



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa
Departamento de Ciências e
Engenharia de Biosistemas



LISBOA
UNIVERSIDADE
DE LISBOA

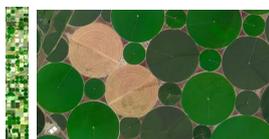


Rega e Drenagem

3.1 Dimensionamento, gestão e avaliação do desempenho de sistemas de rega na parcela: sistemas de rega por aspersão e sistemas de rega localizada;

3.1.3 Sistemas de rega por aspersão

- Considerações gerais (revisão)
- Equipamentos (revisão)
- Bases para o dimensionamento e gestão (novo)
- Novas tecnologias (novo)



Cap. 3. Sistemas e tecnologias de rega

1. Considerações gerais

Rever ppts de Recursos Hídricos disponíveis no FENIX de Rega e Drenagem



Área Disciplinar Eng. Rural

Ramal de aspersores com uma extremidade fixa e outra móvel que descreve uma circunferência

O **centro do pivot** é uma estrutura de aço em forma de pirâmide, com um maciço de ancoragem, que apresenta:

- um tubo vertical com um cotovêlo inferior de ligação a uma tubagem enterrada (ou não);
- um cotovêlo superior que gira livremente, de ligação à rampa de aspersores;



manómetro

pressostato

caudalímetro

- válvula de retenção;
- elementos de controle:
- quadro com painel de comando

Ao quadro chegam:

- os cabos que colocam em contacto o pivot com a estação de bombagem, para que funcionem sincronizados;
- os cabos de alimentação dos motores das torres.

Nota: o pressostato pode parar o Pivot quando deteta uma pressão e facilitar um rearranque automático se mais tarde se voltar a recuperar a pressão necessária.



Área Disciplinar Eng. Rural

- Cada troço de rampa entre duas torres denomina-se de **tramo**.
- A rampa, geralmente de aço galvanizado, alumínio ou aço inoxidável e de diâmetro único, encontra-se montada a uma altura entre 2 e 4 metros, sobre torres de transporte
- rodas pneumáticas automotrizas (normalmente um pequeno motor eléctrico).



Cap. 3. Sistemas e tecnologias de rega

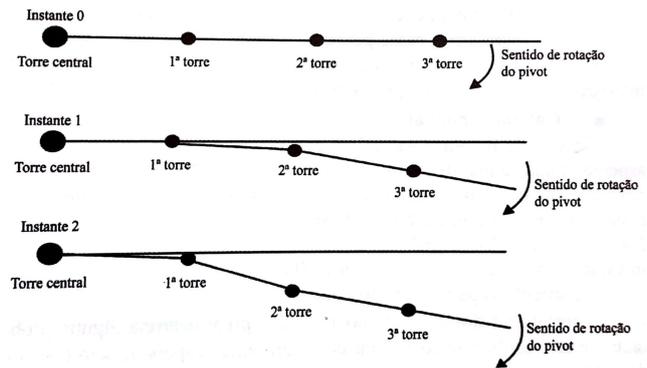
Área Disciplinar Eng. Rural

Mecanismo indutor do movimento do pivot

Cada torre tem um motor responsável pelo seu movimento;

Para garantir o alinhamento do pivot, primeiro avança a última torre (v máxima entre 1.8 a 3 m min⁻¹);

A ligação entre os tramos possui sensores de alinhamento. Sempre for detectado um ângulo entre duas torres contíguas, superior a um determinado valor (geralmente $20' = 19^\circ$), é dada ordem de arranque ou de paragem do motor dessa torre de modo a manter-se o alinhamento.



Área Disciplinar Eng. Rural

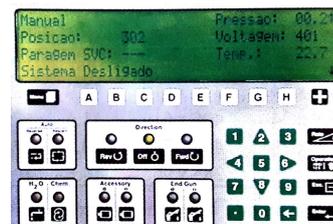
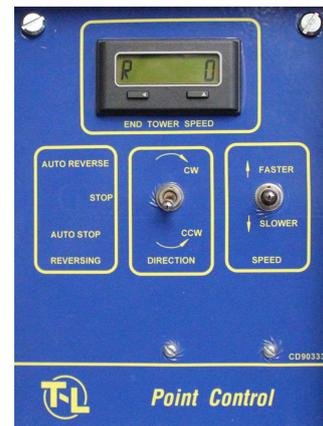


Quando se controla a velocidade de deslocação do Pivot controla-se a dotação de rega.

Para além do sentido da rotação é o único parâmetro de gestão nos Pivots correntes.

A velocidade geralmente vem expressa em %.

Em **rega de precisão** pode controlar-se a água debitada pelos aspersores em diferentes tramos do pivot e aumentar ou diminuir a velocidade em diferentes sectores circulares



Área Disciplinar Eng. Rural

Alguns valores típicos de dimensões das partes constituintes dos pivots

- Comprimento dos tramos entre 25 e 75 m. Mais frequente 35 m (tramo curto) e 50 metros (tramo longo).
- Comprimento da rampa entre 60 a 800 m (11 a 200 ha).
O investimento inicial por ha regado diminui com o aumento do ramal;
No entanto, o custo associado de manutenção, mão de obra, energia e água permanece praticamente contante a partir de 50-60 ha (400-450 m de rampa) por aumentar muito o consumo energético (Tarjuelo 1995).

Pivot maior de Portugal tem 800 m de comprimento ⇔ 200 ha; mais comum entre 400 e 600 m
Maior que há registo no mundo tem 1300 m de comprimento ⇔ 521 ha

- A potência dos motores elétricos varia entre 1.5 a 0.5 CV.
- A velocidade máxima da torre exterior varia geralmente entre 1.5 e 1.8 m min⁻¹, podendo alcançar 3 m min⁻¹ em rampas muito longas.
- Diâmetros nominais (externos) das rampas mais comuns: 4 ½" ou 114.3 mm, 5 9/16" ou 141.3 mm, 6 5/8" ou 168.3 mm, 8" ou 203.2 mm, 8 5/8" ou 219.1 mm e 10" ou 254 mm.
Em ramais de grande comprimento (> 500 m), é comum utilizar-se o diâmetro de 8" no 1º tramo, 6 5/8" no segundo tramo.

Área Disciplinar Eng. Rural

Tipos de aspersores usados nos pivots e rampas de deslocamento frontal

- Aspersores, bicos e reguladores de pressão: constituem apenas **7 % do custo** do sistema, mas são responsáveis por **70 % do seu desempenho**



i. Rotativos de Impacto:

- Sempre colocados por cima da rampa
- Actualmente estão em desuso pois exigem pressão elevada (> 3 bar, 30 m ou 300 kPa)
- Alcance do aspersor final entre 35 e 50 m



Aspersores de impacto (baixa, média e alta pressão):

18 - 24 metros em baixa pressão
140 a 280 kPa (20-40 psi)

27- 37 metros em média pressão
280 a 380 kPa (40-55 psi)

40 - 50 metros em alta pressão
380 a 560 kPa (55-80 psi)



Área Disciplinar Eng. Rural

ii. Difusores ou sprays

- São atualmente os mais utilizados nos pivots;
- Têm maior período de vida útil pois não têm partes móveis.
- Requerem baixa pressão (até 2 bar, 20 m ou 280 kPa)
- Alcance do aspersor final 6 a 21 m.
- Apresentam menor uniformidade de distribuição e maior pluviometria do que os ARI
=> potencia o escoamento superficial, em particular com declive.

Difusores lisos:

Alcance até 12 m
Pressão 35 a 140 kPa (5 a 20 m)

Difusores estriados "wob":

Alcance 12 a 16 m
Pressão 70 a 210 kPa (10 a 30 m)

Rotatores:

Alcance de 12 a 21 m
Pressão 100 a 280 kPa (15 a 40 m)



- Os aspersores estáticos podem ser colocados sobre a rampa
- ou em tubos de descida “drops”.



Cap. 3. Sistemas e tecnologias de rega



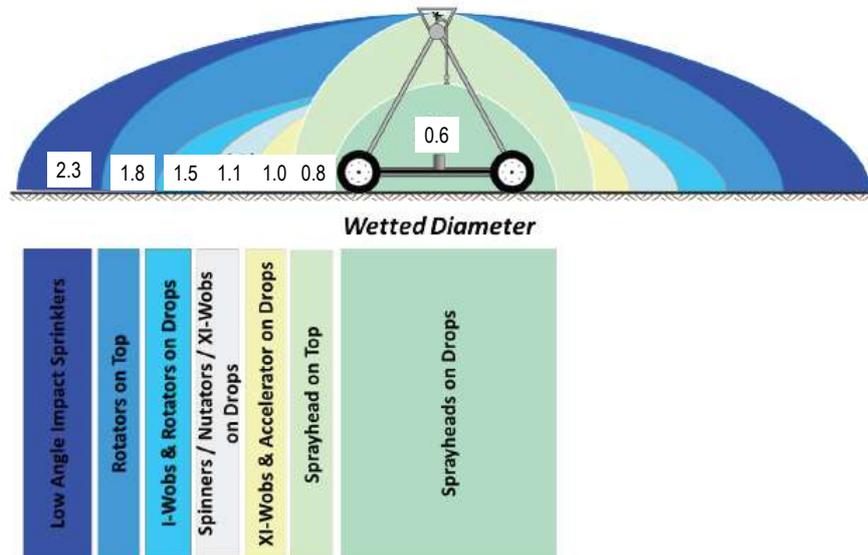
A nova geração de aspersores para pivots são **aspersores de baixa e média pressão**, permitindo maior uniformidade

Cap. 3. Sistemas e tecnologias de rega

Ex: marca Nelson

<p>ROTATOR® 10-50 psi (0.7-3.4 bar) 50-74' (15.2-22.6 m) Low Application Rate</p> <p>UP-TOP OR DROPS</p>	<p>The Rotator® features the greatest throw distance available on drop tubes. The wide water pattern from rotating streams equates to lower coverage application rates, longer soak time and reduced runoff. More overlap from adjacent sprinklers improves uniformity. 3000 Series (3TN nozzle) or 3030 Series (3NV nozzle).</p>	<p>ORBITOR 6-20 psi (0.4-1.4 bar) 36-60' (11.0-18.3 m) Low-Med. Application Rate</p> <p>DROPS</p>	<p>The Orbitor features new technology that eliminates the struts of a sprinkler body to provide outstanding uniformity and optimal droplets at low operating pressures. Designed with an innovative, bracketless assembly, debris hang up and water pattern misting common to conventional sprinklers are mitigated. 3000 Series (3TN nozzle) or 3030 Series (3NV nozzle).</p>
<p>ACCELERATOR 6-15 psi (0.4-1 bar) 30-55' (9.1-16.8 m) Low-Med. Application Rate</p> <p>UP-TOP OR DROPS</p>	<p>The Accelerator maximizes performance of in-canopy water application. Designed as a hybrid of Rotator® and Spinner technology, the Accelerator increases rotation speed through the nozzle range. Choose from Gold (maximum diameter), Maroon (wind-fighting) and Navy (up-top) plates. 3000 Series (3TN nozzle) or 3030 Series (3NV nozzle).</p>	<p>SPRAYHEAD 6-40 psi (0.4-2.8 bar) 16-40' (4.9-12.2 m) High Application Rate</p> <p>UP-TOP OR DROPS</p>	<p>The Sprayhead is a fixed spray designed with future needs in mind. As irrigation requirements change throughout the season, the Sprayhead features a flip-over cap to change spray patterns. It's easily convertible to LEPA or other sprinkler types. 3000 Series (3TN nozzle) or 3030 Series (3NV nozzle).</p>
<p>SPINNER 10-20 psi (0.7-1.4 bar) 42-54' (12.8-16.5 m) Low-Med. Application Rate</p> <p>UP-TOP OR DROPS</p>	<p>The Spinner utilizes a free-spinning action to produce a gentle, rain-like water pattern. Designed for more sensitive crops and soils, low instantaneous application rates and reduced droplet kinetic energy help maintain proper soil structure. 3000 Series (3TN nozzle) or 3030 Series (3NV nozzle).</p>	<p>TRASH-BUSTER PRESSURE & THROW DEPENDS ON SPRINKLER SELECTION Low-High Application Rate</p> <p>UP-TOP OR DROPS</p>	<p>Developed for the land application of wastewater, the T3000 Trashbuster features an open-architecture body design to pass debris more easily. Available with the 3000 FC, a plug-resistant, flow compensating sprinkler package can simplify maintenance. 3000 Series only (3TN or 3000 FC nozzle).</p>

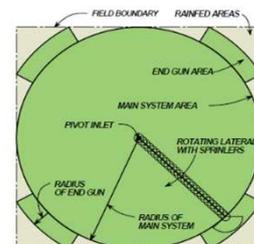
Diâmetros molhado (m) aproximados dos diferentes tipos de emissores de baixa pressão



Área Disciplinar Eng. Rural

ii. Canhões de extremidade

- Na extremidade da rampa pode existir um aspersor de grandes dimensões que funciona com pressão entre 350 e 500 kPa (35 e 50 m);
- Objetivo:
 - aumentar o raio regado entre 13 a 15 m, mas com uma uniformidade de distribuição baixa principalmente em zonas ventosas;
 - regar os cantos das parcelas, não abrangidos pelo círculo molhado.



- É geralmente necessária a existência de uma bomba sobrepessora

Área Disciplinar Eng. Rural

Reguladores de pressão

Frequentemente é necessário colocar reguladores de pressão a montante do aspersor, de modo a eliminar o efeito da variação da cota do terreno durante o movimento da máquina.

Relação entre pressão de funcionamento e caudal debitado:

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

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



A função de um regulador de pressão é a de **reduzir o efeito da variação de pressão da água à entrada do aspersor sobre o caudal debitado**, independentemente das **variação de pressão do sistema devido a alterações nas condições hidráulicas, elevações no terreno, oscilações na bombagem, etc.**



Área Disciplinar Eng. Rural

Recomendações para utilização de reguladores de pressão com base nas diferenças de elevação

- Se o terreno for plano, a menor pressão verifica-se no último aspersor da rampa, devido à perda de carga, e não são necessários reguladores de pressão devido ao desnível;
- Considera-se o uso quando a topografia provoca variação de pressão superiores a 20 % da pressão de catálogo, o que corresponde a variações de caudal de 10 % (lembrar a regra dos 20 % que falámos nos sistemas fixos de rega por aspersão. Também se aplica nas rampas dos Pivots!).



Para mais equipamentos consultar, por exemplo, o link:
https://nelsonirrigation.com/library/Pivot_PP2EG_03061PT_01262017.pdf

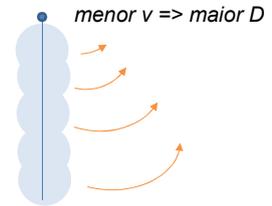
Área Disciplinar Eng. Rural

Porque ocorrem taxas de aplicação (pluviometrias) variáveis ao longo do sistema (maiores no final da rampa)?

Relembrar definições de caudal (q), pluviometria (PI) e dotação (D)

À medida que a distância ao centro da máquina aumenta o tempo de rega diminui;

- Uma vez que a velocidade linear da rampa aumenta com o aumento da distância ao centro;
- se os aspersores estiverem igualmente espaçados ao longo do ramal e debitarem o mesmo caudal, vão aplicar dotações cada vez menores do centro para a periferia.



maior $v \Rightarrow$ menor D

Para dar a mesma dotação a todos os pontos do terreno, será então **necessário aumentar a pluviometria à medida que a distância ao centro do pivot aumenta**;



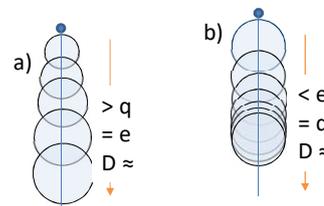
Este é o maior problema destas máquinas de rega, que podem trabalhar com pluviometrias muito elevadas (ao nível de uma “chuva torrencial”).

Área Disciplinar Eng. Rural

Há duas opções para aumentar a pluviometria:

- Aspersores à mesma distância com caudais diferentes: para que a dotação aplicada seja constante o caudal de cada aspersor, e portanto o diâmetro do bico, deve aumentar na direcção da periferia.
- Aspersores iguais a distâncias cada vez mais pequenas

Esta disposição dos aspersores, onde é indicado o diâmetro do orifício do emissor, o seu caudal e tipo de regulador (caso se aplique) é designada de **carta de rega do pivot** e é obtida aquando do seu dimensionamento.



Área Disciplinar Eng. Rural

carta de rega de um pivot

AS5054-1 24 Apr 2014 LINDSAY , 7 TOWER, 740 gpm, 22 psi PAGE 3

---OUTLET---	-REG-	PSI	---	---	---	---	---	---	---
No	Loc	Sep	Model	RegIn	Req	Del	Model	Plate	SpNo.
111	271.3	9.8	LB10	27.8	2.1	2.1	A3000	Navy	26 #19 Gray w/trqu
-x-							PLUG 3		
115	281.0	9.8	LB10	27.7	2.3	2.3	A3000	Navy	27 #20 Turquoise
-x-							PLUG 3		
119	290.8	9.8	LB10	27.6	2.3	2.3	A3000	Navy	28 #20 Turquoise
-x-							PLUG 3		
123	300.7	9.8	LB10	27.5	2.4	2.3	A3000	Navy	29 #20 Turquoise
-x-							PLUG 3		
127	310.3	9.6	LB10	27.4	2.5	2.5	A3000	Navy	30 #21 Trqu w/yllw
-x-							PLUG 3		
131	320.2	9.8	LB10	27.3	2.6	2.5	A3000	Navy	31 #21 Trqu w/yllw
-x-							PLUG 3		
135	329.9	9.8	LB10	27.2	2.7	2.8	A3000	Navy	32 #22 Yellow
-x-							PLUG 3		
139	339.7	9.8	LB10	27.1	3.1	3.0	A3000	Navy	33 #23 Yllw w/red
-x-							PLUG 3		
	349.6		TOWER NO. 2				INLINE PRESSURE: 27.0 psi		
143	350.5						PLUG		
144	352.5	12.8>	LB10	26.9	3.3	3.3	A3000	Navy	34 #24 Red
-x-							PLUG 3		
148	362.3	9.8	LB10	26.8	2.9	3.0	A3000	Navy	35 #23 Yllw w/red
-x-							PLUG 3		
152	372.0	9.8	LB10	26.7	2.9	3.0	A3000	Navy	36 #23 Yllw w/red
-x-							PLUG 3		
156	381.8	9.8	LB10	26.6	3.0	3.0	A3000	Navy	37 #23 Yllw w/red
-x-							PLUG 3		
160	391.7	9.8	LB10	26.5	3.1	3.0	A3000	Navy	38 #23 Yllw w/red
-x-							PLUG 3		
164	401.3	9.6	LB10	26.5	3.2	3.2	A3000	Navy	39 #24 Red

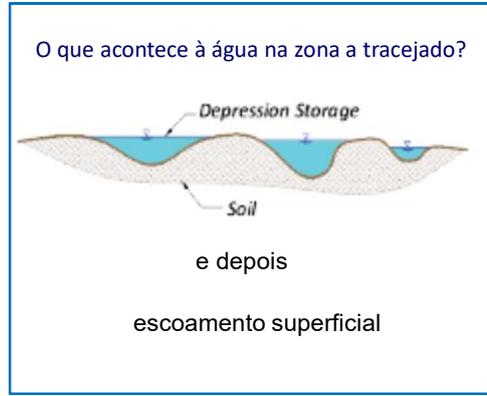
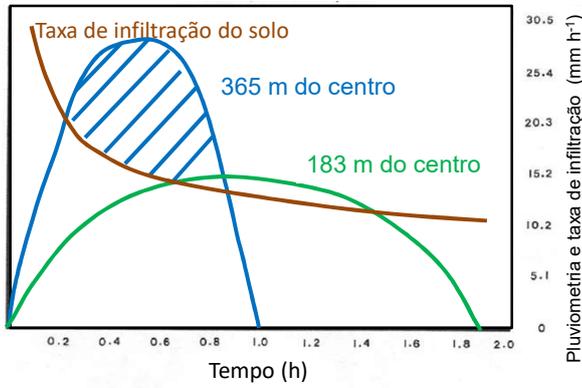
A **carta de rega do pivot** apresenta:

- as distâncias dos diferentes aspersores em relação ao centro do pivot,
- o tipo de aspersor o caudal debitado por cada aspersor,
- o diâmetro do bico dos aspersores;
- o regulador de pressão necessário em cada aspersor;
- o caudal que entra no pivot, a pressão necessário à entrada do pivot

Para evitar problemas de uniformidade das dotações aplicadas ao longo do pivot, a instalação dos aspersores na rampa deve seguir exatamente o que consta na carta de aspersores.

Exemplo de pivot com raio de 365 m

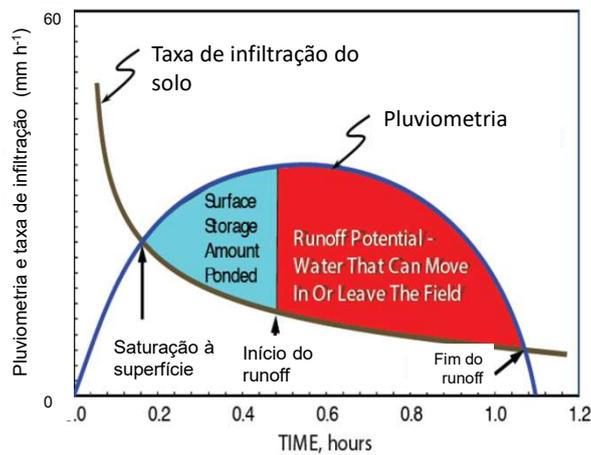
Velocidade = 56 h por volta



A extremidade do pivot tem que aplicar a mesma quantidade de água num intervalo de tempo menor

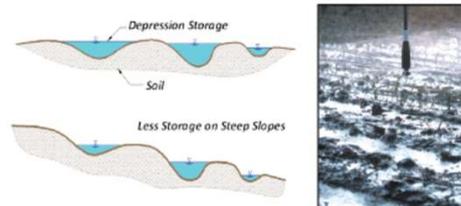


Aspersores com maior pluviometria de centro para a periferia



(a) Quando a água é aplicada a uma taxa superior à taxa de infiltração do solo, o excesso acumula-se nas depressões existentes à superfície do solo;





(b) Se a capacidade de armazenamento das depressões for ultrapassada, a água escorre à superfície;

- Nos declives elevados, a capacidade de armazenamento das depressões à superfície do solo diminui.

Área Disciplinar Eng. Rural

Medida de uso eficiente de água muito importante em solos de textura pesada consiste na armação do solo em covachos



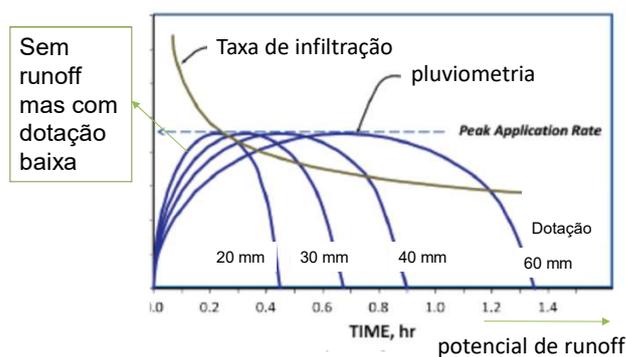
Área Disciplinar Eng. Rural

- A pluviometria máxima é determinada pela carta do aspersor;
- A duração da rega origina uma determinada dotação;
- A dotação é, portanto, controlada pela velocidade do pivot;
- Aumentando a velocidade, diminui-se a duração da rega, reduzindo a dotação. Deste modo pode reduzir-se o *runoff*, correndo o risco de não se satisfazerem as necessidades de rega

Reduzir a dotação não diminui a pluviometria!!!

Porquê?

Efeito da dotação por rega sobre o escoamento superficial (*runoff*)



Limitações à utilização do pivot

1. Topografia do terreno Porquê?

A adaptação é possível graças aos acoplamentos flexíveis entre os tramos da rampa

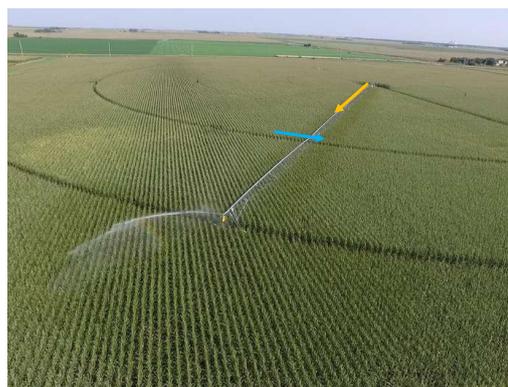
Distinguem-se dois tipos de declives:

- Radial - segundo a direção do raio;
- Tangencial – correspondente ao caminho que seguem as torres

Geralmente adotam-se os seguintes limites:

Comprimento do tramo	Declive	
	Radial	Tangencial
Tramo largo (50 m)	10 %	10 %
Tramo curto (38 m)	15 %	30 %

Área Disciplinar Eng. Rural



Limitações à utilização do pivot

2. Textura/estrutura do solo**Porquê?**

Deve ser inspecionada a **extremidade do pivot**, na **zona mais declivosa** do terreno, para determinar se o escoamento é um problema;

Reduzir a dotação, por aumento da **velocidade do pivot**, é a única opção disponível para os regantes época de rega para, durante a época de rega, **reduzirem o escoamento superficial**, se este for um problema;

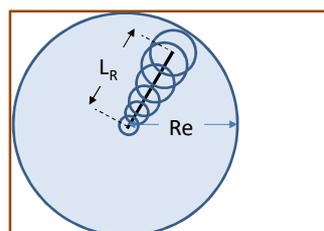
As soluções de longo prazo incluem o aumento do armazenamento na superfície do solo através da **abertura de covachos** e do aumento da **quantidade de resíduos** das culturas.



Área Disciplinar Eng. Rural

Bases para o dimensionamento(a) Determinação do **raio molhado efetivo da área a regar (Re)**

- Geralmente obtém-se dividindo a dimensão menor da parcela a regar por dois;
- O comprimento da rampa, L_R , será menor do que este, devido ao alcance do ultimo aspersor;
- Não inclui canhão de extremidade.



$$Re = L_R + r_f$$

r_f é o alcance do aspersor de extremidade

L_R é o comprimento da rampa

Área Disciplinar Eng. Rural

- (b) Determinação da **evapotranspiração de ponta** de acordo com série histórica de dados climáticos e probabilidade de não excedência escolhida;
- (c) **Atribuição da eficiência de aplicação**, que depende do tipo de aspersores utilizados no pivot.

Sistemas de rega	Eficiências (%)
• Rega por aspersão	
Sistemas estacionários de cobertura total	65 – 85
Sistemas estacionários deslocáveis manualmente	65 – 80
rampas com rodas	65 – 80
Aspersores canhão com enrolador ou com cabo	55 – 70
Rampas móveis, com pivot central	65 – 85

Tipo aspersor	Ea (%)
Rotativo impacto	75
<i>Spinner</i>	78
<i>Rotator</i>	80



Rotativo: alta pressão



Spinner: aspersor rotativo mais rápido e de mais baixa pressão



Rotator: maior alcance e menor pluviometria que o *spinner*. Média pressão

Área Disciplinar Eng. Rural

(d) Determinação da área a regar

- Área regada pelo pivot, A (ha)

$$A = \pi \frac{Re^2}{10000} P$$

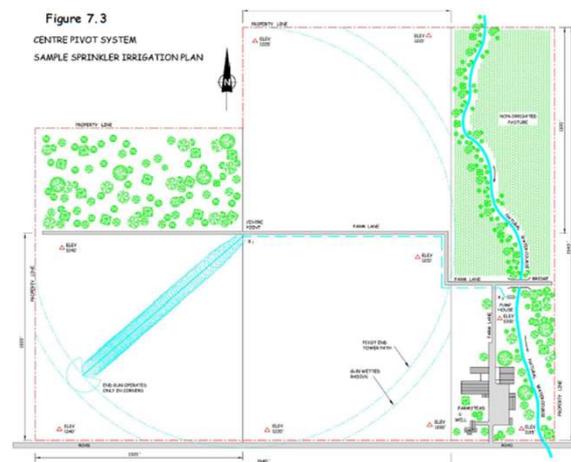
Re - Raio efetivo regado pelo pivot = $L_R + r_f$

r_f – raio molhado pelo aspersor da extremidade (m);

L_R – comprimento da rampa (m);

P – fração de círculo a regar.

Exemplo de pivot a regar 75 % do círculo



Área Disciplinar Eng. Rural

(e) Determinação da capacidade do sistema

Nota introdutória: O intervalo máximo entre regas para um pivot geralmente não é calculado, considerando-se que este aplica água diariamente para atender à taxa de evapotranspiração máxima. Funciona à semelhança dos sistemas de rega localizada, **repondo a humidade do solo diariamente para corresponder à quantidade retirada pela cultura**. O intervalo máximo de rega é, portanto, apenas um dia ou um pouco mais longo, caso não se consiga aplicar a ET/E_r num só dia.

- **Capacidade do sistema, C_s ($L s^{-1}$):** Caudal para satisfazer as necessidades de rega em período de ponta com o nível de garantia pré estabelecido, caso o pivot regue continuamente (regas diárias com duração de 24 h). Corresponde, portanto, ao **caudal mínimo necessário**. (é útil para sabermos se o caudal disponível é suficiente para determinado pivot e características da parcela)

$$C_s = 0.116 \frac{NU A}{E_f}$$

NU – necessidades úteis de rega em período de ponta (mm/dia), ou seja ET-P; A - área regada (ha); E_f – eficiência do sistema de rega (decimal).

Se existir um **canhão de extremidade**, o seu caudal deve ser calculado separadamente, com base no raio extra coberto pelo canhão, mesmo que este só funcione periodicamente. Deste modo a pluviometria do canhão será semelhante à do pivot.

$$C_s = C_R + C_{CE}$$

C_{ce} – caudal do canhão de extremidade ($L s^{-1}$);

C_R - caudal da rampa ($L s^{-1}$);

Área Disciplinar Eng. Rural

(f) Determinação do caudal do sistema para o esquema de rega pretendido

- **Caudal do sistema, Q_s ($L s^{-1}$):** Caudal que a máquina deve fornecer, de acordo com o IR e o Tr selecionados.

$$Q = 0.116 \frac{NU A}{E_f \cdot Fd}$$

NU – necessidades úteis de rega em período de ponta (mm/dia), ou seja ET-P;

A - área regada (ha);

E_f – eficiência do sistema de rega (decimal);

Fd – Fracção diária de rega = $Tr/24$

Exercício 3:

Um pivot com uma rampa de 350 m (7 torres espaçadas de 50 m) apresenta na extremidade um aspersor com alcance de 10 m. A velocidade de rotação máxima da torre exterior é de 1.8 m min⁻¹. A eficiência de aplicação da máquina é de 85 %. Pretende-se que o Pivot não regue durante as 4 h do dia em que o tarifário de energia é mais elevado. Em período de ponta, a cultura a regar apresenta necessidades ETc de 7.5 mm dia⁻¹. Neste período não ocorre precipitação.

a) a área regada;

(40.7 ha);

b) a capacidade do sistema;

(41.4 L s⁻¹);

c) o caudal de entrada no pivot;

(50 L s⁻¹);

(g) Determinação da taxa de aplicação ou pluviometria

- Pluviometria máxima (na extremidade da rampa) (mm h^{-1})

$$P_{luv} = \frac{3600 \cdot Q \cdot Cp_e}{L_R \cdot rf}$$

Q – caudal que entra no sistema (L s^{-1});

r_f – raio molhado pelo maior aspersor, localizado na extremidade da rampa (m);

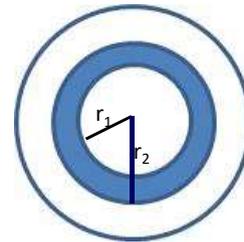
L_R – comprimento da rampa (m);

Cp_e – fração da água emitida pelos aspersores, que chega ao solo;

- Pluviometria a qualquer distância j

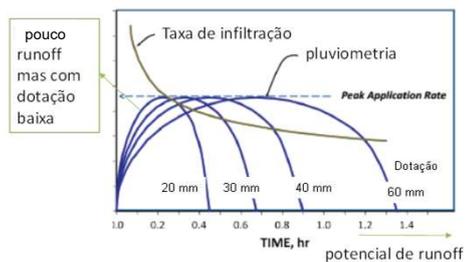
$$P_j = \frac{Q_s}{A_{coroa}}$$

$$A_{coroa \text{ regada por um aspersor}} = \pi(r_2^2 - r_1^2)$$

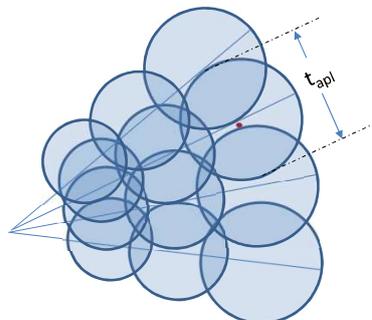


Área Disciplinar Eng. Rural

(h) Velocidade mínima na extremidade do pivot sem escoamento superficial



Se o $t_{apl} > t_{max}$ (ver slide seguinte) ocorrerá empoçamento de água à superfície e perdas por escoamento superficial



A duração da aplicação de água pelo pivô em cada ponto (t_{apl}) é um fator crítico para a determinação da velocidade de projeto.

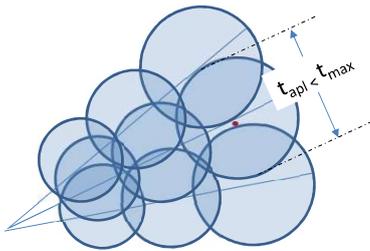
Área Disciplinar Eng. Rural

O Quadro seguinte pode ser usado como um guia para a determinação da duração máxima da aplicação da água em cada ponto (t_{\max}), conhecida a relação entre a pluviometria máxima do pivot (PI_{\max}) e a taxa de infiltração do solo (T_{inf})

T_{\max} (min)	$PI_{\max} / T_{\text{inf}}$
15	2.50
20	2.25
30	2.00
60	1.75
90	1.50
120	1.25

Área Disciplinar Eng. Rural

Qual a distância correspondente ao tempo de aplicação?



Eq movimento uniforme: $x = v \cdot t \Rightarrow v = \frac{x}{t} \Leftrightarrow v_{\min} = \frac{2 \cdot r_f}{t_{\max}}$

Sendo v_{\min} a velocidade mínima da última torre para que não ocorra escoamento superficial (m min^{-1}); t_{\max} o tempo máximo de aplicação de água sobre determinado ponto (min) (Quadro slide anterior)

(i) Tempo necessário para o pivot dar uma volta

$$t_{\text{volta}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L_R}{60 \cdot v}$$

t_{volta} o tempo necessário para o pivot dar uma volta completa (h);
 v a velocidade da última torre (m min^{-1})

Se v for a v_{\min} , então o t_{volta} é o tempo máximo que o pivot deve demorar a dar uma volta

Área Disciplinar Eng. Rural

Continuação do exercício 3

- d) a pluviometria máxima do pivot (considere que $C_{Pe} = 0.8$); (411 mm h^{-1})
- e) entre que valores pode ser gerida a velocidade do pivot para que não ocorra escoamento superficial ($T_{\text{inf solo}} = 19 \text{ mm h}^{-1}$)? $(0.8 \text{ e } 1.8 \text{ m min}^{-1})$
- f) quais os valores dos tempos de rega, dotações de rega e intervalo entre regas para as velocidades apresentadas em d)? $(45.8 \text{ e } 20.35 \text{ h; } 20 \text{ e } 9 \text{ mm; } 1 \text{ e } 2.27 \text{ dias})$

Área Disciplinar Eng. Rural

O pivot normalmente aplica uma quantidade relativamente pequena de água durante cada volta.

A pouca quantidade de água aplicada não tem a oportunidade de descer para a zona raiz durante as condições climáticas de ponta, uma vez que é imediatamente absorvida pelas raízes mais superficiais. A parte inferior do perfil do solo pode, portanto, secar em demasia.

Como resultado, as raízes desenvolvem-se apenas na camada mais superficial do solo, sendo incapazes de explorar o solo e de garantir a estabilidade das plantas quando estas crescem.



Área Disciplinar Eng. Rural

Poderá parecer que há muita água disponível no solo, pois a superfície pode parecer húmida, mas na realidade há muito pouca humidade mais abaixo na zona raiz.

No início da época de rega, na primavera, quando geralmente há muita água disponível, o pivot devem ser gerido de modo a aumentar o armazenamento de água do solo para cerca de 75% a 90% da capacidade do campo.

Durante os períodos de colheita ou se a escassez de água ocorrer no final da estação, o armazenamento do solo que foi construído está então disponível para compensar as possíveis deficiências que podem ocorrer devido a interrupções na operação da máquina.

j) Determinação da pressão necessária à entrada do Pivot, h_0 ou p_0

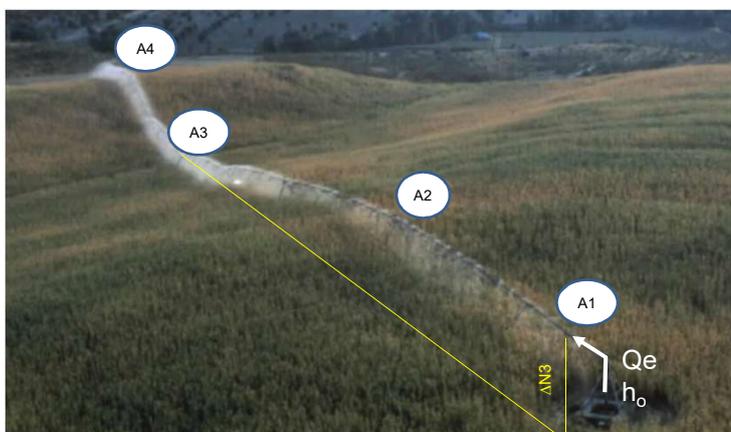
A pressão disponível para cada aspersor ao longo do pivot depende de :

- Pressão da água à entrada do pivot, h_0 ;
- Perdas de carga a longo do pivot, ΔH ;
- Desnível entre cada aspersor e a entrada do pivot ΔN .

Se o desnível ΔN_3 for de 7 m => ganho de 7 m de energia no A3, que compensa parcialmente, totalmente, ou excede a perda de carga

Num mesmo aspersor a pressão pode variar ao longo do seu percurso, sendo maior quando este passa em terreno de cota mais baixa

Nota: as ligações entre os tramos são articuladas, podendo o movimento ocorrer nas direções horizontal e vertical



Porque é importante calcular a pressão necessária à entrada do pivot?

a) Há falta de uniformidade na dotação aplicada transversalmente ao pivot

b) Há diminuição uniformidade de distribuição água ao longo do pivot

O que resulta na diminuição da dotação aplicada nos tramos mais exteriores, que são os que regam a maior percentagem de área

c) O caudal admitido no pivot diminui (se pressão baixa)

O que resulta na diminuição da dotação aplicada em todo o comprimento, originando diminuição da dotação aplicada em toda a parcela. O efeito cumulativo ao longo da época de rega pode provocar stress hídrico grave na cultura

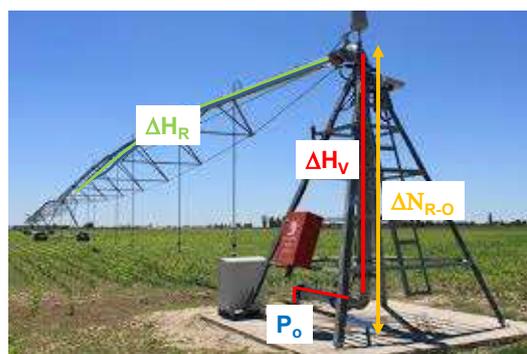
Determinação da pressão necessária à entrada do Pivot, P_o

Equação de Bernoulli

$$\frac{P_o}{\gamma} + Z_o + \frac{v_o^2}{2g} = \frac{P_f}{\gamma} + Z_f + \frac{v_f^2}{2g} + \Delta H$$

$$\frac{P_o}{\gamma} = \frac{P_f}{\gamma} + (Z_f - Z_o) + \left(\frac{v_f^2}{2g} - \frac{v_o^2}{2g}\right) + \Delta H$$

$$\frac{P_o}{\gamma} = \frac{P_f}{\gamma} + (\Delta N_{R-O} + \Delta N_{Rf-Ri}) + \Delta H_v + \Delta H_R$$



Há ainda o termo ΔN_{Rf-Ri} , que traduz o desnível entre as duas extremidades da rampa

ΔH_v → Hazen-Williams com caudal continuo e localizadas = 10 % das contínuas

ΔH_R → Hazen-Williams com serviço uniforme no percurso (método troço a troço ou método de Christiansen) e localizadas = 20 % contínuas

Determinação das perdas de carga do escoamento

$$\Delta H = jL + \sum h_s \quad \leftarrow \% \text{ de } J$$

$$v = 0.894 \cdot C_{HW} R^{0.63} j^{0.54}$$

Valores utilizados para o coeficiente C_{HW} :

Aço galvanizado	125
Aço soldado	130
Ferro fundido revestido	125

Área Disciplinar Eng. Rural

Serviço uniforme no percurso – corrigir J , multiplicando pelo fator F de Christiansen
Usar tabela (1) ou equação (2)

Tabela 18. Valores do fator de Christiansen (F) para cálculo da perda de carga em tubulação de múltiplas saídas equidistantes nas fórmulas Universal, Hazen-Williams e Flamant.

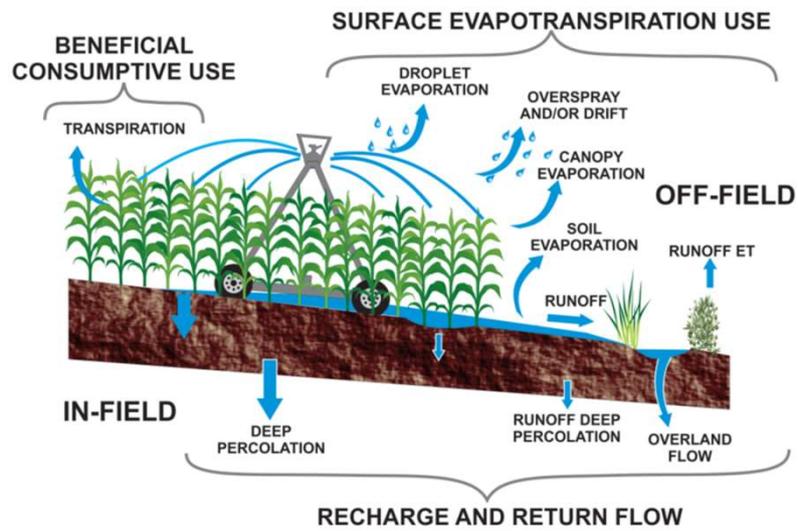
(1)

Número de Saídas	Fator "F" de Christiansen			Número de Saídas	Fator "F" de Christiansen		
	Universal	Hazen-Williams	Flamant		Universal	Hazen-Williams	Flamant
1	1,000	1,000	1,000	16	0,365	0,381	0,395
2	0,625	0,639	0,650	17	0,363	0,380	0,394
3	0,518	0,535	0,546	18	0,361	0,379	0,392
4	0,469	0,486	0,498	19	0,360	0,377	0,390
5	0,440	0,457	0,469	20	0,359	0,376	0,389
6	0,421	0,435	0,451	22	0,357	0,374	0,387
7	0,408	0,425	0,438	24	0,355	0,372	0,385
8	0,398	0,415	0,428	26	0,353	0,370	0,383
9	0,391	0,409	0,421	28	0,351	0,369	0,382
10	0,385	0,402	0,415	30	0,350	0,368	0,380
11	0,380	0,397	0,410	35	0,347	0,365	0,378
12	0,376	0,394	0,406	40	0,345	0,364	0,376
13	0,373	0,391	0,403	50	0,343	0,361	0,374
14	0,370	0,387	0,400	100	0,338	0,356	0,369
15	0,367	0,384	0,398	+ de 100	0,333	0,351	0,365

(2)
$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2}$$

Onde N é o nº de saídas de caudal e m é o expoente de velocidade na eq das perdas de carga unitárias, no caso do HW = 1.852

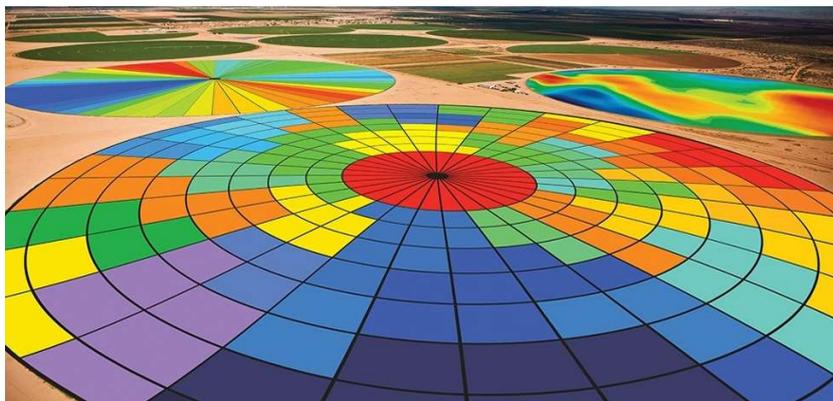
Área Disciplinar Eng. Rural



Balço hídrico num campo regado por pivot

Área Disciplinar Eng. Rural

Rega de precisão



Valley VRI is available with every **Valley ICON® smart panel**. According to VRI Product Manager Craig Bell, "Our customers requested that we make VRI available through their control panels, so that's what we did. It just made sense. To use **VRI Speed Control** and **VRI Zone Control** through their Valley ICON panels, irrigators simply need to navigate to the corresponding VRI menu and select the **VRI prescription** they want to run."

Área Disciplinar Eng. Rural

Equipamentos para adaptação da rampa pivotante e da rampa de deslocamento frontal

LEPA – Low energy precision application



Culturas a lanço

- Redução das perdas por *wind drift*
- Redução das perdas por escoamento superficial



Culturas em linha

Área Disciplinar Eng. Rural

Emissor mais adequado para diferentes situações

Text	Problema	Proposta de aspersor	Justificação
ligeira	elevada pulverização dos jactos - arrastamento pelo vento e evaporação excessivos	aspersores estáticos	sistema funciona a pressão mais baixa, o tamanho das gotas aumenta-menor susceptíveis a arrastamento pelo vento e a evaporação
ligeira	arrastamento das gotas dos jactos pelo vento e evaporação	aspersores estáticos montados em tubos verticais (drops)	reduz-se a distância do emissor relativamente ao coberto vegetal e, conseqüentemente, reduz-se o arrastamento pelo vento e a evaporação
média a ligeira	elevadas taxas de aplicação, pequeno alcance do jacto - originam perdas por escoamento superficial	aspersores rotativos	funcionando a pressões mais elevadas, estes emissores apresentam maior alcance e portanto menor taxa de aplicação, com a conseqüente redução das perdas por escoamento superficial
	devido à altura atingida pelo jacto este fica muito susceptível à acção do vento	aspersores rotativos de jacto raso	a trajectória percorrida pelo jacto é menor, diminuindo-se o arrastamento pelo vento e a evaporação
média a lig declive	grande distância entre os emissores e o solo, jacto susceptível ao efeito do vento e evaporação	sistema LEPA	aplica-se a água junto ao solo, minimizando-se o arrastamento pelo vento e a evaporação. Exige reguladores de pressão e armação dos sulcos em covachos

Outra medida de uso eficiente de água muito importante em solos de textura pesada consiste na armação do solo em covachos



Cap. 3. Sistemas e tecnologias de rega



Vídeos interessantes sobre pivots e rampas de deslocamento frontal:

https://www.youtube.com/watch?v=AlyvWK_VAwk

https://www.youtube.com/watch?v=g2_diP-5cMo

<https://www.youtube.com/watch?v=7hMkpVVBCck>

