

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA**  
**Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas**  
**NEAS - Núcleo de Engenharia de Água e Solo**  
Campus Universitário de Cruz das Almas, Bahia

---

**Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias**  
**Mestrado e Doutorado**

**Área de Concentração**

**Agricultura Irrigada e Sustentabilidade de Projetos  
Hidroagrícolas**



**Aureo S. de Oliveira**

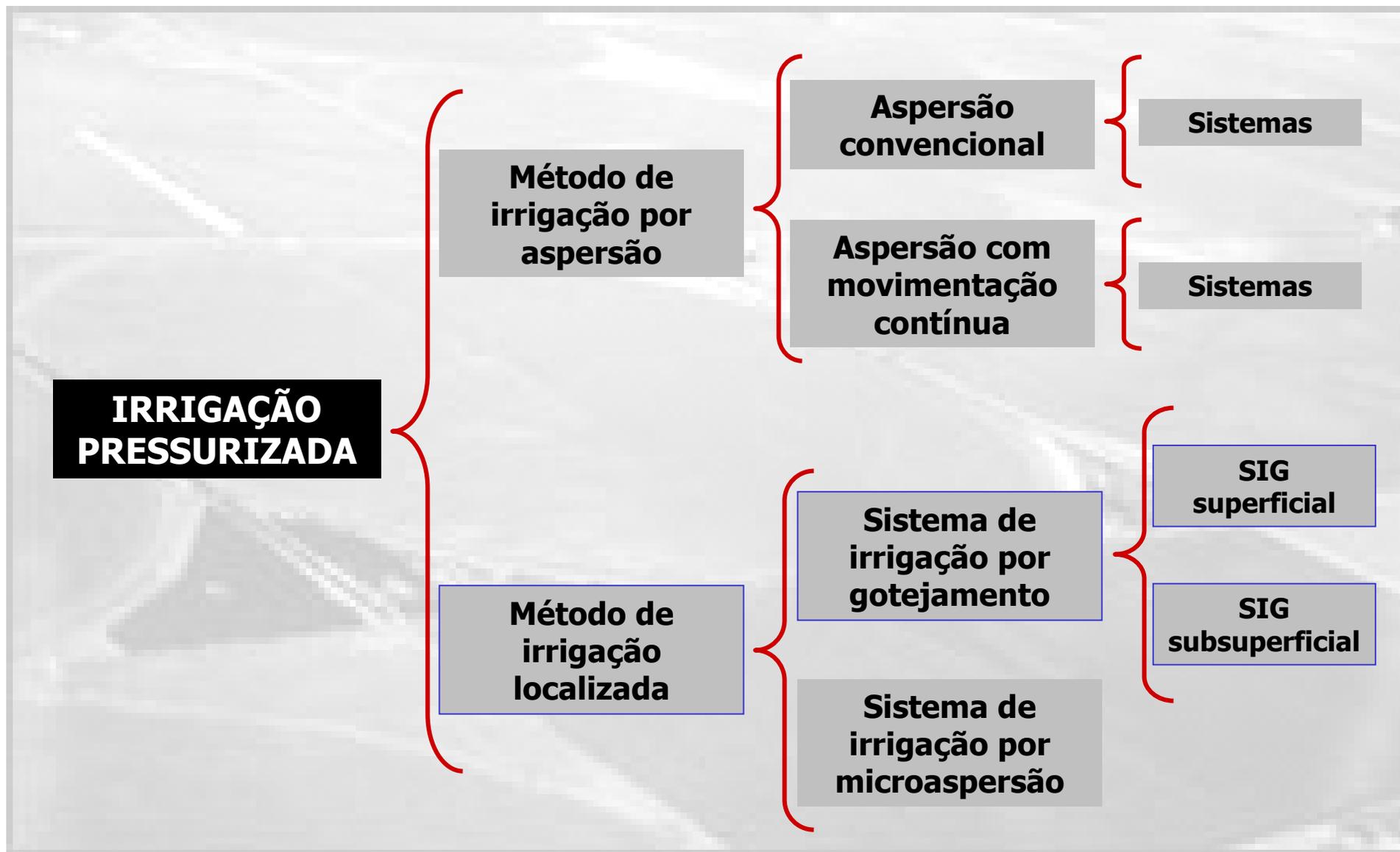
Prof. Adjunto IV

BSc, Universidade Federal da Bahia, 1988

MSc, Universidade Federal do Ceará, 1991

PhD, Universidade do Arizona, 1998

# SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA



# SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

➤ **IRRIGAÇÃO LOCALIZADA**: utiliza tubulação de pequeno diâmetro para distribuir água a plantas individuais ou grupos de plantas. Os sistemas de irrigação localizada são caracterizados quanto à localização e tipo de emissor em gotejamento e microaspersão. Estes sistemas usam emissores regularmente espaçados sobre ou dentro da tubulação para gotejar ou pulverizar a água sobre ou dentro do solo.



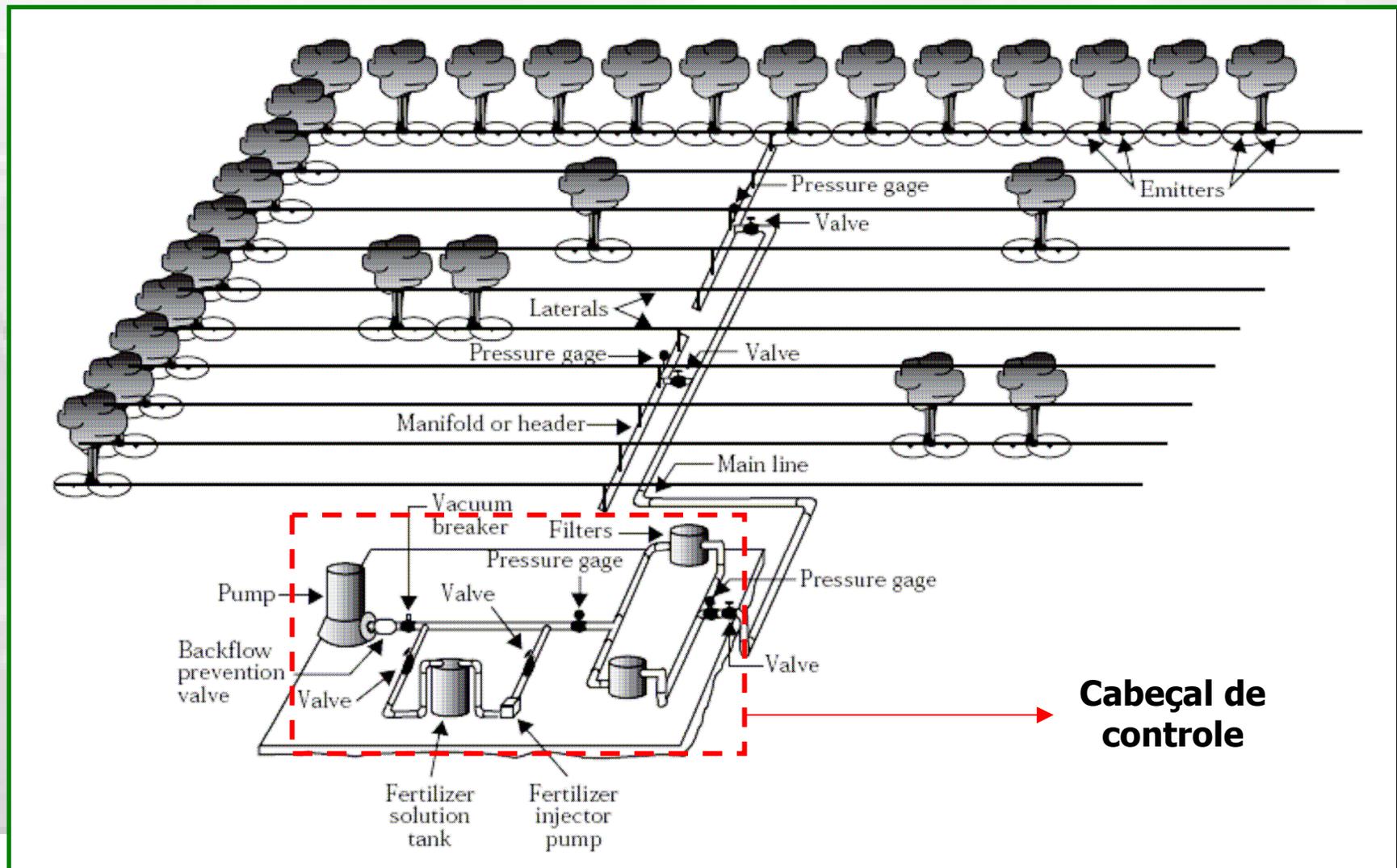
# SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

## ➤ IRRIGAÇÃO LOCALIZADA : **Características Básicas**

- (a)** a água é aplicada a taxas (vazões) reduzidas;
- (b)** a água é aplicada durante intervalo longo de tempo;
- (c)** a água é aplicada em intervalos frequentes (reduzido turno de rega);
- (d)** a água é aplicada diretamente na região do sistema radicular da planta;
- (e)** a água é aplicada via um sistema de baixa pressão;

# SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

## ➤ IRRIGAÇÃO LOCALIZADA : Componentes : visão geral



# SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

## ➤ IRRIGAÇÃO LOCALIZADA: Vantagens e Desvantagens

- V1** ⇒ Incrementa o crescimento e rendimento das plantas;
- V2** ⇒ Reduzido perigo de salinidade às plantas;
- V3** ⇒ Aplicação melhorada de fertilizantes e outros produtos químicos;
- V4** ⇒ Limita o crescimento de ervas daninhas;
- V5** ⇒ Requerimento de energia reduzido;
- V6** ⇒ Tratos culturais facilitados;
- D1** ⇒ Entupimento total ou parcial dos emissores – manutenção contínua;
- D2** ⇒ Danos físicos a tubos enterrados (PE flexível) por roedores;
- D3** ⇒ Demanda por acessórios como reguladores de pressão e válvulas de alívio – compensar os efeitos dos desníveis topográficos sobre a uniformidade de distribuição de água;
- D4** ⇒ Alto investimento inicial;
- D5** ⇒ Riscos de acúmulo de sais na zona radicular – chuvas leves em solo com pouca umidade;



# SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

## ➤ IRRIGAÇÃO LOCALIZADA : Custos

System Type	Typical Field Size (ha)	Capital Cost (\$/ha)	Energy Use (kWh per 1000 m <sup>3</sup> )	Labor Required (hours per 1000 m <sup>3</sup> )	Maintenance Cost Factor <sup>[a]</sup> (%)
Hand move or portable	65	500-750	85-215	1.65	2
Side roll	65	1300-1500	85-215	1.17	2
Traveling gun	32	960-1200	350-490	0.68	6
Center pivot:					
without corner system	55-80	800-1250	85-235	0.10	3
with corner system	60	1000-1450	100-245	0.10	6
Linear move (ditch fed)	130	1375-2500	85-235	0.19	8
Linear move (hose fed)	130	1625-2750	125-265	0.19	7
Solid set aluminum	65	3250-4000	85-215	0.97	2
Permanent	65	2500-3750	85-215	0.10	1

<sup>[a]</sup> Annual maintenance costs are expressed as a percentage of the system capital cost.

Aspersão

Microirrigação

Crop	Microirrigation System Type	Capital Cost (\$/ha)
Trees	Drip	2250-2500
	Minisprinkler	2700-3200
	Microsprayer	2500-3000
Vines	Drip	2000-3000
	Sprinkler/drip combination <sup>[a]</sup>	5000-6000
Row crops	Drip, retrievable laterals	3000-5000
	Drip, disposable laterals <sup>[b]</sup>	1900-3000

<sup>[a]</sup> Combination permanent set sprinkler and drip system for frost protection and irrigation on vines.

<sup>[b]</sup> Disposable laterals cost \$500-600/ha annually.

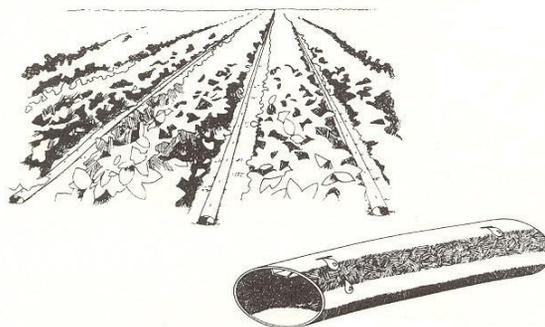
Expense Category	Annual Cost of Operation and Maintenance as a Percentage of Initial Capital Cost
Labor	1.5
Power <sup>[a]</sup>	3-7
Maintenance	3
Taxes and insurance	2

<sup>[a]</sup> Depends on system efficiency.

# SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

## ➤ IRRIGAÇÃO LOCALIZADA: Emissores

O emissor é o principal e o último componente do sistema através do qual passa a água antes de atingir o solo. A sua função é dissipar a diferença de pressão interna e externa à linha lateral, distribuindo a água sob vazão constante. Pode ser um gotejador, um microaspersor, um microspray ou um simples microfuro num tubo de polietileno



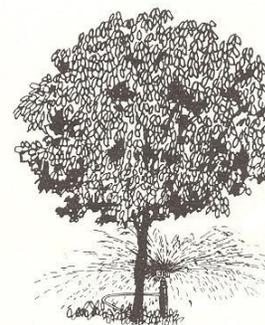
DRIP ON ROW CROPS



FAN SPRAY<sup>®</sup> ON TREES



DRIP EMITTERS ON TREES



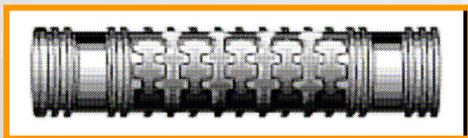
MICRO-SPRINKLER<sup>®</sup> ON TREES



# SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

## ➤ IRRIGAÇÃO LOCALIZADA: **Emissores** – características desejáveis

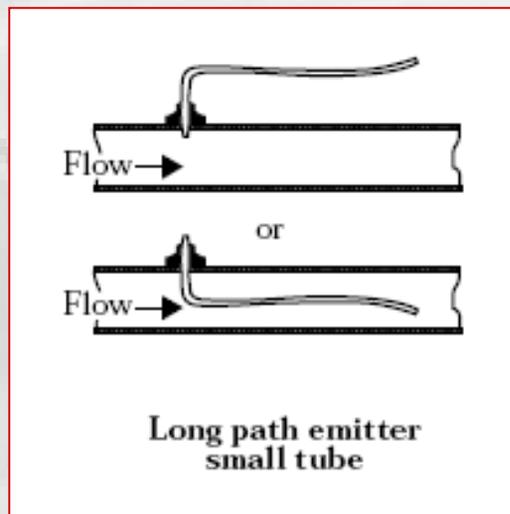
- 👍 Diâmetro de passagem da água grande o suficiente para minimizar entupimentos;
- 👍 Resistir à intrusão de raízes e solo;
- 👍 Possuir baixa vazão para maximizar o comprimento da lateral;
- 👍 Insensível à variações de pressão e temperatura;
- 👍 Design simples e de baixo custo;
- 👍 Resistente e vida útil a longo prazo (luz do sol, desgaste mínimo dos orifícios e partes móveis);
- 👍 Resistente a ação de insetos e roedores.



# SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

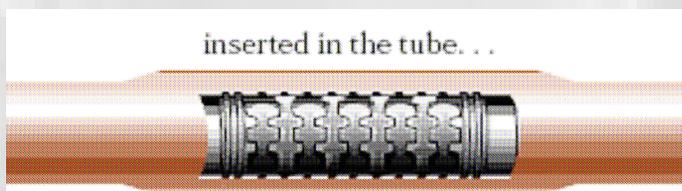
## ➤ IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO: **Emissores** (1)

**Emissores de Longo Percurso** → a perda de carga ocorre ao longo de uma trajetória retilínea (microtubo) ou em espiral, onde o escoamento é laminar ( $Rn < 2.000$ ).



$$L = \frac{\pi \cdot g}{3,56 \cdot 10^7 \cdot \nu} \cdot \frac{d^4 \cdot h}{q} = 0,8657 \cdot \frac{d^4 \cdot h}{q}$$

onde **L** = comprimento do microtubo (m), **h** = pressão de operação (mca), **g** = aceleração da gravidade ( $9,81 \text{ m s}^{-2}$ ), **d** = diâmetro da seção de escoamento (mm), **q** = vazão do emissor ( $\text{L h}^{-1}$ ) e  **$\nu$**  = viscosidade cinemática da água ( $\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$ ) a  $20^\circ\text{C} = 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ .



# SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

## ➤ IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO: Emissores (1)

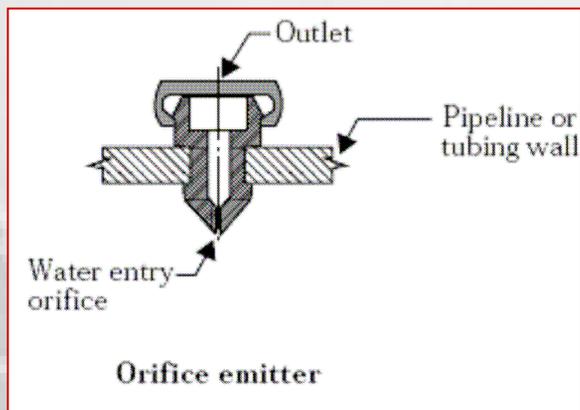
**(Exercício Prático 01)** Determine o comprimento de um gotejador tipo microtubo para as seguintes condições: vazão 4 L/h, pressão de serviço 10 m, diâmetro 1,0 mm, viscosidade cinemática  $1,00E-6 \text{ m}^2/\text{s}$  ( $20^\circ\text{C}$ ).

**(Exercício Prático 02)** Determine a pressão necessária para um emissor de regime laminar nas seguintes condições: comprimento 10 m, diâmetro interno 1,0 mm e vazão 4 L/h a  $30^\circ\text{C}$ . Considere  $\nu = 0,8E-6 \text{ m}^2/\text{s}$ .

# SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

## ➤ IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO : Emissores (2)

**Emissores do Tipo Orifício** → inclui muitos tipos de gotejadores e microaspersores e também tubos linha-fonte de câmara simples (“single-chamber line-source tubing”). Num emissor com bocal ou orifício, a água flui através de uma única ou uma série de aberturas onde a maior parte da pressão é dissipada. O escoamento é completamente turbulento.



$$q = 3,6aK_d \cdot \sqrt{2gh}$$

onde **a** = área da seção transversal do orifício (mm<sup>2</sup>) e **K<sub>d</sub>** = coeficiente de descarga para uma saída e que depende das características do orifício ou bocal e varia de 0,6 a 1,0.



**(Exercício Prático 03)** Calcule o diâmetro de um gotejador tipo orifício para as seguintes condições: vazão 10 L/h, pressão de serviço 10 m e coeficiente de descarga 0,7.

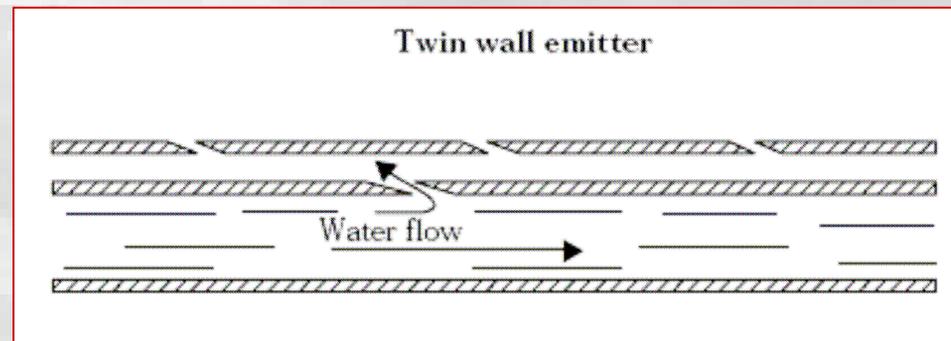
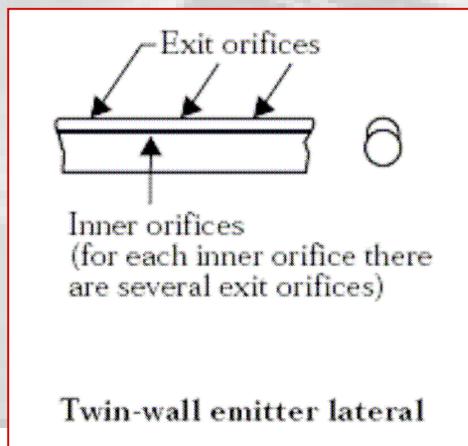
# SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

## ➤ IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO : Emissores (2)

**Emissores em Tubos (Fitas) com Câmara Dupla** → nestes, a maior parte da perda de carga ocorre no orifício interno ou principal.

$$q = 3,6aK_d \cdot \sqrt{\frac{2gh \cdot n_o^2}{1 + n_o^2}}$$

onde  $n_o$  = número de orifícios externos (de 3 a 6) para cada orifício interno.

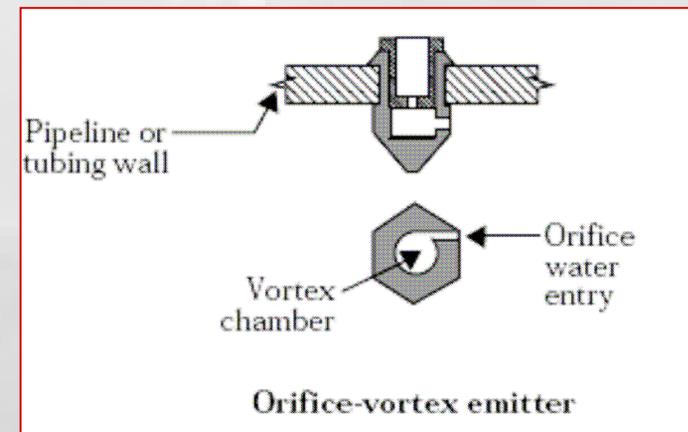


# SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

## ➤ IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO : **Emissores** (3)

**Emissores do Tipo Vórtex** → esse tipo de emissor tem uma passagem de fluxo contendo uma peça redonda que causa movimento circular do fluxo. A água entra tangencialmente à parede externa e isto produz um movimento rotacional rápido, criando um vórtex no centro da peça. Conseqüentemente, a resistência ao fluxo e a perda de carga nesse tipo de emissor é maior do que num emissor tipo orifício de mesmo diâmetro.

$$q = 3,6aK_d \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{0,4}$$



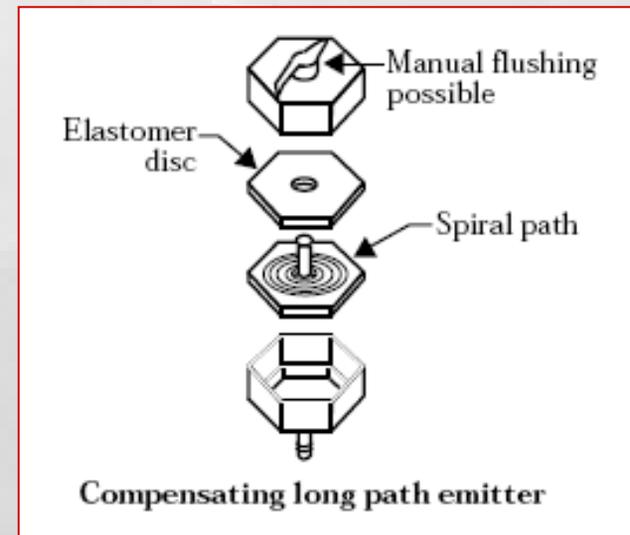
# SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

## ➤ IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO : Emissores (4)

**Emissores Autocompensantes** → são construídos para fornecer uma vazão quase que constante numa ampla faixa de variação de pressão. Disponíveis na forma de emissores de longo percurso, de curto percurso e do tipo orifício. A vazão constante é obtida usando-se uma membrana flexível na direção de fluxo. Assim, a área da seção de escoamento diminui com o aumento da pressão.

$$q = 3,6aK_d \cdot \sqrt{2g \cdot h^x}$$

onde **x** = expoente que varia de 0.5 a a próximo de 0, dependendo das características da seção de fluxo e do tipo de material da membrana.



# SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

## ➤ IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO : Emissores (5)

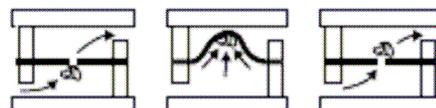
**Emissores Autolimpantes** → apresentam-se de dois tipos: limpeza intermitente (“on-off flushing”) e limpeza contínua (“continuous flushing”). No primeiro caso, o mecanismo de limpeza do emissor funciona alguns minutos no início e no final da irrigação. São tipicamente autocompensantes.

### Emissor c/ orifícios flexíveis

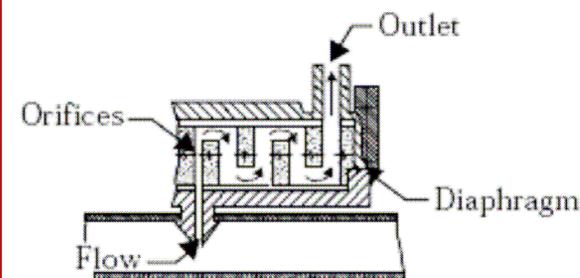
$$q = 3,6aK_d \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(\frac{h}{n'}\right)^{0,7}$$

### Emissor c/ orifícios rígidos

$$q = 3,6aK_d \cdot \sqrt{\frac{2gh}{n'}}$$



Continuous flow principle of multiple flexible orifices



Emitter using flexible orifices in series

onde  $n'$  = número de orifícios em série.

# SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

## ➤ IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO : Emissores (6)

Relação geral:

$$q = K \cdot h^x$$

$$h_1 \rightarrow q_1$$

$$h_2 \rightarrow q_2$$

$$x = \frac{\text{Log} \left( \frac{q_1}{q_2} \right)}{\text{Log} \left( \frac{h_1}{h_2} \right)}$$

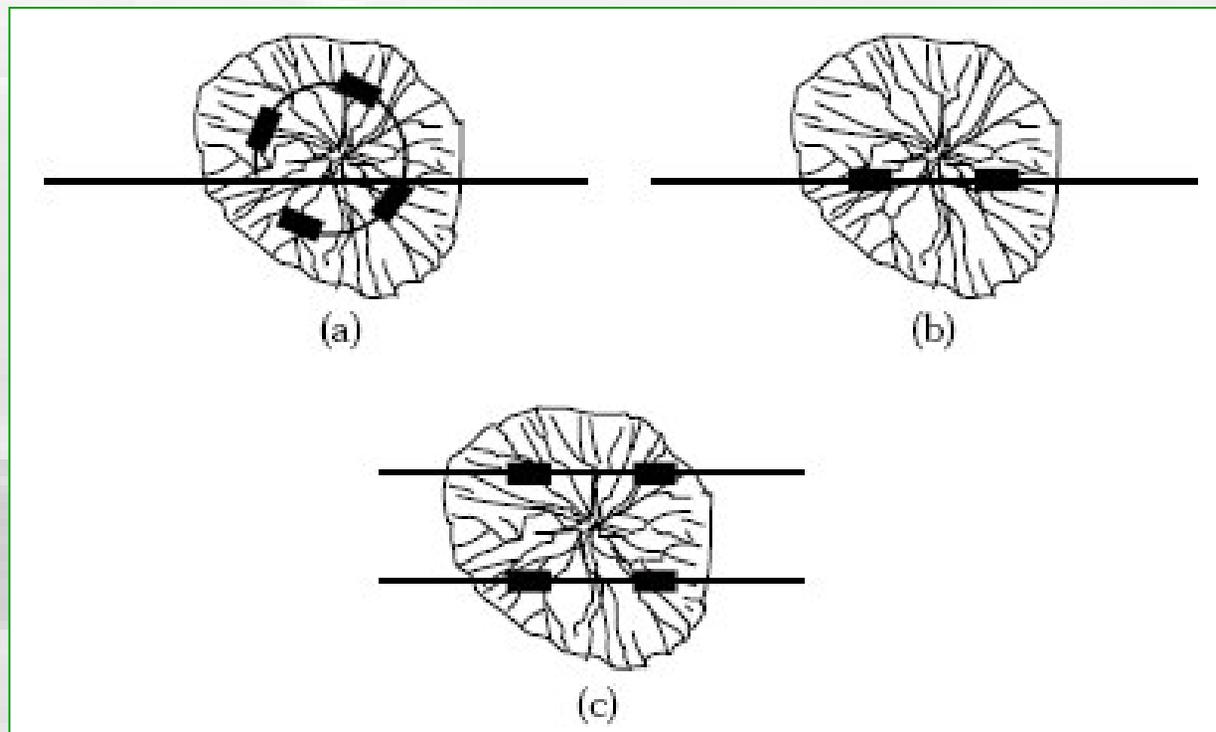
onde  $q$  = vazão do emissor,  $h$  = pressão de operação do emissor,  $x$  = expoente de descarga (depende do regime de escoamento do emissor),  $K$  = coeficiente geral de descarga [caracteriza cada emissor e depende do diâmetro e forma da seção de escoamento].

**(Exercício Prático 04)** Determine a constante de um emissor de regime turbulento ( $Rn > 4.000$ ) para as seguintes condições: vazão 4 L/h, expoente 0,57 e pressão de serviço 75 kPa.

**(Exercício Prático 05)** Obtenha o expoente de descarga  $x$  e o coeficiente de descarga  $K_d$  de um conjunto de dados de um emissor tipo vórtex, e encontre a pressão requerida  $H$  que produza uma vazão  $q$  qualquer. Dados  $q_1 = 3,0$  L/h @  $h_1 = 5,0$  m e  $q_2 = 4,0$  L/h @  $h_2 = 10,0$  m.

# SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

## ➤ IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO : Posição do emissor



Alternativas de posicionamento do (s) emissor (es) em relação a plantas (árvores) individuais.

## Referências Bibliográficas

**MARTIN, D. L.; KINCAID, D. C.; LYLE, W. M. Design and operation of sprinkler system. In: G. J. HOFFMAN; EVANS, R. E.; JENSEN, M. E.; MARTIN, D. L. & ELLIOTT, R. L. Design and Operation of Farm Irrigation Systems. 2<sup>nd</sup> ed. St. Joseph: ASABE. 2007. 861p. American Society of Agricultural and Biological Engineers, Chapter 16, p. 557-631.**

**SOLOMON, K. H.; EL-GINDY, A. M.; IBATULLIN, S. R. Planning and system selection. Design and operation of sprinkler system. In: G. J. HOFFMAN; EVANS, R. E.; JENSEN, M. E.; MARTIN, D. L. & ELLIOTT, R. L. Design and Operation of Farm Irrigation Systems. 2<sup>nd</sup> ed. St. Joseph: ASABE. 2007. 861p. American Society of Agricultural and Biological Engineers, Chapter 3, p. 58-75.**