram o tubo gotejador Hidrodrrip II com emissores inseridos nos tubos durante o processo de fabricação de formato tipo labirinto e verificaram que para uma variação de temperatura entre 30°C para 60°C a vazão diminuiu em aproximadamente 1,75%.

**Tabela 22** Vazão (Lh<sup>-1</sup>) à pressão nominal (100 kPa) e sua variação após o teste à pressão máxima (120 kPa) para mangueira Manári.

Número do emissor	Vazão nominal	Vazão após o teste	Variação (%)
1	1,145	1,121	-2,06
2	1,344	1,346	0,12
3	1,145	1,134	-0,97

**Tabela 23** Vazão (Lh-1) à pressão nominal (100 kPa) e sua variação após o teste à pressão máxima (120 kPa) para mangueira Amandi

Número do emissor	Vazão nominal	Vazão após o teste	Variação (%)
1	1,270	1,316	3,60
2	1,330	1,241	-6,69
3	1,359	1,226	-9,78

Verifica-se nas tabelas 21, 22 e 24 que as mangueiras Tiquira, Manári e Jurussu estão dentro das especificações. A mangueira Amandi (Tabela 23) também atendeu as especificações da norma apesar de ter apresentado altas variações na vazão dos emissores após o teste.

**Tabela 24** Vazão (Lh-1) à pressão nominal (150 kPa) e sua variação após o teste à pressão máxima (180 kPa) para mangueira Jurussu.

Número do emissor	Vazão nominal	Vazão após o teste	Variação (%)
1	1,315	1,332	1,27
2	1,315	1,331	1,19
3	1,359	1,346	-0,98

## 5 CONCLUSÕES

A partir do resultados obtidos foi possível concluir que:

1. Mangueiras gotejadoras com diferentes espessuras de parede e que utilizam o mesmo labirinto apresentaram diferentes vazões para a mesma pressão, portanto possuem diferentes coeficientes na relação vazão x pressão, não podendo ser representadas por uma única equação.
2. Ao se utilizar o mesmo modelo de gotejador para uma mesma pressão, quanto maior a espessura da parede, menor a vazão do emissor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J. M. H. et al. **El Riego localizado**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 1987. 317 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil informe 2012**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/Conjuntura2012.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil informe 2009**. Brasília, DF, 2009. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/estudos/conjuntura.aspx>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

ALMACINHA, J. A. Introdução ao Conceito de Normalização em Geral e sua Importância na Engenharia. In: ALMACINHA, J. A. **Texto de Apoio às Disciplinas de Desenho Técnico (LEM) e de Desenho Industrial (LGEI) da FEUP**. Porto: FEUP, 2005. Disponível em: <<http://www.inegi.up.pt/instituicao/ons/pdf/JASA-1.PDF>>. Acesso em: 4 set. 2013

AMANCO. Amanco-Brasil. 2010. Disponível em: <<http://www.amanco.com.br>>. Acesso em: 7 maio 2013.

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

ANDRADE, L. A. D. **Estudo de uniformidade de emissão de água utilizando diferentes espaçamentos entre gotejadores na linha lateral**. 2009. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009

ANDRADE, L. **Avaliação hidráulica e de resistência a tração de dois modelos de mangueiras gotejadoras**. 2005. 76 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)- Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

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

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

BISCONER, I. Microirrigation system fundamentals. In: STETSON, L.E.; MECHAM, B.Q. (Ed.). **Irrigation**. Falls Church: Irrigation Association, 2011. cap. 11, p. 387-452.

BRALTS, V. F., WU, I., GITLIN, H. M. Manufacturing variation and drip irrigation uniformity. **Transactions of the ASAE**, United States, v. 24, n. 1, p. 113-119, Jan./Feb. 1981.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Agricultura irrigada**: estudo técnico preliminar. Brasília, DF, 2004. 107 p.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2009**. Brasília, DF, 2009. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/>>. Acesso em: 15 jun. 2010.

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.

CARARO, D. C. **Manejo de irrigação por gotejamento para aplicação de água residual visando à minimização do entupimento de emissores**. 2004. 130 f. Tese (Doutorado Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CHRISTOFIDIS, D. O futuro da irrigação e a gestão das águas. **Revista Item**, v. 1, n. 80, p. 40-47, 2008.

DIAS, N. da S.; MEDEIROS, J. F.; TEIXEIRA, M. B. Avaliação de diferentes modelos, vazões e espaçamentos de gotejadores na irrigação do meloeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 263-271, 2005.

DOMINGUES, A. F. **Visão da ANA sobre a irrigação e sua inserção na gestão de recursos hídricos**. Visão da ANA sobre a irrigação e sua inserção na gestão de recursos hídricos. Slides apresentados In: SEMINÁRIO: O ESTADO DA ARTE DA AGRICULTURA IRRIGADA E AS MODERNAS TECNOLOGIAS NO USO RACIONAL DA ÁGUA NA IRRIGAÇÃO, Brasília, DF., 2004. Disponível em: [http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/detalheBusca.asp?cod\\_registro=3352&categoria=6](http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/detalheBusca.asp?cod_registro=3352&categoria=6) Acesso: 10 julho de 2013

FRIZZONE, J. A. et al. **Microirrigação, gotejamento e microaspersão**. Maringá: Eduem, 2012. 365 p.

FARIA, L. do A.; SIQUEIRA, W da C.; LIMA, E. M. da C.; GOMES, L. A. A.; REZENDE, F. C. Crescimento do meloeiro (cucumis melo L.) cultivado em ambiente protegido e irrigado por gotejamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA AGRÍCOLA SBEA, 35., 2006. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2006. P. 37.

FRIZZONE, J. A. et al. Caracterização hidráulica de um tubo gotejador. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 278-283, 1998.

GARCIA, C. J. B. **Avaliação técnica de tubos emissores para irrigação localizada**. 2006. 63 f Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006

HOWELL, T. A. et al. Design and operation of trickle (drip) systems. In: JENSEN, M. E. (Ed.). **Design and operation of farm irrigation systems**. Michigan: American Society of Agricultural Engineers, 1983. p. 661-717.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2005-2006**. Rio de Janeiro, 2006. 777 p.

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

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990.

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

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

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

LUDWIG, R. **Dimensionamento da linha lateral utilizando dois espaçamentos entre gotejamentos** 2012. 66 f Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

NAANDAN JAIN. Wide product range, 2010. Disponível em: <<http://www.naandan.com/naan>>. Acesso em: 12 jun. 2013.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A.; CLEMMENS, A. J. Assessing trickle emitter application uniformity. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 22, n. 4, p. 816-821, 1979.

NAKAYMA, F. S.; BUCKS D. A. **Trickle irrigation for crop production, design, operation and management**. New York: Elsevier, 1986. 383 p.

OLIVEIRA, A. M. S. et al. Caracterização hidráulica do tubo gotejadore Hidrodrip II. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 483-486, 2000.

PARCHOMCHUK, P. Temperature effects on emitter discharge rates. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 19, n. 4, p. 690-692, 1976.

PAULINO, J. et al. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o Censo Agropecuário de 2006. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 163-176, 2011.

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

ROJAS, R. A. M. Caracterización hidráulica de cuatro marcas de emissores para Riego localizado comercializado en Chile, 2004. 50 f. Memória de título apresentada a la Universidad de Talca como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Chile, 2004. Disponível em: <http://dspace.otalca.cl/retrieve/2967/RMu?ozR.pdf> Acesso em: 2 dez 2013.

SARAIVA, K. R.; DE SOUZA, F. Estatísticas sobre irrigação nas regiões Sul e Sudeste do Brasil segundo o Censo Agropecuário 2005-2006. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 168-176, abr./jun. 2012

SCHWANKL, L. J.; HANSON, L. R. Surface drip irrigation. In: LAMM, F. R.; AYARS, J. E.; NAKAYAMA, F. S. **Developments in Agricultural Engineering**. Oxford, UK, Elsevier, 2007. p. 431-472.

SILVA, J. G. F. et al. Irrigação Localizada. In: MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. **Irrigação**. Piracicaba: SBEA, 2003. v. 2, p. 259-309

SIQUEIRA, E. C.; BARROS JÚNIOR, G. Determinação do coeficiente de variação e vazão do microaspersor Carburundum MS V versus pressão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, 2003, Goiânia. Anais Goiânia: Universidade Estadual de Goiás/Universidade Federal de Goiás/Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2003. CD-ROM.

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

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

TEIXEIRA, M. B. **Efeitos de dosagens estermas de cloro e pH na vazão de gotejadores autocompensates**. 2006. 318 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

TESTEZLAF, R. Irrigação localizada – anotações de aula. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, 2013. Disponível em: <<http://webensino.unicamp.br/disciplinas/FA876-055506/apoio/13/localiza.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2013.

VERMEIREN, L.; JOBLING, G. A. **Irrigação localizada**. Campina Grande: UFPB, 1997. 218 p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 36).

VON BERNUTH, R; SOLOMON, K, H. Emitter construction. In: NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production**. Phoenix: Elsevier Science, 1986. cap. 2, p. 27-52.

WU, I. P.; GITLIN, H. M. Drip irrigation based on uniformity. **Transactions of the ASAE**, St. Josep