

The background of the slide is black, featuring several realistic water droplets of various sizes. The droplets are rendered with soft highlights and shadows, giving them a three-dimensional appearance. They are scattered across the frame, with a larger, more prominent one on the right side and several smaller ones elsewhere.

IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

PATRICIA ANGÉLICA ALVES MARQUES

ESALQ/USP

paamarques@usp.br

IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

A água é aplicada diretamente na região do sistema radicular, sobre ou abaixo da superfície do solo em pequenas vazões e altas frequências.

Mantendo com alto grau de umidade um pequeno volume de solo que contém o sistema radicular das plantas.

Sistemas fixos.

SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

GOTEJAMENTO



MICROASPERSÃO



GOTEJAMENTO SUPERFICIAL

- BASTANTE UTILIZADO EM ÁRVORES FRUTÍFERAS, MORANGO, TOMATE, CAFÉ, PLASTICULTURA, PAISAGISMO, ...
- INDICADO CULTURAS ESPAÇADAS OU DE ALTO VALOR.





- GOTEJAMENTO
EM LINHA
DUPLA EM
BANANA



GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL

Sistema totalmente enterrado utilizado em cana-de-açúcar, tomate, melão, gramados e jardins.

Aplicação de água residuária.

Reduz perdas por evaporação na superfície do solo.

Reduz a incidência de plantas invasoras.

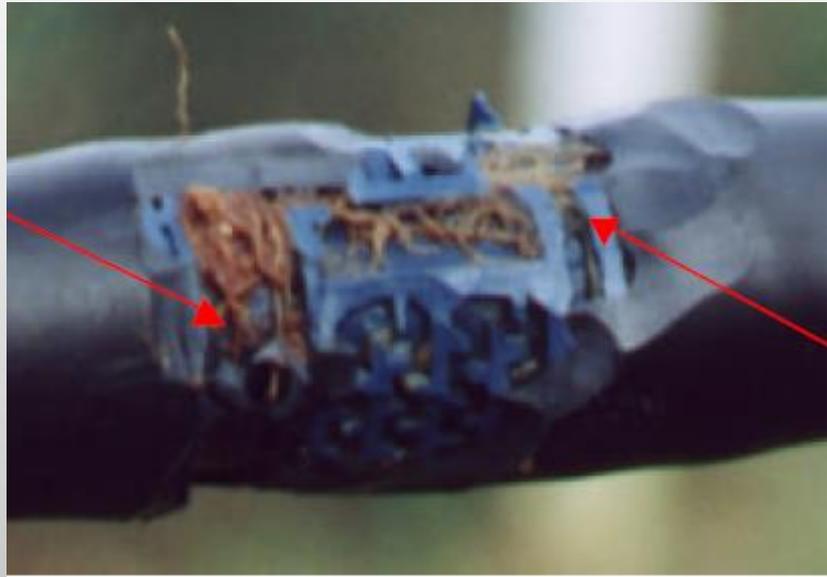
Estimula crescimento do sistema radicular.

Alto custo de instalação.

Dificuldade de manutenção.

Apresenta problemas com intrusão radicular.







GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL EM TOMATE

MICROASPERSÃO

- A água cobre uma pequena área próxima ou abaixo da copa da planta.
- Bastante utilizada em paisagismo e campos de golf.
- Menos problemas com entupimento.





Crescimento países desenvolvidos:

- conversão de sistemas por superfície
- otimizar o uso dos recursos hídricos disponíveis
- políticas de gerenciamento (outorgas)

O setor mais promissor da irrigação, sendo a que apresenta atualmente a maior taxa de crescimento no setor.

Particularidade importante das indústrias →
internacionalização

Os Israelenses → desenvolvimento e divulgação, tanto é que, mercado, as que apresentam das empresas existentes no maior diversidade de produtos são as Israelenses.

BENEFÍCIOS



Alta produtividade
→ mantém nível de
umidade no solo



Aplicação de
fertilizantes



Alta
eficiência de
irrigação



Não interfere em
tratamentos fitossanitários



Baixas pressões →
menor consumo
energia



Menor uso
mão-de-obra



Não dispersa
sementes de plantas
invasoras

LIMITAÇÕES



Alto custo de
implantação



Sensível a
entupimentos



Não permite
controle do
microclima



Promove
acumulo de
sais



Limita desenvolvimento do
sistema radicular

GOTEJAMENTO X MICROASPERSÃO

| Gotejamento | Microaspersão |
|---------------------------------------|--|
| Mais exigente em filtragem | Menos exigente em filtragem |
| Não exige posição para funcionamento | Exige posição para funcionamento (suporte) |
| Difícil localizar emissores entupidos | Fácil localizar emissores entupidos |



Emissor “in-line” é aquele que foi projetado para instalação entre dois trechos de tubo em uma lateral de irrigação



Emissor “on-line” é aquele que foi projetado para instalação na parede de uma lateral de irrigação, quer diretamente ou indiretamente por meio de microtubos

Tubo emissor - tubo contínuo, incluindo tubo colapsável (fita), com perfurações ou com outros dispositivos hidráulicos modelados ou integrados no tubo durante o processo de fabricação e projetados para descarregar água na forma de gotas ou fluxo contínuo.



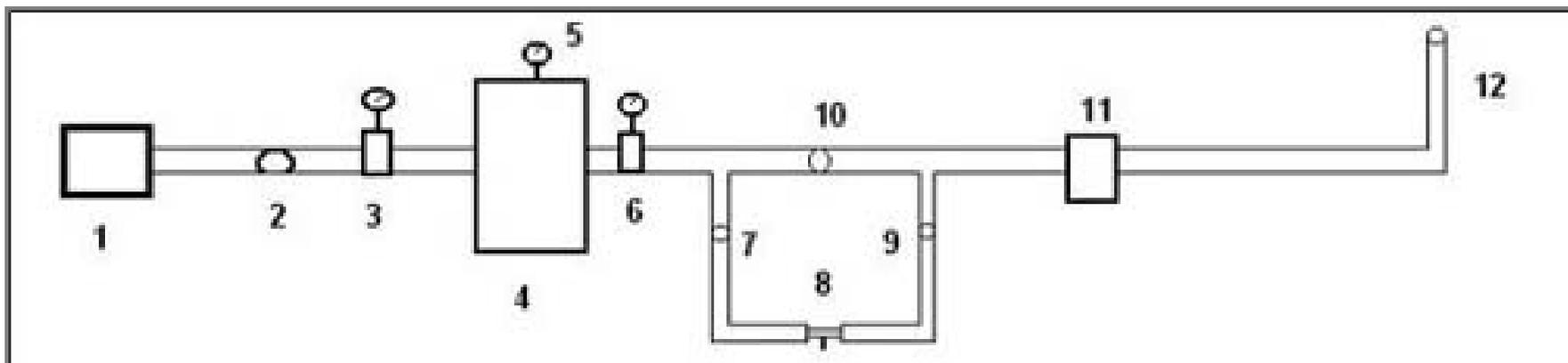
fita gotejadora com labirintos modelados



Gotejador integrado - tipo bob



Gotejador integrado - tipo pastilha



- 1 – Motobomba
- 2 – Registro de gaveta
- 3 – Medidor de vazão
- 4 – Filtro de areia
- 5 – Manômetro do filtro
- 6 – Manômetro da saída do filtro
- 7 – Registro esfera
- 8 – Injetor venturi (fertirrigação)
- 9 – Registro esfera
- 10 – Registro esfera da linha de recalque
- 11 – Filtro de tela e/ou disco
- 12 – Linha Principal

CAUSAS DE OBSTRUÇÃO

Partículas minerais

Areia, limo, argila e outras

Partículas orgânicas

Algas, bactérias, restos vegetais ou animais

Precipitados químicos

Sais da água, depósitos de Fe, S e Mn, fertilizantes

PRÉ-FILTROS

➤ **Função:** eliminar partículas mais densas que a água

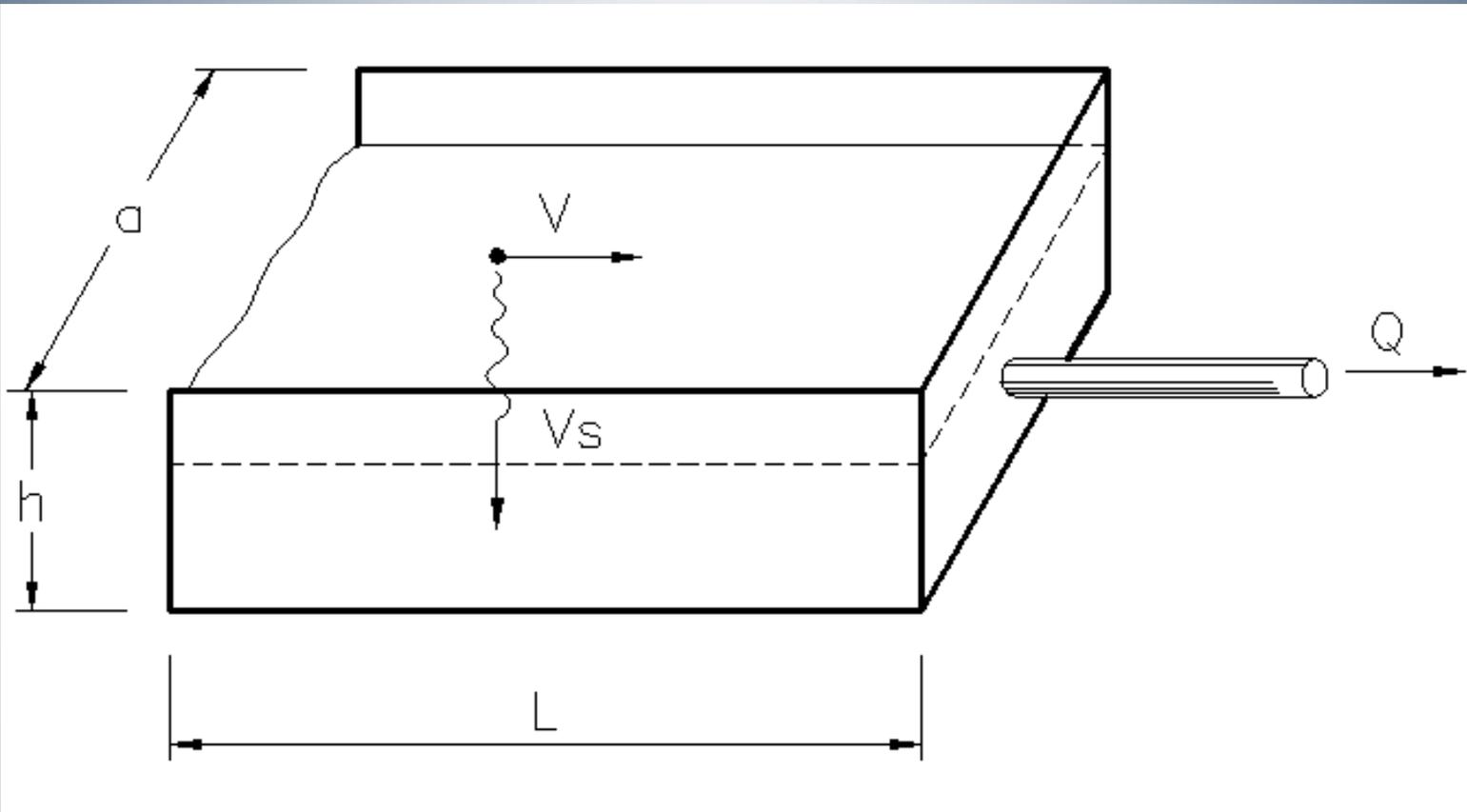
➤ **Tipos:**

Decantadores

Hidrociclones

PRÉ-FILTROS

➤ Decantadores



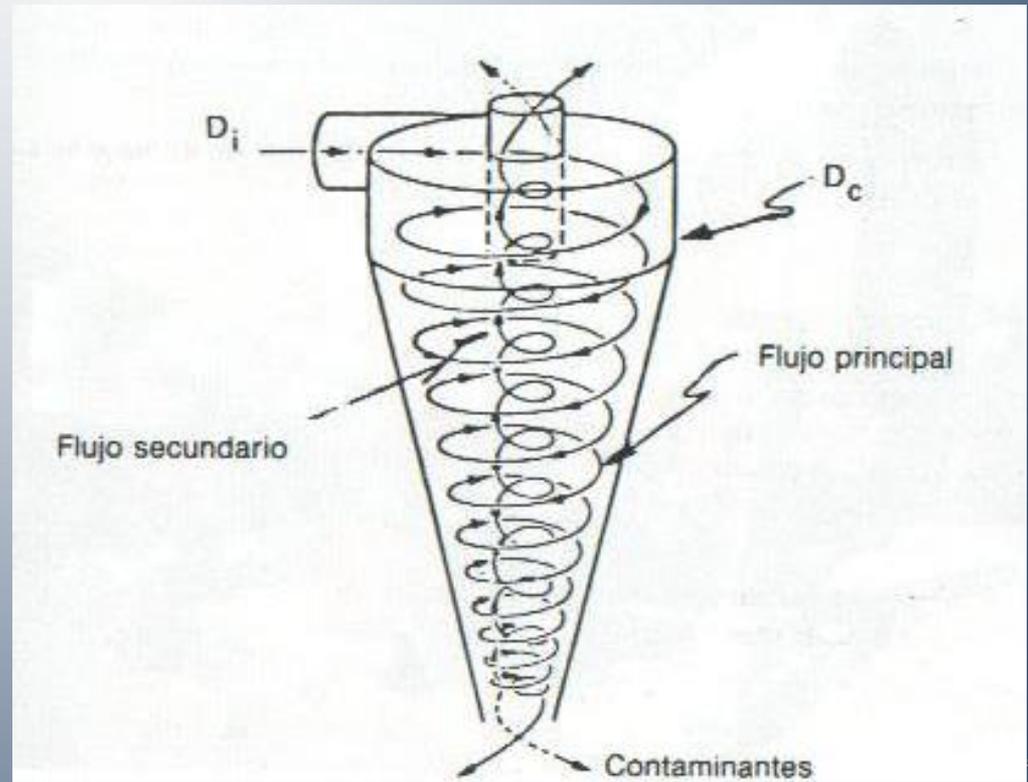
PRÉ-FILTROS

➤ Hidrociclones

➤ Remove partículas com peso específico maior que o da água.

➤ Areia

➤ Não efetivo para remoção de matéria orgânica, algas e materiais leves.



FILTROS DE AREIA



- matéria orgânica
- Retrolavagem

CABEÇAL DE CONTROLE



SISTEMA DE FILTRAGEM



FILTROS DE TELA



FILTROS DE DISCO



FILTROS DE DISCO

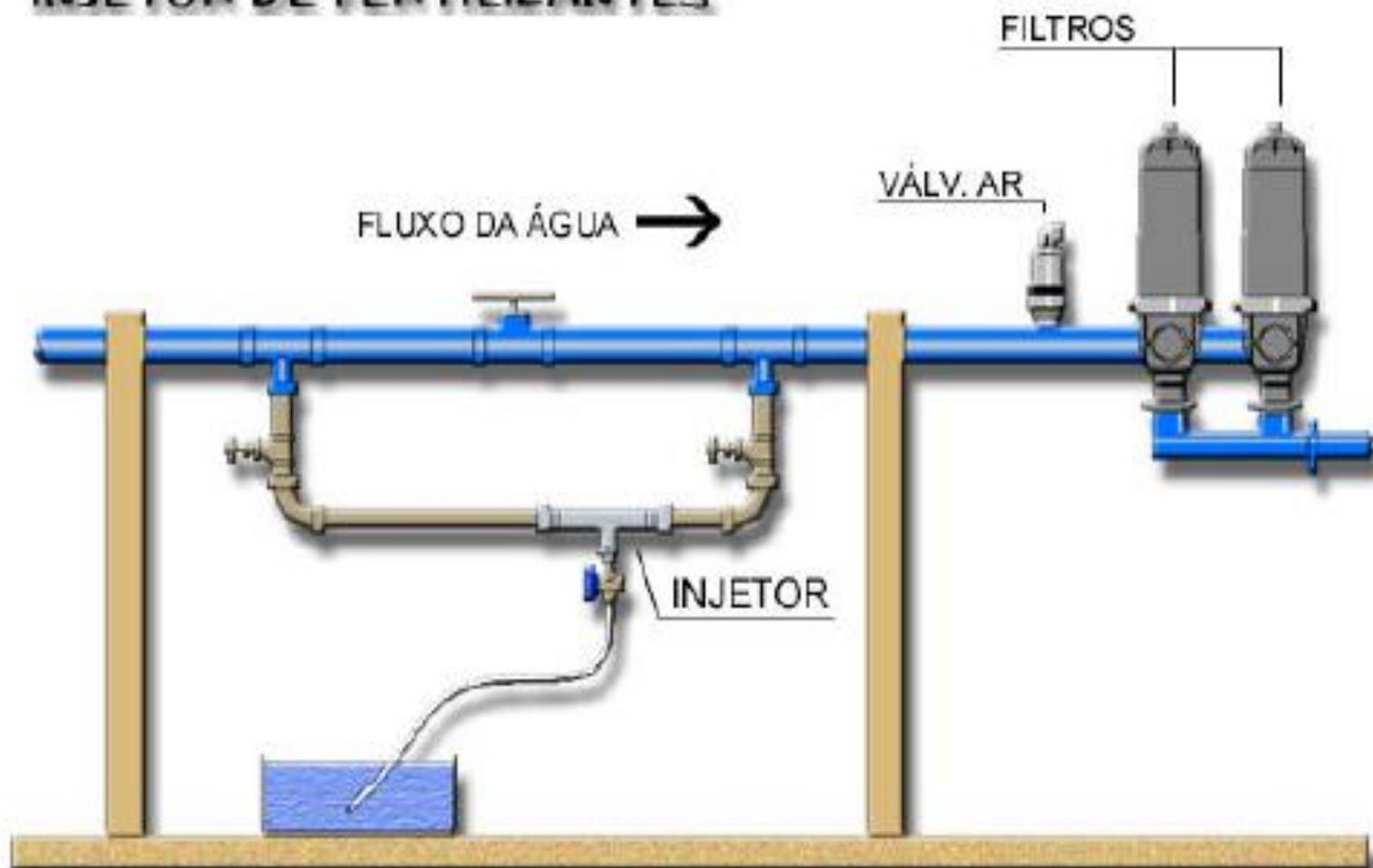
➤ Seleção

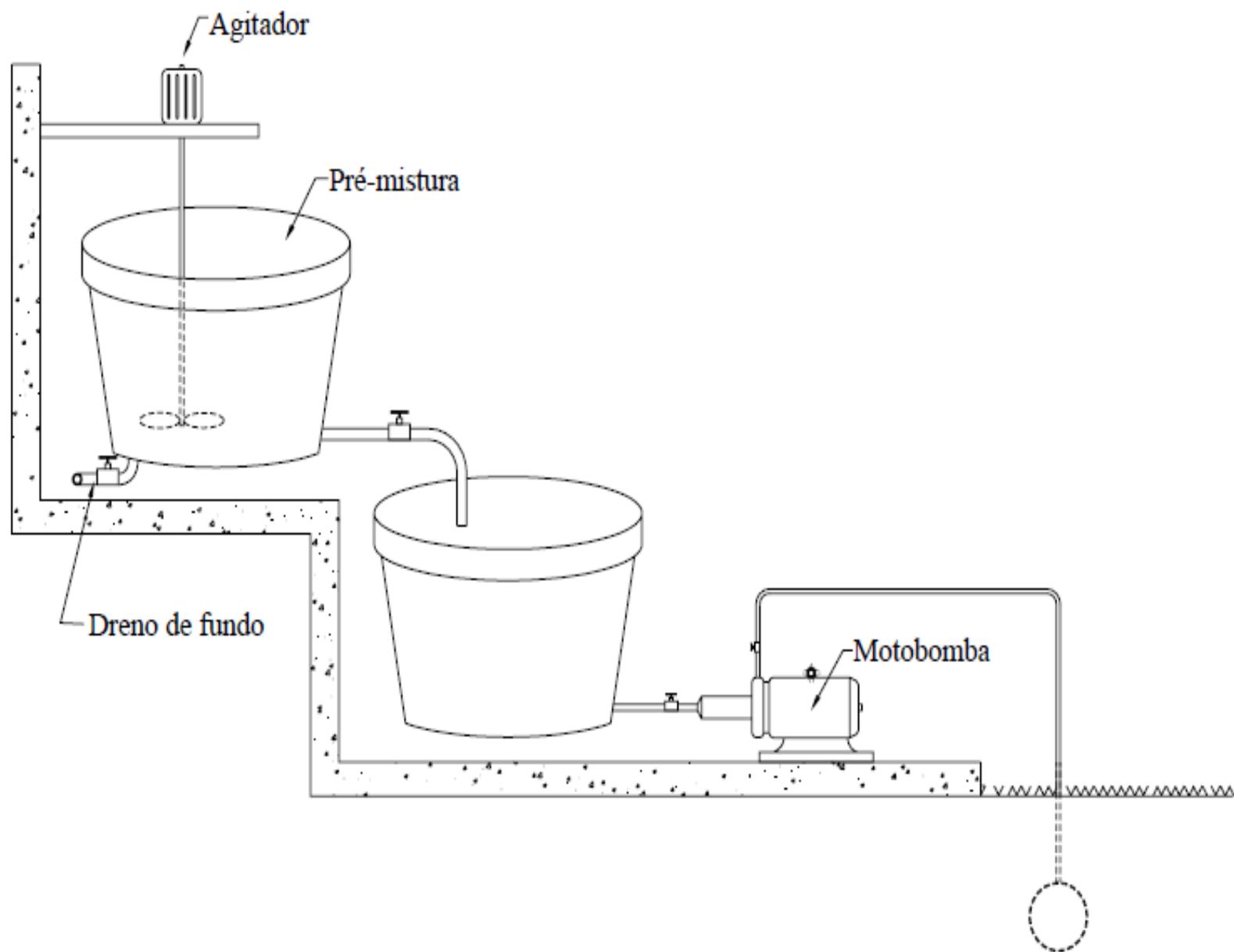
| Cor | Número de ranhuras | Mesh | Diâmetro (mm) |
|----------|--------------------|------|---------------|
| Azul | 170 | 40 | 0,420 |
| Amarelo | 340 | 80 | 0,177 |
| Vermelho | 490 | 120 | 0,125 |
| Preto | 660 | 140 | 0,105 |

Aspectos que devem ser considerados:

- grau de filtração desejado
- vazão de circulação
- pressão de operação
- perda de carga

INJETOR DE FERTILIZANTES





COMPATIBILIDADE DOS FERTILIZANTES

Os fertilizantes empregados na fertirrigação não podem ser misturados aleatoriamente. É preciso verificar a compatibilidade entre eles para evitar complexação de íons, formação de outros compostos e precipitados químicos. A tabela a seguir pode ser utilizada para evitar possíveis problemas:

| | Uréia | Nitrato de amônia | Sulfato de amônia | Nitrato de cálcio | Nitrato de potássio | Cloreto de potássio | Sulfato de potássio | Fosfato de amônia | Sulfato de Fe, Zn, Cu, Mn | Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn | Sulfato de magnésio | Ácido fosfórico | Ácido sulfúrico | Ácido nítrico |
|----------------------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Uréia | Verde | | | | | | | | | | | | | |
| Nitrato de amônia | Verde | Verde | | | | | | | | | | | | |
| Sulfato de amônia | Verde | Verde | Verde | | | | | | | | | | | |
| Nitrato de cálcio | Verde | Verde | Amarelo | Verde | | | | | | | | | | |
| Nitrato de potássio | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | | | | | | | | | |
| Cloreto de potássio | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | | | | | | | | |
| Sulfato de potássio | Verde | Verde | Amarelo | Verde | Verde | Verde | Verde | | | | | | | |
| Fosfato de amônia | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | | | | | | |
| Sulfato de Fe, Zn, Cu, Mn | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | | | | | |
| Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | | | | |
| Sulfato de magnésio | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | | | |
| Ácido fosfórico | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | | |
| Ácido sulfúrico | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | |
| Ácido nítrico | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde | Verde |

| | |
|-----------------------|----------|
| Totalmente compatível | Verde |
| Solubilidade reduzida | Amarelo |
| Incompatível | Vermelho |

Fonte: Van der Gulik, T.W. 1999

TRATAMENTO DE ÁGUA

- Entupimento por microorganismos

Prevenção: cloro (0,5-1 ppm),

Recuperação parcial: cloro (200-500 ppm) 12h

- Entupimento por precipitados químicos

Carbonatos de cálcio → acidificação

Precipitados de Fe, Mn, S → provocar a oxidação e precipitação antes dos filtros



PROJETO DE MICROASPERSÃO



Declividade 6%



Cultura da Laranja $\rightarrow z = 100$ cm;
espaçamento = 6x7; $f = 0,5$; $k_c = 0,9$;
diâmetro sombreado = 5,66 m



ECA = 8mm/dia; $k_p = 0,8$



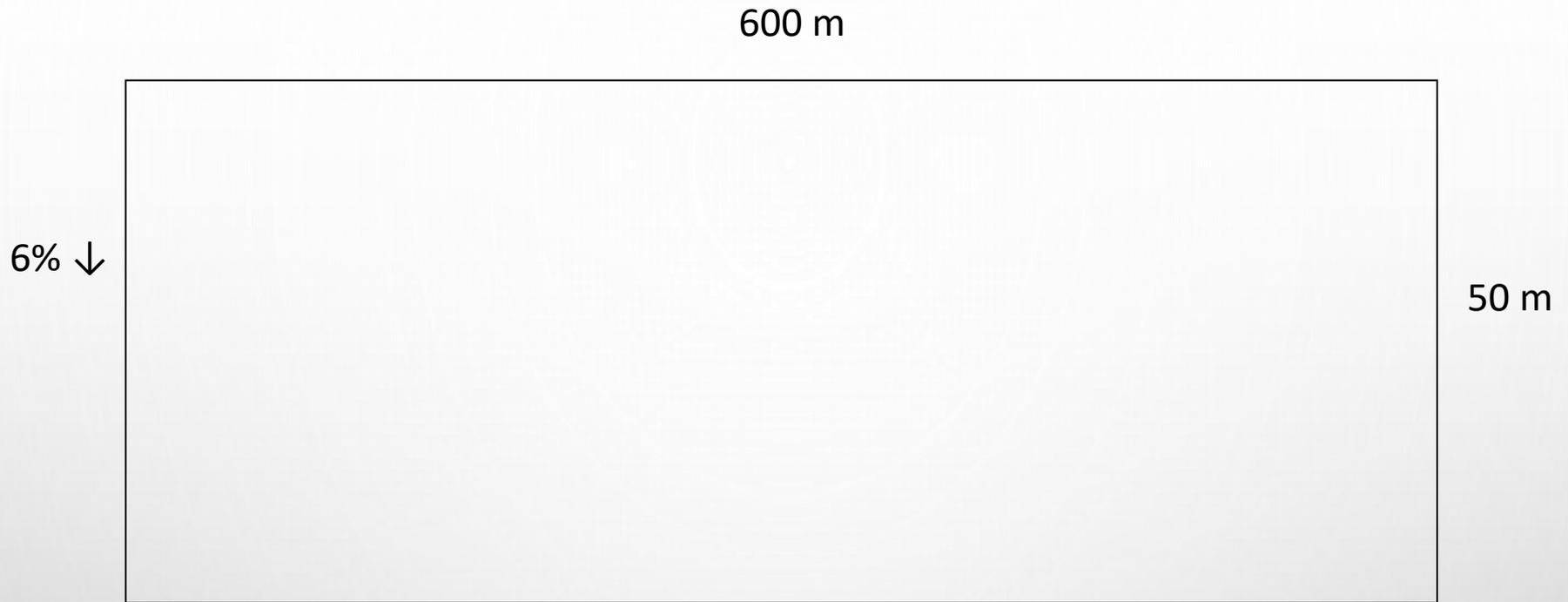
Solo: $U_{cc} = 28\%$; $U_{pmp} = 14\%$;
 $d_s = 1,3$ g/cm³



Eficiência da irrigação = 90%



Eficiência da motobomba = 60%

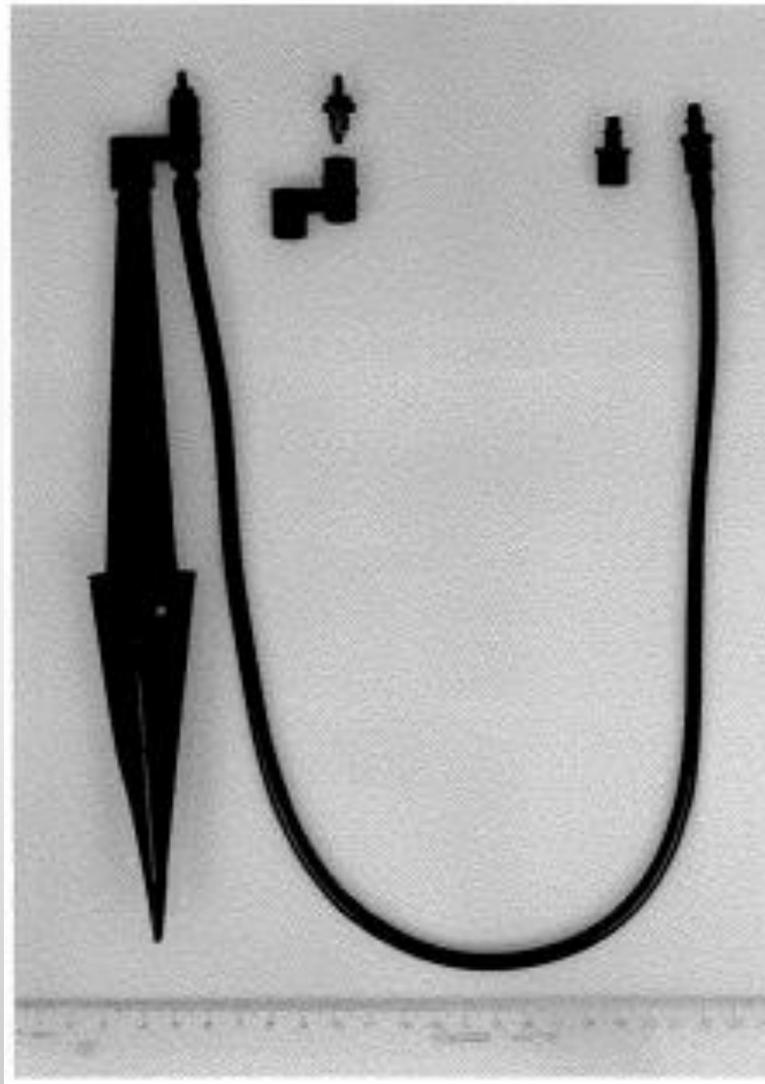


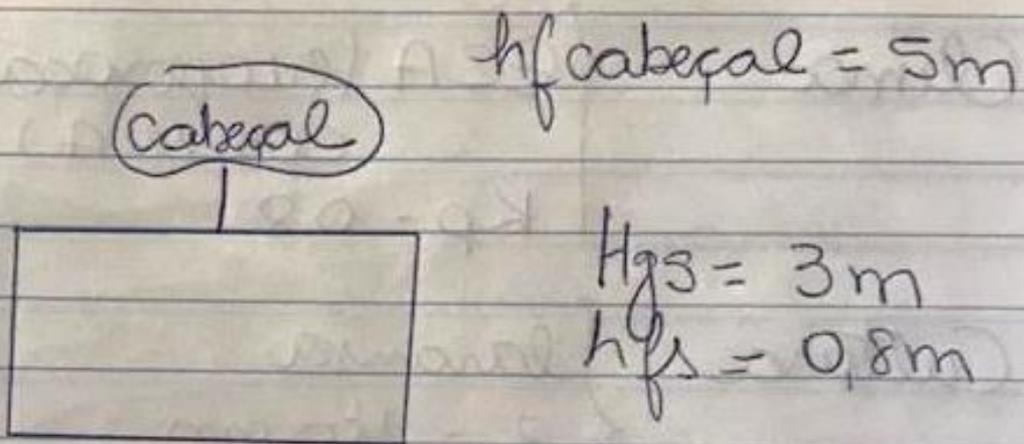
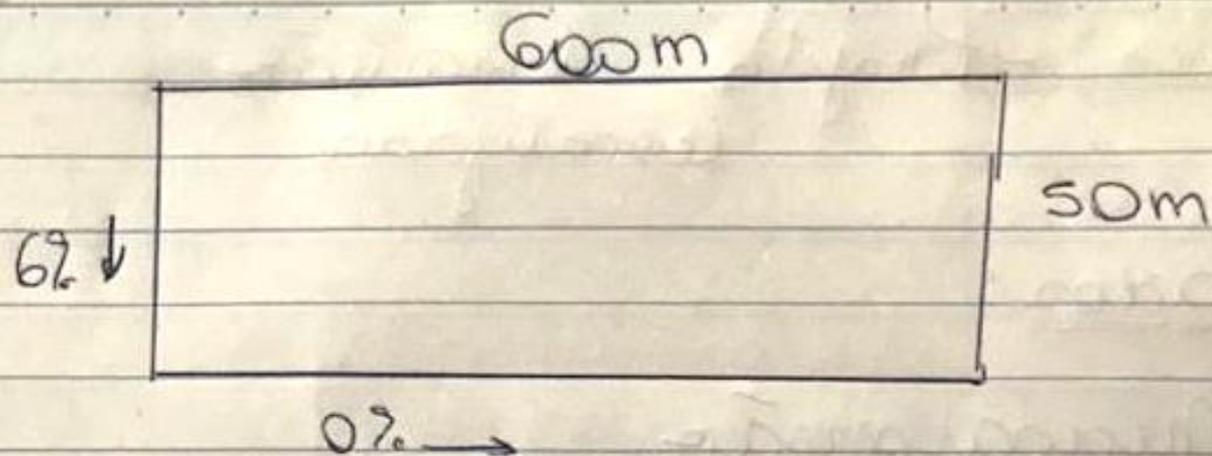
Emissor disponível:

Microaspersor Dantas MA70

PS = 15mca; $q_e = 70\text{L/h}$ e diâmetro molhado = 5m

$$q = 16,22 * H^{0,54}$$





Passo 1) Consumo de água

$$\bullet \begin{cases} ETO = ECA \cdot Kp = 8 \frac{\text{mm}}{\text{dia}} \cdot 0,8 \\ ETO = 6,4 \text{ mm/dia} \end{cases}$$

$$\bullet \begin{cases} ETm = ETO \cdot Kc = 6,4 \frac{\text{mm}}{\text{dia}} \cdot 0,9 \\ ETm = 5,8 \text{ mm/dia} \end{cases}$$

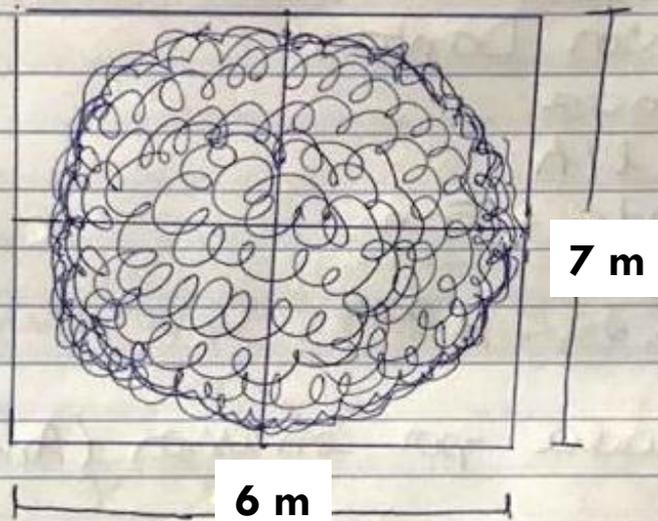
• ETg (evapotranspiração reduzida para irrigação localizada) função da cobertura vegetal

$$ETg = ETm \cdot Kr$$

K_r = coeficiente de redução (≤ 1)

GC = grau de cobertura vegetal

$$GC = \frac{\text{área sombreada (m}^2\text{)}}{\text{área total (m}^2\text{)}}$$



$$\phi_{\text{sombreado}} = 5,66 \text{ m}$$

$$\text{raio sombreado} = 2,83 \text{ m}$$

$$GC = \frac{\pi \cdot 5,66^2 / 4}{6 \times 7} = 0,599$$

$$K_n = GC + \frac{1}{2} (1 - GC)$$

$$K_n = 0,599 + \frac{1}{2} (1 - 0,599) = 0,80$$

Assum

$$E_{tg} = E_{tm} \cdot K_n = 5,8 \cdot 0,8 = 4,64 \text{ mm/dia}$$

Exemplo 2) Emissor

Microaspersor Dantas

$$PS = 15 \text{ mca}$$

$$q_e = 70 \text{ l/h}$$

$$\varnothing \text{ molhado} = 5 \text{ m}$$

$$q = 16,22 \cdot H^{0,54}$$

Área molhada por emissor (A_m)

$$A_m = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 5^2}{4} = 19,63 \text{ m}^2$$

Regra: $\left\{ \begin{array}{l} \text{regiões úmidas mínimo } 25\% \\ \text{regiões áridas mínimo } 33\% \\ \text{máximo} = \text{GC} \end{array} \right.$

Se 1 emissor por planta:

P% (porcentagem de área molhada)

$$P\% = \frac{A_m (\text{m}^2)}{\text{área total } (\text{m}^2)} = \frac{19,63}{6 \times 7} = 0,467$$

$$P\% = 0,467 = 46,7\%$$

6x7



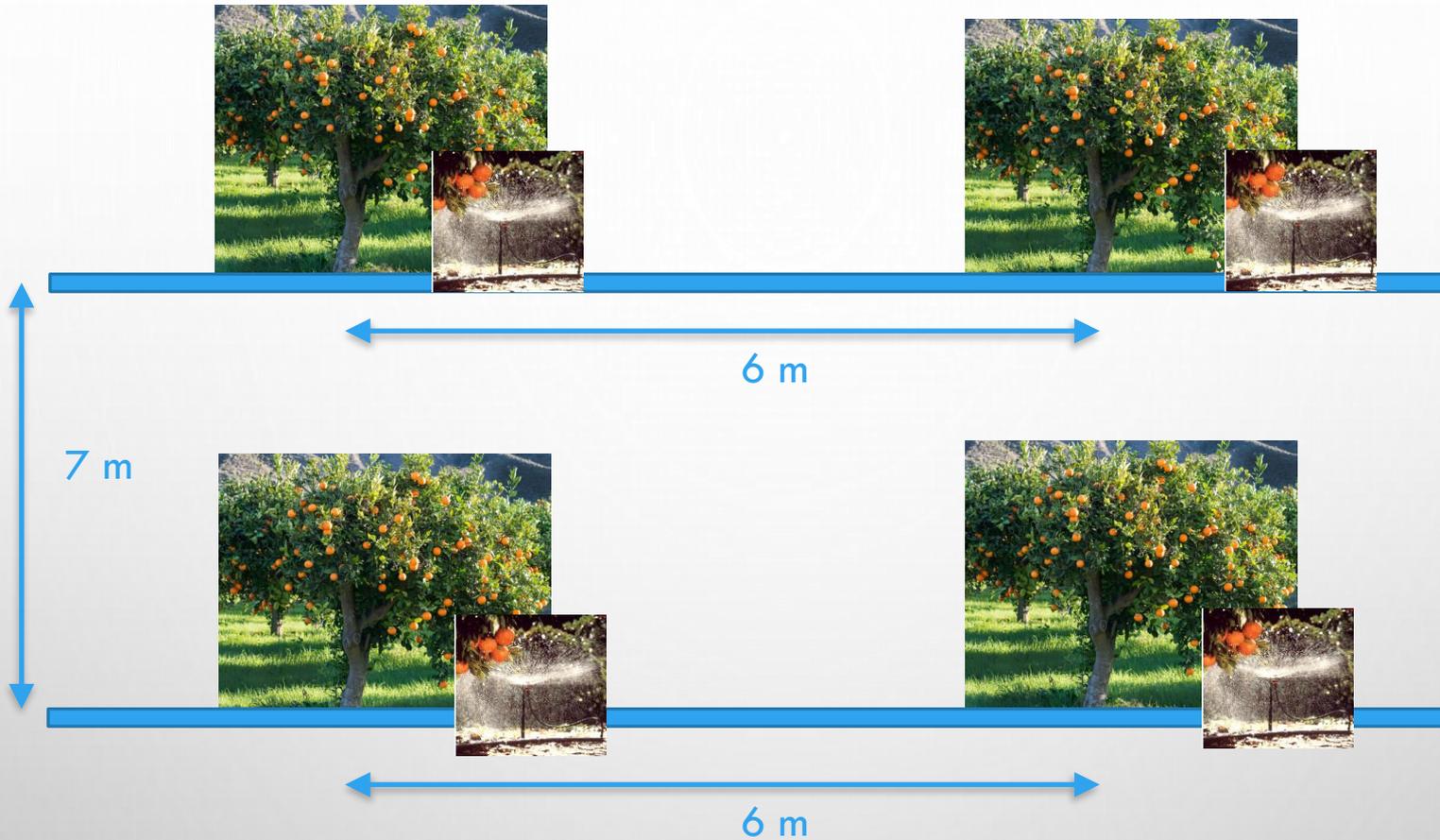
7 m



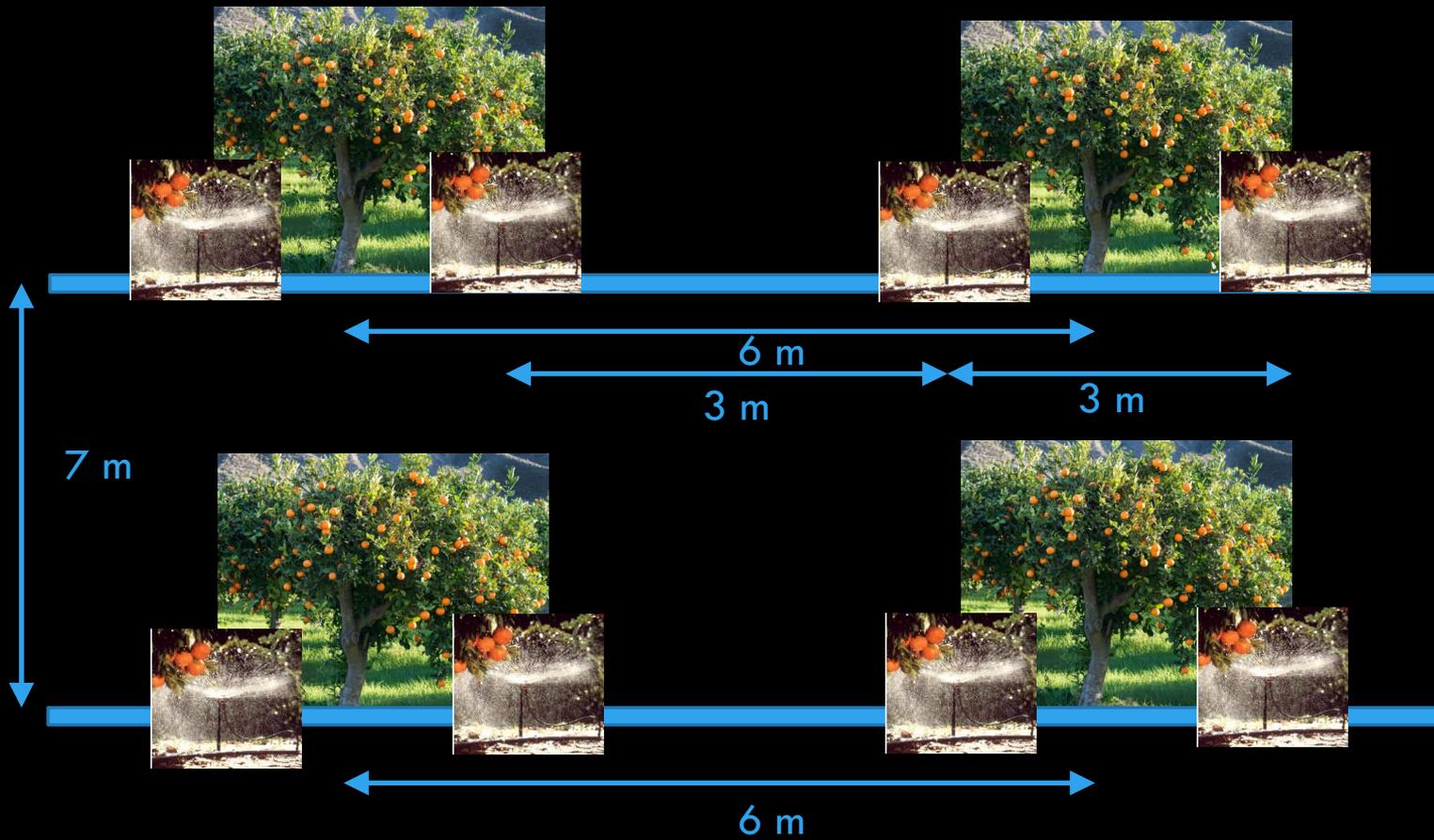
6 m



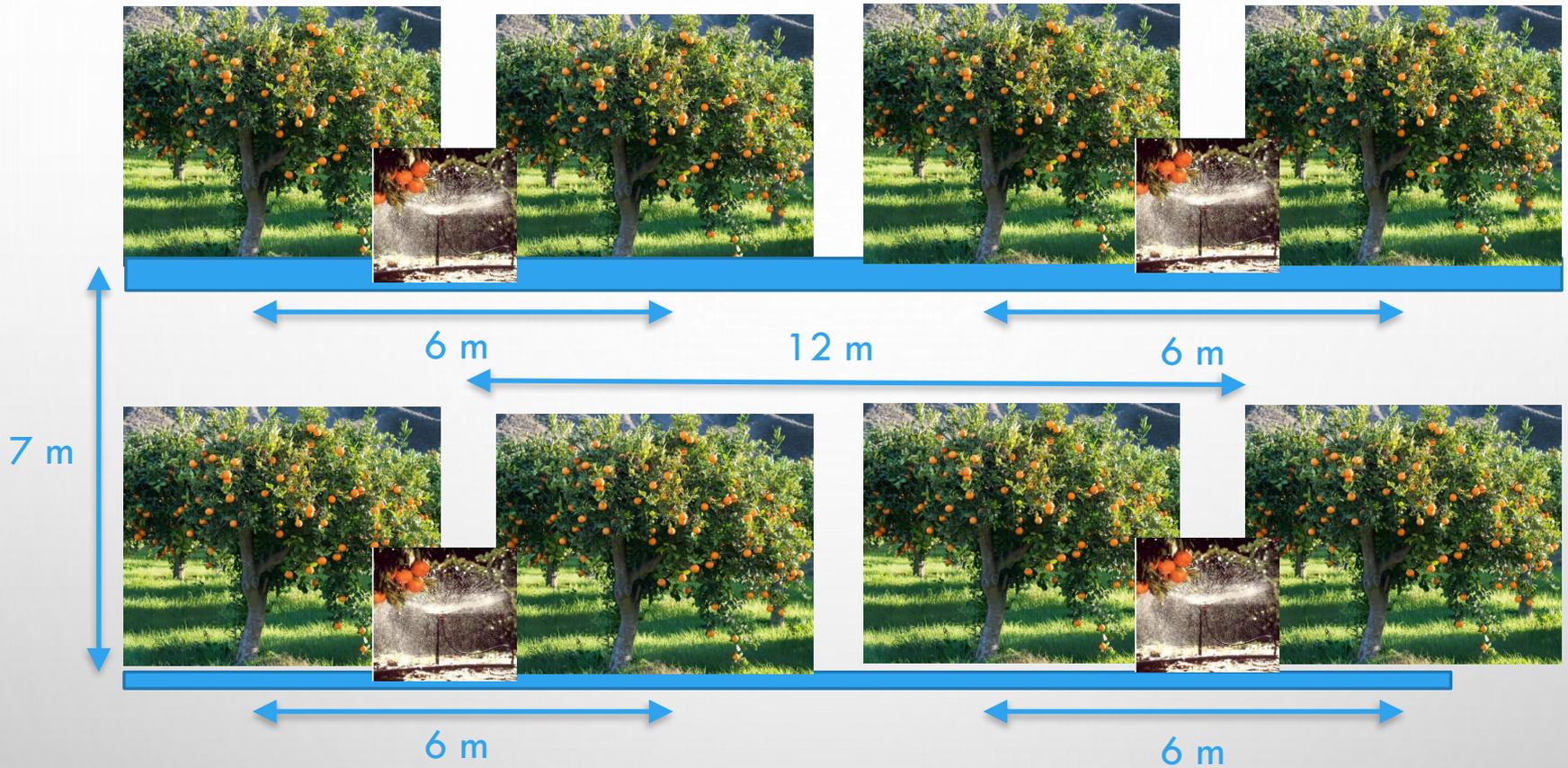
6 m



1e/pl → P% = 46,7%
6x7



$2e/pl \rightarrow P\% = 93,2\%$
 3×7



$\frac{1}{2} e/pl \rightarrow P\% = 23,8\%$
 12×7

Nosso Projeto região úmida
mínimo 25%

1e/pl = 46,7%
2e/pl = 93,2%
0,5e/pl = 23,8%

→ sem

> 6C (59,9%) não

< 25% não

adotado 3 e/pl

6 x 7

↓ Se ↓ Le

$p\% = 46,7\%$

$n_e = 1$

Passo 3) DRAG

$$DRAG = DRA \cdot \frac{P_2}{100}$$

$$DRAG = \frac{V_{CC} - V_{pmp}}{10} \cdot ds \cdot z \cdot f \cdot \frac{P_2}{100}$$

$$DRAG = \frac{28 - 14}{10} \cdot 1,3 \cdot 100 \cdot 0,5 \cdot \frac{46,7}{100}$$

$$DRAG = 42,5 \text{ mm}$$

Passo 4) TR

$$TR_{\text{maximo}} = \frac{DR_{Ag}}{etg} = \frac{42,5 \text{ mm}}{4,64 \text{ mm/dia}}$$

$$TR_{\text{maximo}} = 9,23 \text{ dias} = 9 \text{ dias}$$

irrigação localizada máx 4 dias

$$TR_{\text{adotado}} = \boxed{4 \text{ dias}}$$

Passo 5) lâmina de irrigação (LB)

$$LB = \frac{E_{tg} \cdot TR}{E_a} = \frac{4,64 \cdot 4}{0,9}$$

$$LB = 20,6 \text{ mm} < 42,5 \text{ mm OK}$$

Passo 6) Tempo de irrigação (T_i)

$$T_i = \frac{LB(\text{mm}) \cdot S_e(\text{m}) \cdot L_e(\text{m})}{n_e (\text{e/pl}) \cdot q_e (\text{l/h})}$$

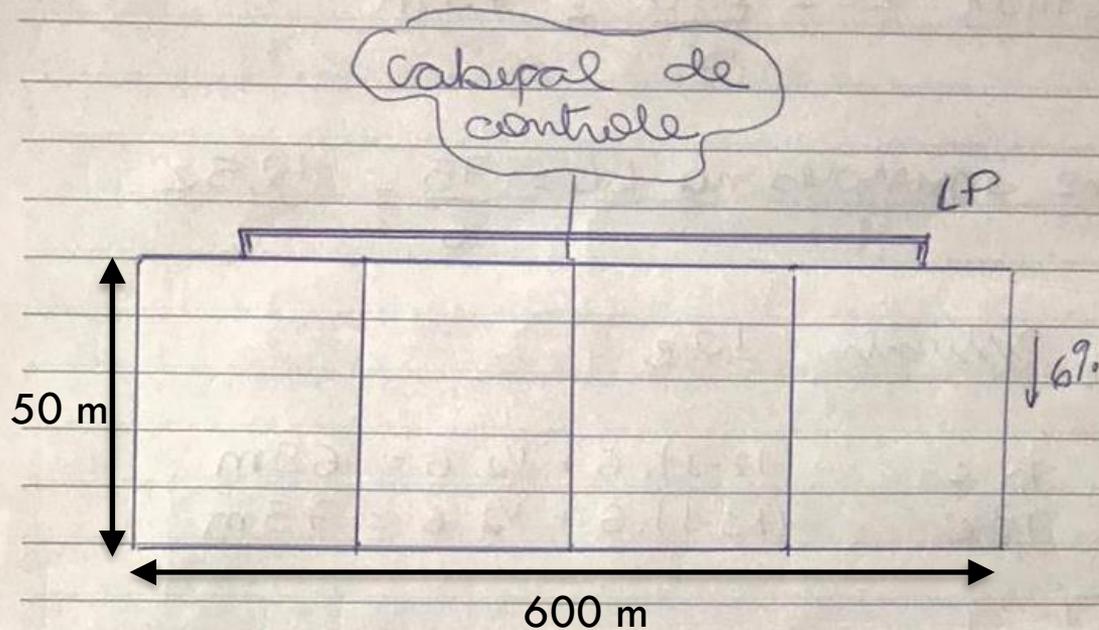
$$T_i = \frac{20,6 \cdot 6 \cdot 7}{1 \cdot 70} = 12,5 \text{h}$$

Volume requerida por planta por dia

$$Q_p = \frac{q_e (\text{l/h}) \cdot T_i (\text{h})}{TR (\text{dia})} =$$

$$Q_p = \frac{70 \cdot 12,5}{4} = 218 \text{l/pl. dia}$$

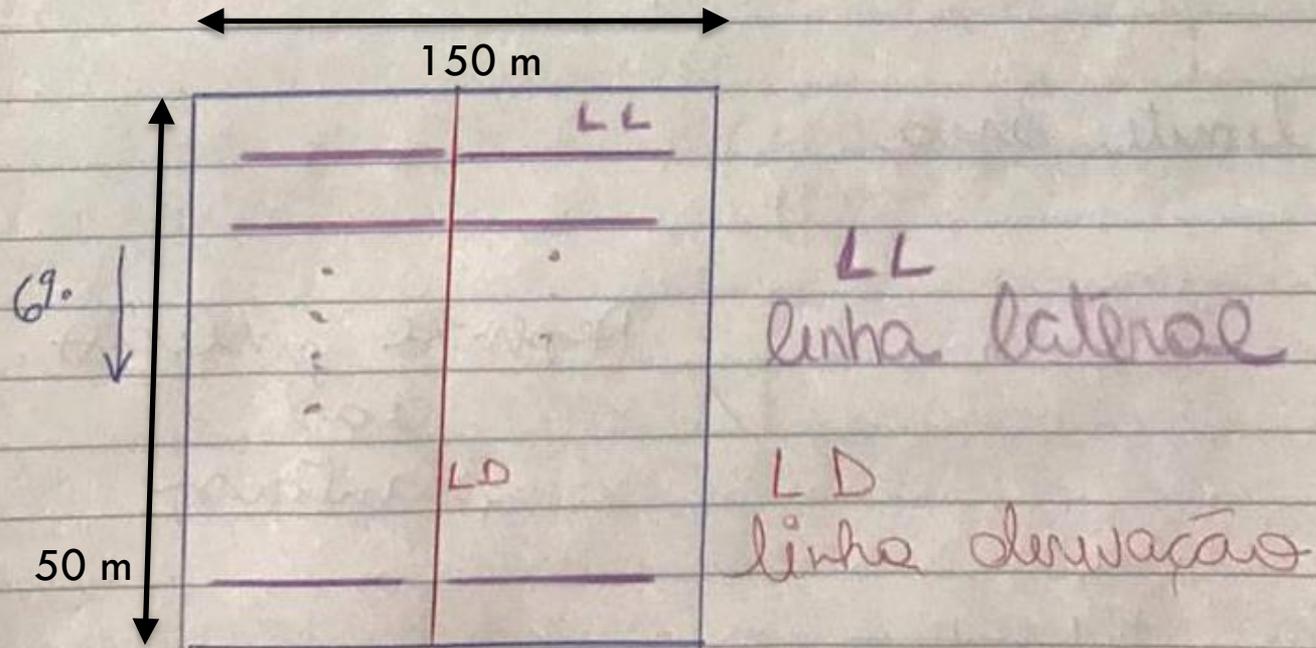
Passo 7) Croqui



$$TR = 4 \text{ dias} = 4 \text{ setores}$$

$$\text{Setor} = \frac{600}{4} = 150 \text{ m}$$

$$\text{Setor} = \frac{600}{4} = 150 \text{ m}$$



Passo 8) Dimensionamento LL

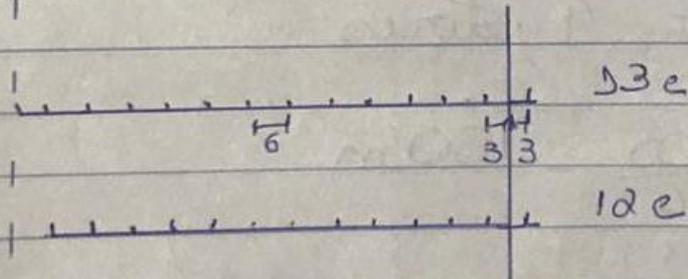
$$L_{\max} LL = \frac{150}{2} = 75 \text{ m}$$

$$\text{no emissores na LL} = \frac{75}{6} = 12,5 \text{ e}$$

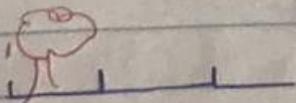
Assumir 12 e

$$12 \text{ e} \quad (12-1) \cdot 6 + \frac{1}{2} \cdot 6 = 69 \text{ m}$$

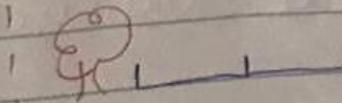
$$13 \text{ e} \quad (13-1) \cdot 6 + \frac{1}{2} \cdot 6 = 75 \text{ m}$$



limite área



Depende posição
das
plantas



sendo 12 e

$$LL = 69m (+ 3m)$$

$$QL = 12,70 \frac{l}{h} = 840 \frac{l}{h} =$$

$$QL = 0,000233 \text{ m}^3/\Delta$$

hf permitida $\rightarrow \Delta \theta = 30\%$

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

$$\frac{q_{\max}}{q_{\min}} = \frac{K \cdot H_{\max}^x}{K \cdot H_{\min}^x} = \left(\frac{H_{\max}}{H_{\min}} \right)^x$$

$$\frac{q_{\max}}{q_{\min}} = 1,1 = \left(\frac{H_{\max}}{H_{\min}} \right)^x$$

$$1,1^{(1/x)} = \Delta H = \Delta P$$

$$\text{Assum, } \Delta P = 1,1^{(1/x)} = 1,1^{(1/0,54)} =$$

$$\Delta P = 1,193 = +19,30\%$$

Se simplesmente

$$\begin{aligned} \text{Inf permitida} &= P.S. (L, L^{(1/2)} - L) \\ &= 15. (1,1^{1/0,54} - 1) \\ &= 2,89 \text{ mca} \end{aligned}$$

Regra

$$\begin{aligned} &60\% \text{ lateral} \\ &0,6 \cdot 2,89 = 1,73 \text{ mca} \\ &40\% \text{ derivação} \\ &0,4 \cdot 2,89 = 1,16 \text{ mca} \end{aligned}$$

$$F \left(\begin{array}{l} 12 \text{ paídas} \\ 1 \cong 1/2 \text{ esp.} \\ 3 \text{ element} \end{array} \right) \left. \begin{array}{l} N=12 \\ m=1,75 \end{array} \right\} 0,38 \text{ L}$$

$$F = \frac{2 \cdot 12}{2 \cdot 12 - 1} \cdot \left(\frac{1}{2,75} + \frac{\sqrt{0,75}}{6 \cdot 12^2} \right)$$

$$h_f^* = \frac{h_f}{F} = \frac{1,74}{0,38 \text{ L}} = 4,567 \text{ mca}$$

$$h_f^* = \frac{6,107 \cdot b \cdot Q^{1,75} \cdot L}{D^{4,76}}$$

$$4,567 = \frac{6,107 \cdot 0,000135 \cdot 0,000233^{1,75} \cdot 69}{D^{4,76}}$$

$$D = 0,0184 \text{ m}$$

(m)

$$hf = \frac{6,307 \cdot b \cdot Q^{1,75} \cdot L \cdot F}{D^{4,75}}$$

$$1,74 = \frac{6,307 \cdot 0,000135 \cdot 0,000233^{1,75} \cdot 69 \cdot 0,381}{D^{4,75}}$$

$$D = 0,0184 \text{ m}$$

tubo

| \emptyset | h_f | V |
|-------------|-------------------|------------|
| 16 mm | X 3,37 mca > 1,73 | 1,14 m/s |
| 21 mm | 0,93 mca | 0,67 m/s ← |
| 27 mm | 0,28 mca | 0,40 m/s |

$$h_f = \frac{6,107 \cdot b \cdot Q^{1,75}}{D^{4,75}} \cdot L \cdot F$$

Selecioneado 21 mm

Resumo

comprimento $L = 69 \text{ m}$

$Q = 0,00233 \text{ m}^3/\text{s}$

$\emptyset = 21 \text{ mm}$

$h_f = 0,93 \text{ mca}$

Passo 9) Dimensionamento LD

comprimento máximo = 50m
declividade = 6%.

$$\text{n}^{\circ} \text{ de LL na LD} = \frac{50}{7} = 7,14 = 7$$

Serão 7 de cada lado

Assim n^o de laterais por
setor = $7 \times 2 = 14$

14 LL/ setor

$$\text{Complemento } LD = (7-1) \cdot 7 + \frac{1}{2} \cdot 7 \\ = 45,5 \text{ m}$$

$$Q_D = 14 \cdot Q_L = 14 \cdot 0,000233 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_D = 0,003262 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$hf_{\text{máxima}} = 2,89 - hf_{LL} + D_3 \\ = 2,89 - 0,93 + \frac{6 \cdot 45,5 \text{ m}}{100} \\ = 4,69 \text{ m}$$

Sendo



$$h_f = 4,69 \text{ mca}$$

$$QD = 0,003262 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 45,5 \text{ m}$$

$$b = 0,000135$$

$$F(\text{Ajudas}) = 0,397$$

$$D \text{ teórico} = 0,0369 \text{ m}$$

$$= 36,9 \text{ mm}$$

| \varnothing | h_f | V | |
|---------------|---------|----------|-----------|
| 35mm | 5,65mca | 3,39 m/s | X > 4,69m |
| 40mm | 2,99mca | 2,60 m/s | |
| 52mm | 0,86mca | 1,54 m/s | |

$$h_f \text{ máxima} = 4,69 \text{ m}$$

Selecioneado 40 mm

Resumo LD

$$Q_D = 0,003262 \text{ m}^3/\text{s}$$

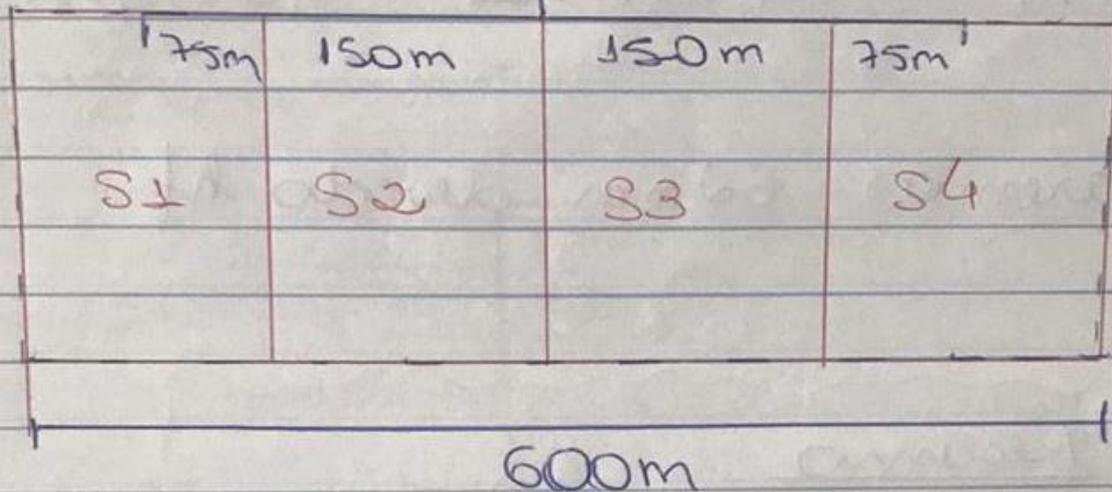
$$\text{Comprimento LD} = 45,5 \text{ m}$$

$$h_f = 2,99 \text{ mca}$$

$$\varnothing = 40 \text{ mm}$$

Tasso 10) Dimensionamento LP

cabecal



$L_{\text{máximo}} LP = 225 \text{ m}$

$$Q_p = Q_0 = 0,003262 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V \approx 1,5 \text{ m/s}$$

usaremos HW

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,003262}{\pi \cdot 1,5}} = 0,053 \text{ m}$$

$$C = 150$$

D teórico = 0,053 m (1 pulda)

| \varnothing | hf | V |
|---------------|----------|----------|
| 50 mm | 2,03 mca | 1,66 m/s |
| 62 mm | 4,22 mca | 1,08 m/s |

Usaremos 62 mm devido hf.

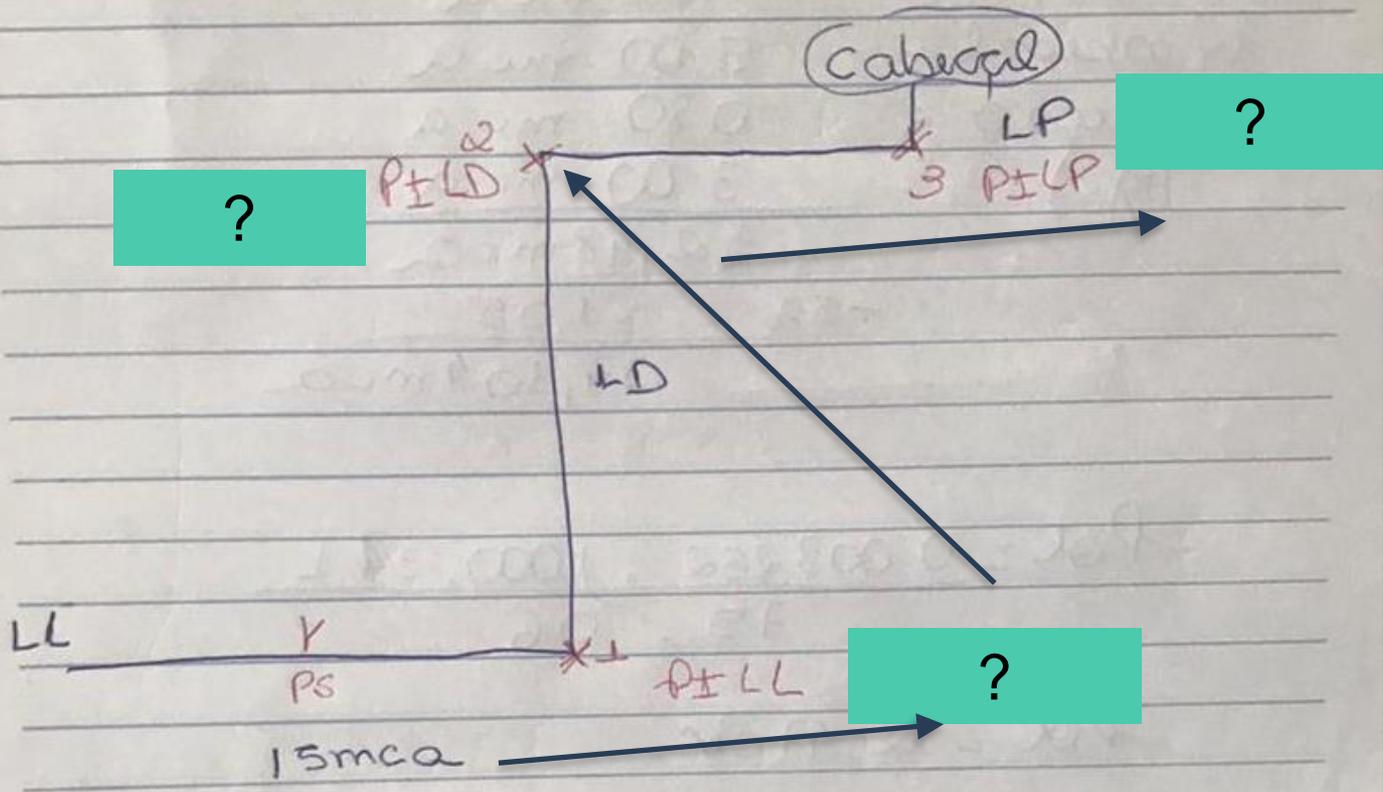
Resumo

Comprimento LP = 225m

$\emptyset_{LP} = 0,003262 \text{ m}^3/\text{s}$

$\emptyset = 62 \text{ mm}$

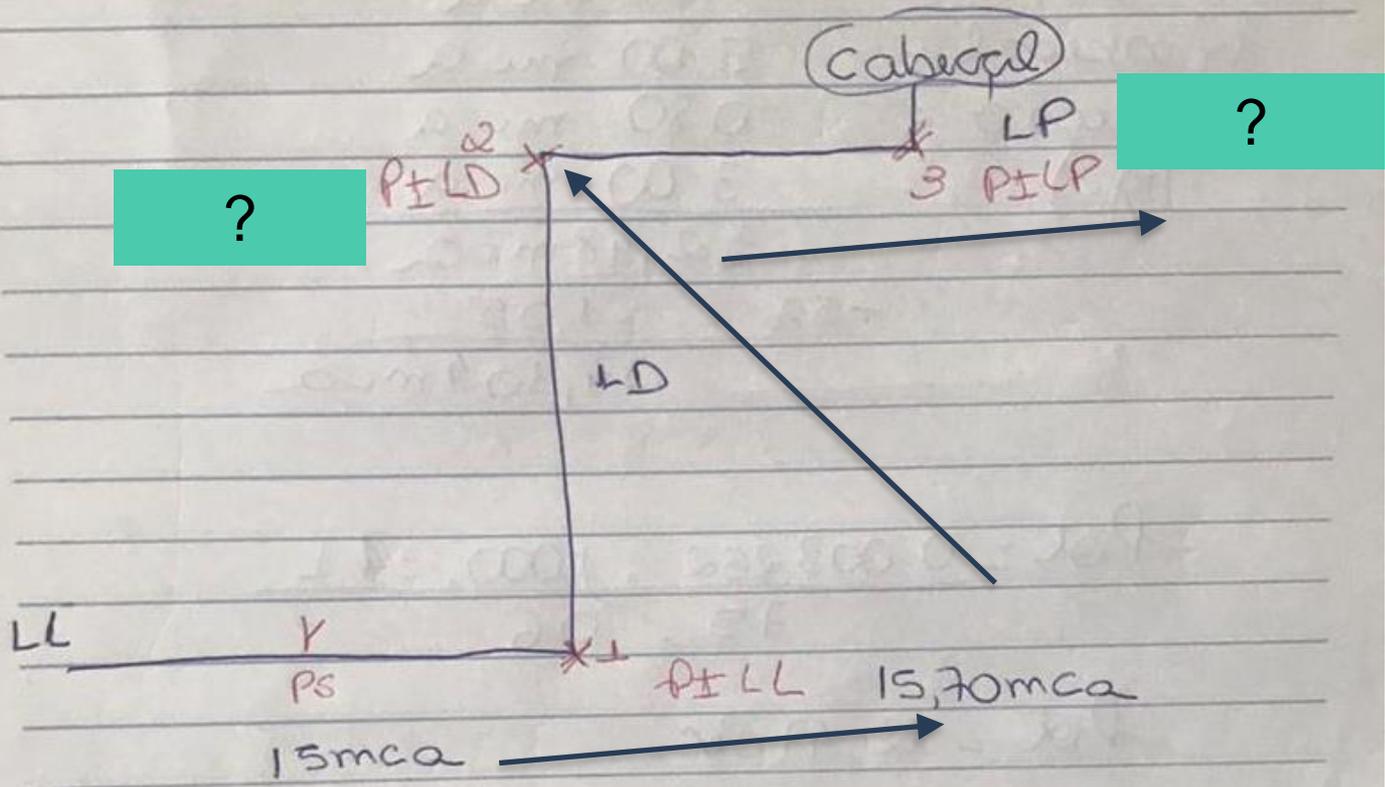
$h_f = 4,22 \text{ mca}$

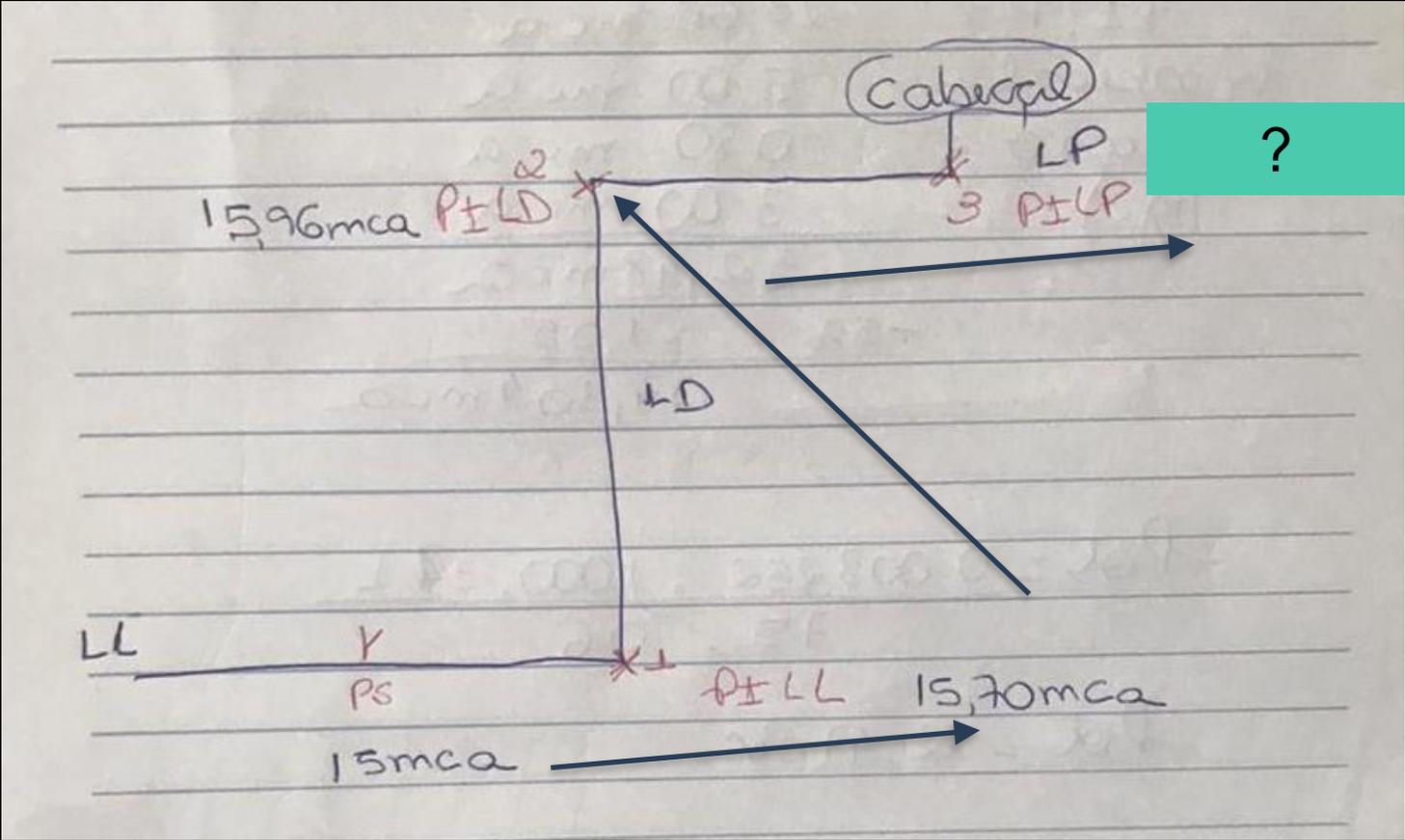
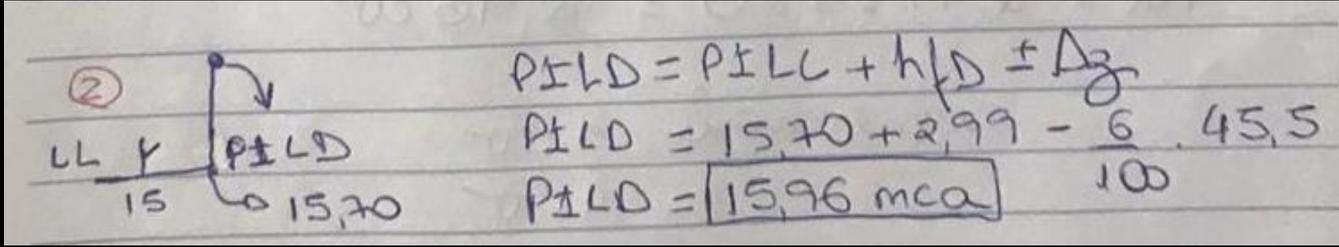


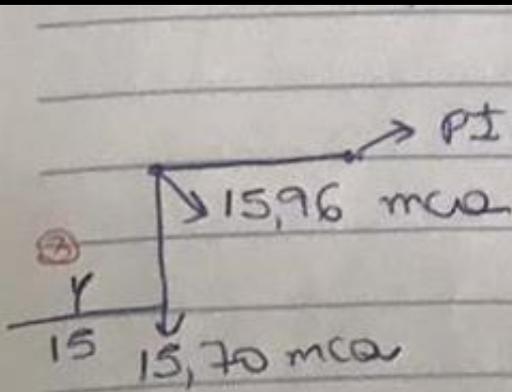
Y → PILL

$$PILL = PS + \frac{3}{4} h_f \cdot I \Delta_3$$

$$PILL = 15 + \frac{3}{4} \cdot 0,93 + 0 = 15,70 \text{ mca}$$



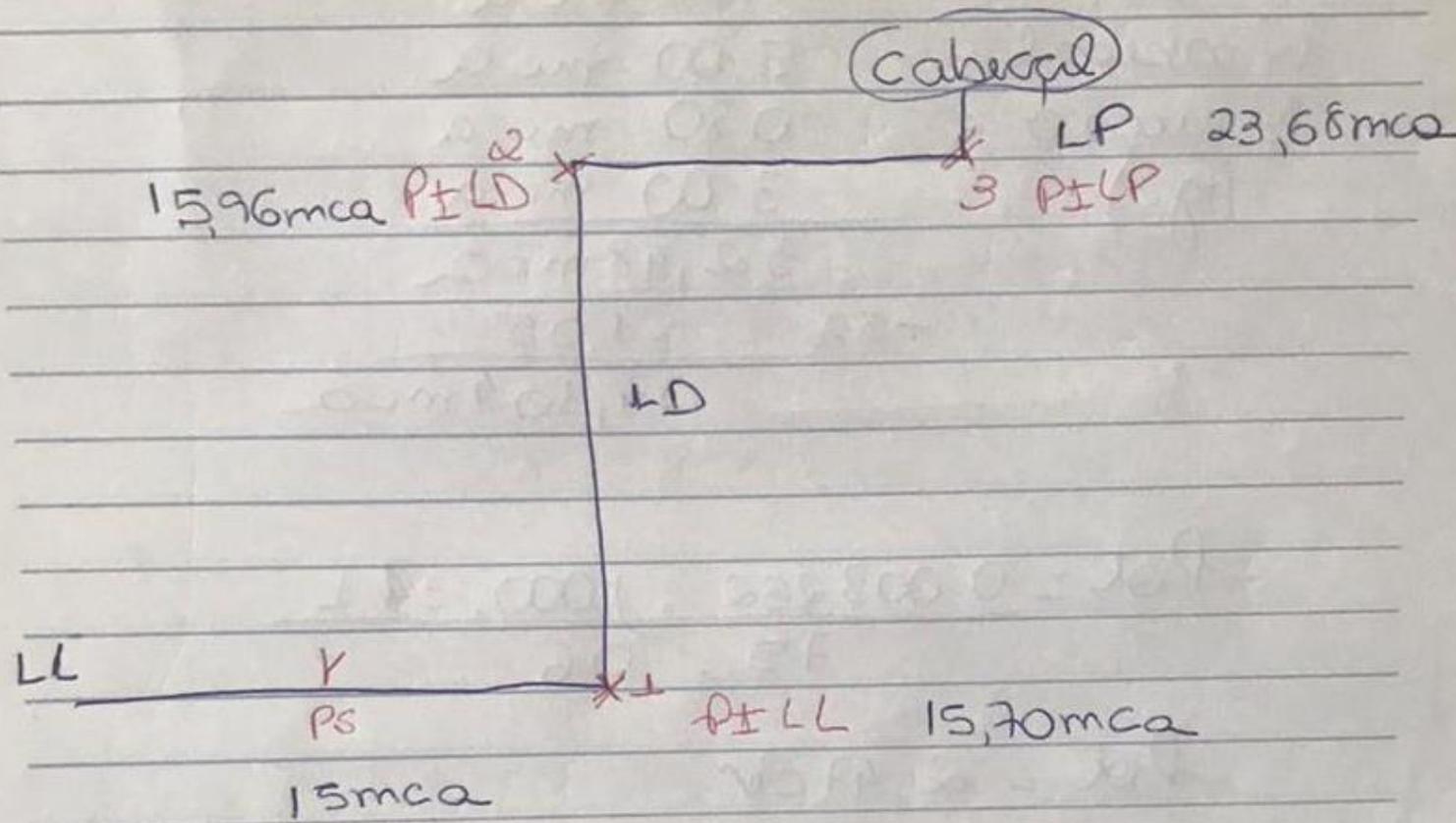




$$\rightarrow \text{PILP} = \text{PILD} + hfLP + hf \text{ localizados}$$

$$\text{PILP} = 15,96 + 4,22 + 2(\text{registros}) + 15(\text{reparos})$$

$$\text{PILP} = \boxed{23,68 \text{ mca}}$$



Passo 12) metabomba

$$\begin{array}{r} \text{PILP} = 23,68 \text{ mca} \\ \text{hf cabecal} = 5,00 \text{ mca} \\ \text{hf sucção} = 0,80 \text{ mca} \\ \text{Hgs} = 3,00 \text{ mca} \\ \hline 32,48 \text{ mca} \\ +5\% \quad \cdot 1,05 \\ \hline 34,104 \text{ mca} \end{array}$$

$$\text{Pot} = \frac{0,003262 \cdot 1000 \cdot 34,1}{75 \cdot 0,6}$$

$$\text{Pot} = 2,47 \text{ cv}$$

folga tabela } 1,6 a 15 cv
+20%

$$\text{Pot} = 2,47 \cdot 1,20 = 2,96 \text{ cv}$$

comercial 3 cv
4 cv

PARA ENTREGAR:

- Espaçamento cultura 6x6
- Microaspersor $q_e = 16,22 H^{0,25}$