



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa

Departamento de Ciências e
Engenharia de Biosistemas

UC Necessidades hídricas e sistemas de rega

4. Métodos e sistemas de rega

4.1 Conceitos

4.2 Métodos e sistemas de rega mais utilizados em Portugal

4.3 Introdução aos métodos e sistemas de rega

4.3.1 Sistemas de rega por aspersão

4.3.1.1 Os aspersores

4.3.1.2 Sistemas de rega fixos por aspersão

4.3.1.3 Canhão com enrolador

4.3.1.4 Rampa pivotante e rampa de deslocamento frontal

4.3.1.5 Rega Localizada

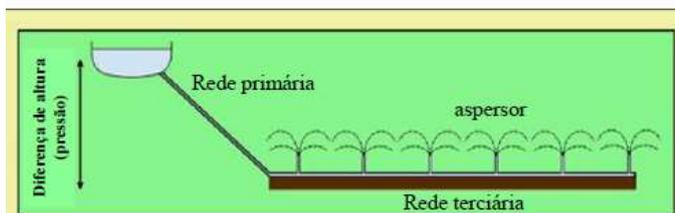


4.3.1 SISTEMAS DE REGA POR ASPERSÃO

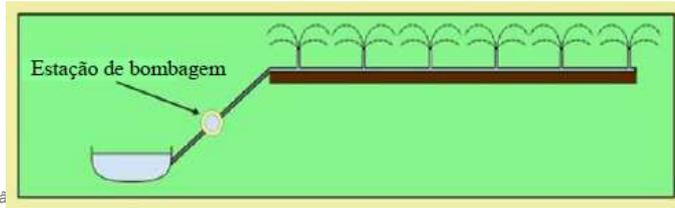
Conceitos; os emissores; classificação

- A água de rega é transportada até às plantas em condutas sob pressão;
- A energia fornecida à água serve para vencer desníveis no terreno, compensar as perdas de carga no percurso devido ao atrito e às singularidades e levar a água até ao emissor à pressão desejada (\approx pressão de catálogo)
- Como é fornecida a pressão à água:

Se o desnível entre a origem da água e a parcela for favorável e suficiente para produzir a pressão desejada não é necessária estação de bombagem



Se o desnível entre a origem da água e a parcela não for suficiente, ou for desfavorável para produzir a pressão desejada, é necessária estação de bombagem



Secçã

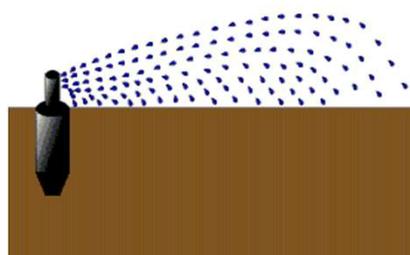
- A rega por aspersão é um processo pelo qual a água é distribuída às plantas por meio de um sistema de tubagem sob pressão, e respetivos acessórios, fazendo-se a aplicação por pulverização da mesma
- Todos os sistemas de rega por aspersão utilizam dispositivos que **emitem um determinado caudal em função da pressão disponível nas condutas – aspersores.**



Secção de Engª Rural

3

- Devido ao facto de a água sair do aspersor com elevada pressão, o jacto é quebrado em milhares de gotículas que caem sobre as plantas a regar, tal como a precipitação natural.



- A água é transportada desde a origem até ao emissor sob pressão através de um sistema de tubagens e acessórios

Secção de Engª Rural

4

ADEQUAÇÃO DOS SISTEMAS DE REGA POR ASPERSÃO

Culturas

- Em linha
- A lança
- Árvores



Canhão de rega não recomendado para culturas delicadas (ex: alface) pois as gotas são muito grandes causando danos físicos nas folhas)

Secção de Eng^o

5

Declive:

- Adapta-se a uma gama de declives considerável, uniforme ou ondulada;
- Quando o declive é elevado, os sistemas devem ser instalados com as tubagens paralelas às curvas de nível para minimizar diferenças de pressão ao longo das rampas).

Solo:

- Solos com textura franca a arenosa;
- Solos de textura mais pesada se o escoamento superficial for evitado;
- Desaconselhado em solos que formam crosta superficial.

Secção de Eng^o Rural

6

UC Necessidades Hídricas e Sistemas de Rega / 1º ciclo de Eng. Agrónómica
M.ª Rosário Carneira / Instituto Superior de Agronomia

Classificação dos sistemas de rega por aspersão

PERMANENTES

- Fixos
- Semi fixos



MÓVEIS

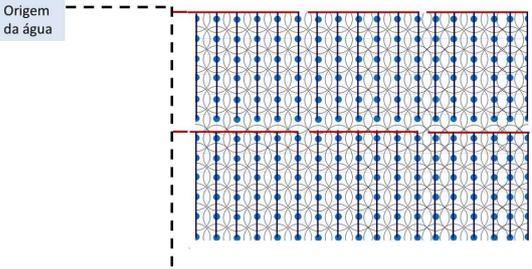
- Canhão de rega
- Rampa pivotante ou pivot
- Rampa linear ou de deslocamento frontal




Seção de Eng. Rural

Componentes principais de qualquer sistema de rega por aspersão

- Emissores – Aspersores
- Conduatas (fixas – enterradas ou superficiais, ou móveis)
- Acessórios (ligações, válvulas, reduções, cotovelos, têes, etc)
- Estação de bombagem (grupo motor-bomba e dispositivos complementares)



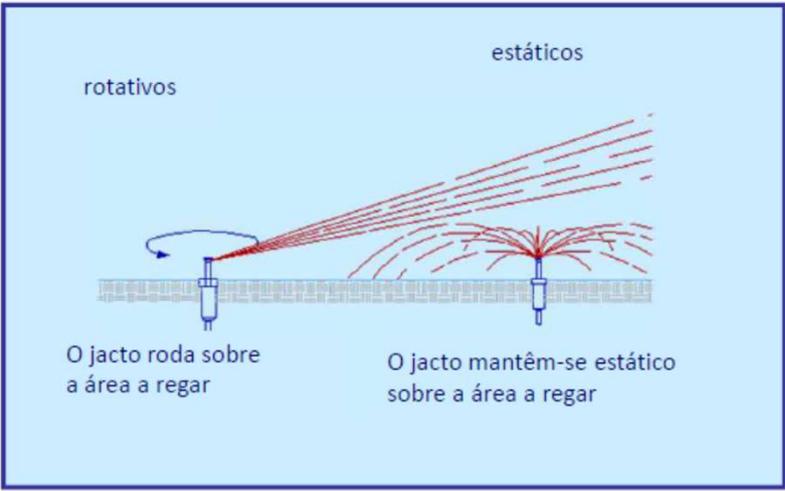
Origem da água

Seção de Eng. Rural

UC Necessidades Hídricas e Sistemas de Rega / 1º ciclo de Eng. Agrónómica
M.ª Rosário Carneira / Instituto Superior de Agronomia

4.3.1.1. Os emissores: suas características técnicas e regime de funcionamento

Tipos de Aspersores



rotativos

estáticos

O jacto roda sobre a área a regar

O jacto mantém-se estático sobre a área a regar

Seção de Eng. Rural

1. Aspersores rotativos (rodam devido à energia cinética da água)

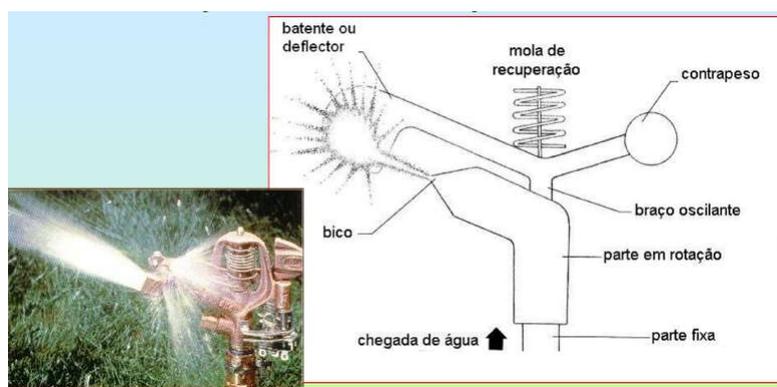
i. IMPACTO OU BATENTE

- O batente intercepta o jato de forma ritmada quebrando-o em gotículas e provocando rotação;
- Caudal: $0.1 - 30 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$;
- Pressão de serviço: $200 - 500 \text{ kPa}$ ($20 - 50 \text{ m}$) ($2 - 5 \text{ bar}$) ;
- Grau de pulverização elevado => Alcance: $6 - 30 \text{ m}$;
- Pluviometria horária : $5 \text{ mm h}^{-1} - 20 \text{ mm h}^{-1}$;
- Solos pouco permeáveis e com declive.



Secção de Eng^o Rural

9



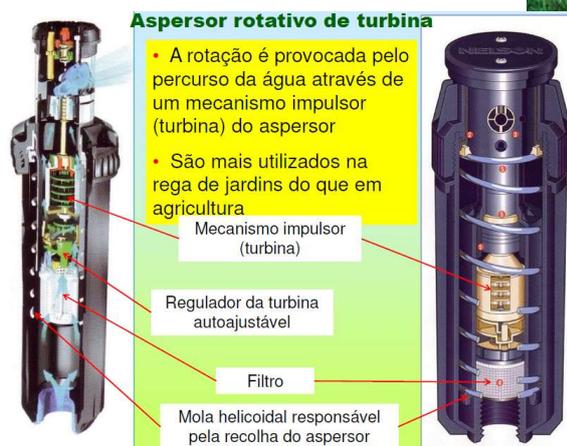
Secção de Eng^o Rural

10

Estes aspersores podem também ser classificados em relação a:

- Área molhada: círculo completo ou de sector circular
- Alcance: pequeno (< 10 m) a grande (> 50 m)
- Pressão: baixa (< 100 kPa = 1 bar) a alta (> 350 kPa)
- Caudal: pequeno (< 100 l h⁻¹) a grande (> 50 m³ h⁻¹)
- Taxa de aplicação: baixa (< 5 mm h⁻¹) a alta (> 15 mm h⁻¹)
- Nº de bicos: 1, 2 ou mais
- ângulo do jacto com a horizontal: raso (< 10º) a normal (25-28º)

ii. ASPERSORES DE TURBINA



2. Aspersores estáticos (sprays e difusores)



- o jato é intercetado por um objeto fixo, que provoca sua pulverização em pequenas gotículas;
- pressão de funcionamento: (100 – 150 kPa) (10 – 15 m) (1 – 1.5 bar);
- o grau de pulverização é baixo => pequeno alcance do jacto (8 m);
- a área molhada é pequena e a pluviometria elevada (10 mm h⁻¹);
- adaptam-se bem a solos muito permeáveis;
- grande interesse : funciona com pressões baixas consumindo pouca energia

Características técnicas dos aspersores e regime de funcionamento

Características básicas (são características do aspersor embora variem dentro de certos limites):

- Diâmetro do bico
- Pressão de funcionamento (p em Pa) ou altura piezométrica (h em m)
- Nº de jatos

Das características básicas depende o *regime de funcionamento*:

- Caudal (q)
- Diâmetro do círculo molhado (Dm), ou alcance do jacto (R)
- Pluviometria horária ou taxa de aplicação (P_t)
- Diagrama pluviométrico
- Uniformidade aplicação

Outras características que influenciam a seleção dos aspersores

- Ângulo do jato
- Movimento de rotação
- Energia cinética das gotas de água
- Sobreposição dos círculos regados
- Ação do vento
- Altura do aspersor acima do solo

✓ Pressão de funcionamento (p) ou carga (h) e caudal do aspersor (q)

- É a pressão da água quando chega ao bico do aspersor o bico do aspersor;
- *Influencia fortemente o caudal debitado* e o padrão de humedecimento;



Equação de descarga: relação entre pressão de funcionamento e caudal debitado:

$$q = K_d \sqrt{p}$$

q = caudal debitado pelo aspersor ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$)

kd = coeficiente de descarga

p = pressão de funcionamento do aspersor (bar ou m)

- Um determinado modelo de aspersor *só funciona satisfatoriamente para uma gama de pressões especificadas pelo seu construtor* no catálogo técnico do aspersor; **Muito Importante!**

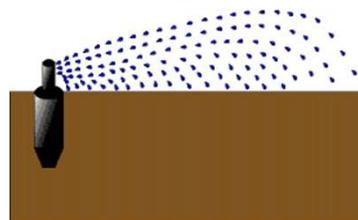
Exercício 20:

Um aspersor debita o caudal de catálogo de $0.19 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, funcionando à pressão de catálogo de 3.8 bar.

- Determine o seu coeficiente de descarga;
- Qual o caudal que debitaria se a água atingisse o bico à pressão de 4.5 bar?
- Se a pressão no bico for 20 % inferior à pressão de catálogo, qual será a variação do caudal debitado em relação ao caudal de catálogo?
- O que conclui das alíneas anteriores?

✓ Diâmetro do círculo molhado (D), ou alcance (R)

- Alcance (R) é a distância entre o aspersor e a circunferência exterior do círculo molhado;



- É determinado pelo fabricante para várias pressões de funcionamento;
- Depende do ângulo de inclinação do jacto;
- Os catálogos técnicos dos aspersores apresentam sempre os valores do alcance para os diferentes regimes de funcionamento.

Bicos	P		R		q		Pζ	
	bar	m	m ³ /h	mm/h	mm/h	mm/h		
0,75	1,7	4,6	0,12	12	14			
	2,0	4,8	0,13	12	13			
	2,5	5,2	0,16	12	13			
	3,0	5,2	0,17	13	15			
	3,5	5,4	0,19	13	15			
	3,8	5,5	0,19	13	15			
1,0	1,7	6,1	0,17	9	11			
	2,0	6,2	0,19	10	11			
	2,5	6,4	0,21	10	12			
	3,0	6,4	0,24	12	13			
	3,5	6,6	0,26	12	14			
	3,8	6,7	0,27	12	14			
1,5	1,7	7,0	0,24	10	11			
	2,0	7,0	0,26	11	12			
	2,5	7,0	0,30	12	14			
	3,0	7,3	0,33	12	14			
	3,5	7,3	0,36	13	15			
	3,8	7,3	0,37	14	16			

✓ Pluviometria - Diagrama pluviométricoPluviometria de um aspersor (mm h⁻¹)

$$P_{luv} = \frac{q}{A_m}$$

q – Caudal do aspersor (L h⁻¹)A_m – área molhada pelo aspersor (m²)**Exercício 22:**

O aspersor A debita o caudal de 1.425 m³ h⁻¹ e apresenta o alcance de 5 m. O aspersor B debita o mesmo caudal, mas com um alcance de 15 m.

- Determine a pluviometrias dos dois aspersores quando instalados em quadrado;
- Qual será o mais adequado para solos de textura pesada?

✓ Pluviometria - Diagrama pluviométrico

- Traduz o modo como a água se distribui em volta do aspersor, sobre a superfície circular teoricamente coberta pelo aparelho;
- Determina-se com recurso a pluviómetros regularmente distribuídos na área coberta pelo aspersor.

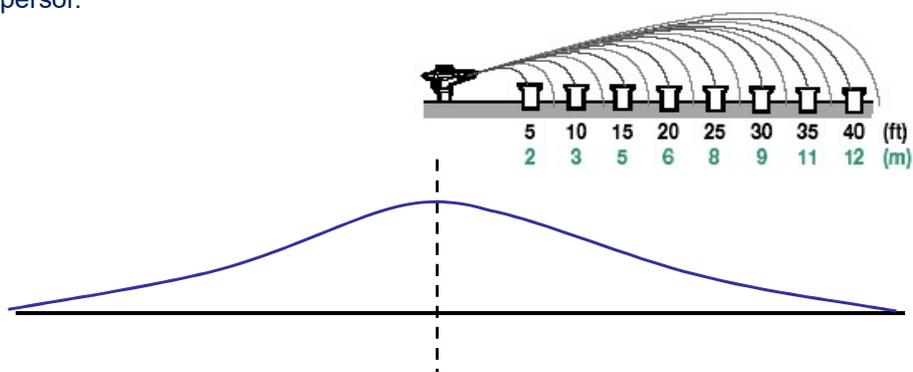
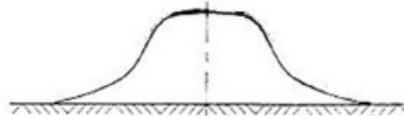


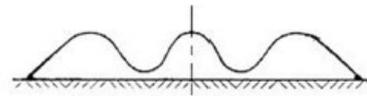
Diagrama pluviométrico típico de um aspersor funcionando correctamente

Diagramas pluviométricos indesejáveis

➤ Funcionando a uma *pressão muito baixa* há pulverização deficiente do jacto; originam-se gotas de grande dimensão que caem próximo do aspersor (diminui a área regada),

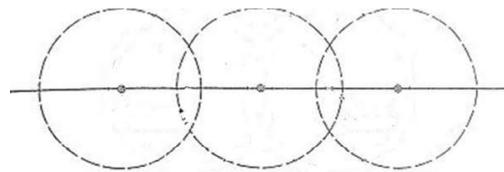


➤ Funcionando a uma *pressão muito elevada* a pulverização excessiva do jacto origina gotas de demasiado pequenas e com muita sensibilidade ao vento (padrão donut).



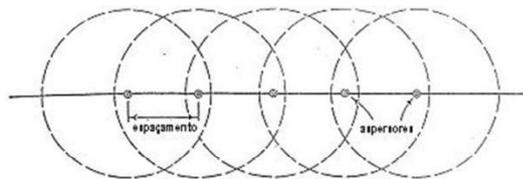
Secção de Engª Rural

21

✓ *Espaçamento entre aspersores ⇔ Uniformidade*

Sem sobreposição ou com sobreposição insuficiente

Padrão de humedecimento do solo



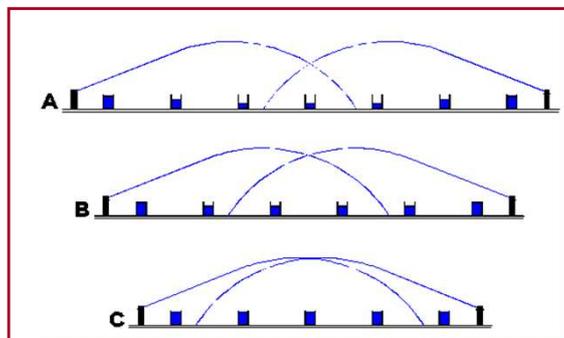
Com sobreposição

Para que toda a área receba a mesma quantidade de água tem que haver sobreposição dos alcances dos jactos

padrões de aplicação individuais sobrepostos

22/29

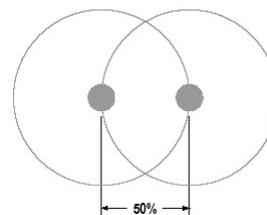
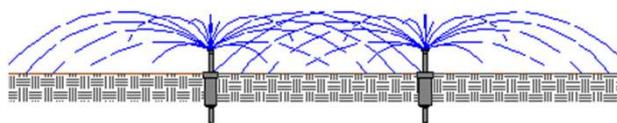
O método mais preciso para se determinar o espaçamento entre aspersores consiste num ensaio em campo com recurso a pluviómetros.



O espaçamento para o qual todos os pluviómetros recebem a mesma quantidade de água é o espaçamento a adoptar ⇔ uniformidade de distribuição da água próxima de 100 %.

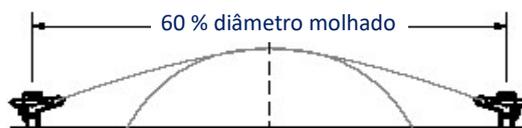
Quando não são feitos ensaios com pluviómetros devem considerar-se as seguintes regras:

- A UD óptima consegue-se com a sobreposição máxima (Esp = 100% R ou Esp = 50 % diâmetro)



- O esp. correspondente à UD máxima utiliza grande quantidade de aspersores e tubagens, pelo que geralmente se considera um compromisso entre uma UD boa (que não é máxima) e a necessidade de menor quantidade de equipamento.

A área até os primeiros 60 % do alcance é suficientemente regada, dispensando sobreposição. Para além desta distância o altura de água vai diminuindo e deixa de ser suficiente para as plantas.



- A UD mínima de 80 % consegue-se com a sobreposição correspondente ao espaçamento mínimo

Esp = 120% R ou Esp = 60 % diâmetro

Exemplo:
R = 15 m
Esp = 0.6 (15 x 2) = 18 m

Exercício 23:

Considere um sistema fixo de rega por aspersão com disposição em quadrado:

a) Determine o espaçamento mínimo que deve existir entre aspersores, para alguns casos do catálogo apresentado;

b) Se pretendêssemos colocar os aspersores espaçados de 6 m, para não desperdiçar tubo uma vez que estes são fornecidos em varas de 6 m, qual seria o alcance mínimo que deveriam ter os aspersores escolhidos?



PEAD



Alumínio

PRESTAÇÕES

Bicos	bar	m	m ³ /h	■ mm/h	▲ mm/h
0,75	1,7	4,6	0,12	12	14
	2,0	4,8	0,13	12	13
	2,5	5,2	0,16	12	13
	3,0	5,2	0,17	13	15
	3,5	5,4	0,19	13	15
	3,8	5,5	0,19	13	15
1,0	1,7	6,1	0,17	9	11
	2,0	6,2	0,19	10	11
	2,5	6,4	0,21	10	12
	3,0	6,4	0,24	12	13
	3,5	6,6	0,26	12	14
	3,8	6,7	0,27	12	14
1,5	1,7	7,0	0,24	10	11
	2,0	7,0	0,26	11	12
	2,5	7,0	0,30	12	14
	3,0	7,3	0,33	12	14
	3,5	7,3	0,36	13	15
	3,8	7,3	0,37	14	16
2,0	1,7	8,2	0,32	9	11
	2,0	8,2	0,34	10	12
	2,5	8,2	0,39	12	13
	3,0	8,2	0,43	13	15
	3,5	8,4	0,47	13	15
	3,8	8,5	0,48	13	15

Secção de Eng^a Rural

25

Nas seguintes situações recomenda-se a diminuição do espaçamento:

- Solo muito arenoso;
- Ventos elevados;
- Humidade do ar muito baixa;
- Temperaturas muito elevadas.

Secção de Eng^a Rural

26

- Qual o aspersor mais adequado para cada tipo de solo?

Em qualquer sistema de rega por aspersão pretende-se que não ocorra:

- acumulação de água à superfície,
- escoamento superficial;
- erosão do solo;
- arrastamento de nutrientes (ex. fósforo)

$$P_l - \text{taxa de aplicação do aspersor (pluviometria, mm h}^{-1}\text{)} < I - \text{taxa de infiltração do solo}$$

Como relacionar o tipo de aspersor com a pluviometria:

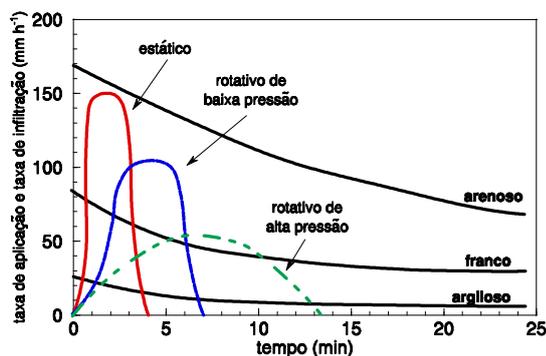
< pressão de funcionamento do aspersor < alcance do jacto < área molhada

> taxa de aplicação do aspersor > potencial para o escoamento superficial

Secção de Engª Rural

27

Comparação da taxa de aplicação dos aspersores com a taxa de infiltração do solo



- os três equipamentos são adequados em solos arenosos
- em solos com permeabilidade média apenas se adequam os aspersores de rotativos de alta pressão.
- em solos com baixa taxa de infiltração todos os emissores representados causariam problemas de escoamento superficial



aplicação de medidas de controlo do escoamento superficial e erosão

Secção de Engª Rural

28

Escolha do aspersor. Fatores a ter em conta

A escolha do aspersor é muito importante para a obtenção de um sistema de rega com boa eficiência, sendo condição necessária que a sua pluviometria seja inferior à taxa de infiltração do solo



PRESTAÇÕES

Bicos	bar	m	m ³ /h	■ mm/h	▲ mm/h
0,75	1,7	4,6	0,12	12	14
	2,0	4,8	0,13	12	13
	2,5	5,2	0,16	12	13
	3,0	5,2	0,17	13	15
	3,5	5,4	0,19	13	15
	3,8	5,5	0,19	13	15
1,0	1,7	6,1	0,17	9	11
	2,0	6,2	0,19	10	11
	2,5	6,4	0,21	10	12
	3,0	6,4	0,24	12	13
	3,5	6,6	0,26	12	14
	3,8	6,7	0,27	12	14
1,5	1,7	7,0	0,24	10	11
	2,0	7,0	0,26	11	12
	2,5	7,0	0,30	12	14
	3,0	7,3	0,33	12	14
	3,5	7,3	0,36	13	15
	3,8	7,3	0,37	14	16
2,0	1,7	8,2	0,32	9	11
	2,0	8,2	0,34	10	12
	2,5	8,2	0,39	12	13
	3,0	8,2	0,43	13	15
	3,5	8,4	0,47	13	15
	3,8	8,4	0,47	13	15

Valores indicativos da pluviometria máxima para algumas texturas e declives

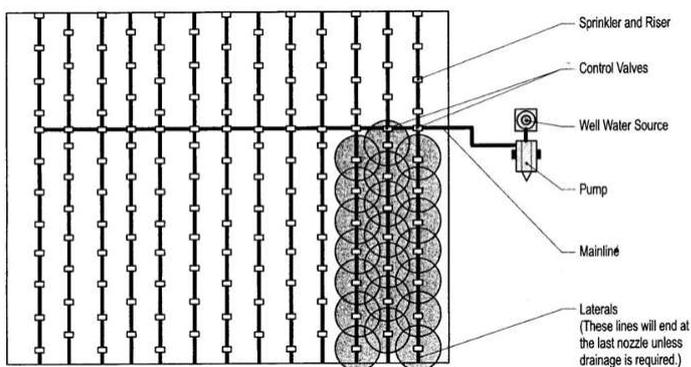
Textura do solo	Declive (%)			
	0 – 5	5 – 8	8 - 12	12 - 16
	Pluviometria máxima (mm h ⁻¹)			
Arenosa	50	38	25	13
Franco arenosa	19	13	10	8
Franco limosa	13	11	8	5
Argilosa e argilo limosa	4	2,5	2	1,5

4.3.1.2 Rega por aspersão – sistemas fixos

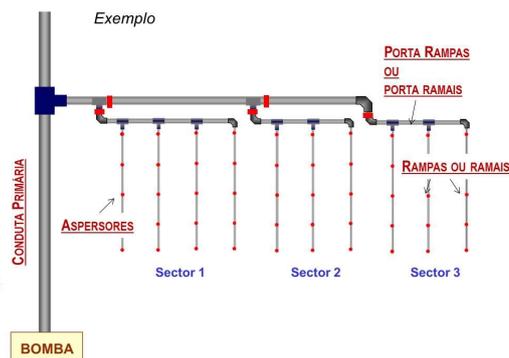
SISTEMAS PERMANENTES

Fixos ou de cobertura total (*solid set*)

Toda a área está coberta por tubagens e aspersores



Secção de Engª Rural



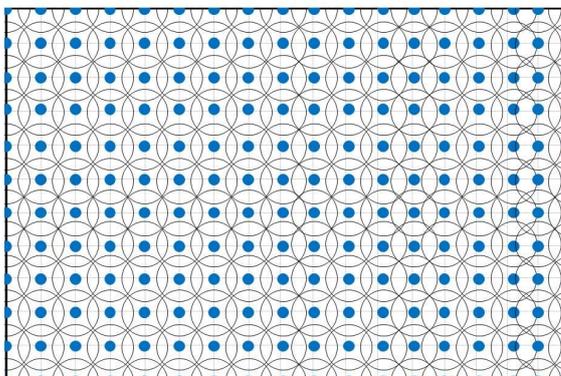
Vantagens

- Podem regar grandes parcelas de um vez;
- Podem ser usados para vários fins: rega, proteção contra a geada, arrefecimento das culturas

Desvantagens

- Elevado custo inicial;

Área regada por aspersor e sobreposições



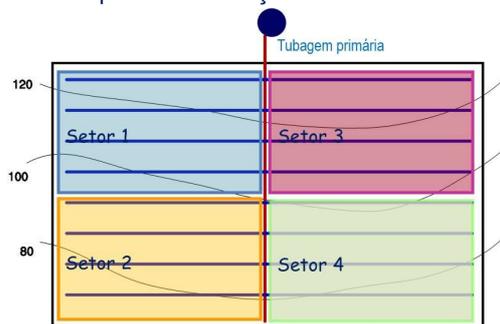
Secção de Engª Rural

32

Os setores de rega

- O facto de toda a área estar coberta por tubagens e por aspersores não significa que toda a parcela seja regada em simultâneo;
- A parcela pode ser dividida em sub-áreas que são *regadas sequencialmente* de acordo com o tempo diário disponível para a rega
- Os setores de rega são constituídos por grupos de aspersores que funcionam em simultâneo, pelas tubagens onde estão instalados e respetivos acessórios;

Exemplo de setorização



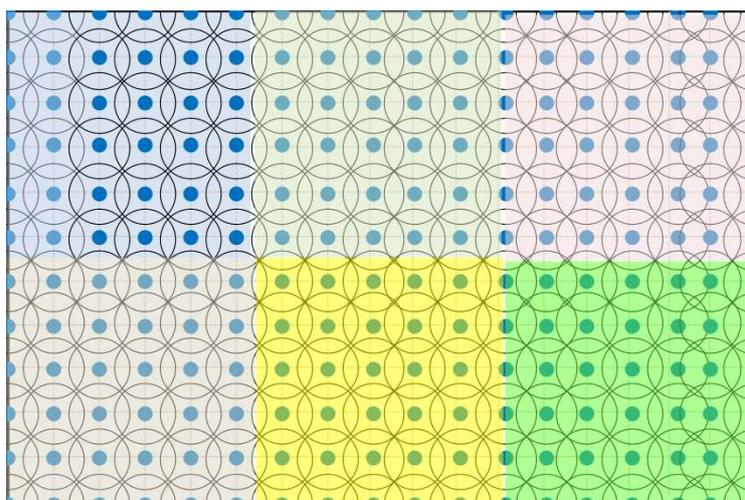
Vantagens da setorização do sistema de rega:

- O caudal necessário é menor;
- A tubagem primária tem menor diâmetro => é mais barata;
- A bomba hidráulica tem menos potência => é mais barata.

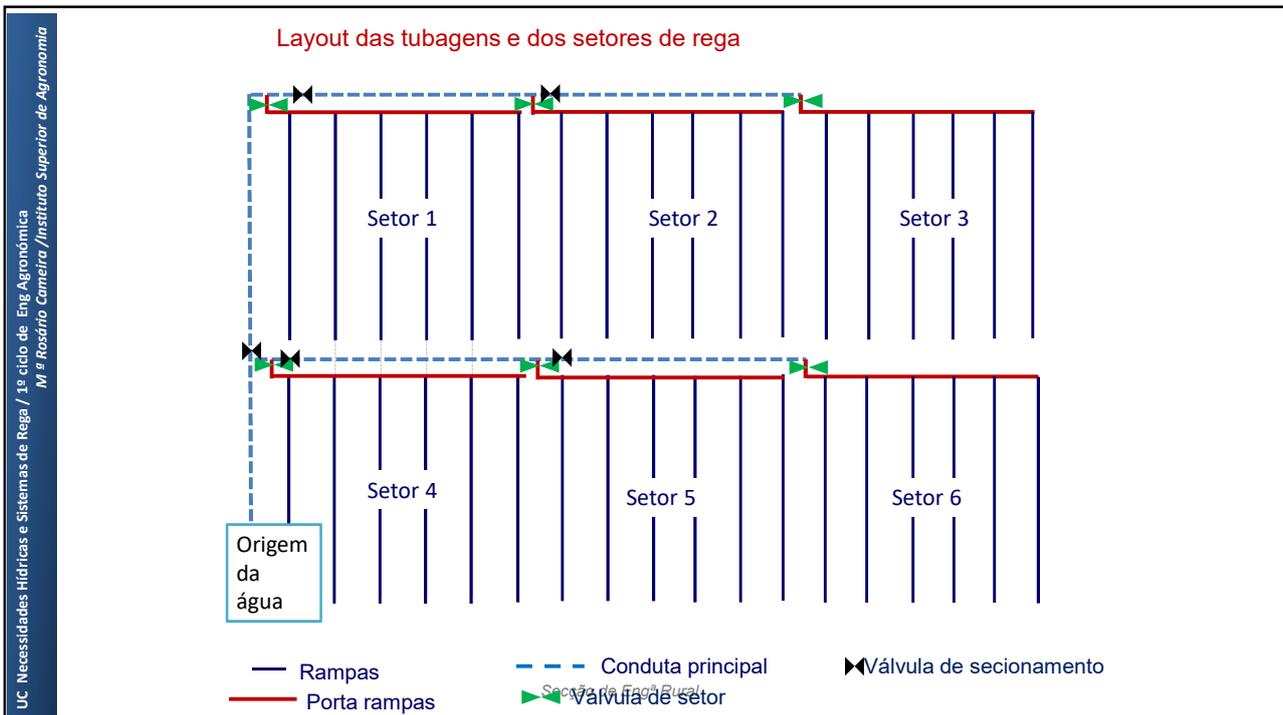
Engª Rural

33

Layout dos setores de rega



Secção de Engª Rural



Determinação do nº de sectores de rega, N_s

- Pluviometria de 4 aspersores em quadrado ou retângulo (mm h^{-1})

$$P_{luv} = \frac{q}{a \times b} \quad \begin{array}{l} q - \text{Caudal do aspersor (L h}^{-1}\text{)} \\ a \text{ e } b - \text{espaçamento dos aspersores na linha no ramal e entre ramais (m)} \end{array}$$

- Tempo de rega, T_R (h), em cada ponto

D é a dotação de rega (mm) e
 P_{luv} é a pluviometria do aspersor (mm/h)

$$T_R = \frac{D}{P_{luv}}$$

Nota: na aspersão fixa, o mais comum é explorar a RFU, logo $D_u \text{ máx} = \text{RFU}$

- Nº máximo de sectores que se podem regar num dia

T_T é o tempo total disponível para a rega (h dia^{-1})

$$N_{S/D} = \frac{T_T}{T_R}$$

- Nº máximo de sectores de rega na parcela

I_R é o intervalo entre regas (dias)

$$N_S = I_R \cdot N_{S/D}$$

$$I_R = \frac{D_u}{ET_c}$$

Secção de Engº Rural

Exercício 24

Pretende-se regar, por um sistema de aspersão fixa, uma parcela de milho em quadrado com 300 x 300 m. O solo apresenta $\theta_{CC} = 0.34 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e $\theta_{CE} = 0.18 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. A taxa de infiltração do solo é de 9.3 mm h^{-1} . A cultura apresenta profundidade radical de 70 cm e $p = 0.4$. As necessidades hídricas em período de ponta são de 8 mm dia^{-1} . Pretende efetuar-se regas que proveitem a capacidade de armazenamento do solo. Os tubos disponíveis para as rampas têm um comprimento de 9 m. A bomba instalada fornece altura manométrica máxima de 50 m. O tempo máximo diário disponível para a rega é de 20 h. Considere que o sistema de rega tem uma eficiência de 75 %.

- considere o catálogo apresentado no próximo slide e escolha o aspersor mais adequado. Justifique. (por ex. $q = 1777 \text{ Lh}^{-1}$)
- calcule a dotação da próxima rega, sabendo que o armazenamento de água no solo é de 87 mm e se pretende preencher a utilizável do solo; (33 mm)
- calcule o intervalo até à próxima rega, pretendendo-se atingir o LRFU; (5 dias)
- Quanto tempo que demora a regar? (8.2 h)
- Qual o nº máximo de setores que pode ser regado num dia? (2 e 10 setores)
- Qual o caudal máximo necessário para regar a parcela, de acordo com o resultado de e), em $\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$ e em $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$? (48 $\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$; 0.0133 $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$)

Secção de Engª Rural

37



Aspersor de caudal médio VYR35
Versão círculo completo

Código H	Designação	QTD/Emb.	Preço Unitário
1270035XX	Aspersor VYR35, em latão, rosca 3/4" macho, com bicos em latão	50	13,45 €

VYR35
VYR35

Bico	Pressão [bar]	Caudal [l/h]	Alcance [metros]	Espaçamento vs taxa de precipitação [mm/h]					
				12x15	15x15	15x18	18x18	18x18	20x20
4,0 x 2,4	3,0	1425	15,0	9,9	7,9	6,3	5,9	4,3	4,4
	3,5	1540	15,0	10,7	8,6	6,8	6,3	4,7	4,8
	4,0	1646	15,0	11,4	9,1	7,3	6,8	5,0	5,1
	5,0	1700	15,5	11,9	9,6	7,8	7,3	5,5	5,0
4,4 x 2,4	3,0	1645	15,5	11,2	9,0	7,4	6,8	5,1	5,2
	3,5	1777	15,5	12,3	9,9	7,9	7,3	5,4	5,5
	4,0	1900	15,5	13,2	10,6	8,4	7,8	5,8	5,9
4,8 x 3,2	5,0	2015	16,0	13,8	11,2	9,0	8,4	6,4	6,5
	3,0	1886	16,0	13,1	10,5	8,4	7,7	5,7	5,8
	3,5	2038	16,0	14,2	11,3	9,1	8,4	6,2	6,3
	4,0	2178	16,5	15,1	12,1	9,7	8,9	6,6	6,7
5,2 x 3,2	5,0	2310	16,5	15,7	12,7	10,4	9,6	7,3	7,4
	3,0	2445	16,5	17,4	13,8	10,8	9,7	7,1	7,2
	3,5	2638	16,5	18,3	14,7	11,7	10,8	8,0	8,1
	4,0	2820	17,0	19,6	15,7	12,5	11,6	8,6	8,7
	5,0	2990	17,0	20,8	16,9	13,7	12,8	9,8	9,9

CU=85%

CU 85-88%

CU 88-92%

CU>92%

Exercício 27. Considere os seguintes dados:

RFU = 27 mm; ET ponta = 5 mm d⁻¹; Aspersor: q = 7.56 m³ h⁻¹; espaçamento = 24 x 24 m; N^o de horas de trabalho diárias = 9 h; 2 dias por turno sem regar; Ef = 75 %

Determine:

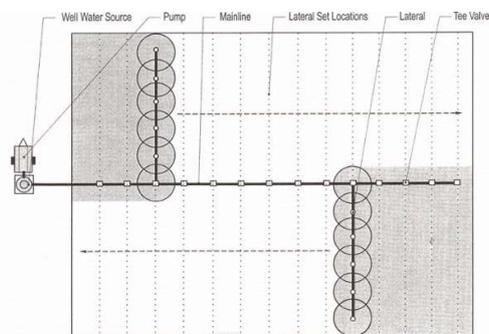
- o intervalo máximo entre regas, ou turno de rega no período de ponta; (5 dias)
- O tempo de rega; (2.75 h)
- O n^o de setores a regar por dia e o n^o máximo de setores em que pode ser dividida a parcela. (9)

SISTEMAS PERMANENTES

Semi fixos



Quando regam estão fixos
Entre regas mudam de local



Vantagens

- Baixo custo inicial;
- Funciona bem em parcelas de forma irregular;

Desvantagens

- Elevado custo de mão de obra;
- Deve ser movido entre uma a três vezes por dia;
- Difícil de usar em parcelas de grande dimensão;
- Difícil de usar em culturas altas, ex: milho

➤ Tubagens

Conduta principal ou primária:

- conduz a água desde a bomba até às condutas secundárias;
- pode dispor-se à superfície do solo ou enterrada (+ usual).

Características das tubagens enterradas:

- são geralmente de PVC pois a perda de carga por fricção é pequena, a resistência à corrosão é grande, assim como a resistência aos choques mecânicos, uma vez que o plástico apresenta alguma elasticidade.
- deve ser enterrada à profundidade mínima de 0.8 m para não ser danificada pelos trabalhos de mobilização do solo. Neste caso possui à superfície hidrantes ou bocas de rega para ligação à tubagem secundária ou aos ramais.



Características das tubagens superficiais:

- As tubagens colocadas à superfície são geralmente de *aço galvanizado*, *liga de alumínio* ou *PVC* com tratamento contra as radiações solares. Para diâmetros muito pequenos pode utilizar-se o PE de alta densidade;
- Os tubos são comercializados em comprimentos de 6 m, embora existam também tubos de 1, 2 e 3 m para acertos nas posições dos aspersores;
- No caso do alumínio os tubos apresentam 9 ou 12 m.



Alumínio



PEAD

Secção de Engª Rural

43/29

Condutas secundárias:

com as características da principal (pode não existir)

Rampas ou ramais porta aspersor:

- são as condutas onde estão instalados os aspersores;
- podem ser fixas (à superfície ou enterradas) ou móveis;
- podem ser de *alumínio* ou, para diâmetros mais pequenos, de PE de alta densidade (*PEAD*).



Secção de Engª Rural

44/29

Órgãos acessórios nos sistemas de rega estacionários por aspersão

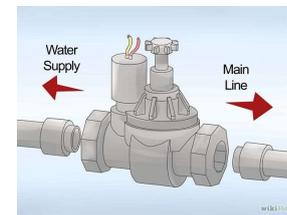
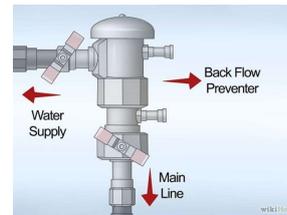
- Ligações entre tubos
- Reduções de diâmetro
- Cotovelos
- Tês
- Filtros



Secção de ligação



✓ Acessórios





Secção de Engª Rural

47

Adequação dos sistemas permanentes em situações adversas

Exemplo 1a . Região ventosa – substituição dos aspersores

- Quanto maior altura acima do solo atingir o jacto do aspersor, mais ele fica sujeito à acção do vento
- Os aspersores de jacto raso (com inclinação entre 4 e 15°) são os mais aconselhados para as zonas ventosas, uma vez que:
 - o jacto atinge alturas menores
 - a água permanece menos tempo no ar, o que diminui as perdas por evaporação
- Em igualdade de outras condições, estes aspersores apresentam um menor alcance do jacto => maior número de aspersores por unidade de área nos sistemas fixos ou efectuar mudanças mais frequentes dos ramais móveis nos sistemas semi-fixos.

Secção de Engª Rural

48

Exemplo 1b . Região ventosa – diminuir o espaçamento

- aumentar a sobreposição dos jactos dos aspersores colocando-os mais próximos => reduzir o espaçamento entre aspersores na linha e/ou na entrelinha => exige a substituição das tubagens do sistema.

Reduções a adotar nos espaçamento entre aspersores, função da velocidade do vento

Velocidade do vento (m s ⁻¹)	Aspersores de jacto raso		Aspersores normais	
	Linha	Entrelinha	Linha	Entrelinha
1 – 2	3/4	-	3/4	3/4
2 – 3	2/3	-	2/3	3/4
> 3	2/3	3/4	1/2	3/4

Exemplo 1c . Região ventosa – aumentar o alcance

- substituir os aspersores por outros de maior alcance, de modo a conseguir uma sobreposição dos jactos equivalente à que se obteria por aplicação do coeficiente de redução ao espaçamento entre aspersores.

Secção de Engª Rural

49