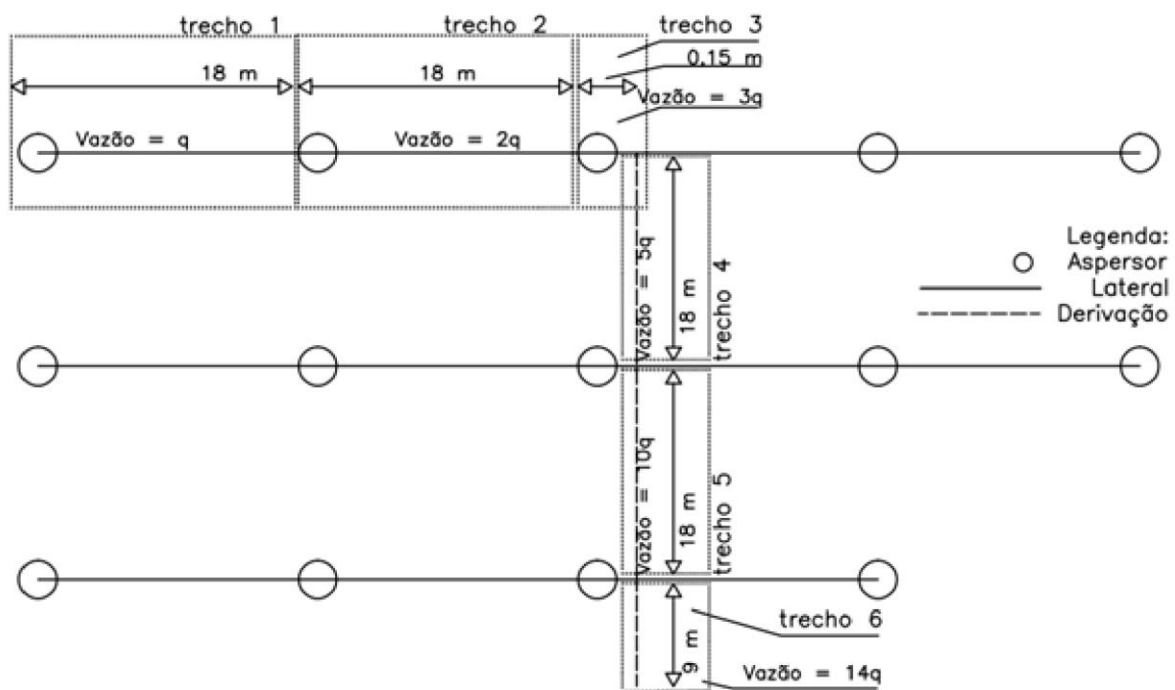


Projetos de irrigação por Aspersão



Allan Cunha Barros

Allan Cunha Barros

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Carlos Sérgio de Oliveira Silva

Pedro Robinson Fernandes de Medeiros

Cícero Renê Almeida Barbosa Júnior

Colaboradores

1ª. Edição

Arapiraca – AL

Edição do Autor

2018

Ficha catalográfica elaborada por:
Gerlane Costa S. de Farias - CRB-4/1802

B268p

Barros, Allan Cunha

Projetos de irrigação por aspersão [recurso eletrônico] / Allan Cunha Barros . –
Arapiraca: [s.n], 2018.

146 p: il.

ISBN: 978-85-455246-0-1

1. Irrigação. 2. Irrigação por aspersores 3. Silva, Carlos S. de Oliveira 4.
Medeiros, Pedro R. Fernandes de 5. Barbosa Júnior, Cícero R. Almeida I. Título

CDU 631.674.5

Dedico

Ao meu filho Guilherme, que mudou minha vida,
À minha sobrinha Lelê, por ser uma luz na minha vida,
À minha esposa Rosy, pelo incentivo,
À minha mãe Dona Lourdinha, pela minha formação.

SUMÁRIO

Apresentação	8
INTRODUÇÃO	9
CAPÍTULO 1	10
RELAÇÃO SOLO-ÁGUA-PLANTA-ATMOSFERA	
<i>Allan Cunha Barros e Cícero Renê Almeida Barboza Júnior</i>	
CAPÍTULO 2	18
CONHECIMENTOS BÁSICOS DE HIDROLOGIA E HIDRÁULICA PARA PROJETOS DE IRRIGAÇÃO	
<i>Allan Cunha Barros e Pedro Robinson Fernandes De Medeiros</i>	
CAPÍTULO 3	24
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO	
<i>Allan Cunha Barros</i>	
CAPÍTULO 4	28
ASPERSOR	
<i>Allan Cunha Barros</i>	
CAPÍTULO 5	36
TUBULAÇÃO E FILTROS	
<i>Allan Cunha Barros</i>	
CAPÍTULO 6	40
CRITÉRIOS DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO	
<i>Allan Cunha Barros</i>	
CAPÍTULO 7	44
CAD COMO FERRAMENTA EM PROJETO DE IRRIGAÇÃO	
<i>Carlos Sérgio de Oliveira Sila e Allan Cunha Barros</i>	
CAPÍTULO 8	59
DIMENSIONAMENTO DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO FIXA	
<i>Allan Cunha Barros</i>	
CAPÍTULO 9	76
DIMENSIONAMENTO EM ÁREA COM FORMATO REGULAR	
<i>Allan Cunha Barros</i>	
CAPÍTULO 10	96
DIMENSIONAMENTO DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO FIXA COM ESPAÇAMENTO 18 X 18	
<i>Allan Cunha Barros</i>	
CAPÍTULO 11	113
DIMENSIONAMENTO DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO FIXA (15 X 15) EM TOPOGRAFIA IRREGULAR	
<i>Allan Cunha Barros</i>	
CAPÍTULO 12	130
DIMENSIONAMENTO DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO FIXA (12 X 12) EM TOPOGRAFIA IRREGULAR	
<i>Allan Cunha Barros</i>	

Bibliografia Consultada	145
-------------------------------	-----

Apresentação

A criação de uma empresa de irrigação passa por algumas etapas, a principal é o conhecimento em projetos. Apesar de a literatura dispor de muitos materiais, julgo que ainda faltam muitas informações que devem ser entendidas pelos profissionais para que se atinja o sucesso esperado.

Em 2013 iniciei os estudos para a abertura de uma empresa de irrigação e foi a partir das indagações que desenvolvi este material que possui metodologia diferenciada dos materiais de irrigação já publicados.

A qualidade do material foi posta em prática durante a realização do *I treinamento para formação de projetistas*, no ano de 2017, em que foram corrigidos os erros e adicionados materiais que servirão para a formação do projetista.

No entanto, nada é perfeito e sugestões e críticas são bem vindas.

Allan Cunha Barros

INTRODUÇÃO

Apesar de muitos materiais da literatura informar sobre os procedimentos de cálculo para o dimensionamento da irrigação por aspersão, os recém-formados ainda precisam ter outras habilidades para que possam atuar como projetistas. Uma forma de consegui-las é através de estágios em empresas com conhecimento e atuação no assunto, mas nem sempre isso é possível; a outra forma é enfrentar o mercado e montar sua empresa de projetos e revenda de materiais de irrigação e ir se desafiando e aprendendo a cada dia.

Muitas dúvidas surgem nos primeiros projetos de irrigação, fazendo com que falte confiança na hora de dimensionar o projeto. As empresas sempre trazem materiais novos, novos conceitos e aguardar que estas informações cheguem através de livros e artigos não é uma boa escolha, já que estes levam certo tempo, longo muitas vezes, para que sejam publicados.

Pensando nisso, buscou-se, em tempo curto, escrever este material, que servirá de suporte e complementar aos outros já disponibilizados na literatura. Neste são fornecidos alguns conhecimentos básicos para a confecção de sistemas de irrigação por aspersão fixa, como o cálculo de lâminas e detalhes dos componentes dos sistemas e detalhes sobre o uso do CAD, que também podem ser vistos em outros materiais.

Como novidade, a metodologia de dimensionamento que utiliza os conhecimentos hidráulicos já consagrados, mas diferencia-se na forma que os cálculos são feitos. Essa metodologia de dimensionamento foi adaptada dos sistemas de irrigação paisagística, que por possuir aspersores de vazões diferentes deve ser dimensionada em partes, possibilitando o uso desta metodologia em áreas de topografia irregular e com número de aspersores diferentes em cada bloco.

Pequenas e médias propriedades agrícolas possuem potencial de uso com esta metodologia, já que em muitos casos deve-se explorar ao máximo a área, que não possui formato quadrado ou retangular, devendo ao projetista fazer alguns “malabarismos” para que toda a área seja irrigada.

Espera-se que esse material possa contribuir para a formação em projetos dos leitores e dar confiança e segurança aos futuros projetistas.

CAPÍTULO 1

RELAÇÃO SOLO-ÁGUA-PLANTA-ATMOSFERA

Allan Cunha Barros e Cícero Renê de Almeida Barboza Júnior

A água é o fator fundamental na produção agrícola e o solo é o local onde ela estará armazenada. Quantificar o tamanho deste reservatório é importante para o projetista de irrigação, já que ele influenciará no dimensionamento do projeto.

As características físicas do solo que quantificam a água no solo são: a capacidade de Campo, o Ponto de Murcha Permanente e a densidade do solo.

O limite superior de água que o solo consegue reter é chamado de Capacidade de Campo (CC), este é uma característica da textura e estrutura do solo. Solos mais argilosos possuem maior valor de CC, solos arenosos, menor. O limite inferior de água no solo é dado pelo ponto de murcha (PM). Os valores de CC e PM são dados em umidade à base massa ou volume.

Os valores de CC e PM são dados em umidade:

1- Quando dado em Umidade for à base massa:

$$\mu = \frac{msu - mss}{mss} \times 100 \quad (1.1)$$

em que:

U – umidade do solo à base massa, %

msu- massa de solo úmido, g

mss- massa de solo seco, g

2- Quando dado em Umidade à base volume:

$$\theta = \mu \times da \quad (1.2)$$

em que:

Teta- umidade à base volume, %

da – densidade do solo, g/cm³.

E a densidade do solo é dada em g/cm³. Determinada pela equação:

$$da = \frac{ms}{V} \quad (1.3)$$

em que:

da = densidade do solo, g/cm³

ms = massa do solo seca, g

V = volume do cilindro, cm³.

O intervalo entre a umidade na capacidade de campo e no ponto de murcha representa a disponibilidade total de água no solo (DTA), ou seja, quantos milímetros de água temos para cada cm de solo, a fórmula para calcular da DTA pode ser vista a seguir:

$$DTA = \frac{(CC - PM)}{10} \times d_a \quad (1.4)$$

em que:

DTA = disponibilidade total da água no solo, mm/cm

CC = capacidade de campo, % massa seca

PM = ponto de murcha, % massa seca

da = densidade aparente do solo, kg/dm³

Para quantificar o tamanho real do reservatório, ou a profundidade do mesmo, devemos considerar o tamanho efetivo do sistema radicular da nossa cultura, que será irrigada. Assim, tem-se que a capacidade total de água (CTA) no solo, que será dada por:

$$CTA = DTA \times z \quad (1.5)$$

em que:

CTA = capacidade total da água no solo (mm)

z = profundidade efetiva do sistema radicular (cm)

Alguns valores de profundidade efetiva do sistema radicular podem ser vistos na Tabela 1.1.

Tabela 1.1. Profundidade efetiva do sistema radicular de algumas culturas.

CULTURAS	PROFUNDIDADE (cm)	CULTURAS	PROFUNDIDADE (cm)
HORTALIÇAS		CEREAIS	
Alface	15 - 30	Amendoim	15 - 30
Batata	25 - 60	Cereais menores	50 - 100
Cebola	25 - 60	Feijão	15 - 30
Ervilha	50 - 70	Milho	30 - 60
Melão	20 - 40	Trigo	20 - 40
Milho doce	30 - 50	FORRAGEIRAS	
Quiabo	30 - 60	Alfafa	40 - 70
Pepino	35 - 50	Sorgo	50 - 100
Tomate	25 - 70	PLANTAS INDUSTRIAIS	
FRUTAS		Algodão	50 - 110
Abacaxi	30 - 60		
Banana	30 - 50		

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Manga	50 – 120	Cana de açúcar	50 - 120
Citros	60 – 150	Soja	40 - 70
Videira	50 – 100	Tabaco	30 - 60

Durante o manejo da irrigação não se pode deixar o nosso solo chegar a umidade no Ponto de Murcha, já que a planta, neste ponto não absorverá mais a água e entrará em déficit hídrico permanente, limitando sua produção. Para isso, adotamos um fator f , que limitará o tamanho do reservatório, e assim considerar-se-á o reservatório como sendo a capacidade real de água disponível para nossa planta (CRA):

$$CRA = CTA \times f \quad (1.6)$$

em que:

CRA = capacidade real da água no solo, mm

f = fator disponibilidade da água no solo

Geralmente o fator f tem valor de 0,5, mas na tabela abaixo é possível vê-lo para a maioria das culturas (Tabela 1.2).

Tabela 1.2. Valores do fator de disponibilidade da água no solo

CULTURA E PROFUNDIDADE DO SISTEMA RADICULAR	FATOR f
Frutas e vegetais de preços elevados, com raízes rasas	0,25-0,40
Frutas e culturas com sistema radicular de profundidade média	0,4-0,50
Forrageiras, grãos e culturas com sistema radicular profundo	0,50

A Irrigação real necessária (IRN) será dada pela CRA menos a precipitação efetiva, no entanto é muito comum em regiões mais secas que o o valor de CRA seja igual ao de IRN. Daí, o projeto de irrigação deve ser dimensionado para tal que seja possível aplicar uma lâmina de valor igual a CRA, ou IRN, corrigida pela eficiência do sistema, gerando o valor de irrigação total necessária (ITN).

$$IRN \leq CRA \quad (1.7)$$

em que:

IRN = irrigação real necessária, mm

CRA = capacidade real da água no solo, mm

Após isso, corrige-se a lâmina pela eficiência desejada do sistema de irrigação por aspersão, valores entre 80 a 90 %.

$$ITN = \frac{IRN}{Ea} \quad (1.8)$$

em que:

ITN = irrigação total necessária, mm

IRN = irrigação real necessária, mm

Ea = eficiência de irrigação, decimal

Foi descrito acima quais as fórmulas básicas para determinar a ITN, mas para isso é necessário determinar alguns dados físicos do solo. Dentre os dados de solo mais importantes no dimensionamento dos projetos estão: a umidade na capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha (PM), a densidade do solo (ds) e a velocidade de infiltração básica (VIB).

A determinação destes valores é comumente feita em laboratório, através de amostras de solo indeformadas, que foram coletadas em campo, e enviadas aos laboratórios. É muito comum que pequenos e médios produtores não queiram realizar a amostragem de terra para a coleta destes dados naquele momento, daí, faz-se uso de valores tabelados para o pré-dimensionamento dos projetos de irrigação por aspersão, para a realização de um pré-dimensionamento e posterior correção com dados gerados em laboratório.

Já foi observado que os valores de textura do solo possuem alta relação com a lâmina na capacidade de armazenamento de água no solo. Daí pode-se utilizar a Tabela 1.3.

Tabela 1.3. Textura e disponibilidade de água no solo.

Textura/Classe	Disponibilidade total de água (DTA)	
	mm água/cm de solo	m ³ /ha/cm de solo
Grossa (arenoso)	0,4 a 0,8	4 a 8
Média (médio)	0,8 a 1,6	8 a 16
Fina (argiloso)	1,2 a 2,4	12 a 24

Velocidade de infiltração Básica (VIB)

A velocidade de infiltração básica (VIB) é outro fator físico do solo que deve ser considerado no momento do dimensionamento de projetos de irrigação por aspersão.

A VIB é a velocidade máxima com que uma determinada lâmina de água infiltra no solo, ou seja, para que a água de chuva ou irrigação seja armazenada no solo, é necessário que ela se infiltre pela sua superfície. Se a intensidade da chuva (mm/h) ou da irrigação (mm/h) for maior que a velocidade de infiltração de água no solo (mm/h), haverá escoamento superficial de água (enxurrada) (Mendonça, 2010).

Para evitar que haja escoamento superficial de água em sistemas irrigados deve-se fazer um teste de infiltração de água no solo para calcular a velocidade de infiltração básica (VIB) e escolher um aspersor que aplique água a uma taxa menor que ela ($I_a < VIB$) (Mendonça, 2009).

Uma das metodologias para determinar a VIB é através do ensaio com anéis infiltrômetros. Que consiste na aplicação de água de forma ininterrupta até que a quantidade de água que infiltra fique constante ao longo do tempo. O procedimento de teste pode ser observado no anexo II.

Quando não se dispõe de equipamento pode-se também utilizar dados em que são estimados os valores máximos de intensidade de precipitação de um aspersor em função do tipo de solo (Tabela 1.4).

Tabela 1.4. Máxima intensidade de aplicação (mm/h) sugerida em função do tipo de solo e declividade. (Keller e Bliesner, 1990)

Textura	Declividade			
	0-5%	5-8%	8-12%	12-16%
Intensidade de aplicação máxima (mm/h)				
Arenoso	19 a 25	13 a 20	10 a 15	8 a 10
Siltoso	8 a 13	6 a 10	4 a 8	2,5 a 5
Muito argiloso	4	2,5	2	1,5

Assim, deve-se adotar um aspersor que tenha um índice de precipitação menor que esta taxa.

Consumo de água pela Cultura e pela Atmosfera – Evapotranspiração

A retirada da água do solo pela planta é chamada de transpiração e pela atmosfera de evaporação, daí, dá-se o nome de evapotranspiração a retirada de água do solo no processo agrícola.

A evapotranspiração (ET) pode ser estimada por diversas formas, mas para fins de projeto de irrigação, considera-se apenas a ET potencial da cultura (ET_{pc}), em que calcula-se o consumo máximo de uma cultura, para um mês mais quente do ano, em função do seu maior coeficiente de cultivo (K_c)

$$ET_{Pc} = ETo \times K_c \quad (1.9)$$

em que:

ET_{pc} = evapotranspiração potencial da cultura, mm/dia

K_c = coeficiente de cultura, adimensional

ETo = evapotranspiração de referência, mm/dia

Como visto o consumo hídrico do sistema é dado em mm (milímetros) a mesma forma que se expressa a precipitação. Uma lâmina de irrigação de 5 mm, equivale a 5 litros por m². Ou seja, se for computado que numa área de 1 ha aplicou-se uma lâmina de 3,5 mm, significa que foi aplicado um volume de 3,5 litros por m², resultando num volume total de 35000 litros em 1 há.

Os valores de ETo podem ser estimados de diversas formas, através de métodos diretos e indiretos. Alguns sites de dados climatológicos disponibilizam estes valores.

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Lembrando que deve ser adotado o maior valor para o dimensionamento do projeto de irrigação.

Os valores de kC são determinados em bibliografias, disponibilizadas em artigos científicos. Na tabela 1.5. podem ser visualizados alguns valores.

Tabela 1.5. Coeficiente de cultura para algumas espécies vegetais em diferentes estádios de desenvolvimento e condições climáticas (DOORENBOS & KASSAM, 1979; DOORENBOS & PRUITT, 1984)

CULTURAS	ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA ¹					Total no período de crescimento
	Inicial	Des. vegetativo	Meia Estação	Final Estação	Colheita	
HORTALIÇAS						
Alface			0,95-1,00 ²	0,90-1,00		
Batata	0,40-0,50	0,70-0,80	1,05-1,20	0,85-0,95	0,70-0,75	0,75-0,90
Cebola	0,40-0,60	0,60-0,75	0,95-1,05	0,95-1,05	0,95-1,05	0,65-0,80
Ervilha	0,40-0,50	0,70-0,85	1,05-1,20	1,00-1,15	0,95-1,10	0,80-0,95
Melão	0,40-0,50	0,70-0,80	0,95-1,05	0,80-0,90	0,65-0,75	0,75-0,85
Milho doce	0,30-0,50	0,70-0,90	1,05-1,20	1,00-1,15	0,95-1,10	0,80-0,95
Quiabo						0,75-0,90
Pepino				0,90-1,00		0,70-0,80
Tomate	0,40-0,50	0,70-0,80	1,05-1,25	0,80-0,95	0,60-0,65	0,75-0,90
CEREAIS						
Amendoim						0,85-0,90
Cereais menores			1,05-1,20			0,85-0,90
Feijão	0,30-0,40	0,65-0,70	0,95-1,05	0,90-0,95	0,85-0,95	0,85-0,90
Milho	0,30-0,50	0,70-0,85	1,05-1,20	0,80-0,95	0,55-0,60	0,75-0,90
Trigo	0,30-0,40	0,70-0,80	1,05-1,20	0,65-0,75	0,20-0,25	0,80-0,90
FRUTAS						
Abacaxi	0,40	0,40-0,60		0,40-0,60		
Banana	0,40-0,50	0,70-0,85	1,00-1,10	0,90-1,00	0,75-0,85	0,70-0,80
Citros	0,40	0,40-0,55	0,55-0,60		0,55	0,65-0,75
Manga	0,40	0,50-0,75	0,80-0,95		0,75	
Videira	0,35-0,55	0,70-0,80	0,70-0,90	0,60-0,80	0,55-0,70	0,55-0,75
FORRAGEIRAS						
Alfafa	0,30-0,40				1,05-1,20	0,85-1,05
Sorgo	0,30-0,40	0,70-0,75	1,00-1,15	0,75-0,80	0,50-0,55	0,75-0,85
PLANTAS INDUSTRIAIS						
Algodão	0,40-0,50	0,70-0,80	1,05-1,25	0,80-0,90	0,65-0,70	0,80-0,90
Cana de açúcar	0,40-0,50	0,70-1,00	1,00-1,30	0,75-0,80	0,50-0,60	0,85-1,05
Soja	0,30-0,40	0,70-0,80	1,00-1,15	0,70-0,80	0,40-0,50	0,75-0,90
Tabaco	0,30-0,40	0,70-0,80	1,00-1,20	0,90-1,00	0,75-0,85	0,85-0,95

OBS: 1 Inicial (germinação até 10% da cobertura do solo), desenvolvimento vegetativo (até 80% da cobertura do solo), meia estação (até o início da maturação), final da estação (até a colheita).

2 Primeiro número: sob alta umidade (UR min. > 70%) e vento fraco (V < 5 m/s)

Segundo número: sob baixa umidade (UR min.< 20%) e vento forte (V> 5 m/s)

Deve-se adotar no projeto o maior valor de Eto no maior ponto de consumo hídrico da cultura, ou seja maior Kc. A estimativa da evapotranspiração de referência, recomendada pela FAO Allen et al. (1998) é a pelo modelo de Penman-Monteith (P-M), atendendo a pela sua aplicabilidade para diferentes escalas de tempo e variação climática ao redor do mundo .

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900 U_2}{T + 273} \right) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1.10)$$

Em que:

ET₀ - evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith, mm.d⁻¹;

R_n - radiação líquida, MJ m⁻² d⁻¹;

G - fluxo de calor no solo, MJ m⁻² d⁻¹;

T - temperatura média do ar, °C;

V - velocidade média do vento a 2 m de altura, m s⁻¹;

(e_s-e_a) - déficit de pressão de vapor, kPa;

Δ- curva de pressão de vapor, kPa °C⁻¹;

γ - constante psicrométrica, kPa °C⁻¹, e 900 - fator de conversão.

No entanto, para fins de projeto em muitos casos é difícil conseguir os dados necessários para o cálculo. Alguns sites fornecem dados climáticos para diversas regiões. Quando os dados climáticos não são completos, deve-se adotar metodologias de estimativa da ETo mais simples, como a proposta por Hargreaves e Samani (1985) que se preocupavam com a falta de dados climatológico.

$$ET_0 = a \times \frac{R_A}{2,45} \times (T_{\max} - T_{\min})^b \times (T_{\text{média}} + c) \quad (1.12)$$

em que:

ET₀ – Evapotranspiração estimada pelo método de Hargreaves-Samani, mm.dia⁻¹;

R_A - radiação no topo da atmosfera, MJ.m⁻².s⁻¹;

T_{max} - temperaturas máxima do ar, ° C;

T_{min} - temperaturas mínima do ar, ° C;

T_{média} - temperaturas média do ar, ° C;

Os valores de (a), (b) e (c) são os parâmetros de ajustes da equação original proposta por Hargreaves e Samani (1985). O valor de “a” corresponde a 0,0023, o de “b” a 0,5 e de “c” a 17,8.

CAPÍTULO 2

CONHECIMENTOS BÁSICOS DE HIDROLOGIA E HIDRÁULICA PARA PROJETOS DE IRRIGAÇÃO

Allan Cunha Barros e Pedro Robinson Fernandes de Medeiros

Os princípios básicos de hidráulica e hidrologia são fundamentais para o dimensionamento dos sistemas de irrigação, são eles que responderão aos questionamentos sobre a disponibilidade de água disponível ao projeto e os diâmetros das tubulações que serão utilizadas no sistema.

Hidrologia básica

Todo sistema de irrigação consome diariamente uma determinada quantidade de água (volume) em função de um tempo, ou seja, todo sistema de irrigação necessita ser abastecido por uma vazão (Q).

A vazão pode ser dada em L/h; L/s; m³/h ou m³/s.

O sistema por aspersão deve ter vazão suficiente para que toda a área possa ser irrigada, quando isso não ocorre deve-se quantificar o volume total disponível por dia, e escolher qual estratégia pode ser adotada.

A determinação da necessidade de vazão de um projeto é dada pela equação:

$$Q_a = \frac{10 \times A \times ET_c}{E_a \times T_{id}} \quad (2.1)$$

em que:

Q_a = vazão aproximada, m³/h

A = área, ha

ET_c = evapotranspiração da cultura, mm/dia

E_a = eficiência de irrigação, decimal

T_{id} = tempo de irrigação diário, h

Há regiões com alta disponibilidade de água, em que o recurso não é limitante, em outras, o recurso é tão escasso que não é possível desenvolver a irrigação. Por isso, antes de dimensionar um sistema de irrigação é importante determinar a vazão disponível na área.

Hidráulica básica

Na irrigação é necessário utilizar a Hidrodinâmica para dimensionar aspersores, tubulações e bombas. Dimensionar significa “dar tamanho” (Mendonça, 2009).

Como explicado acima, a vazão é o volume de água que escoar em função de um determinado tempo. Este pode ser a vazão de um aspersor (L/h ou m³/h), ou a vazão que escoar em uma tubulação, ou a que será impulsionada por um sistema de bombeamento.

$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{Tempo}} \quad (2.2)$$

A vazão pode ser dimensionada em função da área transversal de passagem e a velocidade com que o líquido escoar. Como as tubulações são circulares e totalmente preenchidas com água por se tratar de um conduto forçado, a vazão pode ser expressa em função do diâmetro de um tubo e a velocidade com que o líquido irá escoar dentro da tubulação.

$$Q = \text{área} \times \text{Velocidade} \quad (\text{I})$$

$$\text{Área.círculo} = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad (\text{II}), \text{ daí temos que:}$$

$$Q = \frac{\pi \times d^2}{4} \times \text{Vel} \quad \text{Em função da do diâmetro e velocidade;}$$

$$\text{Vel.} = \frac{4 \times Q}{\pi \times d^2} \quad \text{Em função da vazão e diâmetro;}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times \text{Vel}}} \quad \text{Em função da do diâmetro e vazão;}$$

Exemplo: Determine a vazão de um líquido que escoar a uma velocidade de 1,5m/s num tubo de diâmetro igual a 50mm.

Convertendo: 50 mm = 0,05m, daí:

$$Q = \frac{\pi \times d^2}{4} \times \text{Velocidade} = \frac{\pi \times 0,05^2}{4} \times 1,5 = 0,003m^3 / s = 10,6m^3/h$$

Pressão e Irrigação por aspersão

O processo de condução de água no sistema de irrigação por aspersão se dá na forma pressurizada, ou seja, a água escoa na tubulação com pressão interna nos tubos superior a pressão atmosférica, para isso é necessário que haja energia disponível que impulse o líquido, fazendo com que o aspersor opere com pressão suficiente. Durante esta condução da água na tubulação ocorre perdas de pressão, que na hidráulica chama-se perdas de carga, que tem como símbolo h_f .

Estas perdas de carga são divididas em duas:

- Perda de carga ao longo da tubulação, ou somente perda de carga (h_f); e
- Perda de Carga localizada (h_{floc}).

A h_f se dá pelas perdas de energia que ocorrem pelo escoamento dos líquidos nas tubulações, e a h_{floc} se dá pelas perdas de energia geradas pelas peças especiais dos sistemas de irrigação, como exemplo: uma curva ou registro.

O somatório destas perdas pode ser chamada de perda de carga total (H_f), daí:

$$H_f = h_f + h_{floc} \quad (2.3)$$

Em que:

H_f – perda de carga total, mca;

h_f – perda de carga ao longo da tubulação, mca;

h_{floc} – perda de carga localizada, mca.

Perda de Carga – h_f

A perda de carga h_f pode ser determinada por diversas equações.

Dentre estas as mais utilizadas em irrigação por aspersão são:

- a) Hazen-Willians (H-W) – para tubos maiores que 50 mm.

$$h_f = 10,96171 \times \left(\frac{Q}{C} \right)^{1,852} \times \frac{L}{d^{4,8655}} \quad (2.4)$$

em que:

h_f = perda de carga calculada por Hazen-Willians, m;

Q = vazão, m^3/s ;

C = coeficiente de atrito de Hazen-Willians;

L = comprimento da tubulação, m;

d = diâmetro interno da tubulação, m.

O coeficiente C da equação se refere ao tipo de material da tubulação. Geralmente em projetos de irrigação por aspersão em pequenas e médias propriedades adota-se tubulações de PVC, cujo valor de C é 140.

b) Flamant – para tubos menores que 50 mm.

$$hf_{flamant} = 6,107 \times b \times Q^{1,75} \times \frac{L}{d^{4,75}} \quad (2.5)$$

em que:

hf = perda de carga calculada por Flamant, m;

Q = vazão, m³/s;

b = coeficiente de aspereza do tubo;

L = comprimento da tubulação, m;

d = diâmetro interno da tubulação, m.

O coeficiente b de Flamant para todos de PVC é de 0,000135.

Estas equações são para o cálculo da hf em tubos com apenas uma saída (Figura 2.1 a), quando a tubulação possui mais de uma saída (Figura 2.1 b) deve-se adicionar o coeficiente de correção da perda de carga, o coeficiente F de Christiansen, nas equações, conforme abaixo:

Para H-W:

$$hf = 10,96171 \times \left(\frac{Q}{C} \right)^{1,852} \times \frac{L}{d^{4,8655}} \times F \quad (2.6)$$

Para Flamant:

$$hf_{flamant} = 6,107 \times b \times Q^{1,75} \times \frac{L}{d^{4,75}} \times F \quad (2.7)$$

O valor de F é obtido através da equação:

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2xN} + \frac{m}{12xN^2} \quad (2.8)$$

em que:

F = Fator de correção de Christiansen;

m = expoente da vazão na equação de perda de carga;

N = número de saídas.

Apesar das equações citadas anteriormente possuírem grande uso na prática, a equação de Darcy-Weibach é uma das mais recomendadas pela sua precisão, no entanto seu uso tornou-se limitado por não ser tão prática quanto as equações acima, principalmente no momento de determinar o coeficiente de atrito “ f ”. Atualmente, com o uso de planilha eletrônicas facilitou a determinação do “ f ”.

$$hf_{Darcy-Weisbach} = f \times \frac{L}{Di} \times \frac{v^2}{2g} \quad (2.9)$$

em que:

$hf_{Darcy-Weisbach}$ = perda de carga calculada por Darcy-Weisbach, m;

L = comprimento total da tubulação, m;

D = Diâmetro interno da tubulação, m;

V=Velocidade de escoamento do fluido na tubulação, m/s;

g = aceleração gravitacional, m/s²; - adotar g = 9,8 m/s²

f = coeficiente de atrito.

A determinação do valor de f ocorre em função do Número de Reynolds (Re) e do tipo de aspereza do tubo. Para isso, foram desenvolvidas diversas equações como:

Equação de Hagen e Poiseuille, válida para $Re < 2000$

$$f = \frac{64}{Re} \quad (2.10)$$

Equação de Jensen, válida para $Re < 2000$

$$f = 3,42 \times 10^{-5} Re^{0,85} \quad (2.11)$$

Equação de Nikuradse, válida para $Re > 2000$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{e}{3,7d} \right) \quad (2.12)$$

Equação de Swamee e Jain, válida para $5000 < Re < 10^8$

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{e}{3,7d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (2.13)$$

Segundo Testezlaf e Matsura (2015) a equação de Blasius oferece simplicidade e precisão, sendo utilizada em sua publicação “**Engenharia de Irrigação: Tubos e Acessórios**”.

Equação de Blasius, válida para $4000 < Re < 10^5$

$$f = \frac{0,32}{Re^{0,25}} \quad (2.14)$$

em que:

Re = número de Reynolds.

O número de Reynolds representa o regime de escoamento do líquido e é dado pela equação a seguir:

$$Re = \frac{v \times Di}{\nu} \quad (2.15)$$

em que:

V = velocidade de escoamento do líquido na tubulação, m/s;

Di = diâmetro interno da tubulação, m;

ν = viscosidade cinemática do líquido, m²/s; - quando se utiliza água $\nu = 1,003 \times 10^{-6}$ m²/s à 20°C.

Perda de Carga localizada – hf

A perda de carga pode ser determinada de forma algébrica pela equação:

$$hf_{loc} = K \frac{V^2}{2g} \quad (2.16)$$

em que:

V = velocidade de escoamento do líquido na tubulação, m/s;

K – Constante que varia com o tipo e diâmetro da peça.

Para algumas peças especiais do sistema de irrigação por aspersão convencional deve-se calcular ou estimar individualmente o valor da perda de carga localizada, já que para algumas peças especiais, como o venturímetro e sistemas de filtragem, este tipo de perda é bastante significativo, gerando necessidade de pressão adicional ao sistema.

É pouco comum a determinação da hfloc para todas as peças especiais, neste material adota-se como o somatório da hfloc de todas as peças especiais o valor correspondente a 5% da altura manométrica total, que é o somatório das perdas de energia do sistema e das energias necessárias para vencer desníveis e colocar o aspersor para operar.

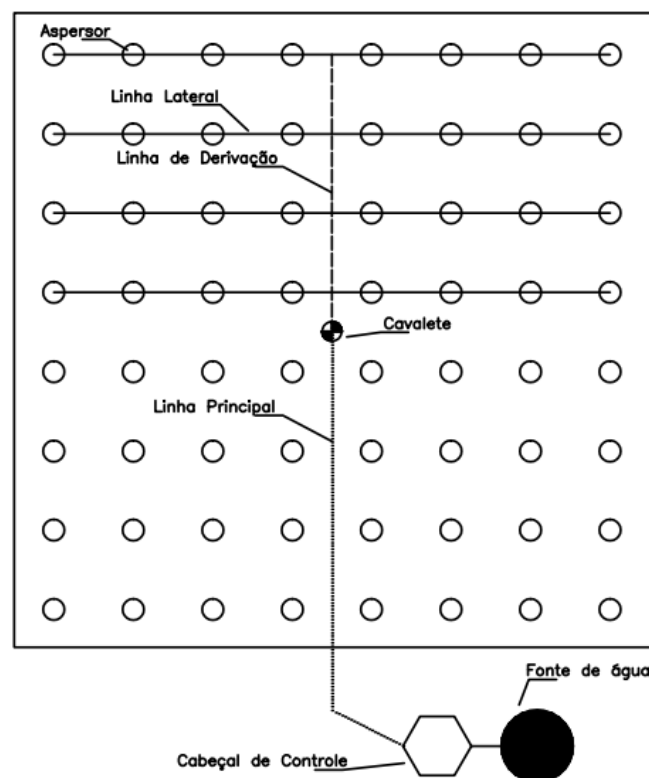
CAPÍTULO 3

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Allan Cunha Barros

O sistema de irrigação por aspersão convencional é composto por aspersor, linhas laterais, linhas de derivação, cavaletes, linha principal, cabeçal de controle e linha de sucção, conforme Figura 3.1.

Figura 3.1. Distribuição básica de sistema de aspersão convencional

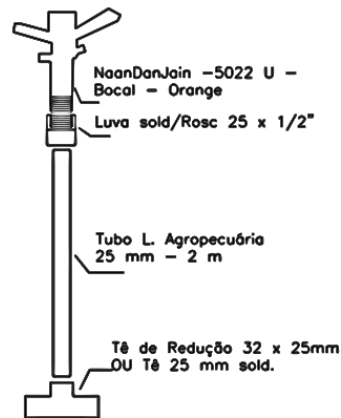


Fonte: Autor, 2018

Os aspersores são peças fundamentais no sistema de irrigação por aspersão e estão inseridos num tubo de subida, fazendo conexão com as linhas laterais. Na Figura 3.2 encontra-se um exemplo de desenho em CAD do aspersor e suas conexões.

Geralmente são necessários estruturas para fixação e manutenção dos aspersores na altura determinada. A altura de instalação é em função da altura das culturas que serão irrigadas e da profundidade de instalação das laterais (entre 0 a 60 cm).

Figura 3.2. Desenho em CAD do aspersor NaandanJain e suas conexões (sem escala).



Fonte: Autor, 2018

As laterais são as linhas onde estão inseridos os aspersores. E a derivação são as linhas onde estão inseridas as laterais. Alguns livros de irrigação não adotam o conceito de linhas de derivação para sistemas por aspersão convencional, além disto, utilizam a nomenclatura de laterais móveis. No entanto, devido ao baixo custo dos tubos de PVC e aumento dos custos de mão-de-obra, muitos projetos adotam linhas laterais fixas, sem a necessidade de trocar de posição, devido a isso, este material adotou o termo derivação para facilitar o entendimento e dimensionamento destas linhas.

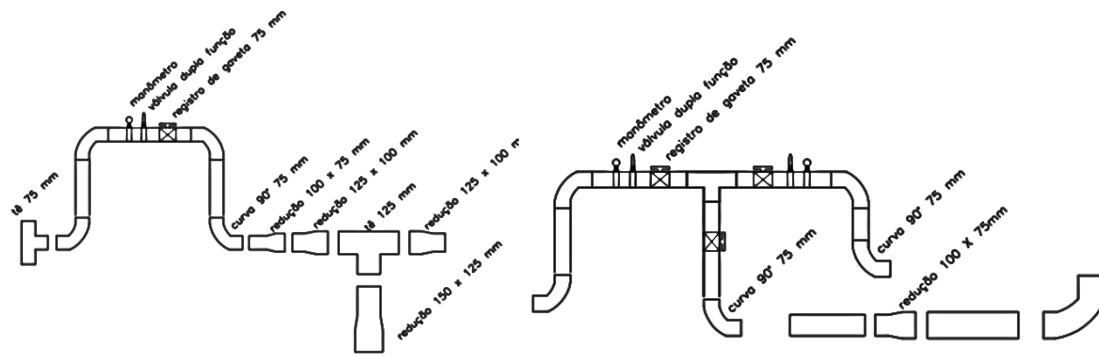
A transição da derivação para a próxima linha, a principal, se dá pelo cavalete (Figura 3.3) em que podem ser adicionadas algumas peças especiais que permitem o controle do fluxo, da pressão e são adicionadas peças especiais para entrada e saída de ar da tubulação (Figura 3.4). Os cavaletes encontram-se acima do solo, mesmo quando as linhas de derivação e principal se encontram enterradas, facilitando o manejo do sistema. Os cavaletes possuem diversas formas, dependendo da necessidade do projeto.

Figura 3.3. Cavalete de irrigação.



*Fonte: Irrigaplant (2017)

Figura 3.4. Exemplos de desenho em CAD de cavaletes de irrigação e suas peças especiais.



Fonte: Autor, 2018

As linhas principais vão conduzir a água do sistema de bombeamento, após a passagem pelos filtros (Figura 3.5) até ao cavalete das áreas. No cabeçal de controle estão o sistema de filtragem e o de bombeamento. Em alguns casos, pode ser encontrado o sistema de automação da área.

Figura 3.5. Sistema de Filtragem para irrigação por aspersão.



*Fonte: Ricardo Leite – Projetista de Irrigação

CAPÍTULO 4

ASPERSOR

Allan Cunha Barros

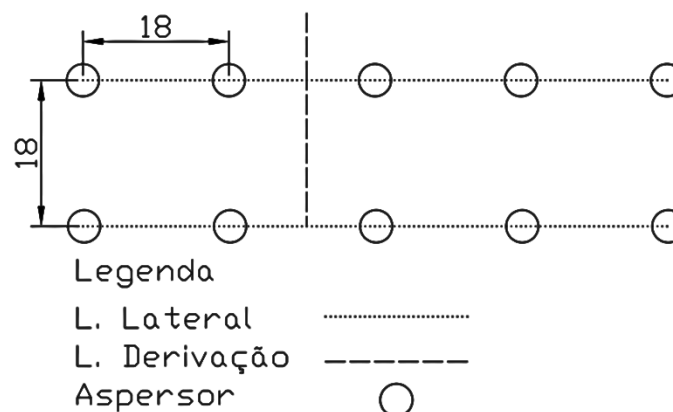
Principal componente do sistema de irrigação, o aspersor, é peça chave no dimensionamento do sistema, maiores detalhes sobre o mecanismo de funcionamento, do número de bocais e outras informações são encontrados nos livros de irrigação já preconizados na literatura. Aqui serão discutidas as principais características dos aspersores que devemos entender para desenvolver um projeto, que são: espaçamento, sobreposição, índice de precipitação e vazão x pressão de serviço.

Espaçamento

O espaçamento de um aspersor é dado pela distância que o mesmo tem entre eles na lateral e entre as linhas. Como por exemplo a Figura 4.1 em que os valores, dados em metros, representam a distância entre os aspersores na linha e entre linhas (18 x 18).

Geralmente os espaçamentos são dados em múltiplos de 6, pois as barras de tubulação são vendidas nesse comprimento, mas também é comum encontrar espaçamento com 15 m, como exemplo 12 x 15 ou 15 x 15.

Figura 4.1 Figura de um bloco de irrigação com aspersores com espaçamento 18 x 18 m.



Fonte: Autor, 2018

O espaçamento tem relação direta com a sobreposição e com a escolha do aspersor.

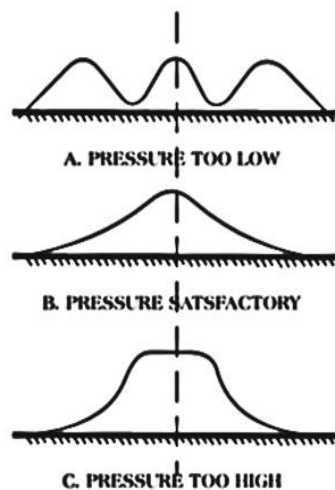
A escolha do espaçamento está ligada a vivência nos projetos. Em áreas com limitada disponibilidade de tempo para irrigação e grande quantidade de área, geralmente usa-se aspersores “maiores” (maior vazão e raio de alcance), e neste caso é necessário utilizar um maior espaçamento. Em áreas menores e com maior disponibilidade de tempo, podem-se utilizar menores espaçamentos.

Outros espaçamentos: 12x12, 12x15, 15x15, 15x18, 18x18, 24x24.

Sobreposição

O perfil de distribuição de água de um aspersor é contabilização da quantidade de água que precipita em função da distância. À medida que o jato se distancia do aspersor, menor é a quantidade de água (mm) que atinge o solo. O Manual de irrigação da FAO (2002) comenta que o perfil de distribuição dos aspersores pode sofrer influência da pressão que chega aos aspersores, como demonstra a Figura 4.2. O perfil de distribuição adequado é o perfil B, com formato semelhante ao de um triângulo.

Figura 4.2. Efeito da pressão no padrão de distribuição de um aspersor com dois bocais.



Fonte: Manual de irrigação da FAO, 2002

Com o decréscimo da quantidade de água à medida que o jato se afasta do aspersor, é necessário que essa área seja compensada para que se tenha uniformidade de distribuição de água. Daí surge a sobreposição de jatos de água, ou somente sobreposição, que é a porcentagem de diâmetro molhado que é sobreposto pelo diâmetro irrigado de outro aspersor, em função do seu espaçamento. A Figura 4.3 pode-se ver a sobreposição destes perfis.

Figura 4.3 Figura de um esquema de sobreposição de jatos de água dos aspersores



Fonte: Autor, 2018

O cálculo da sobreposição é dado pela equação a seguir (equação 4.1):

$$\text{sobreposição} = \frac{Easp - 2 \times \left(Easp - \frac{Di}{2} \right)}{Easp} \times 100 \quad (4.1)$$

em que:

Sobreposição: sobreposição dos perfis de irrigação dos aspersores, %;

Easp – Espaçamento entre aspersores, m;

Di – Diâmetro irrigado pelos aspersor para uma pressão escolhida, m.

O espaçamento entre aspersores sofre influência da velocidade do vento no local do projeto. Locais com muita incidência de vento necessitam que os aspersores estejam mais próximos uns aos outros. A Tabela 4.1 indica alguns espaçamentos que podem ser adotados em função das velocidades dos ventos.

Como visto acima, a sobreposição é dada em função do espaçamento dos aspersores e do diâmetro irrigado pelo mesmo. Para fins práticos o valor de sobreposição (%) deve ser de no mínimo 65%, quando este valor não for atingido deve-se modificar o espaçamento ou o diâmetro irrigado, neste caso, alterando a pressão de serviço ou o bocal do aspersor.

Tabela 4.1 – Espaçamento máximo de aspersores em relação à velocidade do vento, para padrão quadrangular. Manual de irrigação da FAO, 2002.

Velocidade média do vento (Km/h)	Espaçamento em porcentagem do diâmetro irrigado
Até 5	55%
6 -11	50%
13-19	45%

Índice de precipitação

O índice, ou taxa, de precipitação (I_p) é a quantidade de água que atinge a superfície e uma determinada quantidade de tempo, dada em mm.h^{-1} . A equação 4.2 descreve a forma

de calculá-la. Este índice deve sempre ser menor ou igual à velocidade de infiltração de água no solo (VIB - mm.h⁻¹), sendo um dos critérios do projeto para a seleção do aspersor.

$$Ip = \frac{q \times 1000}{Easp \times El} \quad (4.2)$$

em que:

Ip – índice de precipitação do aspersor, mm/h-1;

Easp - Espaçamento entre aspersores, m;

El - Espaçamento entre linhas, m.

Projetos com valores de Ip maiores que a Vib acarretam escoamento superficial, gerando desperdício de água, energia além da degradação do solo. Técnicas sobre a determinação da VIB podem ser encontradas em diversos outros materiais, a citar Bernardo (2012). Detalhes podem ser vistos no Capítulo 1 deste material.

Vazão x Pressão de serviço

A vazão de um aspersor é dada pela equação 4.3, e tem relação direta com a pressão de entrada, ou chamada de pressão de serviço. Em sua grande maioria, os catálogos de aspersores já fornecem o valor da vazão para cada pressão de serviço.

$$q = Cd \times S \times \sqrt{2g \times h} \quad (4.3)$$

em que:

q = vazão do bocal do aspersor, m³/s;

Cd = Coeficiente de descarga;

S = área da seção transversal do bocal, m²;

g = aceleração da gravidade, m/s²;

H = pressa da água no interior do bocal, mca.

Além de influenciar na vazão, a pressão de serviço ainda influencia no Diâmetro irrigado (DI) e consequentemente no índice de precipitação (Ip). Deve-se, sempre, adotar pressões mais baixas, já que o aumento da pressão ocasiona o aumento da pressão nominal dos tubos (PN), da altura manométrica e potência de bomba, aumentando o custo de aquisição e manutenção do projeto.

Entendendo o catálogo do aspersor

O entendimento do catálogo é importante já que a seleção do aspersor é feita por ele, conhecer qual o raio molhado, a pressão de serviço e o índice de precipitação são os primeiros passos para a escolha de um aspersor adequado as suas necessidades de projeto.

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Para ficar mais didático, utilizaremos o modelo do aspersor Ny25 da Agropolo, cujo catálogo com as características operacionais pode ser visto na Figura 4.4.

Figura 4.4. Características operacionais do modelo Ny25 – Agropolo, fornecida pelo fabricante (2017) em seu site.

Características Operacionais dos Aspersores Agropolo NY-25									
Bocais Diâmetro Nominal	Código	Pressão	Diâmetro Alcance	Altura máxima de jato	Vazão	Espaçamento entre aspersores (m)			
						6 x 6	6 x 12	12 x 12	12 x 18
(mm)		(mca)	(m)	(m)	(m³/h)	Intensidade de aplicação (mm/h)			
2,50 x 0,00 Amarelo X Tampão	7885-3/4" 8048-1"	20	24	2,00	0,289	8,00	4,00		
		25	24	2,20	0,323	9,00	4,50		
		30	24	2,40	0,354	9,80	4,90	2,50*	1,60
		35	24	2,50	0,382	10,6	5,30	2,70	1,80
2,80 x 0,00 Verde X Tampão	7900-3/4" 8051-1"	20	24	2,10	0,360	10,0	5,00		
		25	26	2,30	0,402	11,2	5,60	2,80	1,90
		30	26	2,50	0,441	12,3	6,10	3,10	2,00
		35	24	2,60	0,476	13,2	6,60	3,30	2,20
3,00 x 0,00 Vermelho X Tampão	7926-3/4" 8064-1"	20	24	2,20	0,426	11,8	5,90		
		25	24	2,50	0,476	13,2	6,60		
		30	26	2,70	0,521	14,5	7,20	3,60	2,40
		35	26	2,80	0,563	15,6	7,80	3,90	2,60
3,20 x 0,00 Azul X Tampão	7939-3/4" 8080-1"	20	26	2,20	0,495	13,8	6,90		
		25	26	2,50	0,553	15,4	7,70	3,80	2,60
		30	26	2,70	0,606	16,8	8,40	4,20	2,80
		35	26	2,80	0,654	18,2	9,10	4,50	3,00
2,50 x 2,50 Amarelo X Cinza	7830-3/4" 7984-1"	20	24	2,00	0,528	14,7	7,30	3,70	2,40
		25	24	2,20	0,591	16,4	8,20	4,10	2,70
		30	24	2,40	0,647	18,0	9,00	4,50	3,00
		35	24	2,50	0,699	19,4	9,70	4,80	3,20
2,80 x 2,50 Verde X Cinza	7843-3/4" 7997-1"	20	24	2,10	0,597	16,6	8,30	4,20	2,80
		25	24	2,30	0,668	18,5	9,30	4,60	3,10
		30	24	2,50	0,731	20,3	10,2	5,10	3,40
		35	26	2,60	0,770	21,9	11,0	5,50	3,70
3,00 x 2,50 Vermelho X Cinza	7856-3/4" 8006-1"	20	24	2,20	0,670	18,6	9,30	4,60	3,10
		25	26	2,50	0,750	20,8	10,4	5,20	3,50
		30	26	2,70	0,821	22,7	11,3	5,70	3,80*
		35	26	2,80	0,887	24,6	12,3	6,20	4,10
3,20 x 2,50 Azul X Cinza	7869-3/4" 8022-1"	20	26	2,20	0,736	20,4	10,2	5,10	3,40
		25	26	2,50	0,823	22,9	11,4	5,70	3,80
		30	26	2,70	0,901	25,0	12,5	6,30	4,20
		35	26	2,80	0,973	27,0	13,5	6,80	4,50
3,50 x 2,50 Laranja X Cinza	7872-3/4" 8035-1"	20	26	2,20	0,860	23,9	11,9	6,00	4,00
		25	26	2,50	0,972	27,0	13,5	6,80	4,50
		30	28	2,70	1,072	29,8	14,9	7,40	5,00
		35	28	2,90	1,157	32,1	16,1	8,00	5,40

* Não recomendável

Obs.: Dados obtidos em ensaios realizados pelo método radial no Laboratório de Irrigação e Drenagem da ESALQ/USP

Fonte: Agropolo, 2017

As principais informações do catálogo de um aspersor são os valores de pressão de serviço (Pressão), vazão, raio de alcance ou diâmetro irrigado, e o índice de precipitação em função do espaçamento ou intensidade de aplicação.

Cada par de bocais possui características próprias para as mesmas variações de pressão de serviço, que neste exemplo vão de 20 a 35 mca. Com o aumento da pressão de serviço, ocorre o aumento da vazão, do diâmetro irrigado, e do índice de precipitação.

Assim, em um único catálogo, pode-se variar os valores de vazão e índice de precipitação apenas com a substituição de um ou mais bocais, ou pressão de serviço.

Seleção do aspersor

Apesar de já conhecer/entender o catálogo, escolher um aspersor dentre todos os modelos disponíveis e bocais ainda é tarefa difícil para os que possuem pouco tempo de experiência em projetos de irrigação. Daí sugere-se primeiramente, adotar em seus projetos fabricantes de marcas conhecidas no mercado.

Após adotada algumas marcas, determina-se o Índice de aplicação necessário (I_{an}), que é a relação entre a quantidade de água que deve ser aplicada em função do tempo, dado em mm/h, cujos detalhes serão vistos nos próximos capítulos.

De posse deste valor, escolhe-se qual o espaçamento que será adotado no seu projeto e busca-se no catálogo o aspersor que forneça o índice de precipitação (I_p) de valor igual ou maior ao I_{an} . Vale salientar que o I_p também não pode ser superior à V_{ib} , para evitar escoamento superficial.

Exemplo: Deseja-se escolher um aspersor que forneça um Índice de Aplicação Necessário - I_{an} de no mínimo 3,6 mm/h no espaçamento de 12x12 m entre aspersores. O solo possui velocidade de infiltração básica de 20 mm/h.

Respostas:

Deve-se buscar nos catálogos disponíveis um aspersor que forneça um índice de precipitação (I_p) maior ou igual a 3,6mm/h (I_{an}), e menor que a V_{ib} . Tomando como base o aspersor Ny 25 (Figura 4.4), dos pares de bocais que poderiam ser utilizados, os pares Amarelo x Tampão e Verde x Tampão não possuem índice de precipitação igual ou superior a 3,6 mm/h, para o espaçamento adotado (12 x 12). Portanto, estes não poderiam ser escolhidos.

Para os outros bocais disponíveis, todos estariam dentro do critério.

Selecionando, por exemplo, os três primeiros aspersores possíveis de serem adotados: 1- Vermelho x Tampão; 2- Azul x Tampão; e 3 – Amarelo x Cinza, para uma análise mais detalhada (Figura 4.5), observe que para atingir o I_p de aproximadamente 3,6 mm/h a pressão de trabalho no bocal Vermelho x Tampão deverá ser de 30 mca (I_p de 3,6 mm/h); de 25 mca no Azul x Tampão (I_p de 3,8 mm/h) e de 20 mca no Amarelo x Cinza (I_p de 3,7 mm/h).

Portanto, apesar de todos estarem dentro do critério, o último bocal (Amarelo x Cinza) possui menor pressão de serviço, possibilitando uma maior economia de energia ao final do projeto.

Figura 4.6 Seleção do aspersor pelo catálogo.

Características Operacionais dos Aspersores Agropolo NY-25									
Bocais Diâmetro Nominal	Código	Pressão	Diâmetro Alcance	Altura máxima do jato	Vazão	Espaçamento entre aspersores (m)			
						6 x 6	6 x 12	12 x 12	12 x 18
(mm)		(mca)	(m)	(m)	(m³/h)	Intensidade de aplicação (mm/h)			
3,00 x 0,00 Vermelho X Tampão	7926-3/4" 8064-1"	20	24	2,20	0,426	11,8	5,90		
		25	24	2,50	0,476	13,2	6,60		
		30	26	2,70	0,521	14,5	7,20	3,60	2,40
		35	26	2,80	0,563	15,6	7,80	3,90	2,60
3,20 x 0,00 Azul X Tampão	7939-3/4" 8080-1"	20	26	2,20	0,495	13,8	6,90		
		25	26	2,50	0,553	15,4	7,70	3,80	2,60
		30	26	2,70	0,606	16,8	8,40	4,20	2,80
		35	26	2,80	0,654	18,2	9,10	4,50	3,00
2,50 x 2,50 Amarelo X Cinza	7830-3/4" 7984-1"	20	24	2,00	0,528	14,7	7,30	3,70	2,40
		25	24	2,20	0,591	16,4	8,20	4,10	2,70
		30	24	2,40	0,647	18,0	9,00	4,50	3,00
		35	24	2,50	0,699	19,4	9,70	4,80	3,20

Vale salientar que para realizar irrigações mais rápidas, deve-se aumentar o Ip do aspersor, através do aumento a pressão de serviço, ou modificando-se o bocal, sendo esta última opção mais interessante para a redução dos custos do projeto.

Comercialmente existem muitos outros fabricantes dentre eles: Fabrimar, Amanco, NaandanJain, Senniger, RainBird. Alguns destes aspersores possuem mecanismo de compensação da pressão, ou também chamado autocompensante, como é o caso do Super 10 da NaandanJain. Em projetos em terreno bastante declivoso a utilização deste aspersor pode ser uma saída para o dimensionamento, com a finalidade de proporcionar uma distribuição de água mais uniforme na área.

CAPÍTULO 5

TUBULAÇÃO E FILTROS

Allan Cunha Barros

Tubulação

A condução da água nos projetos de irrigação por aspersão é feita em sua maioria tubos de PVC, mas podem ocorrer casos em que estas são feitas com outros materiais ou técnicas. Geralmente em pequenas e médias propriedades, quando se usa irrigação por aspersão, as vendas de tubos de PVC são quase unânimes. No entanto, é importante mencionar os tubos de Polietileno de média densidade, pela sua praticidade e facilidade de manejo e instalação.

O conhecimento sobre os detalhes de um tubo são importantes no dimensionamento de um projeto – na hora de decidir pelo diâmetro do tubo e pressão nominal, e nos tipos de conexão que deverá ser contabilizado ao final do projeto.

São 4 as características principais de uma tubulação: 1- o material que é produzido; 2- os diâmetros; 3- a pressão nominal e 4 - o tipo de conexão.

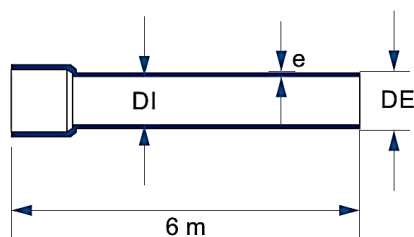
Neste material será comentado apenas o tubo de PVC, mais detalhes sobre outros materiais e sobre os tipos de conexão podem ser obtidos no livro *Irrigação: Métodos, sistemas e aplicações* (Testezlaf e Matsura, 2011), cuja leitura se torna obrigatória para os interessados na área de irrigação, já que não se vê, até o momento, material tão rico em detalhes.

Antes de iniciar o dimensionamento é importante entender o catálogo do fabricante de tubos. Todos os catálogos informam o comprimento comercial da barra (6 m), o Diâmetro nominal (DN), Diâmetro Externo (DE), Espessura da parede (e) e Pressão Nominal (PN) e o tipo de conexão (Figura 5.1).

A coloração do tubo de irrigação é padronizada com a cor azul, tubos de coloração marrom também podem ser utilizados na irrigação, mas isso só ocorre na falta do produto no mercado e com tubos de diâmetro pequenos (abaixo de 35 mm).

O diâmetro nominal (DN) é a nomenclatura do Tubo. Como exemplo: Tubo de 50 mm, ou tubo de 125mm. A pressão nominal de um tubo é a pressão máxima que o tubo irá suportar, como exemplo: em um projeto, a pressão calculada para a linha foi de aproximadamente 50mca, deve-se evitar tubos de PN40, já que a pressão máxima que o tubo suporta é 40 mca. Alguns projetistas dão uma folga de 10% do PN do tubo, assim um tubo PN40 só será utilizado se a pressão na tubulação for igual à no máximo 36 mca.

Figura 5.1. Detalhes dos tubos de irrigação e valores de pressão nominal (PN), Diâmetro nominal (DN), externo (DE) e interno (DI) e espessura das paredes (e) fornecidos no catálogo da Amanco.



PN	DN	DE	DI	e
40	35	38,1	35,7	1,2
40	50	50,5	48,1	1,2
40	75	75,5	72,5	1,5
40	100	101,6	97,6	2,0
40	125	125,0	120	2,5
40	150	150	144	3,0
60	50	50,5	47,3	1,6
60	75	75,5	71,5	2,0
60	100	101,6	96	2,8
60	125	125,0	118,2	3,4
60	150	150	142	4,0
80	50	50,5	46,7	1,9
80	75	75,5	70,5	2,5
80	100	101,6	94,4	3,6
80	125	125,0	116,6	4,2
80	150	150,0	140	5,0

Fonte: Amanco, 2016

No dimensionamento dos projetos os diâmetros internos (DI) são utilizados nas fórmulas de perda de carga e cálculo da velocidade de escoamento, e são obtidos através do diâmetro externo (DE) e da espessura da parede (e).

O diâmetro interno pode ser obtido pela equação:

$$Di = De - 2e \quad (5.1)$$

em que

Di = Diâmetro interno, m;

De = Diâmetro externo, m;

e = espessura da parede, m

Quanto maior a PN do tubo, maior será a espessura da parede e maior seu valor comercial.

Filtros

A irrigação por aspersão é menos exigente em filtragem que o sistemas por irrigação localizada, no entanto, pode ocorrer entupimento a partir da utilização de águas de baixa qualidade e quando não se usa sistema de filtragem, ou são utilizados filtros mal dimensionados ou manejados.

A filtragem é uma técnica ampla e sua discussão merece atenção por parte dos projetistas. Aqui será utilizado o sistema de filtragem básico, com filtros do tipo tela e disco.

Os filtros de tela e disco (Figura 5.1) são comumente encontrados em diversos sistemas de irrigação e seu uso se dá em série ou paralelo. Quando se pretende filtrar partículas físicas recomenda-se o uso do tipo tela, quando partículas orgânicas, utiliza-se o

filtro de disco. Estes tipos de filtros são conhecidos na literatura como filtragem de superfície, pois o material filtrado se concentra na superfície da tela e ou discos.

Os fabricantes, em seus catálogos, fornecem as características para o dimensionamento dos filtros em função de sua capacidade de filtragem, expressa pela vazão do filtro (m^3/h) ou pela vazão capaz de ser filtrada pelo filtro. O manual de projetos Netafim (2014) fornece tabela de seleção dos filtros de disco (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 Tabela de seleção de filtros em função da vazão máxima de projeto. Adaptado de Netafim (2014).

Vazão Máx (m^3/h)	Filtro de Discos – 120mesh
17	1x2"
34	2x2"
51	3x2"
68	4x2"
85	5x2"
90	3x3"
120	4x3"
150	5x3"
180	6x3"
210	7x3"
240	Galaxi 4" – 3un
320	Galaxi 4" – 4un
400	Galaxi 4" – 5un
480	Galaxi 4" – 6un

Fonte: Netafim – Manual do Projetista, 2012

Observando os valores do catálogo de filtros da Amanco (Figura 5.2) são fornecidos os valores de vazão máxima de cada filtro correlacionado a cada diâmetro. Esta informação vai ser bastante útil no momento da contagem das peças em que devemos ficar atentos a estes detalhes.

Pensando numa vazão de $10\text{m}^3/\text{h}$ poder-se-ia utilizar o filtro de diâmetro 1 1/2", com vazão $20\text{ m}^3/\text{h}$, ou dois filtros de 1", de vazão $5\text{m}^3/\text{h}$ ou 4 filtros de 3/4", de vazão $3\text{ m}^3/\text{h}$. Esta decisão ficará condicionada ao técnico e ao estilo de trabalho do produtor.

Figura 5.2 – Figura ilustrativa do catálogo de filtros da Amanco (2015) com os valores dos diâmetros em função da vazão.

Filtro de Disco Plástico

Produto	Vazão		Filtragem		Embalagem
	Código	(m^3/h)	Mesh	Diâmetro	
	93474	3	120	3/4"	1
	91416	5	120	1"	1
	91417	20	120	1 1/2"	1
Compacto	91420	20	120	2"	1
	91418	25	120	2"	1
	91419	50	120	3"	1
Alça metálica	94692	30	120	2"	1
Alça metálica	94693	50	120	3"	1

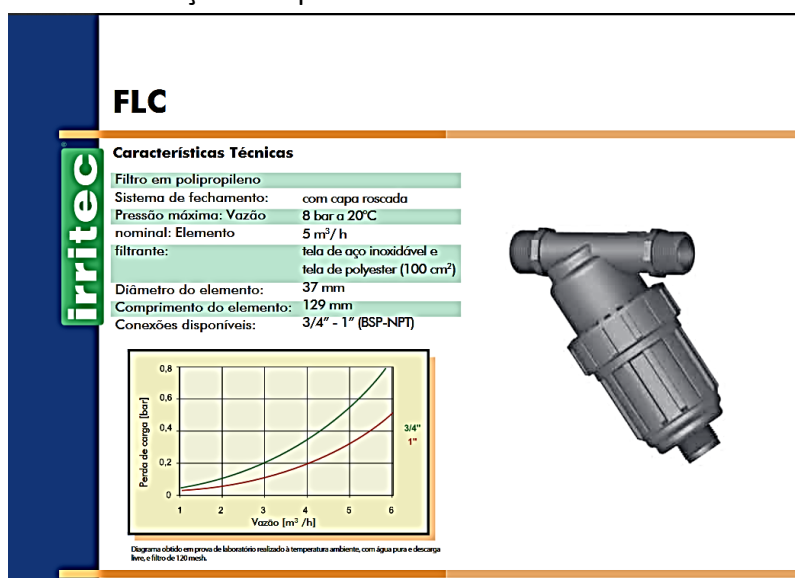


Fonte: Amanco, 2016

O zootecnista José Sydney Bezerra Lima (2015) que atua como consultor na produção de leite com pastagem irrigada, recomenda aumentar o número de filtros ao invés de utilizar um filtro de maior capacidade. Esta indicação é devido a facilidade de limpeza dos filtros durante o funcionamento do sistema, já que é muito comum alguns produtores esquecerem de fazer a limpeza antes do acionamento do sistema de bombeamento.

Retomando o catálogo dos fabricantes, alguns deles fornecem a perda de carga que ocasionada pelo filtro em função da vazão através de tabelas, como o ocorre com o catálogo fornecido pela Irritec para seus filtros (Figura 5.3). Estes valores são utilizados no cálculo da pressão do sistema de bombeamento. Como exemplo, na vazão de $4\text{ m}^3/\text{h}$, a perda de carga para o filtro de diâmetro 1" será de 0,2 bar.

Figura 5.3 – Figura ilustrativa do catálogo de filtros Irritec (2017) com os valores de perda de carga para cada vazão em função do tipo de diâmetro.



Fonte: Irritec, 2016

Como mencionado anteriormente, a filtragem é assunto extenso e outras técnicas de filtragem e tipo de filtro podem ser obtidos na literatura.

CAPÍTULO 6

CRITÉRIOS DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Allan Cunha Barros

Para que seu projeto de irrigação esteja dentro de limites aceitáveis, o mesmo precisa obedecer alguns Critérios de dimensionamento. Dentre estes estão:

- Critério da vazão necessária;
- Critérios da escolha do aspersor;
- Critérios da linha Lateral;
- Critérios da linha de derivação;
- Critérios da linha principal, recalque e sucção.

Inicialmente, um projeto de irrigação é dividido em duas partes, o dimensionamento agrônomo e o hidráulico. No dimensionamento agrônomo ocorre o cálculo da vazão necessária e da escolha do aspersor.

CRITÉRIO DA VAZÃO NECESSÁRIA (Qa)

A vazão necessária ao projeto é função da área, lâmina, eficiência e do tempo de irrigação diário, conforme equação:

$$Qa = \frac{10 \times A \times ETc}{Ea \times Tid} \quad (6.1)$$

em que:

Qa = vazão aproximada, m³/h;

A = área, há;

ETc = evapotranspiração da cultura, mm/dia;

Ea = eficiência de irrigação, decimal;

Tid = tempo de irrigação diário, h.

O sistema de irrigação só deve ser instalado se tiver vazão disponível superior ou igual à vazão necessária ao projeto. Sendo este um dos critérios:

Vazão disponível >= Vazão necessária?	() sim () não
---------------------------------------	-----------------

Em alguns casos, a vazão disponível é inferior a vazão necessária o que deixaria o projeto fora dos critérios, mas pode-se armazenar o volume total necessário e utilizá-lo durante a irrigação, neste caso, o volume total disponível antes e durante a irrigação deve ser maior ou igual ao volume requerido/necessário.

A ESCOLHA DO ASPERSOR

A intensidade de aplicação necessária, que é função da lâmina e do turno de rega através da irrigação total necessária é dada por:

$$I_{an} = \frac{ITN}{Tid} \quad (6.2)$$

em que:

I_{an} = intensidade de aplicação necessária, mm/h;

Tid = tempo disponível para irrigar por dia, h.

Ou seja, a **I_{an}** é a lâmina, em mm, que deve ser aplicada à cultura num determinado tempo. Dessa forma, o aspersor deve ter um índice de precipitação (**I_p**) maior ou igual ao **I_{an}** , de forma que aplique lâmina igual ou superior ao **I_{an}** , mas não pode aplicar lâmina superior à velocidade de infiltração básica (**VIB**).

Além disso, o aspersor deve possuir sobreposição de raios de no máximo 65 %, como visto no capítulo 4.

Sendo assim, os critérios para o aspersor serão:

$I_{an} \leq I_p \leq VIB$?	() sim () não
Sobreposição do aspersor é maior que 65% ?	() sim () não

No dimensionamento hidráulico estão os outros critérios para um dimensionamento de sistema de irrigação por aspersão.

CRITÉRIOS DA LINHA LATERAL

O critério para dimensionamento da linha lateral baseia-se na variação de vazão máxima na linha, que é de 10% ($\Delta Q \leq 10\%$), que corresponde a uma variação e pressão máxima de 20% da pressão de serviço do aspersor, para linhas em nível.

$$\Delta H_{máx.ll} = P_s \times 0,2 \quad (6.3)$$

em que

$\Delta H_{máx.ll}$ = variação de pressão máxima na linha lateral, mca;

P_s = Pressão de serviço adotada pelo aspersor escolhido, mca;

As laterais devem preferencialmente estar em nível ou na menor declividade possível para que haja a maior uniformidade de distribuição de vazão ao longo da tubulação. Nos casos em que a lateral não esteja em nível, utiliza-se a equação:

$$\Delta h_{máx} = Ps \times 0,2 \pm \Delta Z_{lateral} \quad (6.4)$$

em que

DeltaHllmáx = variação de pressão máxima na linha lateral, mca;

Ps = Pressão de serviço adotada pelo aspersor escolhido, mca;

DeltaZlateral = desnível da linha lateral, mca.

O valor de DeltaHllmáx corresponde ao valor máximo de perda de carga da linha, ou seja hf máximo da linha lateral (hf_{máxll}).

$$hf_{máx ll} = Ps \times 0,2 - \Delta z.lateral \quad (6.5)$$

Deve-se ainda observar a pressão nominal do tubo, em que a pressão com que o líquido escoar na tubulação não deve ser superior à Pressão nominal na tubulação, ou o PN do Tubo.

Como exemplo, se um tubo de 50 mm PN40 transporta um líquido a uma pressão de 45 mca, observa-se que a pressão máxima do tubo, 40 mca, é inferior a pressão que será conduzida o líquido, assim, o tubo não atende ao critério, devendo ser substituído por um tubo de PN superior, neste caso um 50mm PN80.

Sendo assim, os critérios para a linha lateral são:

$hf_{máx ll} \leq Ps \times 0,2 - \Delta z.lateral ?$	()sim () não
As laterais estão em nível ou na menor declividade?	()sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	()sim () não

CRITÉRIOS DA LINHA DE DERIVAÇÃO, PRINCIPAL E SUCÇÃO.

As linhas de derivação, principal e sucção vão conduzir água da fonte até as laterais, para isso, considera-se no seu dimensionamento que estas linhas vão ser baseadas na velocidade máxima com que o líquido terá na tubulação. Alguns autores adotam que a velocidade máxima do líquido na tubulação deva ser entre 0,5 a 2,0m/s. No entanto, adotaremos como velocidade o valor de 1,5m/s para as linhas de derivação e principal.

As linhas de sucção terão seu dimensionamento recomendada através da velocidade de 1,0m/s, conforme Testezlaf e Matsura (2015). Alguns autores ainda adotam que o diâmetro da tubulação de sucção deva ser igual ao diâmetro da tubulação da linha principal ou superior.

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Além de observar a velocidade na tubulação é importante observar a pressão nominal do tubo, em que a pressão máxima na tubulação não deve ser superior à Pressão nominal na tubulação, ou o PN do Tubo.

Velocidade na derivação é de no máximo 1,5m/s?	() sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	() sim () não
Velocidade na principal é de no máximo 1,5m/s?	() sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	() sim () não
Velocidade na sucção é de no máximo 1,0m/s?	() sim () não

Quando todos os critérios são observados e atendidos, garante-se um correto funcionamento dos aspersores, na vazão e pressão estabelecida.

Tabela 6.1 Resumo dos critérios que devem ser adotados no dimensionamento do sistema de irrigação por aspersão.

Critérios	Atendido
Em relação à Vazão:	
Vazão disponível \geq Vazão necessária?	() sim () não
Em relação ao Aspersor:	
$I_{an} \leq I_p \leq VIB$?	() sim () não
Sobreposição do aspersor é maior que 65% ?	() sim () não
Em relação à linha Lateral:	
$hf_{\max ll} \leq Ps \times 0,2 - \Delta z_{lateral}$?	() sim () não
As laterais estão em nível ou na menor declividade?	() sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	() sim () não
Em relação à linha de Derivação:	
Velocidade na derivação é de no máximo 1,5m/s?	() sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	() sim () não
Em relação à linha Principal:	
Velocidade na principal é de no máximo 1,5m/s?	() sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	() sim () não
Em relação à linha de Sucção:	
Velocidade na sucção é de no máximo 1,0m/s?	() sim () não

CAPÍTULO 7

CAD COMO FERRAMENTA EM PROJETO DE IRRIGAÇÃO

Carlos Sérgio de Oliveira Silva e Allan Cunha Barros

O CAD é uma poderosa ferramenta nos campos da arquitetura, engenharias e em vários outros ramos da indústria. Na Engenharia ele é amplamente utilizado na geração de projetos arquitetônicos, elétricos, hidráulicos, estruturais, entre outros, em especial neste material será destacado seu uso no dimensionamento de projetos de irrigação. Desta forma, saber utilizar o CAD é fundamental para a inserção do profissional engenheiro no mercado de trabalho.

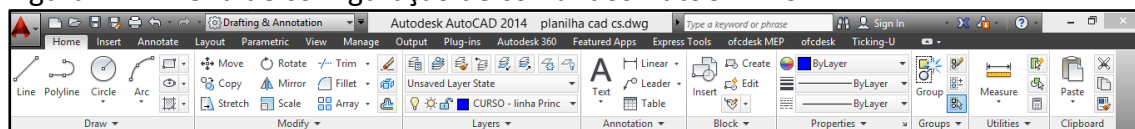
Nesse capítulo será utilizado o CAD para mostrar todos os comandos básicos para o dimensionamento do projeto de irrigação, será utilizado o software desenvolvido e comercializado pela Autodesk, Inc. o AUTOCAD, versão 2014, que pode ser baixado gratuitamente, para fins acadêmicos no site oficial do produto.

Vale ressaltar que a internet possui diversos tutoriais e cursos online para o aprendizado sobre o programa, por isso, reforça-se que estes são comandos básicos para iniciantes.

Barra de Comandos

Conhecer o software é indispensável para utilizá-lo. Por isso é importante identificar as partes componentes do sistema. Quando se acessa o AUTOCAD 2014 é possível ver na parte superior do programa a configuração de comandos (Figura 8.1), que podem ser acessados através do clique do mouse.

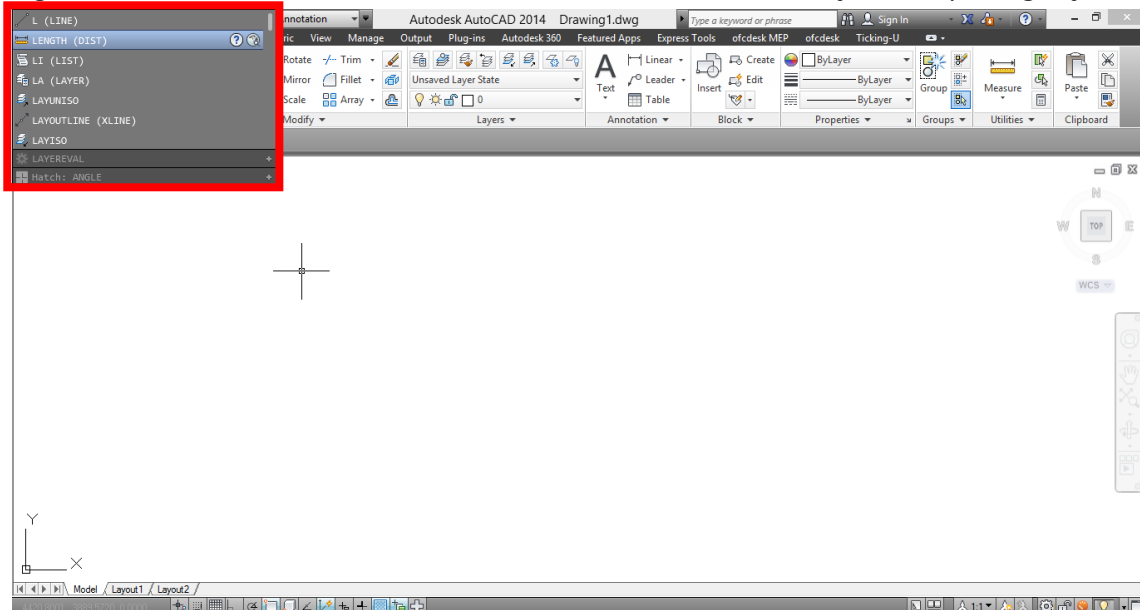
Figura 7.1 - Menu de configuração de comandos AutoCAD 2014.



Fonte: Autores, 2018

Os comandos também podem ser acessados através da digitação dos mesmos. A ativação ou desativação do comando, ou por clique ou por digitação, pode ser vista na caixa de texto, localizada abaixo (Figura 7.2).

Figura 7.2- Caixa de texto circulada em vermelho referente à ativação feita por digitação.



Fonte: Autores, 2018

Os 10 principais comandos do AUTOCAD para fins de projeto de irrigação são descritos a seguir, existem outros que podem ser utilizados, mas como passo inicial estes serão os discutidos. Antes de iniciar o uso dos comandos deve-se ter familiaridade com o funcionamento do Mouse e do Teclado, afinal será através deles que serão enviados os comandos para o programa.

Mouse

- Botão Esquerdo: Utilizado para ações de seleção;
- Botão Direito: Abre menus flutuantes com opções variando conforme o comando ativo;
- Scroll: Um modo prático de aproximar ou afastar a visão (Zoom) é rolando o Scroll para frente ou para trás.

Teclado

- Enter: Utilizado para ações de confirmar ou terminar comandos;
- Espaço: Mesma função do Enter;
- Esc: Utilizado para ações de cancelar e terminar comandos;
- Digitando funções.

Funções Básicas

a) **LINE** - Desenha linhas desde que se defina um ponto inicial e um ponto final.

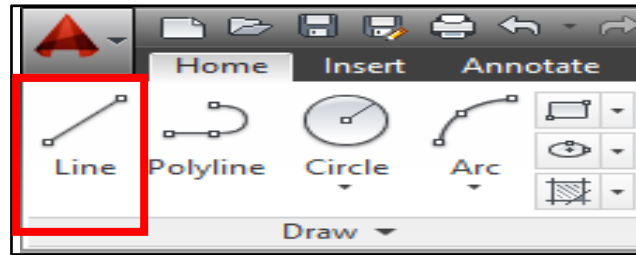
Acesso pela tab: Draw > Line

Acesso pela barra de comando: Line ou, no modo abreviado, "L".

Para especificar o primeiro ponto "*Specify first point*" podemos clicar com o botão esquerdo do mouse na área de desenho. O próximo ponto deve ser determinado "*Specify*

next point”, e assim por diante até que seja pressionada a tecla ENTER para finalizar a operação. (Obs.: Specify first point = indicador do mouse)

Figura 7.3. Atalho Comando Line, Autocad 2014



Fonte: Autores, 2018

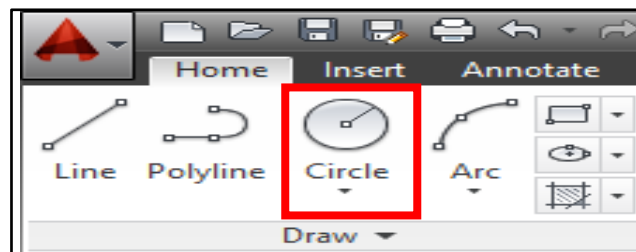
b) CIRCLE - Desenha um círculo.

Acesso pela tab: Draw > Circle (Figura 7.4)

Acesso pela barra de comando: Circle ou, no modo abreviado, C

Primeiro é necessário determinar um ponto que é o centro do círculo. Esse ponto pode ser aleatório ou um centro pré-determinado bastando digitar o valor do raio do círculo.

Figura 7.4. Atalho comando circle, Autocad 2014



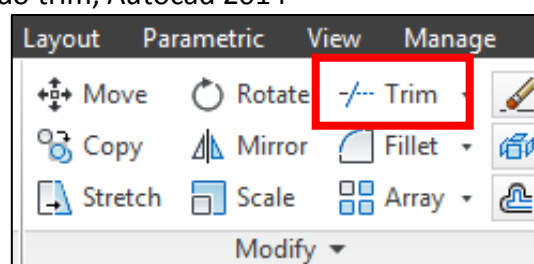
Fonte: Autores, 2018

c) TRIM: Faz o acabamento de objetos que se interceptam. Só funciona quando duas linhas se cruzam. Deve-se selecionar os objetos que se interceptam e a seguir começar a cortar as arestas em excesso.

Acesso pela tab: Modify > Trim (Figura 7.5)

Acesso pela barra de comando: Trim ou, no modo abreviado, Tr.

Figura 7.5. Atalho comando trim, Autocad 2014

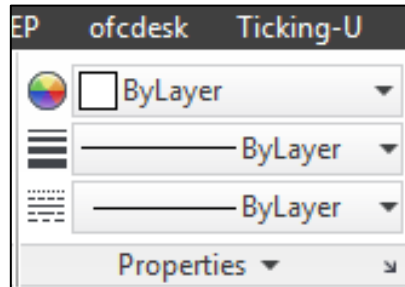


Fonte: Autores, 2018

d) PROPERTIES – Esta ferramenta apresenta as opções de COR, ESPESSURA e TIPOLOGIA de linha.

Acesso pela tab: Properties (Figura 7.6)

Figura 7.6. Atalho comando properties, Autocad 2014.



Fonte: Autores, 2018

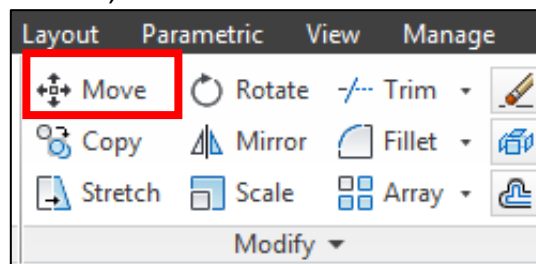
e) MOVE - Move objetos selecionados.

Acesso pela tab: Modify > Move (Figura 7.7)

Acesso pela barra de comando: Move ou, no modo abreviado, M

Selecionar o objeto a ser movimentado, indicar um ponto de apoio (um clique no mouse no botão da esquerda) e indicar onde deve ser posicionado o objeto que se está movimentado.

Figura 7.7. Atalho comando move, Autocad 2014



Fonte: Autores, 2018

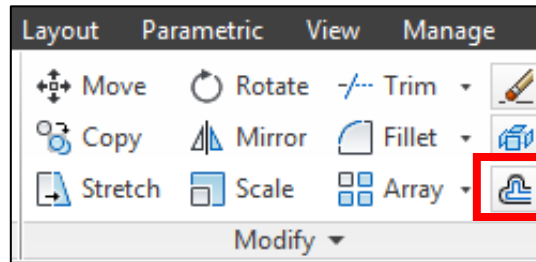
f) OFFSET - Duplica objetos existentes para dentro ou para fora a partir da distância especificada.

Acesso pela tab: Modify > Offset (Figura 7.8)

Acesso pela barra de comando: Offset ou, no modo abreviado, O.

Indicar a distância do novo objeto, selecionar sobre o objeto a ser duplicado e indicar o lado para onde deva ficar o mesmo.

Figura 7.8. Atalho comando offset, Autocad 2014



Fonte: Autores, 2018

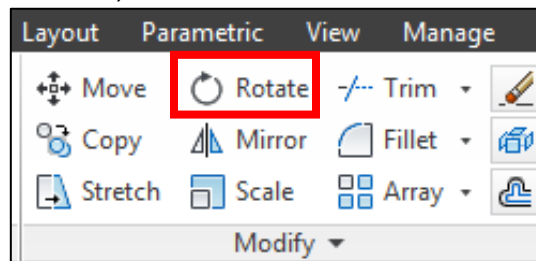
g) ROTATE - Rotaciona objetos selecionados ao redor de um ponto de apoio determinado.

Acesso pela tab: Modify > Rotate (Figura 7.9)

Acesso pela barra de comando: Rotate ou, no modo abreviado, R.

Selecionar o objeto a ser rotacionado. Indicar um ponto de apoio e finalizar a rotação, indicando um ângulo de giro.

Figura 7.9. Atalho comando rotate, Autocad 2014



Fonte: Autores, 2018

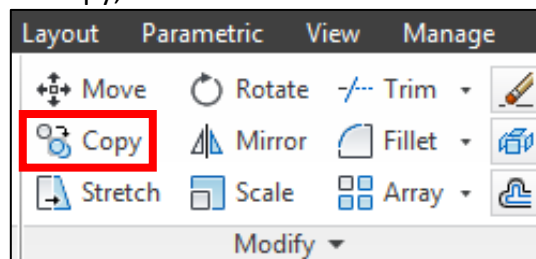
h) COPY - Copia objetos selecionados.

Acesso pela tab: Modify > Copy (Figura 7.10)

Acesso pela barra de comando: Copy ou, no modo abreviado, Co.

Selecionar o objeto a ser copiado. Indicar o ponto de apoio do objeto e finalmente clicar onde deve se localizar a cópia.

Figura 7.10. Atalho comando copy, Autocad 2014



Fonte: Autores, 2018

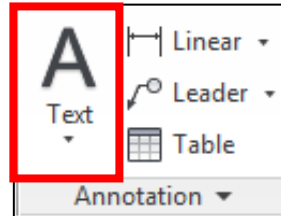
i) **TEXTO** – Cria uma caixa de texto para identificações do projeto.

Acesso pela tab: Annotation > Text (Figura 7.11)

Acesso pela barra de comando: Dtext

Selecionar o local a ser colocado a caixa de texto, digita o valor da escala do texto e acione o botão <ENTER>. Por fim, digitar o texto desejado.

Figura 7.11. Atalho comando text, Autocad 2014



Fonte: Autores, 2018

j) **LAYERS** - Cria camadas sobrepostas no desenho com propriedades diferenciadas.

Ao acionar este comando, aparece o quadro de diálogo dos LAYERS. Acione o botão <NEW> e digite o nome do “LAYER” (Figura 7.12). Dê um clique no LAYER desejado e ele ficará selecionado. Para selecionar mais de um LAYER, pressione a tecla [CONTROL] e selecione outros. Com a tecla [SHIFT] todos os LAYERS entre o primeiro e o segundo serão selecionados. Depois de selecionados utilize as funções:

COLOR: serve para atribuir cor ao LAYER. As cores dos LAYERS são indicadas por números, com exceção das sete primeiras cores. (Dê preferência para as sete primeiras).

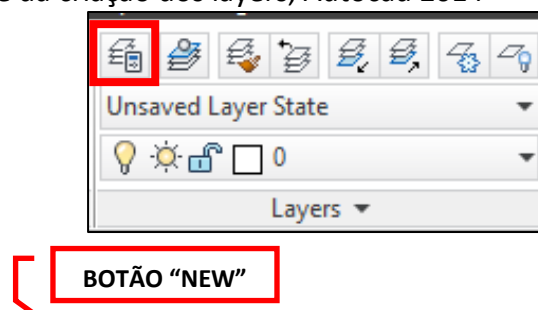
LINETYPE: determina o tipo de linha do LAYER.

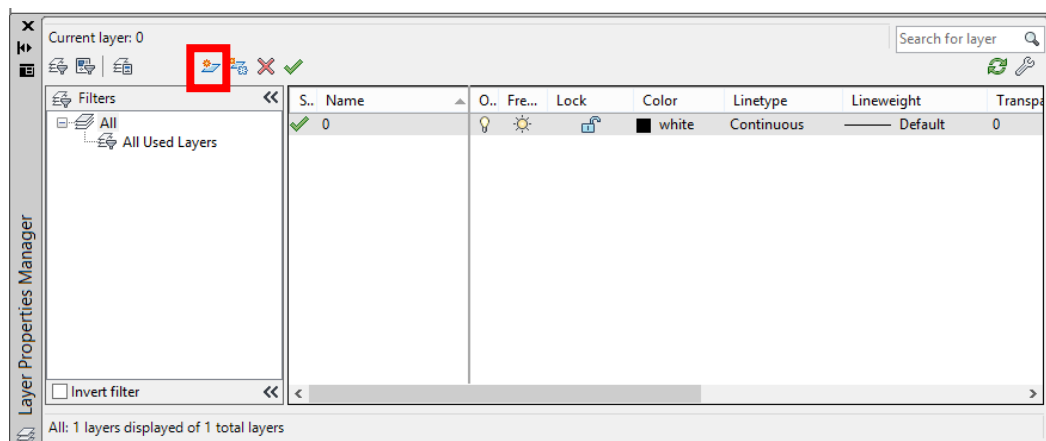
ON: torna o LAYER invisível ou visível.

FREEZE: congela e descongela.

LOCK: trava e destrava.

Figura 7.12. Detalhe da criação dos layers, Autocad 2014





Fonte: Autores, 2018

Alterando objetos de um LAYERS para outro:

1. Acione MODIFY / PROPERTIES.
2. Selecione os objetos desejados.
3. Selecione o campo LAYER no quadro e aparecerá uma seta para baixo. Clique sobre ela.
4. Selecione o LAYER desejado.

h) COMANDOS AUXILIARES – Comandos que facilitam no desenvolver do projeto.

F1 – Ajuda

F6 – Mostrador de coordenadas.

F7 – Liga e Desliga a grade (GRID ON/OFF)

F8 – Liga e Desliga travamento ortogonal

Através dos conhecimentos adquiridos, pode-se iniciar o projeto de irrigação. A seguir estão a utilização dos comandos básicos num projeto de irrigação. No primeiro momento deve-se identificar as linhas que serão utilizadas no projeto através da configuração dos layers.

A padronização das cores dos layers é importante para facilitar a identificação dos componentes no projeto. Como exemplo uma sequência de cores de layers que podem ser utilizados como Tabela 7.1.

Tabela 7.1 – Tabela de indicação de layers para uso no sistema de projetos de irrigação.

LAYERS	COMPONENTES	CORES
	ÁREA	
	ASPERSOR	
	CABEÇA DE CONTROLE	
	CAVALETE	
	COTA	
	FONTE DE ÁGUA	
	LINHA DE DERIVAÇÃO	
	LINHA PRINCIPAL	
	LINHA LATERAL	
	RAIO MOLHADO	
	TEXTO	

Passo 1: Inicialmente utiliza-se o comando LINE para especificar nossa área de projeção, para este projeto têm-se uma área irrigada de 100x200 m.

Digita-se o comando “l” (line), clica-se em um ponto qualquer, direciona o cursor para a direção que se deseje que a linha seja criada e digita-se o valor de uma das laterais, como exemplo 200. Neste momento será desenhada uma linha de 200 m. Para que as linhas estejam num plano vertical ou horizontal, observe se o comando Ortho esteja “ligado”, este só irá desenhar linhas nos sentidos horizontais e verticais. Caso não esteja ligado, digite F8, o mesmo serve para desligá-lo.

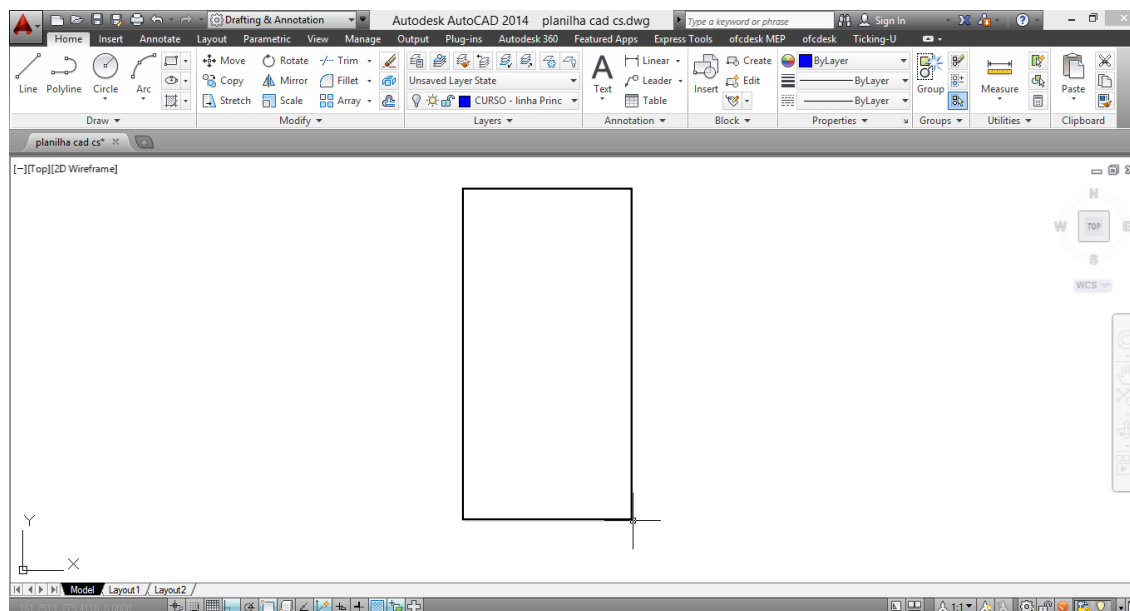
Após a primeira linha desenhada, repita o procedimento para terminar a área.

Comandos:

1. Escolha o layer “área”
2. Digite “l”, dê “enter”; clique num ponto, direcione o cursor para uma direção;
3. Digite o valor da lateral: “200”, dê “enter”;
4. Direcione para outra direção perpendicular a primeira linha, digite “100”, dê “enter”;
5. Direcione para outra direção paralela a primeira linha, digite “200”, dê “enter”;
6. Direcione para outra direção paralela a segunda linha, digite “100”, dê “enter”;
7. Tecle no “Esc”.

Ao final terá uma figura como a visualizada a seguir (Figura 7.12):

Figura 7.12 – Desenho da área de projeto.



Fonte: Autores, 2018

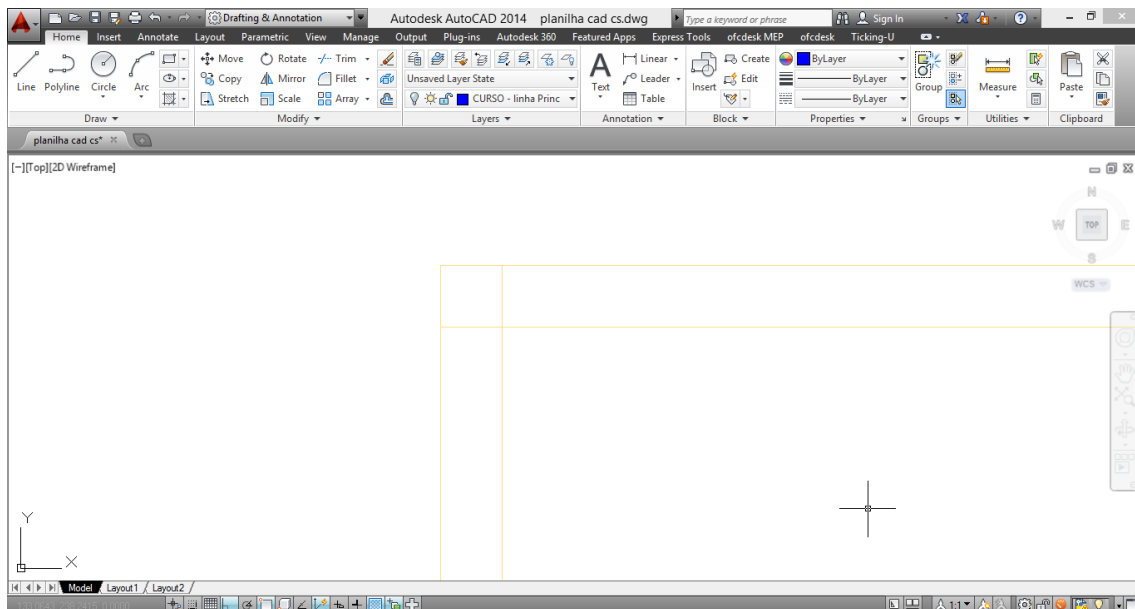
Passo 2: O próximo passo para o projeto de irrigação é a locação dos aspersores na área. Geralmente pode-se instalar o primeiro aspersor distante à metade do seu espaçamento em relação a bordadura. Se for utilizar o aspersor em espaçamento 12x12, o primeiro aspersor estará à 6 metros de uma borda e a 6 de outra. Utiliza-se o comando OFFSET para achar o local do primeiro aspersor.

Comandos:

1. Digite "o", dê "enter";
2. Digite "6", ou seja, a distância que deseja-se que surja uma cópia da primeira linha, dê "enter";
3. O cursor, que é em cruz, tomará a forma de um quadrado, clique na linha que deseja ser duplicada, ou a linha de 200 m ou a 100 m;
4. Direcione o cursor para o lado que se deseja que a linha que será duplicada apareça para a parte interna da área, e dê um "clique" com o botão esquerdo do mouse;
5. Tecle no "Esc".

Repita o procedimento para a outra linha, perpendicular à primeira, e terá ao final, a Figura 7.13

Figura 7.13 – Desenho da demarcação dos pontos para colocação dos aspersores.



Fonte: Autores, 2018

Passo 3: Achado o ponto de instalação do primeiro aspersor, deve-se identifica-lo e identificar o diâmetro molhado pelo aspersor. Esse procedimento é feito através do comando circle, tanto para o aspersor, quanto para o raio. Como já mencionado, a distância entre aspersores adotadas nesse exemplo será de 12 metros, a mesma distância que será utilizada para o diâmetro molhado. Vale salientar, que alguns aspersores possuem diâmetros diferentes em função da pressão de trabalho, mas para fins de desenho não há problema.

Comandos para a identificação do aspersor

1. Selecione o layer correspondente para o aspersor;
2. Digite “c”, dê “enter”;
3. Clique, na intersecção entre as linhas,
4. Digite “1.5”, dê “enter”;
5. Tecle no “Esc”.

Comandos para a identificação do diâmetro molhado do aspersor

1. Selecione o layer correspondente para o raio do aspersor;
2. Digite “c”, dê “enter”;
3. Clique, na intersecção entre as linhas,
4. Digite “12”, dê “enter”;
5. Tecle no “Esc”.

Passo 4: Para a distribuição dos aspersores no restante da área, pode-se utilizar o comando COPIAR, para isso, as linhas criadas com o comando offset servirão como guia para a alocação dos outros aspersores.

Comandos

1. Clique no desenho do aspersor criado anteriormente;
2. Clique no desenho do diâmetro molhado criado anteriormente;

3. Digite “co”, dê “enter”;
4. Selecione um ponto para servir como referência, como exemplo o ponto da intersecção de onde foram originados o aspersor, clique com o botão direito do mouse;
5. Direcione para a direção desejada e clique na intersecção entre uma das linhas base e o raio do primeiro aspersor.

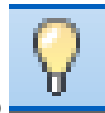
Repita o procedimento até que toda a linha tenha sido preenchida.


6. Tecle no “Esc”.

Para agilizar o procedimento, é possível selecionar todas as linhas de aspersores e diâmetros dos aspersores já desenhados nas linhas anteriores, copiar e colá-los.

Passo 5: De posse dos aspersores desenhados na área podem ser contados o número de aspersores na área, informação necessária no dimensionamento agrônômico e hidráulico, em seguida nestes dimensionamentos serão estabelecidos o número de blocos, ou subunidades com a quantidade de aspersores em cada bloco. Daí surge a necessidade da divisão dos aspersores por blocos. No exemplo, serão divididos 8 blocos com 16 aspersores em cada um. **Para facilitar a contagem pode-se ocultar o layer dos raios dos aspersores.**

Comandos



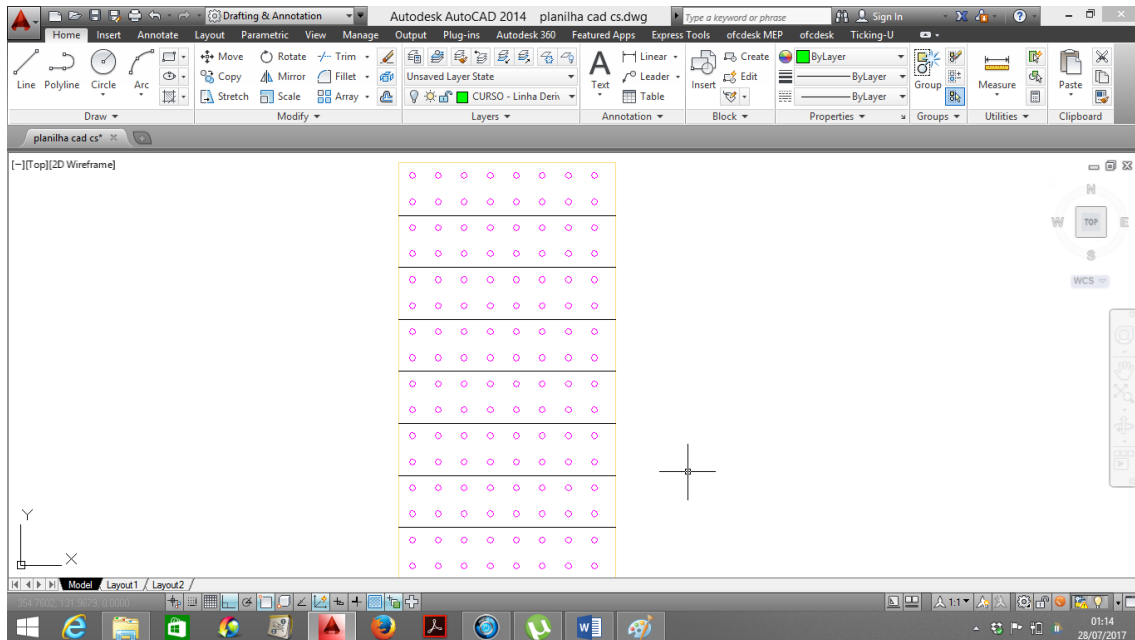
1. Na seleção dos layers desmarque a opção , deixando a “lâmpada apagada”;
2. Selecione o Layer referente à “divisão das subunidades”;
3. Digite “l”; e demarque com uma linha os aspersores que comporão o bloco;
4. Tecle no “Esc”.

Repita o procedimento até que todos os blocos estejam separados.

Existem outras formas de se fazer esta contagem, no entanto, caso haja duplicidade de aspersores (um aspersor copiado em cima do outro) pode ocorrer contagem equivocada quando se utiliza outros meios/ferramentas do CAD.

O resultado da divisão dos blocos é visto a seguir na Figura 7.14.

Figura 7.14 – Desenho das linhas de divisão de área.



Fonte: Autores, 2018

Passo 6: Cada bloco precisa ser composto com os aspersores, linha laterais e derivação. As Os critérios das linhas laterais e derivação podem ser vistos nos capítulos posteriores, mas em geral, as linhas devem ficar perpendicular à declividade. Daí, faz-se o desenho das laterais em seguida das derivações. Como dica, procure desenhar a derivação no meio das laterais, isso favorecerá seu dimensionamento hidráulico.

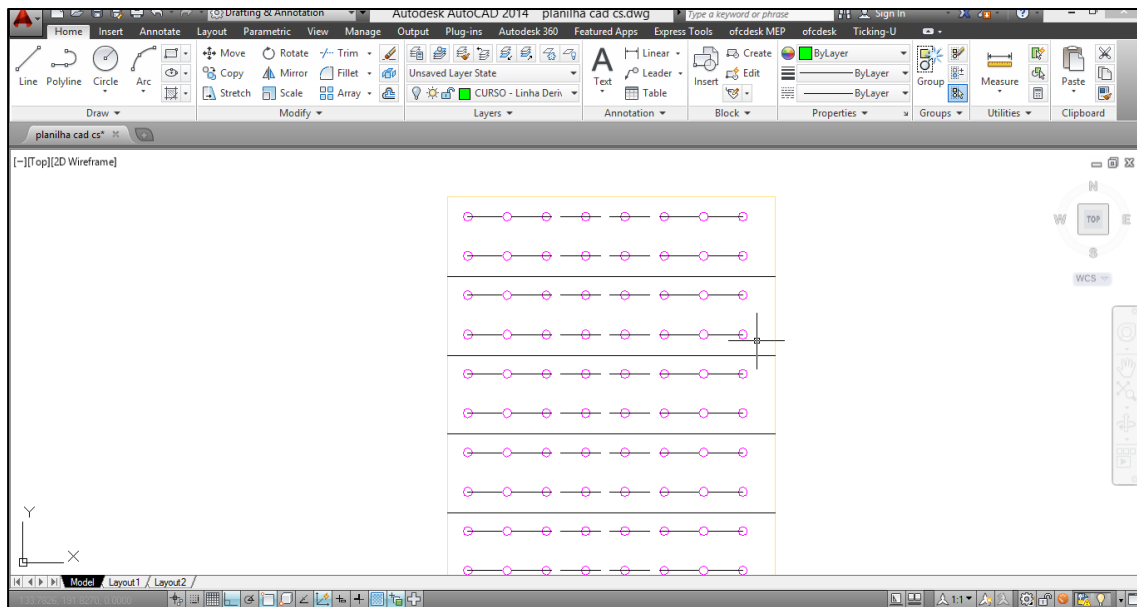
Comandos:

1. Selecione o Layer referente à “linha lateral”;
2. Digite “l”; e marque o primeiro ponto, no aspersor mais ao extremo;
3. Marque o ponto final no aspersor no ponto mais distante, estando na mesma direção do primeiro ponto;
4. Tecle no “Esc”.

Repita o procedimento até que todas as laterais estejam demarcadas.

O scroll do mouse pode ser utilizado neste momento para aproximar e distanciar a imagem (Zoom), permitindo maior agilidade e precisão no desenho das linhas.

Figura 7.15 – Desenho das linhas laterais.



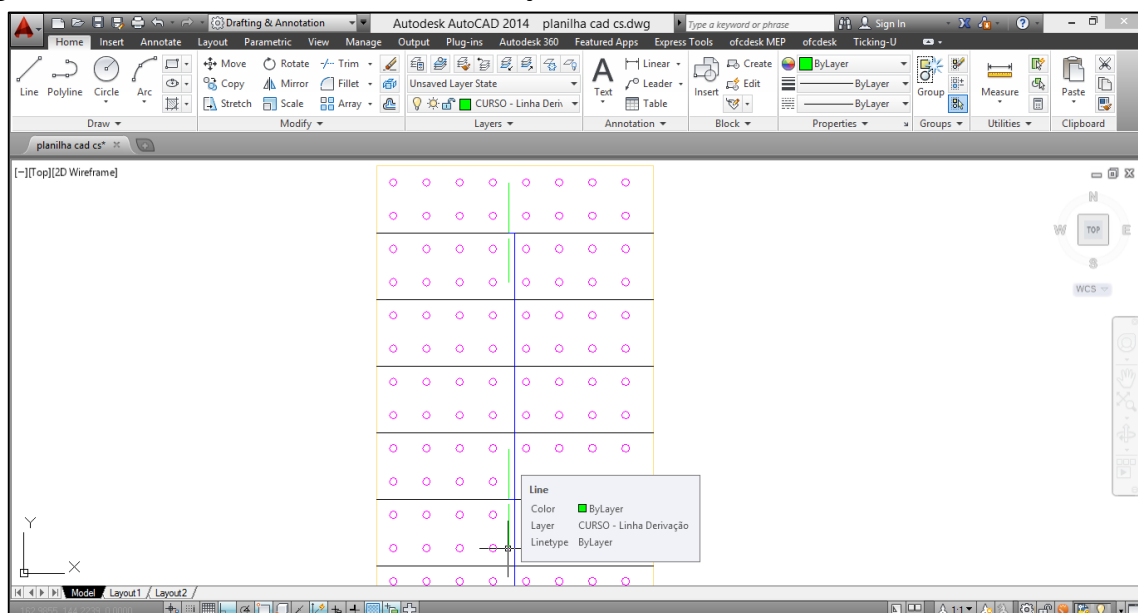
Fonte: Autores, 2018

Comandos, para as linhas de derivação:

1. Selecione o Layer referente à “linha derivação”;
2. Digite “l”; e marque o primeiro ponto na lateral;
3. Marque o ponto na linha que divide os blocos;
4. Tecle no “Esc”.

A partir da derivação têm-se o cavalete de irrigação e em seguida a linha principal. Observe que é possível dividir um cavalete para dois blocos. Assim, pode-se direcionar duas laterais, uma de cada bloco para um mesmo ponto, onde estarão o cavalete.

Figura 7.16 – Desenho das linhas de derivação.



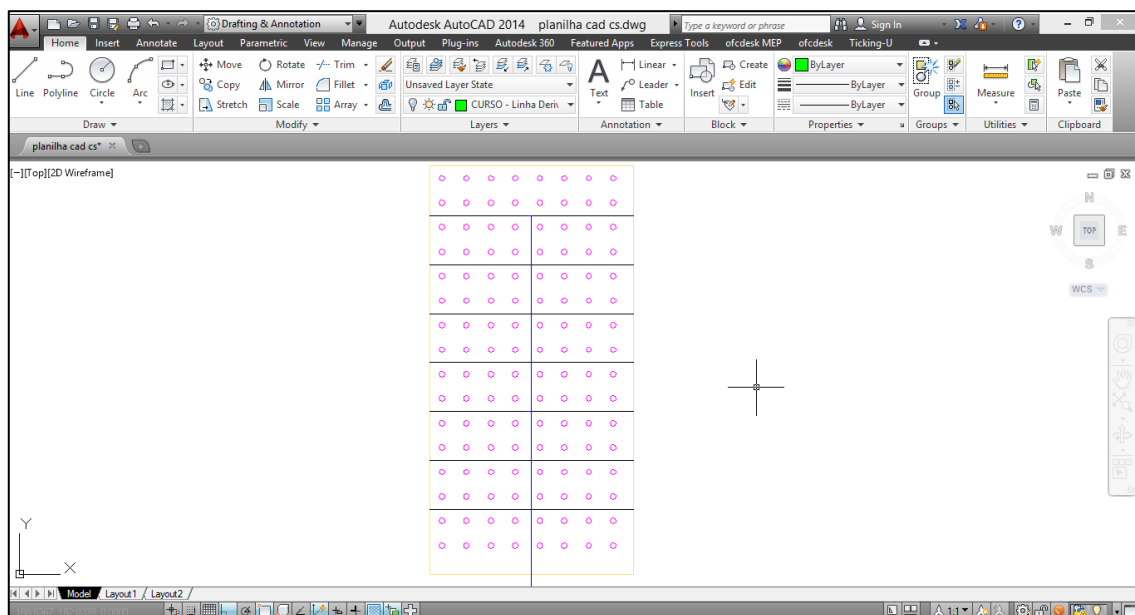
Fonte: Autores, 2018

A linha principal irá conduzir água do sistema de bombeamento até os cavaletes, e deste para as derivações. O procedimento utilizado é semelhante aos das linhas laterais e derivação. A trajetória da linha no campo irá depender do projetista, se a mesma vai ser colocada no meio da área ou em uma das laterais.

Comandos:

1. Selecione o Layer referente à “linha principal”;
2. Digite “l”; e marque o primeiro ponto no cavalete;
3. Marque pontos até chegar no Cabeçal de controle ou no sistema de bombeamento;
4. Tecle no “Esc”.

Figura 7.17 – Desenho das linhas principal.



Fonte: Autores, 2018

A inserção de informações no texto é importante para auxiliar o projetista e montador entenderem informações. Uma destas informações é utilizada para identificar o diâmetro, pressão nominal e comprimento da tubulação.

Comandos:

1. Selecione o Layer referente à “texto”;
2. Digite “T”; e abra uma caixa de texto do tamanho desejado e Tecle no “Enter”.
3. Digite o diâmetro nominal do tubo, Pressão nominal e Comprimento, conforme exemplo:
“ 25 – 40 – 36, (Tubo de 25 mm, PN 40, 32 m de tubo) ”
4. Tecle no “Enter” para finalizar.

Caso o tamanho da fonte seja muito grande ou pequena, pode-se realizar o comando Scale para reduzir ou aumentar:

Comandos:

1. Digite “sc”;
2. Clique no texto que deseja formatar;
3. Mova o mouse até que o tamanho da fonte seja adequado ao seu projeto;
4. Clique no ponto em que o tamanho desejado foi atingido.

O CAD ainda pode ser utilizado para o desenho dos detalhes das peças, no entanto, os comandos fornecidos aqui servem para realizar estas operações. Com o passar do tempo e o uso das ferramentas, o projetista ganha mais experiência e conhecimento sobre o uso da ferramenta.

CAPÍTULO 8

DIMENSIONAMENTO DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO FIXA

Allan Cunha Barros

As etapas do dimensionamento são distribuídas entre a coleta dos dados de campo, do dimensionamento agrônômico e do hidráulico, finalizando com o desenho em CAD e orçamento.

Assim, pode-se dividir as etapas em sete etapas:

1. **Visita à área para: Levantamento topográfico; levantamento dos dados de solo, água e entrevista com o produtor Rural;**
2. **Desenho da área em CAD;**
3. **Dimensionamento Agrônômico;**
4. **Dimensionamento hidráulico;**
5. **Desenho dos detalhes do projeto;**
6. **Contagem de peças;**
7. **Entrega do orçamento ao cliente.**

1. VISITA À ÁREA PARA: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO, LEVANTAMENTO DOS DADOS DE SOLO, ÁGUA E ENTREVISTA COM O PRODUTOR RURAL

A visita à área a ser irrigada servirá para o levantamento dos dados que serão utilizados no dimensionamento do projeto, como exemplo o topográfico, que pode ser feito por GPS, os dados de solo, além disso ter uma conversa com o produtor, verificando suas disponibilidades e finalidades para a área irrigada.

A análise da água é de fundamental importância, já que em regiões com alto grau de salinidade da água podem inviabilizar o uso da irrigação.

Na conversa com o produtor o projetista aplica o questionário básico para Anteprojetos de irrigação, conforme Figura 8.1 em que é possível ver o questionário básico de Anteprojetos adotado pela empresa NaanDanJain, a versão completa do questionário está no ANEXO III deste material. Nestes questionários são coletadas informações sobre o produtor e área irrigada, além dos dados da cultura como tipo, sistema de plantio e espaçamento. Além de questionar ao produtor o tipo de energia e voltagem.

Ao final, o produtor deve assinar confirmando as informações repassadas, resguardando o projetista ou a empresa em qualquer divergência.

Figura 8.1. Exemplo de Questionário básico para ante-projetos utilizado pela empresa de irrigação NaanDanJain.

NAANDANJAIN A JAIN IRRIGATION COMPANY		FORMULÁRIO			
CÓDIGO:	FOR 01	REVISÃO:	00	DATA:	
NOME:	Questionário para ante-projetos de irrigação			PÁGINA:	1 de 2

QUESTIONÁRIO BÁSICO PARA ANTE-PROJETOS DE IRRIGAÇÃO

CLIENTE: _____ PROPRIEDADE: _____

ENDEREÇO ENTREGA: _____ C.E.P.: _____

BAIRRO: _____ CIDADE: _____ ESTADO: _____

ENDEREÇO COBRANÇA: _____ C.E.P.: _____

BAIRRO: _____ CIDADE: _____ ESTADO: _____

TEL.: _____ E-MAIL: _____ CPF/CNPJ _____ INS. EST.: _____

PARTE 1: INFORMAÇÕES BÁSICAS

Para realizar o pré-projeto, é necessário enviar ao menos todas as informações básicas. Sem as informações básicas, não será possível realizar pré-projeto e orçamento.

Dados do projeto

Cultura: _____ Espaçamento: _____

Lâmina: _____ Sistema **: _____

Automação: () Total () Comando à distância () Nenhuma

**Resfriamento de ambientes, controle climático para estufas, nebulização, microaspersão, gotejamento, convencional, carretel, autopropeido, pivot central, irrigação de jardim, aerização de lagos, etc.

Dados da área

() Campo aberto - Área a ser irrigada (m², ha): _____

Distância entre Captação e Área (m): _____ Desnível entre Captação e Área(m): _____

Desnível dentro da Área(m): _____ Energia: () Trifásica () Monofásica - Voltagem: _____ V

Horas de funcionamento por dia (h): _____ Vazão disponível – estação seca (m³/h): _____

Enviar croqui da área (ou planta)* - O projeto não será feito sem este item

() Estufa - Área a ser irrigada (m²): _____ Pé direito: _____ Comprimento: _____

Espaç. entre colunas: _____ Largura dos vãos: _____ Nº de vãos: _____

Distância entre Captação e Área (m): _____ Desnível entre Captação e Área(m): _____

Sistema de plantio:

() Canteiros no chão: Largura: _____ Comprimento: _____ Corredor: _____

() Canteiros com bandejas: Largura: _____ Comprimento: _____ Corredor: _____

() Mesas: Altura: _____ Largura: _____ Comprimento: _____ Corredor: _____

Enviar croqui da área (ou planta)* - O projeto não será feito sem este item

*Questionário apresentado nos cursos de Irrigação fornecidos pela Empresa NaanDanJain em Leme – SP.
Divulgação Autorizada.

De posse dos dados dá-se início, no escritório, ao desenvolvimento da próxima etapa.

2. DESENHO DA ÁREA EM CAD

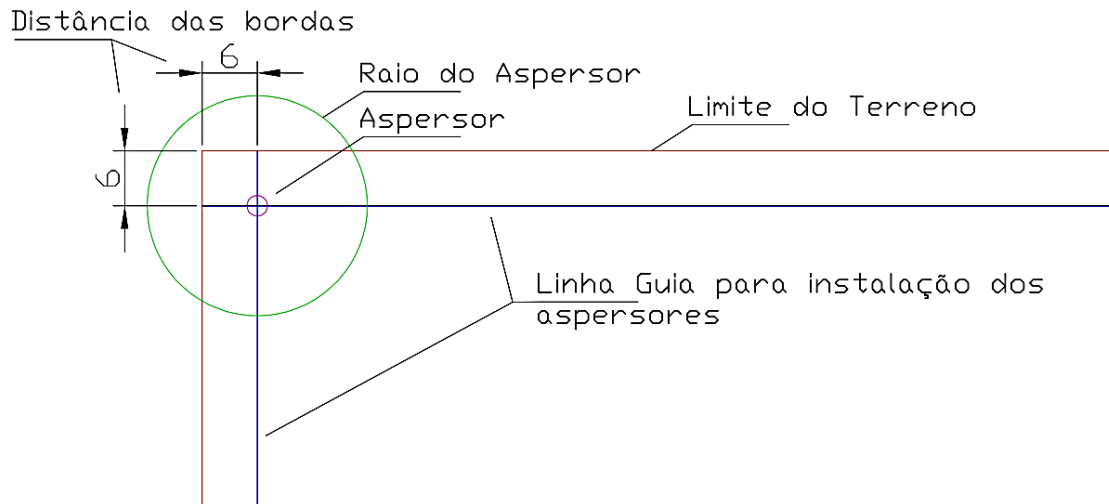
Primeiramente, devem-se transferir os dados do GPS para o CAD, após essa fase é definido o espaçamento entre os aspersores e sua localização dentro da área.

O espaçamento adotado para os aspersores é influenciado por diversos fatores entre eles: o tamanho da área, o tempo de irrigação diário a disponibilidade do produtor, disponibilidade do material no mercado e do uso da automação.

A área utilizada abaixo possui 2 ha (200m x 100m), declividade em um único sentido e o produtor não pretende aumentar sua área irrigada no futuro. Adotou-se, primeiramente,

o espaçamento de 12 x 12m. Quando se pode “molhar” a área além da cerca, é comum alocar o primeiro aspersor na metade do seu espaçamento, assim, o primeiro aspersor estará a 6 metros das margens com seu raio molhado ultrapassando a área irrigada (Figura 8.2). Utilizam-se linhas guias para facilitar a alocação dos aspersores.

Figura 8.2. Localização do primeiro aspersor, em espaçamento 12 x 12m.



Fonte: Autor, 2018

Em seguida ocorre a distribuição total dos aspersores na área. Seguida pela contagem dos aspersores que se terá na área. Após o dimensionamento agrônômico, ocorre a separação das subunidades irrigadas e desenho das linhas laterais, derivação e principal. Mas para seguir uma etapa cronológica, estas etapas serão adicionadas no momento oportuno.

3. DIMENSIONAMENTO AGRONÔMICO

O Dimensionamento agrônômico serve para contabilizar a quantidade de água disponível no solo, em função do sistema radicular, do consumo diário máximo da cultura, e de fatores operacionais como o tempo de irrigação máximo por dia.

Ao final dos cálculos será possível ter dados para a seleção do aspersor, definir o tempo para a irrigação e descobrir o número máximo de blocos que a área poderá ter.

Os itens de 3.1 a 3.6 já foram discutidos no capítulo 1.

3.1. Disponibilidade total de água no solo - DTA

$$DTA = \frac{(CC - PM)}{10} \times d_a \quad (8.1)$$

em que:

DTA = disponibilidade total da água no solo, mm/cm

CC = capacidade de campo, % massa seca

PM = ponto de murcha, % massa seca

d_a = densidade aparente do solo, kg/dm³

3.2. Capacidade total de água no solo - CTA

$$CTA = DTA \times z \quad (8.2)$$

em que:

CTA = capacidade total da água no solo (mm)

z = profundidade efetiva do sistema radicular (cm)

3.3. Capacidade Real de água no solo - CRA

$$CRA = CTA \times f \quad (8.3)$$

em que:

CRA = capacidade real da água no solo, mm

f = fator disponibilidade da água no solo

3.4. Irrigação Real Necessária - IRN ou lâmina líquida

$$IRN \leq CRA \quad (8.4)$$

em que:

IRN = irrigação real necessária, mm

CRA = capacidade real da água no solo, mm

3.5. Irrigação Total Necessária - ITN ou lâmina bruta

$$ITN = \frac{IRN}{Ea} \quad (8.5)$$

em que:

ITN = irrigação total necessária, mm

IRN = irrigação real necessária, mm

Ea = eficiência de irrigação, decimal

3.6. Evapotranspiração Potencial Da Cultura - ETPc

$$ETPc = ET_o \times Kc \quad (8.6)$$

em que:

ETPc = evapotranspiração potencial da cultura, mm/dia

Kc = coeficiente de cultura, adimensional

ET_o = evapotranspiração de referência, mm/dia

3.7. Turno de Rega - TR

O turno de rega (TR) representa o intervalo de tempo entre as irrigações, ou seja, o tempo em dias, em que voltará a ocorrer a irrigação nesta área. O valor encontrado na equação 9.1 representa o valor máximo do TR, podendo ser adotado o valor máximo ou qualquer outro valor abaixo deste.

Quando o TR adotado for diferente do máximo, deve-se realizar a correção da lâmina aplicada, ou seja a correção IRN e ITN.

$$Tr = \frac{IRN}{ETPc} \quad (8.7)$$

em que:

Tr = turno de rega, dias

IRN = irrigação real necessária, mm

ETPc = evapotranspiração da cultura, mm/dia

Os itens 3.8 até 3.10 já foram discutidos no capítulo 6.

3.8. Vazão necessária ao projeto - Qa

$$Qa = \frac{10xAxETc}{EaxTid}$$

em que:

Qa = vazão aproximada, m³/h

A = área, ha

ETc = evapotranspiração da cultura, mm/dia

3.9. Escolha do Aspersor

3.9.1. Intensidade de precipitação necessária

$$Ian = \frac{ITN}{Tid}$$

em que:

Ian - intensidade de aplicação necessária, mm/h

Tid - Tempo disponível diário para irrigação, h.

3.9.2. Intensidade de precipitação do aspersor

$$Ip = \frac{q \times 1000}{Easp \times El}$$

em que:

I_p – índice de precipitação do aspersor, mm/h^{-1}

E_{asp} – Espaçamento entre aspersores, m.

3.9.3 – Sobreposição

$$\text{sobreposição} = \frac{E_{asp} - 2 \times \left(E_{asp} - \frac{D_i}{2} \right)}{E_{asp}} \times 100$$

em que:

D_i – Diâmetro irrigado pelo aspersor, m.

3.9.4 – Tempo de irrigação necessário (T_{in})

O tempo de irrigação necessário é o tempo, em horas, necessário para que o aspersor escolhido aplique a lâmina total necessária.

$$T_{in} = \frac{ITN}{I_p}$$

em que:

T_{in} – tempo de irrigação necessário, h.

3.10. Número total de aspersores na área (NT)

O número total de aspersores já foi determinado no item 2, deste capítulo, após o desenho e distribuição dos aspersores na área. Alguns métodos de dimensionamento da irrigação fornecem fórmulas matemáticas para a determinação da quantidade total de aspersores, porém, estas só podem ser aplicadas quando as áreas possuem formas geométricas regulares, como a quadrada ou retangular.

3.11. Número de blocos irrigados por dia (N_{biad})

Os blocos de irrigação são as subunidades de irrigação, em que todos os aspersores pertencentes a aquele bloco funcionarão ao mesmo tempo.

$$N_{biad} = \frac{T_i}{T_{in}} \quad (8.8)$$

em que:

N_{biad} - Número de blocos irrigados por dia.

3.13. Número de aspersores em operação conjunta (Naoc)

É o número de aspersores que irão operar ao mesmo tempo dentro do bloco.

$$Naoc = \frac{Nt}{Tr \times Nbiad} \quad (8.9)$$

em que:

Naoc - Número de aspersores em operação conjunta;

Após este passo, faz-se a distribuição dos blocos dentro da área a ser irrigada. É muito comum aos novos projetistas terem dificuldade em distribuir os blocos de forma homogênea, especialmente quando a área não possui geometria uniforme, ou quando a quantidade de aspersores nos blocos é diferenciada.

Vale resaltar que cada um utilizará a maneira que julga ser mais prática, e que dificilmente será encontrado um projeto com o mesmo traçado que o outro.

4. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

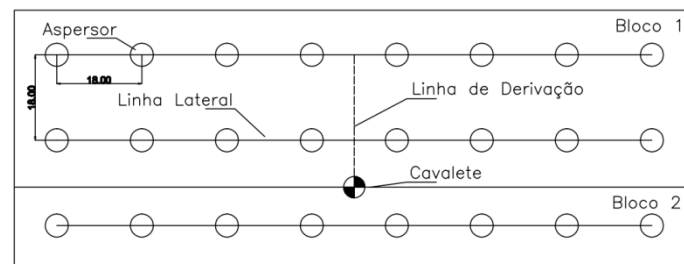
No dimensionamento hidráulico são calculados os diâmetros das tubulações para todas as linhas, bem como são feitos os cálculos de perda de carga, com o objetivo final de contabilizar a pressão total necessária para o dimensionamento do sistema de bombeamento.

4.1. Desenho das linhas

O primeiro passo para o dimensionamento hidráulico é o desenho das linhas laterais, derivação dentro dos blocos e o desenho da linha principal, para que possa ser identificado os tamanhos das linhas e a quantidade de aspersores que comporão a vazão das mesmas.

Abaixo segue a figura de um bloco de irrigação com o desenho das linhas laterais e derivação.

Figura 8.3. Desenho em CAD das linhas laterais e derivação do bloco 1 .



Fonte: Autor, 2018

Neste exemplo, as laterais e os aspersores estavam espaçados em 18 x 18.

4.2. Dimensionar laterais

Quando se tem uma área homogênea, com a mesma quantidade de aspersores por linha, deve-se dimensionar a linha mais crítica, nos casos de projetos com valores desuniformes, deve-se dimensionar a linha mais crítica e as linhas que possuem a maior quantidade de aspersores.

Aparentemente este procedimento se torna extenso, mas com o uso de planilhas eletrônicas, este procedimento é rápido e seguro.

Como visto no capítulo 6 o critério de projeto para a lateral é dada pela equação a seguir:

$$\Delta h_{m\acute{a}x} = P_s \times 0,2 \pm \Delta Z_{lateral} \quad (8.10)$$

em que:

Δh_{max} = variação de pressão máxima permissível na lateral, m

P_s = pressão de serviço do aspersor, m;

$\Delta Z_{lateral}$ = desnível geométrico da linha lateral (Se aative -, se em declive +), m.

Nesta metodologia, a lateral é dimensionada pelo método “trecho a trecho”, em que cada trecho é dimensionado individualmente, permitindo a seleção de diferentes diâmetros de tubo para a linha lateral. Este método se torna mais prático com o uso de planilha eletrônica, já que os cálculos são feitos de maneira mais rápida.

Para entendimento do que seria um trecho da lateral, considera-se o trecho como sendo a distância de um aspersores até o início do seguinte. Na Figura 8.4, observa-se uma lateral com quatro aspersores espaçados a cada 12 metros. Os trechos são composto por um aspersor até o início de um outro. No trecho 1, a vazão (q) que será conduzida nesta tubulação será a vazão que atenderá a um único aspersor. No trecho dois, a vazão (q) que será conduzida atenderá ao aspersor do trecho 1 e do trecho 2, ou seja $2 \times q$, e assim por diante até que no trecho 4, a vazão que percorrerá a tubulação do trecho deverá conduzir vazão para quatro aspersores ($4 \times q$).

Desta forma, a equação que representa a vazão do trecho é dada por:

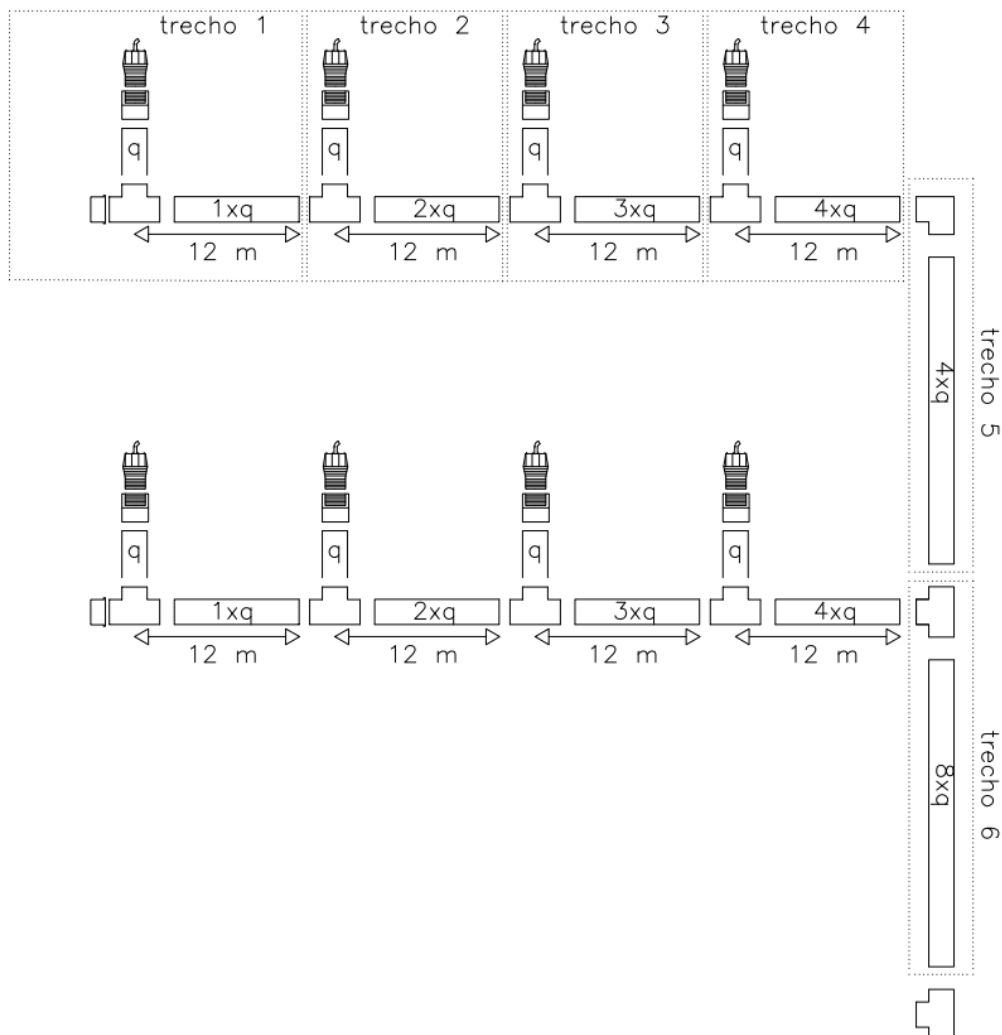
$$Q_{trecho} = N \times q \quad (8.11)$$

em que:

Q_{trecho} = vazão da linha lateral, m³/s

N = número de aspersores ligados ao trecho.

Na Figura 8.4 - Demonstra a divisão dos trechos numa linha lateral (trecho de 1 a 4) e derivação (trecho 5 e 6).



Fonte: Autor, 2018

4.2.1. Cálculo do diâmetro da tubulação

A determinação do diâmetro do trecho da tubulação da linha lateral é feita através do método de tentativa. Apesar de parecer trabalhoso, este método em planilha eletrônica é bastante simples e geralmente deve-se iniciar o processo com a adoção do menor diâmetro interno comercial, quando o mesmo não atender ao critério, adota-se o diâmetro comercial superior. Considera-se o tubo adequado quando o valor da velocidade encontrado está abaixo ou próximo a 1,5 m/s. Quando o valor da velocidade for superior a 1,5m/s, deve adotar um tubo de diâmetro superior. Esta metodologia apresentou bastante eficiência na prática e nunca ultrapassa o limite de variação de pressão do projeto. Outro fator positivo desta metodologia é que pode-se trabalhar com linhas de diferentes diâmetros, inclusive, em linhas de maior comprimento, com mais de dois diâmetros por linha, gerando redução de custos para o projeto.

Deve-se iniciar o dimensionamento do final da linha lateral, ou seja, do primeiro trecho.

A velocidade do líquido no tubo é dada por:

$$V = \frac{4 \times Q_{trecho}}{\pi \times D_{int}^2} \quad (8.12)$$

em que:

V = Velocidade do líquido no trecho, m/s;

D_{int} = diâmetro interno da tubulação, m.

Em seguida é feito o cálculo da perda de carga pelas equações descritas no capítulo 2, através da sequência:

$$Re = \frac{v \times Di}{\nu} \quad (8.13)$$

em que:

V = velocidade de escoamento do líquido na tubulação, m/s;

Di = diâmetro interno da tubulação, m;

ν = viscosidade cinemática do líquido, m²/s; - quando se utiliza água $\nu = 1,003 \times 10^{-6}$ m²/s à 20°C.

$$f = \frac{0,32}{Re^{0,25}} \quad (8.14)$$

$$hf_{Darcy-Weisbach} = f \times \frac{L}{Di} \times \frac{v^2}{2g} \quad (8.15)$$

em que:

hf_{Darcy-Weisbach} = perda de carga calculada por Darcy-Weisbach, m;

L = comprimento total da tubulação, m;

D = Diâmetro interno da tubulação, m;

V = Velocidade de escoamento do fluido na tubulação, m/s;

g = aceleração gravitacional, m/s²; (g = 9,8 m/s²)

f = coeficiente de atrito.

Deve-se observar se ao final, o somatório das perdas de carga no trecho ficou dentro do critério da variação máxima permitida.

EXEMPLO. Calcule o diâmetro comercial para uma linha lateral, em nível, com 4 aspersores espaçados a cada 12 metros, conforme Figura 9.4. O aspersor utilizado possui pressão de serviço de 20 mca e vazão (q) 0,91m³/h.

Resolução:

A variação máxima de pressão na lateral será de:

$$\Delta h_{m\acute{a}x} = Ps \times 0,2 \pm \Delta Z_{lateral} \quad \Delta h_{m\acute{a}x} = 20 \times 0,2 \pm 0 = 4 \text{ mca}$$

No trecho 1:

$$Q_{trecho} = Naxq \quad Q_{trecho} = 1 \times 0,91 = 0,91 \text{ m}^3/\text{h}$$

Será adotado, para o primeiro chute o menor diâmetro comercial possível, o do tubo de 25 mm – Pn60. Com diâmetro externo de 25 mm e espessura da parede de 1,2 mm, resultando num diâmetro interno de 22,6 mm, ou 0,0226 m.

$$V = \frac{4 \times Q_{trecho}}{3600 \times \pi \times D_{int}^2} \quad V = \frac{4 \times 0,91}{3600 \times \pi \times 0,0226^2} = 0,63 \text{ m/s}$$

A velocidade encontrada foi de 0,63 m/s, bem inferior a 1,5 m/s. Por isso, não há necessidade de substituir o diâmetro estabelecido.

$$Re = \frac{v \times Di}{\nu} \quad Re = \frac{0,63 \times 0,00226}{1,003 \times 10^{-6}} = 14198,41$$

$$f = \frac{0,32}{Re^{0,25}} \quad f = \frac{0,32}{14198,41^{0,25}} = 0,029$$

$$hf_{Darcy-Weisbach} = f \times \frac{L}{Di} \times \frac{v^2}{2g} \quad hf_{Darcy-Weisbach} = 0,029 \times \frac{12}{0,0226} \times \frac{0,63^2}{2 \times 9,8}$$

$$hf_{Darcy-Weisbach} = 0,3153 \text{ mca}$$

Nos trechos seguintes:

Trecho	N aspersores	mm	mm						
De	L	ligados	Q (m³/h)	DN/PN	DI	V (m/s)	RE	f	Hf - mca
2	12	2	1,82	25/60	22,6	1,26	28396,82	0,025	1,0607
3	12	3	2,73	32/60	29	1,15	33194,90	0,024	0,6597
4	6	4	3,64	32/60	29	1,53	44259,86	0,022	1,0914

Observe no trecho de 3 que a tubulação foi modificada já que se fosse utilizado o tubo de 25 mm - PN60 a velocidade seria de 1,89 m/s e perda de carga de 2,15 mca. Por isso, adotou-se o diâmetro superior o tubo de 32 mm - PN 60.

O somatório das perdas de carga nos trechos foi de:

$$hf_{lateral} = hf_{trecho1} + hf_{trecho2} + hf_{trecho3} + hf_{trecho4} = 0,3153 + 1,0607 + 0,6597 + 1,0914 = 3,1271 \text{ mca}$$

Valor abaixo da variação de pressão máxima da linha lateral (4 mca). Linha dimensionada e critério aceito.

Outros materiais utilizam outra metodologia, em que se determina o diâmetro teórico da tubulação cuja perda de carga máxima é igual a variação de pressão máxima da linha. Porém, essa metodologia é empregada para o dimensionamento da linha lateral inteira e não por trecho, devendo o projetista dimensionar em seguida a linha telescópica, com a variação do diâmetro da lateral, limitando-se a apenas dois diâmetros.

4.3 – Pressão de entrada no início da linha lateral

$$H_{in} = hf_{lateral} + P_s + Alt.Haste + \Delta z \times 0,5 \quad (8.16)$$

em que:

H_{in} = pressão no início da linha lateral, m

h_{fl} = perda de carga na linha lateral, m

H_e ou P_s = pressão de serviço do Aspersor, m;

$Atl.Haste$ = Altura da Haste em relação ao solo, m

ΔZ = Desnível, m (se aative +, se declive -)

4.4 – Dimensionar Derivação

A derivação é a linha de onde “saem” as laterais. Na Figura 9.4 os trechos 5 e 6 correspondem à linha de derivação. No trecho 5, a vazão da linha corresponde a $4 \times q$, que é a vazão que passará pelo trecho 5, e fornecerá vazão para a primeira lateral, com 4 aspersores. No trecho 6, passará por ele vazões para atender a primeira e segunda lateral, ou seja $8 \times q$.

4.4.1. Vazão dos trechos nas linhas de derivação

$$Q_{td} = Nad \times Ql \quad (8.17)$$

em que:

Q_{td} = vazão no trecho na linha de derivação, m^3/h

Nad = número de aspersores ligados ao trecho da linha de derivação

4.4.2 Cálculo do diâmetro da tubulação

Na Figura 9.4, os trechos 5 e 6 correspondem à uma linha de derivação. O método de seleção é similar ao utilizado na lateral, com o diferencial da velocidade que pode estar

entre 0,5 a 2,0 m/s (Peres, 2006; Testezlaf e Matsura, 2015). Adota-se aqui uma velocidade de no máximo 1,5 m/s.

$$V = \frac{4 \times Q_{trecho}}{3600 \times \pi \times D_{int}^2}$$

em que:

V = Velocidade do líquido no trecho, m/s;

D_{int} = diâmetro interno da tubulação, m.

Em seguida é feito o cálculo da perda de carga pelas equações descritas no capítulo 2, através da sequência:

$$Re = \frac{v \times Di}{\nu}$$

em que:

V = velocidade de escoamento do líquido na tubulação, m/s;

Di = diâmetro interno da tubulação, m;

ν = viscosidade cinemática do líquido, m²/s; - quando se utiliza água $\nu = 1,003 \times 10^{-6}$ m²/s à 20°C.

$$f = \frac{0,32}{Re^{0,25}}$$

$$hf_{Darcy-Weisbach} = f \times \frac{L}{Di} \times \frac{v^2}{2g}$$

em que:

hf_{Darcy-Weisbach} = perda de carga calculada por Darcy-Weisbach, m;

L = comprimento total da tubulação, m;

D = Diâmetro interno da tubulação, m;

V = Velocidade de escoamento do fluido na tubulação, m/s;

g = aceleração gravitacional, m/s²; *

f = coeficiente de atrito.

4.5. Pressão de entrada em cada trecho da derivação

É importante observar se as tubulações suportarão a pressão nos trechos, para isso deve-se observar se a pressão de entrada no trecho é maior ou igual a pressão suportada pelo tubo escolhido (PN).

$$PET_i = PET_{i-1} + hf_{tr} + \Delta Z \quad (8.18)$$

em que

PETi= Pressão de entrada no trecho, mca;

PET i-1 = pressão de entrada no trecho anterior, m;

hftr = perda de carga no trecho; mca;

Z = desnível no trecho, m.

Sempre que a PET for maior que o PN da tubulação, deve-se adotar a tubulação do PN superior e refazer os cálculos hidráulicos.

4.6. Pressão no início na linha de derivação

$$H_{inld} = PET_{menor} + h_{fcavalete} + \Sigma h_{f_{derivação}} + \Sigma \Delta z / 2 \quad (8.19)$$

em que:

H_{inld} = pressão no início da linha de derivação, m

PET_{menor} = menor valor de pressão de entrada no trecho da derivação, m

Somatório h_{fld} = somatório das perdas de carga da derivação, m

SomaDelta Z = somatório dos Desníveis da derivação, m (se aative +, se declive -)

4.7. Dimensionar Linha Principal e Sucção.

A passagem da linha de derivação para a principal é feita pelos cavaletes ou por uma válvula de abertura ou fechamento de bloco. Os trechos da linha principal podem ser estabelecidos entre os cavaletes de irrigação, ou após alguma mudança de trajetória ou topografia. Adota-se como o último trecho da principal o trecho até o conjunto Moto-Bomba (MB). Do conjunto MB até o líquido, é caracterizado pela linha de sucção.

O dimensionamento das linhas é feito de forma idêntica à linha de derivação, com o diferencial que para a linha de sucção deve-se adotar velocidade máxima igual a 1 m/s (Testezlaf e Matsura, 2014).

4.8. Dimensionamento do Conjunto Moto-Bomba

O conjunto moto-bomba será dimensionado em função da energia necessária para o correto funcionamento do aspersor e da energia necessária para superar os desníveis e compensar as perdas de carga.

4.8.1. Altura manométrica

A altura manométrica é encontrada através da fórmula:

$$H_{man} = PEMB + h_{f_{suc}} + h_{f_{saída}} + H_{gs} + h_{f_{filtros}} + h_{f_{loc}} \quad (8.20)$$

e

$$PEMB = PET_{UTP} + hf_{UTP} \quad (8.21)$$

em que:

H_{man} = altura manométrica total, m

$PEMB$ = Pressão de entrada no Moto-Bomba, m;

PET_{UTP} = Pressão de entrada no último trecho da principal, m;

hf_{UTP} = Perda de carga do último trecho da principal;

hf_{suc} = perda de carga na linha de sucção, m;

$hf_{saída}$ = perda de carga na saída da bomba, m;

H_{gs} = desnível geométrico da sucção, m;

$Hf_{filtros}$ = perda de carga nos filtros, m;

Hf_{loc} = perda de carga localizada, 5% da H_{man} .

7.2. Potência do conjunto M-B

Nesta metodologia, evita-se calcular a potência do conjunto moto-bomba, prefere-se buscar nos catálogos quais as bombas estão dentro da faixa desejada, adicionando-se para isso as folgas de segurança nos projetos.

O Manual de projetos da Netafim (2014) recomenda uma margem de segurança para a seleção das bombas:

Para a Altura manométrica total:

- a) Se a altura manométrica total for menor o igual a 125 mca, adicionar folga de 4%;
- b) Se a altura manométrica total for maior que 125 mca, adicionar folga de 5 mca.

Para a Vazão:

- a) Se a vazão for menor o igual a 100 m³/h mca, adicionar folga de 5%;
- b) Se a vazão for maior que 100 m³/h mca, adicionar folga de 3%;

Dada as folgas, busca-se nos catálogos as curvas de bomba que coincidam ou estejam acima do ponto.

8. DESENHO DOS DETALHES DO PROJETO

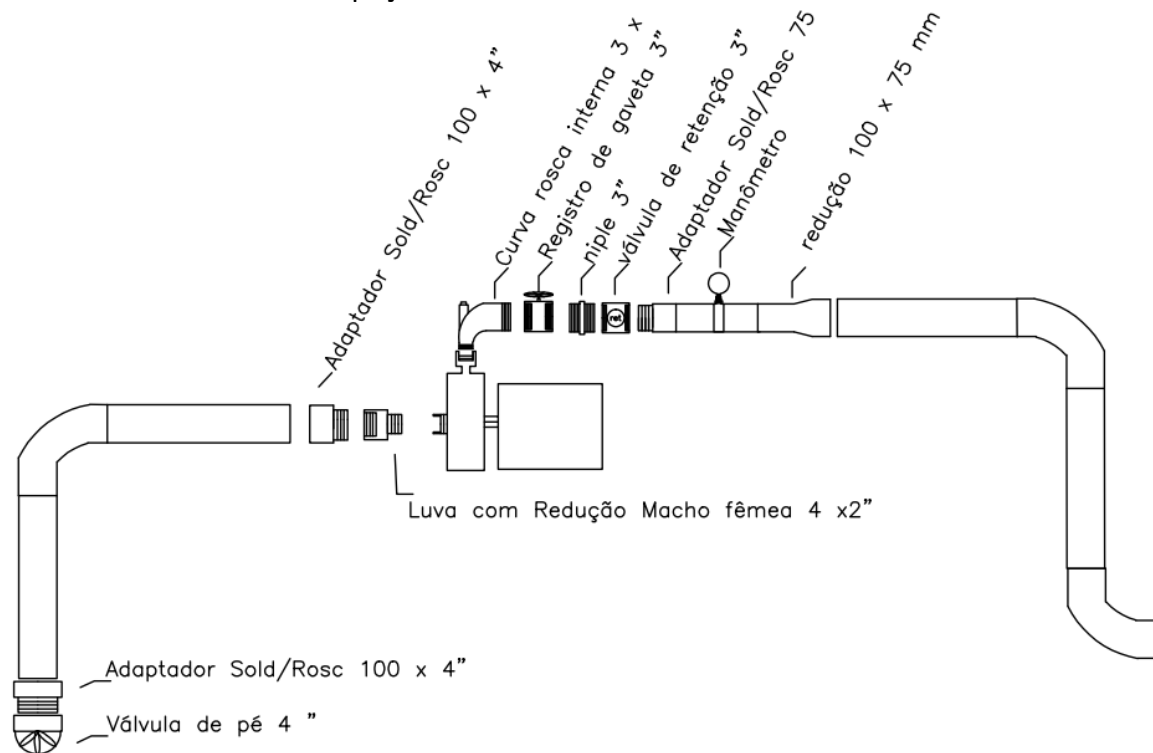
Os desenhos dos detalhes de alguns componentes são importantes para auxiliar o montador em campo e auxiliar a contagem das peças, processo que ocorrerá na próxima etapa.

Os primeiros projetos serão mais trabalhosos, já que o projetista não irá possuir nenhum desenho feito, no entanto, com o passar do tempo, os mesmos poderão ser pegos em sua biblioteca de desenho de peças em CAD.

As peças que merecem ser desenhadas são aquelas em que pode surgir algum componente diferenciado, geralmente são: os componentes do aspersor, o esquema que será utilizado para distribuir as laterais pela derivação, o cavalete, o sistema de filtragem e

de bombeamento. Na Figura 8.5 está o exemplo de detalhamento de peças de um sistema de bombeamento.

Figura 8.5. Detalhamento das peças utilizadas num sistema de bombeamento.



9. CONTAGEM DE PEÇAS

A contagem de peças é o processo final do dimensionamento, têm-se que ter muito cuidado para que não haja erros e o processo realizado anteriormente, de desenho, auxiliará e evitar estes erros.

Para facilitar a contagem sugere-se dividir os sistemas por:

- Contagem das peças dos: Aspersores e laterais;
- Contagem das peças das: Derivações e Principal;
- Contagem das peças dos: Cavaletes e válvulas;
- Contagem das peças do: Sistema de filtragem e Automação;
- Contagem das peças do: Sistema de Bombeamento, sucção e quadro de comando;

Para algumas peças de irrigação sugere-se adicionar uma porcentagem de segurança, já que pode ocorrer a necessidade de substituição das peças ou algum outro fator.

10. ENTREGA DO ORÇAMENTO AO CLIENTE.

A entrega do orçamento deve ser feita pessoalmente ao produtor, e deve-se sempre que possível, fornecer mais de um orçamento por área. Esta variação de preço pode ser ocasionada por diferentes equipamentos ou o uso de automação na área.

Antes de fornecer o valor, explique ao cliente todos os pontos importantes do projeto e finalmente dê as opções de preço, dê opções de pagamento e seja sincero com o prazo de entrega. O modelo de um orçamento pode ser variado, alguns programas de gestão financeira da loja podem auxiliar no orçamento, mas cada empresa pode criar seu próprio sistema.

Informe no orçamento os prazos de entrega e a validade do orçamento. Em seguida segue modelo de orçamento de uma área qualquer.

CAPÍTULO 9

DIMENSIONAMENTO EM ÁREA COM FORMATO REGULAR

Allan Cunha Barros

Este exemplo é didático por utilizar uma área pequena e de formato retangular, com o objetivo de entender a dinâmica do dimensionamento, nos próximos exemplos, serão feitos com áreas mais próximas a realidade.

Seguindo as etapas do dimensionamento de um projeto visto no capítulo 9:

1. Visita à área para: Levantamento topográfico; levantamento dos dados de solo, água e entrevista com o produtor Rural;

Após a visita a área foram levantados os seguintes dados.

1.1. DADOS DE PROJETO

a) IDENTIFICAÇÃO

Propriedade: Empresa Agropecuária Monte Branco
Município: Poço Redondo-Se

b) SISTEMA

TIPO: Aspersão convencional fixa
EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO (Ea): 85 %
TEMPO

c) RECURSOS HÍDRICOS

Fonte: Rio São Francisco
Vazão Regularizada: 2600 m³/h
Qualidade (Classificação FAO): Nenhum grau de restrição de uso para salinidade e infiltração. Apresenta poucos sólidos em suspensão e encontra-se biologicamente adequada.

d) SOLO

Classificação: NEOSSOLO FLÚVICO
Classificação Textural: Areia Franca
Capacidade De Campo (CC): 12 % massa
Ponto De Murcha (PM): 4 % massa
Densidade Aparente (da): 1,50 kg/dm³
Velocidade De Infiltração (VIB): 20,0 mm/h
Tempo De Irrigação Diário: 12 h

e) CLIMA

Classificação: semi-árido
Precipitação média anual: 540,30 mm
Temperatura média anual: 26,5 oc
Evapotranspiração de referência (eto): 7,0 mm/dia (mês de dezembro)
Velocidade média do vento: 3,2 m/s

f) USO AGRONÔMICO

Cultura: pastagens diversas
Fator de disponibilidade da água no solo (f): 0,5
Coeficiente de cultura (kc): 0,9
Profundidade do sistema radicular (z): 30,0 cm

g) TOPOGRAFIA

Dimensões: 100,0 x 200,0 m (2 ha)

Desnível geométrico: 4 % (sentido do comprimento)

Desnível geométrico sucção: 3,5 m

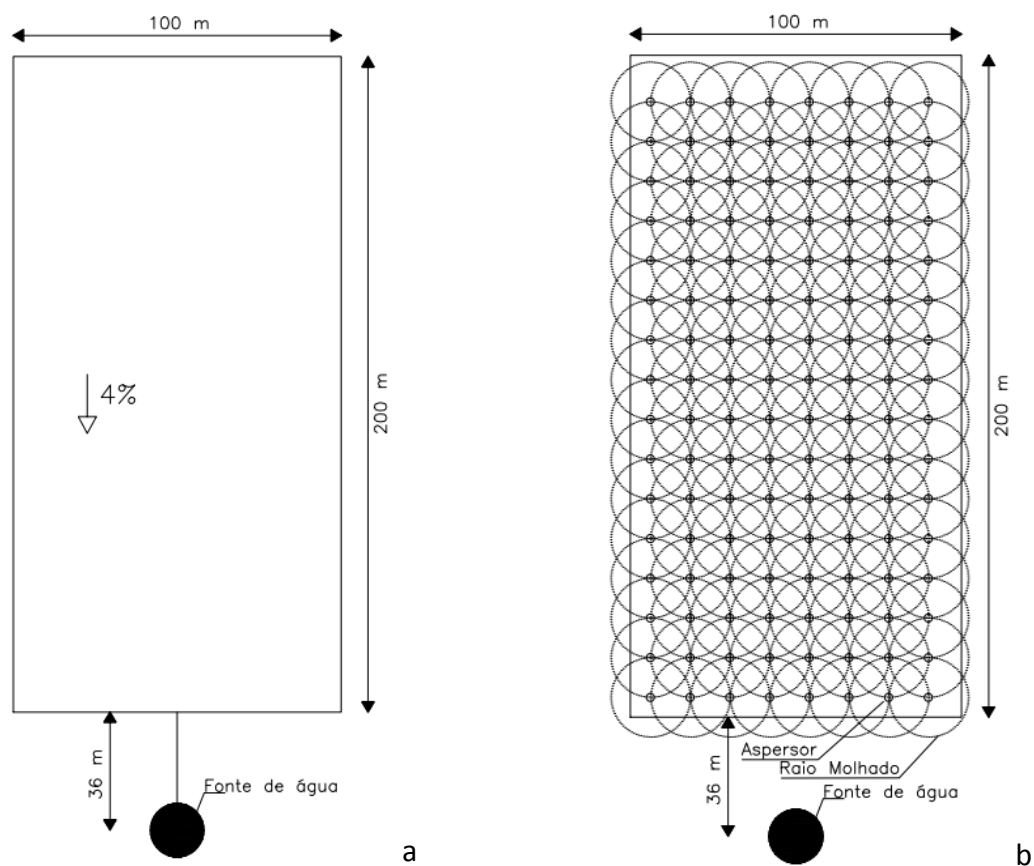
Distância horizontal do recalque: 36,0 m

Planta topográfica: em anexo

2. Desenho da área em CAD

O desenho da área em CAD pode ser visto na Figura 9.1 a e b. Escolheu-se, primeiramente, o espaçamento entre os aspersores de 12 x 12.

Figura 9.1. Vista do desenho topográfico da área (a) e da disposição dos aspersores.



Fonte: Autor, 2018

A quantidade total de aspersores encontrada foi de 128, em espaçamento 12 x 12 m.

3. DIMENSIONAMENTO AGRONÔMICO

3.1. Disponibilidade total de água no solo - DTA

$$DTA = \frac{(CC - PM)}{10} \times d_a \qquad DTA = \frac{(12 - 4)}{10} \times 1,5 = 1,2 \text{ mm/cm}$$

3.2. Capacidade total de água no solo - CTA

$$CTA = DTA \times z \qquad CTA = 1,2 \times 30 = 36,0 \text{ mm}$$

3.3. Capacidade Real de água no solo - CRA

$$CRA = CTA \times f \qquad CRA = 36 \times 0,5 = 18,0 \text{ mm}$$

3.4. Irrigação Real Necessária - IRN ou lâmina líquida

$$IRN \leq CRA \qquad IRN = 18,0 \text{ mm}$$

3.5. Irrigação Total Necessária - ITN ou lâmina bruta

$$ITN = \frac{IRN}{Ea} \qquad ITN = \frac{18}{0,85} = 21,17 \text{ mm}$$

3.6. Evapotranspiração Potencial Da Cultura - ETPc

$$ETPc = ET_o \times Kc \qquad ETPc = 7 \times 0,9 = 6,3 \text{ mm/dia}$$

3.7. Turno de Rega - TR

$$Tr = \frac{IRN}{ETPc} \qquad Tr = \frac{18}{6,3} = 2,85 = 2 \text{ dias}$$

Correção da lâmina para ajustar ao TR adotado.

$$IRN = ETPc \times Tr \qquad IRN = 6,3 \times 2 = 12,6 \text{ mm}$$

$$ITN = \frac{IRN}{Ea} \qquad ITN = \frac{12,6}{0,85} = 14,83 \text{ mm}$$

3.8. Vazão necessária ao projeto – Qa

$$Qa = \frac{10 \times A \times ETc}{EaxTid}$$

$$Qa = \frac{10 \times 2 \times 6,3}{0,85 \times 12} = 12,35 \text{ m}^3/\text{h}$$

Critério

Vazão disponível >= Vazão necessária? (x)sim () não

3.9. Escolha do Aspersor

3.9.1. Intensidade de precipitação necessária

$$Ian = \frac{ITN}{Tid}$$

$$Ian = \frac{14,83}{12} = 1,2 \text{ mm/h}$$

A escolha do aspersor deve ser tal que o I_p seja de no mínimo 1,2 mm/h e no máximo 20 mm/h.

Buscou-se no catálogo da empresa NaanDanJain o aspersor Super 10 (Figura 9.2).

Figura 9.2. Catálogo de performance do Aspersor Super 10 da NaanDanJain.

Super10 Performance Table									
Precipitation rates (mm/hr) and uniformity (CU) at various spacing									
Nozzle Color	P (bar)	Q (l/h)	D (in)	Precipitation rates (mm/hr) Spacing (in)					
				9x9	9x10	10x10	9x12	10x12	12x12
Blue	2.5	360	17.0	4.5	4	3.6			
	3.0	395	17.0	4.8	4.4	3.9			
	3.5	425	16.5	5.2	4.7	4.2			
	4.0	455	16.0	5.6	5.1	4.6			
F.R.	3.0-5.0	360	18.0	4.5	4	3.6			
Yellow	2.5	450	20.0	5.5	5	4.5	4.1	3.7	3.1
	3.0	495	20.0	6.1	5.5	4.9	4.6	4.1	3.4
	3.5	530	19.5	6.5	5.9	5.3	4.9	4.4	3.7
	4.0	570	19.0	7	6.3	5.7	5.3	4.7	3.9
F.R.	3.0-5.0	450	20.0	5.5	5	4.5	4.2	3.7	3.1
Green	2.5	550	20.0	6.7	6	5.4	5	4.5	3.8
	3.0	600	20.0	7.4	6.7	6	5.6	5	4.2
	3.5	650	20.0	8	7.2	6.5	6	5.4	4.5
	4.0	695	19.5	8.6	7.7	6.9	6.4	5.8	4.8
F.R.	3.0-5.0	550	20.0	6.8	6.1	5.5	5.1	4.6	3.8
Red	2.5	670	20.5	8.2	7.4	6.6	6.1	5.5	4.6
	3.0	735	20.5	9	8.1	7.3	6.8	6.1	5.1
	3.5	790	20.0	9.7	8.7	7.8	7.3	6.5	5.4
	4.0	850	20.0	10.4	9.4	8.4	7.8	7	5.9
F.R.	3.0-5.0	670	20.5	8.2	7.4	6.6	6.2	5.5	4.6
Color code - Distribution uniformity				CU > 92%	CU 88-92%	CU 85-88%	CU < 85%		
F.R. = Flow Regulator									
* Performance table prepared under laboratory conditions									
* For windy conditions use closer spacing									

Fonte: NaanDanJain, 2018

Pode-se observar que os bocais Yellow Green e Red possuem características que atendem ao critério. Será adotado o bocal Red, pois o mesmo apresenta I_p de 4,6 mm/h possibilitando a irrigação de forma mais rápida o que poderá aumentar o número dos blocos.

Aspersor Escolhido

Fabricante: NaanDanJain

Modelo: Super 10

Bocal: Vermelho; **Vazão:** 0,670 m³/h, **Diâmetro irrigado:** 21 m

Pressão de Serviço (He ou Os): 25 mca

Altura da haste em relação ao solo (Alt.Has): 2,1 m

Espaçamento entre aspersores (Easp): 12m

Espaçamento entre linhas (El): 12m

3.9.2. Intensidade de precipitação do aspersor

$$I_p = \frac{q \times 1000}{E_{asp} \times El} \qquad I_p = \frac{0,670 \times 1000}{12 \times 12} = 4,65 \text{ mm/h}$$

3.9.3 – Sobreposição

$$\text{sobreposição} = \frac{E_{asp} - 2 \times (E_{asp} - \frac{D_i}{2})}{E_{asp}} \times 100 \qquad \text{sob.} = \frac{12 - 2 \times (12 - \frac{21}{2})}{12} \times 100 = 75\%$$

Critérios

$I_{an} \leq I_p \leq VIB$?	(x)sim () não
Sobreposição do aspersor é maior que 65% ?	(x)sim () não

3.9.4. Tempo de irrigação necessário por aspersor

$$T_{in} = \frac{ITN}{I_p} \qquad T_{in} = \frac{14,83}{4,65} = 3,18 = 3 \text{ horas e } 11 \text{ min}$$

3.10 . Número total de aspersores na área (NT)

Nt = 128 aspersores – olhar planta no CAD

3.11. Número de blocos irrigados por dia (Npiad)

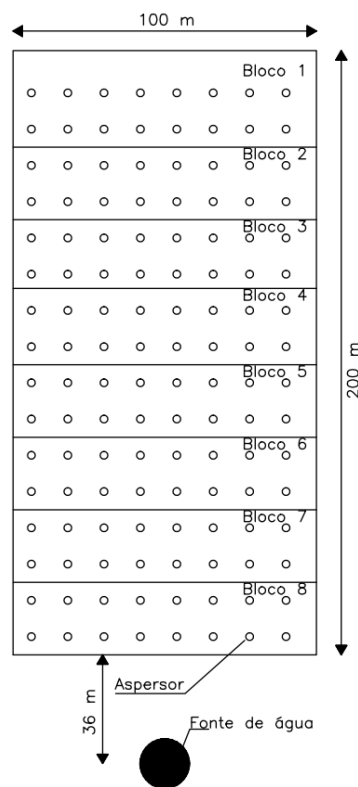
$$N_{biad} = \frac{T_i}{T_{in}} \qquad N_{biad} = \frac{12}{3,18} = 3,77 \quad N_{biad} \text{ adotado} = 4$$

3.12. Número de aspersores em operação conjunta (Naoc)

$$Naoc = \frac{Nt}{Tr \times Nbiad} \quad Naoc = \frac{128}{2 \times 4} = 16$$

Como serão 4 blocos irrigados por dia, e o turno de rega de dois, logo a área terá 8 blocos, cada um com 16 aspersores. Como a área só possuía um sentido da declividade, os blocos foram separados no sentido horizontal, possuindo tamanhos iguais, conforme Figura 9.3.

Figura 9.3. Desenho em CAD da distribuição dos blocos.

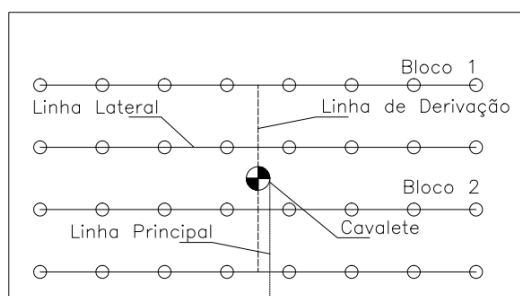


4. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

4.1- Desenhar as linhas

As linhas laterais devem sempre que possível estar em nível. Observa-se que apesar da linha inteira possuir 8 aspersores, para fins de dimensionamento hidráulico, só será considerada um lado, já que a derivação corta a linha ao meio, entre dois aspersores (Figura 9.4)

Figura 9.4. Desenho das linhas lateral e derivação nos blocos 1 e 2 e das linhas laterais.



Fonte: Autor, 2018

4.2. Dimensionar laterais

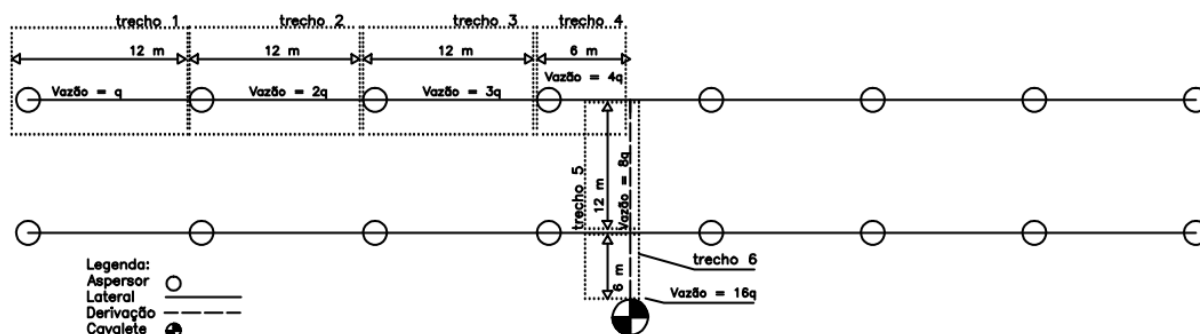
A variação de pressão máxima na lateral será dada por:

$$\Delta h_{\max} = P_s \times 0,2 \pm \Delta Z_{\text{lateral}} \quad \Delta h = 0,2 \times 25 = 5 \text{ mca}$$

Assim, a perda de carga máxima na linha será de 5 mca.

A separação dos trechos fica mais fácil de compreender se for desenhada, este desenho não precisa ser feito no Cad, pode ser apenas um rabisco numa folha. Como comentado acima, a lateral terá apenas 4 trechos, conforme Figura 9.5, já que a derivação cortou a lateral ao meio.

Figura 9.5. Separação dos trechos da lateral e derivação do exemplo.



Fonte: Autor, 2018

Vazão dos trechos das Lateral

$$Q_{\text{trecho}} = N \times q$$

Trecho	Número de aspersores ligados ao trecho	Vazão do aspersor (m³/h)	Vazão do trecho (m³/h)
1	1	0,67	0,67
2	2	0,67	1,34
3	3	0,67	2,01
4	4	0,67	2,68

4.2.1. Cálculo do diâmetro da tubulação

Do Trecho 1

Como é o primeiro trecho e de menor vazão será escolhido, primeiramente, o menor tubo comercial possível para irrigação, o tubo de 25 mm PN 60. Na Tabela 10.1, observa-se o diâmetro externo e espessura da parede, daí temos o diâmetro interno. O comprimento deste trecho é de 12 m.

O diâmetro interno é obtido através da fórmula a seguir:

$$D_i = D_e - 2e$$

em que:

D_i – Diâmetro interno, mm;

D_e – Diâmetro externo, mm;

e – espessura da parede do tubo, mm.

Tabela 9.1. Valores de diâmetro externo (DE) e espessura da parede para tubos de pressão nominal 60.

PN60		
DN	DE	Parede
(mm)	(mm)	(mm)
25 (3/4")	25.0	1.2
32 (1")	32.0	1.5
40 (1 1/4")	40.0	1.9

$$V = \frac{4 \times Q_{\text{trecho}}}{3600 \times \pi \times D_{\text{int}}^2}$$

$$V = \frac{4 \times 0,67}{3600 \times \pi \times 0,0226^2} = 0,46 \text{ m/s}$$

A velocidade encontrada foi de 0,46 m/s, bem inferior a 1,5 m/s. Por isso, não há necessidade de substituir o diâmetro estabelecido.

$$Re = \frac{v \times D_i}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,46 \times 0,0226}{1,003 \times 10^{-6}} = 10453,8$$

$$f = \frac{0,32}{Re^{0,25}}$$

$$f = \frac{0,32}{10453,8^{0,25}} = 0,0316$$

$$hf_{\text{Darcy-Weisbach}} = f \times \frac{L}{D_i} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$hf_{\text{Darcy-Weisbach}} = 0,0316 \times \frac{12}{0,0226} \times \frac{0,63^2}{2 \times 9,8}$$

$$hf_{\text{Darcy-Weisbach}} = 0,1845 \text{ mca}$$

Nos trechos seguintes:

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Trecho	L	N aspersores		DN	PN	DI (mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu
		ligados	Q (m³/h)								
2	12	2	1,34	25	60	22,6	0,93	20907,5	0,0266	0,6207	0,8052
3	12	3	2,01	25	60	22,6	1,39	31361,3	0,0240	1,2619	2,0672
4	6	4	2,68	25	60	22,6	1,86	41815,1	0,0224	1,0439	3,1111

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno, e – espessura; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, Hf – perda de carga no treco, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho.

Observe que o trecho 4 possui 6 m de comprimento, já que a derivação foi colocada entre os dois aspersores, observe também que a velocidade no trecho foi de 1,86 m/s, se utilizado o tubo de 25 mm. Apesar do critério adotado neste manual dizer que a velocidade deva ficar até 1,5 m/s, como este foi o último trecho, e a variação de pressão máxima permitida foi de 5 mca e até o trecho anterior, trecho 3, a perda de carga somada foi de 2,067 mca (0,1845 + 0,6207 + 1,2619), adotou-se a tubulação de 25 mm, pois este não iria superar a variação de pressão máxima na linha.

4.3. Pressão de entrada no início da linha lateral

$$H_{in} = hf_{lateral} + P_s + Alt.Haste + \Delta z \times 0,5 \quad H_{in} = 3,11 + 25 + 2,1 + 0 = 30,21 \text{ mca}$$

Ou seja, a pressão que irá entrar na lateral é bem inferior à capacidade de pressão suportada pela tubulação, 60 mca.

RESUMO do dimensionamento das laterais

Variação de pressão máxima Aceitável	5	mca
Variação de pressão máxima atingida	3,11	mca
Altura de Instalação da Haste	2,10	metros
Pressão de entrada na lateral	30,21	mca

Critérios

$hf_{max ll} \leq P_s \times 0,2 - \Delta z.lateral ?$	(x)sim () não
As laterais estão em nível ou na menor declividade?	(x)sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	(x)sim () não

4.4 – Dimensionar Derivação

Da mesma maneira que os cálculos são feitos para a lateral, são feitos para a derivação. O bserve que no trecho 5, por ele percorrerá vazão paa atender 8 aspersores, 4 de um lado da lateral e 4 de outro lado da lateral, e que no trecho 6, por ele passará vazão para atender 16 aspersores, 4 de cada lado das laterais e mais 8 que passarão pelo trecho 5.

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Trecho	Número de aspersores ligados ao trecho	Vazão do aspersor (m³/h)	Vazão do trecho (m³/h)
5	8	0,67	5,36
6	16	0,67	10,72

Do Trecho 5

Como o último trecho (trecho 4) possuía diâmetro nominal de 25 mm, e sua velocidade foi acima de 1,86 m/s. Iniciou-se o teste com o diâmetro superior de 32 mm, também disponível na Tabela 9.1.

O diâmetro interno do tubo de 32 mm Pn 60 é de:

$$Di = De - 2e$$

$$Di = 32 - 2(1,5) = 29 \text{ mm.}$$

Quando se calcula a velocidade:

$$V = \frac{4 \times Q_{\text{trecho}}}{3600 \times \pi \times D_{\text{int}}^2}$$

$$V = \frac{4 \times 5,36}{3600 \times \pi \times 0,0226^2} = 2,25 \text{ m/s}$$

Valor acima do recomendado, daí utiliza-se o diâmetro superior. Comercialmente algumas empresas de irrigação usam pouco os diâmetro de 35mm e 40mm, passando diretamente para o tubo de 50 mm, que possui duas opções de PN, o PN40 e o PN 80.

Será testado neste momento o tubo de 50mm PN40, de diâmetro interno 48,1mm, cujos dados estão na tabela 9.2.

Tabela 9.2. Valores de diâmetro externo (DE) e espessura da parede para tubos de pressão nominal 60.

PN40		
DN	DE	Parede
(mm)		
35	38.1	1.2
50	50.5	1.2
75	75.5	1.5
100	101.6	2.0
125	125.0	2.5
150	150.0	3.0

Testando o diâmetro de 50 mm:

$$V = \frac{4 \times Q_{trecho}}{3600 \times \pi \times D_{int}^2}$$

$$V = \frac{4 \times 5,36}{3600 \times \pi \times 0,0481^2} = 0,82 \text{ m/s}$$

A velocidade encontrada foi de 0,82 m/s, bem inferior a 1,5 m/s. Por isso, não há necessidade de substituir o diâmetro estabelecido. Daí, calcula-se os passos a seguir:

$$Re = \frac{v \times Di}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,82 \times 0,0481}{1,003 \times 10^{-6}} = 39294$$

$$f = \frac{0,32}{Re^{0,25}}$$

$$f = \frac{0,32}{39294^{0,25}} = 0,0227$$

$$hf_{Darcy-Weisbach} = f \times \frac{L}{Di} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$hf_{Darcy-Weisbach} = 0,0227 \times \frac{12}{0,0481} \times \frac{0,82^2}{2 \times 9,8}$$

$$hf_{Darcy-Weisbach} = 0,1942 \text{ mca}$$

Para o trecho seguinte, o 6, o diâmetro de 50 mm do tubo de PN40 irá obter velocidade de 1,64 m/s, acima do critério, portanto, deve-se adotar tubulação de diâmetro superior, neste caso o tubo de 75 mm PN 40, de Diâmetro externo de 75,5 e espessura da parede de (e) 1,5 mm.

Cálculos

Trecho	N aspersores		Q (m³/h)	DN	PN	DI (mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca
	L	ligados								
6	6	16	10,72	75	40	72,5	0,72	52139,1	0,0212	0,0465

4.5. Pressão de entrada em cada trecho da derivação

Para trecho 5

$$PET_i = PET_{i-1} + hf_{tr} + \Delta Z$$

$$PET_i = 30,21 + 0,1942 + (12 \times 0,04) = 30,88 \text{ mca}$$

Para trecho 6

$$PET_i = PET_{i-1} + hf_{tr} + \Delta Z$$

$$PET_i = 30,88 + 0,0465 + (6 \times 0,04) = 31,17 \text{ mca}$$

Em ambos os trechos apresentaram PET inferior ao PN da tubulação, ou seja o PN do tubo adotado atenderá ao critério. A perda de carga total da linha foi de 0,2408 mca.

4.6. Pressão no início na linha de derivação

A pressão na linha de derivação é dada por:

$$H_{inld} = PET_{menor} + h_{fcavalete} + \Sigma h_{f_{derivação}} + \Sigma \Delta z / 2$$

$$H_{inld} = 30,21 + 3 + 0,2408 + [(12 \times 0,04 + 6 \times 0,04) \div 2] = 34,48 \text{ mca}$$

Adotou-se a perda de carga no cavalete de 3 mca.

Critérios

Velocidade na derivação é de no máximo 1,5m/s?	(x)sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	(x)sim () não

5. Dimensionamento da Linha Principal

A linha principal segue os mesmos passos para o dimensionamento visto na derivação. A mesma foi dividida em 5 trechos, os trechos entre os cavaletes, no total de 3, o trecho entre o último cavalete e o começo da área e entre a entrada da área e o conjunto moto-bomba.

Esta divisão fica a critério do projetista, mas quando se separa os trechos entre os cavaletes, pode-se verificar com mais clareza as pressões que irão entrar nos cavaletes.

O trecho 7 possui vazão igual a vazão do trecho 6, ou seja, pode-se utilizar o mesmo diâmetro da derivação (75mm PN 40), desde que seja atendido o critério de PET ser inferior ao PN. Realizando os cálculos, observa-se os seguintes valores:

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	DI (mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
7	48	10,72	75	40	72,5	0,72	52139	0,021	7,04	0,37	0,37	36,77

*DES – Desnível geométrico do trecho dado pelo produto do comprimento pela declividade, %.

Observe que no trecho 9 o PET foi superior ao PN utilizado na tubulação anterior, mca, por isso, houve a modificação apenas do PN da tubulação, passando para PN 80.

Cálculos

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	DI (mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
8	48	10,72	75	40	72,5	0,72	52139	0,021	1,92	0,370	0,74	39,06
9	48	10,72	75	80	70,5	0,76	53618	0,021	1,92	0,430	1,17	41,41
10	30	10,72	75	80	70,5	0,76	53618	0,021	1,2	0,266	1,44	42,86
11	36	10,72	75	80	70,5	0,76	53618	0,021	1,44	0,319	1,75	44,63

Critério

Velocidade na principal é de no máximo 1,5m/s?	(x)sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	(x)sim () não

6. Dimensionamento da Linha de Sucção

A tubulação de sucção é dada pela distância entre o sistema de bombeamento e a água.

Cálculos

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	DI (mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu
12	3,5	10,72	75	80	70,5	0,76	53618,22	0,021029	0,0310	0,0310

Velocidade na sucção é de no máximo 1,0m/s?

(x)sim () não

7. Seleção dos filtros e estimativa das perdas de carga devido ao sistema de filtragem

O sistema de filtragem adotado será por filtros de tela, serão utilizados 3 filtros de 1 1/2" com vazão máxima de 10 m³/h. Quando um estiver realizando a limpeza, apenas dois estarão em funcionamento, e a vazão individual será de 5,36 m³/h, com perda de carga de 0,1 bar, ou 1 mca, conforme Figura 10.5.

Figura 9.6. Tabela de Perda de carga de Filtro de tela de 1 ½", no eixo do x, os valores de vazão em m³/h, e no eixo y, a perda de carga em bar.



Fonte: Irritec, 2016

8. Altura manométrica

A altura manométrica é encontrada através da fórmula:

$$PEMB = PET_{UTP} + hf_{UTP}$$

$$PEMB = 44,63 + 0,3188 = 44,95 \text{ mca}$$

$$H_{man} = PEMB + hf_{suc} + hf_{saída} + Hgs + hf_{filtros} + hf_{loc}$$

$$H_{man} = (44,95 + 0,031 + 1 + 3,5 + 1) \times 1,05 = 53,00 \text{ mca}$$

Assim, os dados para o dimensionamento do sistema de bombamaneto serão: Q de 10,72m³/h e Hman de 53,00mca.

9. Dados para o dimensionamento do sistema de Bombeamento

Pode-se repetir a seleção dos diâmetros das laterais e derivações para todos os blocos, já que os mesmos possuem o mesmo formato e distribuição das linhas, mas é conferir a pressão de entrada nos cavaletes para controle da pressão.

A seleção da bomba pode ser feito por catálogos, aqui será adotado a seleção feita através do site das bombas Schineider (<http://schneider-fele.tempsite.ws/simulador/index.aspx>). Adicionando-se as folgas recomendadas pelo Manual de projetos da Netafim (2014), a Q foi para 11,26m³/h e Hman de 55,12mca. Pelo site foram propostas as bombas conforme Tabela XX, a seguir:

Tabela 9.3: Seleção de bombas fornecida pelo catálogo eletrônico das Bombas Schineider para o projeto.

Modelo	Potência Cv	Bocais de bomba - pol		Monofásica	Trifásica
		Sucção	Recalque		
ME-AL 2250V	5	1 1/2	1 1/2	X	X
ME-AL 2250	5	1 1/2	1 1/2	X	X
BC-22 R 1 B	7,5	1 1/4	1	X	X

Será adotada a bomba de maior rendimento a ME-AL 2250V de 5 CV, com diâmetro de bocal de 1 ½" de sucção e recalque, vale a pena observar que a mesma possui as opções monofásica ou trifásica.

10.Desenho dos detalhes do projeto

O desenho final em CAD será dado como na Figura abaixo. Adota-se a nomenclatura dos canos para padrão de desenho como o código abaixo, em que:

DN –PN – L

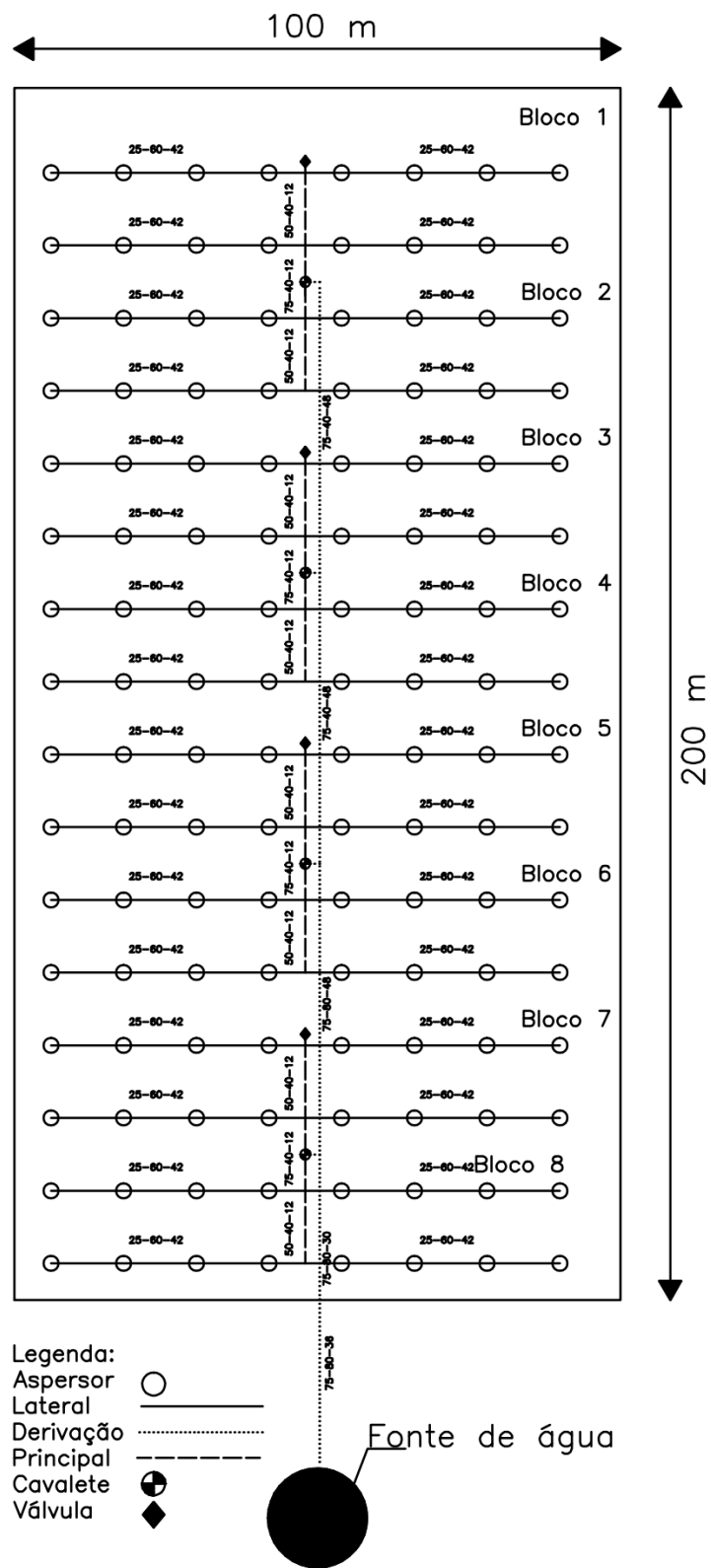
em que:

DN- Diâmetro nominal da tubulação,

PN – pressão nominal da tubulação,

L – Comprimento do trecho.

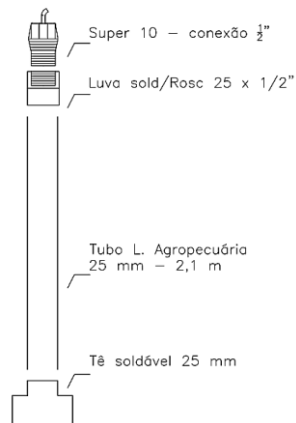
Figura 9.7. Desenho em CAD da área irrigada com as indicações das tubulações



Fonte: Autor, 2018

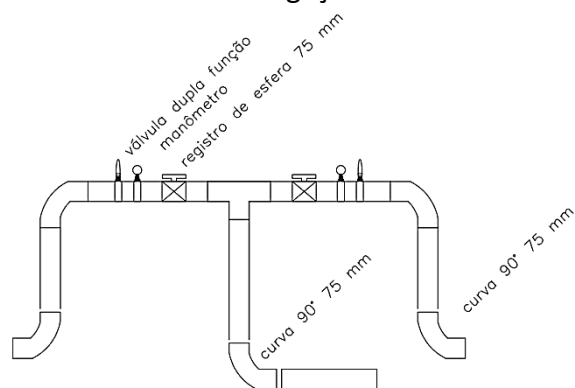
11. Detalhes das peças

Figura 9.8. Detalhamento das conexões do aspersor e tubo de subida.



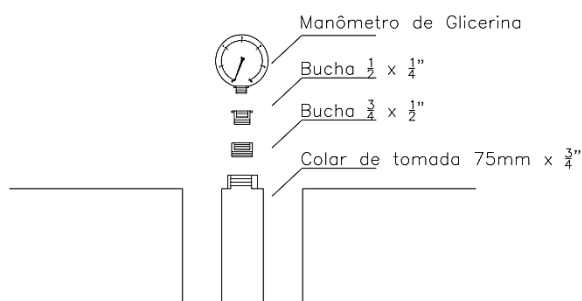
Fonte: Autor, 2018

Figura 9.9. Detalhamento dos cavaletes de irrigação.



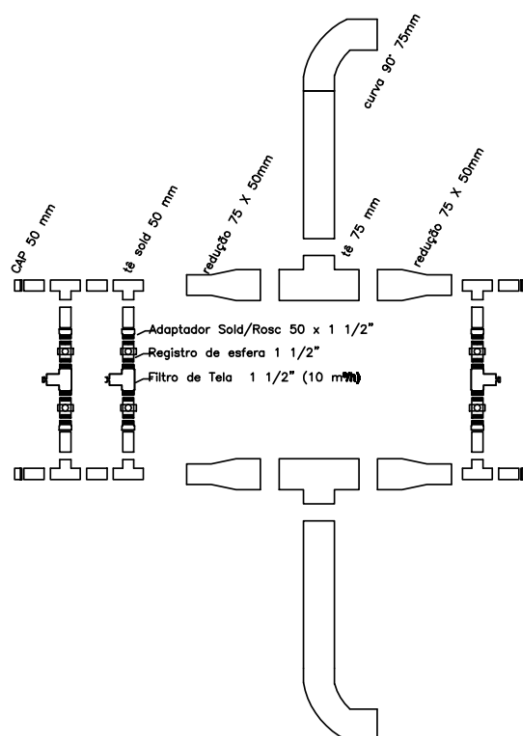
Fonte: Autor, 2018

Figura 9.10. Detalhamento das conexões do manômetro no cavalete de irrigação.



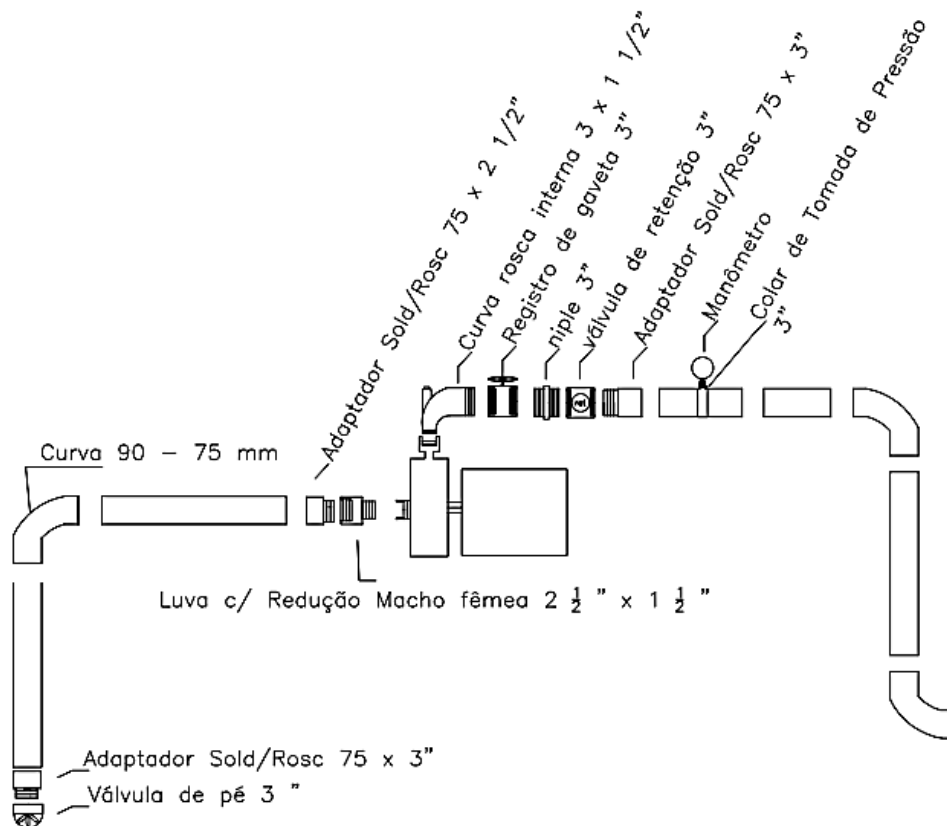
Fonte: Autor, 2018

Figura 9.11. Detalhamento das peças do sistema de filtragem.



Fonte: Autor, 2018

Figura 9.12. Detalhamento das peças do sistema de bombeamento.

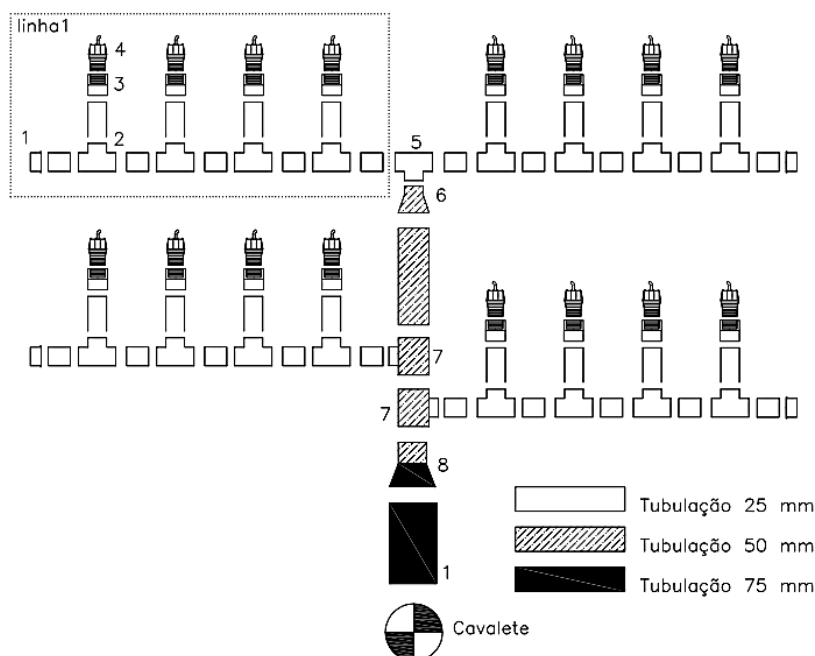


Fonte: Autor, 2018

12. Contagem das peças

A contagem das peças pode ser feita de diversas formas, neste material adota-se a contagem feita primeiramente nos blocos, e no sentido do último aspersor até a bomba. Para facilitar a contagem e evitar erros, é importante um rabisco ou desenho feito à mão para identificar as peças. Os detalhes feitos no item anterior também auxiliam na contagem. Para dar um auxílio visual foi feito um esquema em CAD (Figura ZZ) para indicar a contagem das peças feita no bloco 1.

Figura 9.13. Desenho em CAd para dar auxílio visual a contagem das peças.



Fonte: Autor, 2018

Na linha 1, o item 1, seria um Cap, para fechar o final de linha, como a linha é de 25 mm, será utilizado um Cap 25 mm soldável. Os itens 2, 3 e 4 podem ser vistos também no detalhamento do aspersor, na Figura XX. O item 2 é um tê de 25 mm soldável; o 3 é um adaptador sold/rosca de 25 x 1" e o 4, o Aspersor Super 10. Estes quatro primeiros itens se repetem em todas as linhas, daí, multiplica-se a quantidade de peças pela quantidade de linhas.

O item 5 é um tê de 25 mm soldável, o item 6 uma luva de redução de 50mm para 25 mm. O item 7 é um tê de 50 mm com redução para 25 mm. O 8 uma luva de redução de 75mm para 50 mm. Após esta peça virá o cavalete, que como descrito na Figura HH, pode-se fazer a contagem de suas peças por lá.

Esta sequencia pode ser feita em todo o projeto. Não devendo esquecer nenhuma peça. Peças como luvas, colas e fitas vedar rosca são necessárias e não podem ser esquecidas. Geralmente em alguns sites de materiais plásticos são das as estimativas dos volumes necessários.

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

A contagem da quantidade de tubos pode ser feita observando o mapa gerado em CAD com as indicações das tubulações. Lembre-se de dar uma folga de 5% e acrescentar os tubos para os cavaletes.

Assim, a contagem final das peças ficará da seguinte maneira.

O cálculo da quantidade de adesivo é feita pela quantidade de conexões que será soldadas, algumas empresas fornecem estas indicações como a Figura ZZ da Amanco.

Figura ZZ . Informações sobre a quantidade de adesivo necessário por conexões em função das bitolas dos tubos.

Consumo aproximado da Solda (Adesivo) e da Solução de Limpadora (Preparadora)

DN do Tubo	Solda (g/junta)	Solução Limpadora (Preparadora) para solda (ml/junta)
25 Agro	2	3
32 Agro	3	5
35	5	6
40 Agro	5	6
50	8	10
75	15	25
100	25	40
125	37	60
150	54	85

Fonte: Amanco, 2018

Tabela 9.4. Detalhamento da contagem das peças

Aspersores e linhas laterais	unidade	Quantidade
Aspersor super 10 bocal vermelho x 1/2	unid	128
Luva sold rosca 25 x 1/2	Unid	128
Tubo agro pn60 irr dn25	barra	283
Tê sold 25 mm	unid	144
Cap sold 25 mm	Unid	32

Linhas de derivação, principal e sucção		
Tubo pn40 pb irr dn 50	Unid	17
Luva redução 50 x 25	Unid	16
Tê de redução soldável 50 x 25 mm	Unid	16
Luva redução 75x50	Unid	8
Tubo pn40 pb irr dn 75	Unid	13
Tubo pn80 pb irr dn 75	Unid	38
Luva 50mm	Unid	2
Luva 75 mm	Unid	7

Cavalete		
Curva 90 ° 75 mm	unid	21
Colar de tomada 75 x 3/4	unid	32
Válvula dupla função	unid	16
Manômetro	unid	4

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Plug rosca branco 1/2"	unid	4
Tê sold 75 mm	unid	5
Bucha 1/2 x 1/4	unid	8
Bucha 3/4x 1/2	unid	8

Sistema de Filtragem

Curva 90 ° 75 mm	unid	4
Tê sold 75 mm	unid	2
Luva redução 50 x 75	unid	4
Tê sold 50 mm	unid	6
Cap sold 50 mm	unid	4
Adaptador sold/rosc 50x 1"	unid	6
Registro de esfera roscável 1"	unid	6
Filtro de tela modelo c inox 120 mesh 1" 5m3/h	unid	3

Sistema de bombeamento

Válvula de pé com crivo 3 "	unid	1
Adaptador sold/rosc 75 x 3"	unid	1
Curva 90 ° 75 mm	unid	3
Tubo pn80 pb irr dn 75	barra	2
Adaptador sold/rosc 75 x 2 1/2"	unid	1
Luva c redução macho fêmea 2 1/2 x 1 1/2	unid	1
Curva rosca interna 3 x 1 1/2"	unid	1
Registro de gaveta 3"	unid	1
Niple 3 "	unid	1
Válvula de retenção 3"	unid	1
Adapatador sol/rosc 75 x 3"	unid	1
Manômetro	unid	1
Bucha 1/2 x 1/4	unid	1
Bucha 3/4x 1/2	unid	1
Colar de tomada 75 x 3/4	unid	1
Moto-bomba Schineider me-al 2250v - 220 v 5 cv	unid	
Painel de comando c/ Relê falta de fase, chave de partida	unid	

Outras

Serra para cano	unid	3
Veda rosca	unid	2
Bucha p/ limpeza	unid	4
Solução limpadora 1000cm ³	unid	6
Adesivo plastico 175g	unid	2
Adesivo plastico extra forte 175g	unid	2
Adesivo plastico 850g	unid	4
Adesivo plastico extra forte 850g	unid	2

CAPÍTULO 10

DIMENSIONAMENTO DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO FIXA COM ESPAÇAMENTO 18 X 18

Allan Cunha Barros

O exemplo seguinte será feito com os mesmos dados com exemplo anterior, com o diferencial do uso do espaçamento para 18 x 18, possibilitando ao leitor ver as diferenças entre os projetos e a utilização de um aspersor diferente.

Seguindo as etapas do dimensionamento de um projeto visto no capítulo 9:

1. Visita à área para: Levantamento topográfico; levantamento dos dados de solo, água e entrevista com o produtor Rural;

Após a visita a área foram levantados os seguintes dados.

1.1. DADOS DE PROJETO

a) IDENTIFICAÇÃO

Propriedade: Empresa Agropecuária Monte Branco
Município: Poço Redondo-Se

b) SISTEMA

TIPO: Aspersão convencional fixa
EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO (Ea): 85 %
TEMPO

c) RECURSOS HÍDRICOS

Fonte: Rio São Francisco
Vazão Regularizada: 2600 m³/h
Qualidade (Classificação FAO): Nenhum grau de restrição de uso para salinidade e infiltração. Apresenta poucos sólidos em suspensão e encontra-se biologicamente adequada.

d) SOLO

Classificação: NEOSSOLO FLÚVICO
Classificação Textural: Areia Franca
Capacidade De Campo (CC): 12 % massa
Ponto De Murcha (PM): 4 % massa
Densidade Aparente (da): 1,50 kg/dm³
Velocidade De Infiltração (VIB): 20,0 mm/h
Tempo De Irrigação Diário: 12 h

e) CLIMA

Classificação: semi-árido
Precipitação média anual: 540,30 mm
Temperatura média anual: 26,5 oc
Evapotranspiração de referência (eto): 7,0 mm/dia (mês de dezembro)
Velocidade média do vento: 3,2 m/s

f) USO AGRONÔMICO

Cultura: pastagens diversas
Fator de disponibilidade da água no solo (f): 0,5
Coeficiente de cultura (kc): 0,9
Profundidade do sistema radicular (z): 30,0 cm

g) TOPOGRAFIA

Dimensões: 100,0 x 200,0 m (2 ha)

Desnível geométrico: 4 % (sentido do comprimento)

Desnível geométrico sucção: 3,5 m

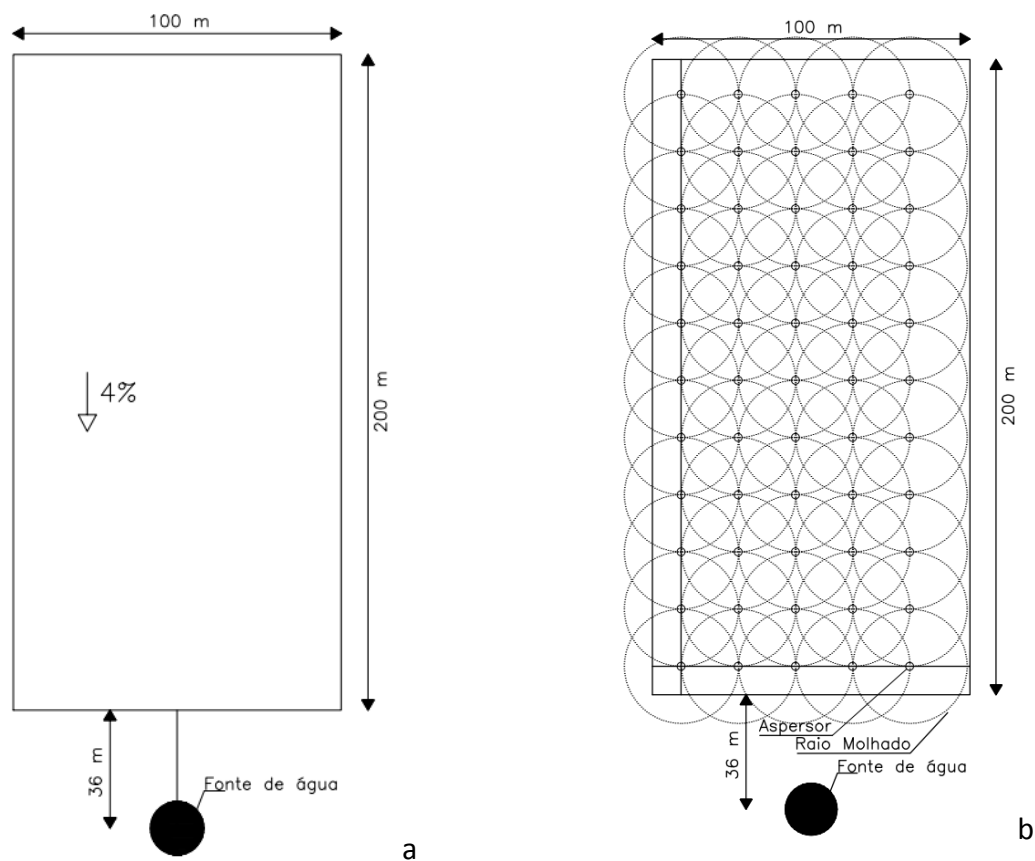
Distância horizontal do recalque: 36,0 m

Planta topográfica: em anexo

2. Desenho da área em CAD

O desenho da área em CAD pode ser visto na Figura 10.1 a e b. Escolheu-se, primeiramente, o espaçamento entre os aspersores de 18 x 18 m.

Figura 10.1. Vista do desenho topográfico da área (a) e da disposição dos aspersores.



Fonte: Autor, 2018

A quantidade total de aspersores encontrada foi de 55, em espaçamento 18 x 18 m.

3. DIMENSIONAMENTO AGRONÔMICO

Conforme Tabela abaixo, todos os valores encontrados até a vazão necessária são iguais ao projeto feito com espaçamento 12 x 12m.

Tabela 10.1. Resumo do dimensionamento agronômico.

DADOS DE SOLO E CULTURA		
Disponibilidade total de água no solo - DTA	1,2	mm/cm
Capacidade total de água - CTA	36	mm
Capacidade Real de água - CRA	18	mm
Irrigação Real Necessária - IRN	18	mm
Irrigação Total Necessária - ITN	21,2	mm
Etpc	6,3	mm/dia
Turno de Rega - adotado - TR	2	dias
Irrigação Total Necessária - ITNcorrigida	14,8	mm
Horas de trabalho diário - Tid	12	horas
Vazão aproximada necessária - Qa	12,4	m³/h
Vazão disponível - Qd	2600	m³/h

3.1. Escolha do Aspersor

3.1.1. Intensidade de precipitação necessária

$$I_{an} = \frac{ITN}{Tid} \qquad I_{an} = \frac{14,83}{12} = 1,2 \text{ mm/h}$$

Buscou-se no catálogo da empresa Agropolo o aspersor IS-30, com espaçamento 18 x 18 (Figura 11.2) o conjunto de bocais que atendesse ao critério. Será adotado o bocal “Longo Amarelo”, o mesmo apresenta I_p semelhante ao utilizado no exemplo anterior, capítulo 9.

Aspersor Escolhido

Fabricante: Agropolo

Modelo: IS-30

Bocal: Longo Amarelo; **Vazão:** 1,489 m³/h, **Diâmetro irrigado:** 30 m

Pressão de Serviço (He ou Os): 25 mca

Altura da haste em relação ao solo (Alt.Has): 2,1 m

Espaçamento entre aspersores (Easp): 18m

Espaçamento entre linhas (El): 18m

Figura 10.2. Catálogo de performance do Aspersor IS-30 da Agropolo.

Características Operacionais dos Aspersores Agropolo IS-30									
Bocais Diâmetro Nominal	Código	Pressão	Diâmetro Alcance	Altura máxima do jato	Vazão	Espaçamento entre aspersores (m)			
(mm)		(mca)	(m)	(m)	(m³/h)	6 x 6	12 x 12	12 x 18	18 x 18
3,00 x 3,00		25	27	3,40	1,067	14,81	7,41	4,94	3,29
Longo Preto	2881-ER	30	29	3,70	1,168	16,23	8,11	5,41	3,61
	2894-ERL	35	28	3,80	1,262	17,53	8,76	5,84	3,89
		40	28	4,00	1,349	18,74	9,37	6,25	4,16
4,00 x 3,00		25	30	3,60	1,489	20,67	10,34	6,89	4,59
Longo Amarelo	2882-ER	30	30	3,90	1,631	22,65	11,32	7,55	5,03
	2895-ERL	35	31	4,10	1,761	24,46	12,23	8,15	5,44
		40	32	4,30	1,883	26,15	13,08	8,72	5,81

Obs.: Dados obtidos em ensaios realizados pelo método radial no Laboratório de Irrigação e Drenagem da ESALQ/USP

3.1.2. Intensidade de precipitação do aspersor

$$I_p = \frac{q \times 1000}{E_{asp} \times El}$$

$$I_p = \frac{1,489 \times 1000}{18 \times 18} = 4,60 \text{ mm/h}$$

3.1.3 – Sobreposição

$$\text{sobreposição} = \frac{E_{asp} - 2 \times (E_{asp} - \frac{Di}{2})}{E_{asp}} \times 100$$

$$\text{sob.} = \frac{18 - 2 \times (18 - \frac{30}{2})}{18} \times 100 = 67\%$$

Critérios

$I_{an} \leq I_p \leq VIB$?	(x)sim () não
Sobreposição do aspersor é maior que 65% ?	(x)sim () não

3.2. Tempo de irrigação necessário por aspersor

$$T_{in} = \frac{ITN}{I_p}$$

$$T_{in} = \frac{14,83}{4,60} = 3,23 = 3 \text{ horas e } 14 \text{ min}$$

4. Número total de aspersores na área (NT)

Nt = 55 aspersores – olhar planta no CAD

5. Número de blocos irrigados por dia (Npiad)

$$N_{biad} = \frac{T_i}{T_{in}}$$

$$N_{biad} = \frac{12}{3,23} = 3,7 \quad N_{biad} \text{ adotado} = 2$$

Com um maior espaçamento entre aspersores, seria adotado uma menor quantidade de blocos.

6. Número de aspersores em operação conjunta (N_{aoc})

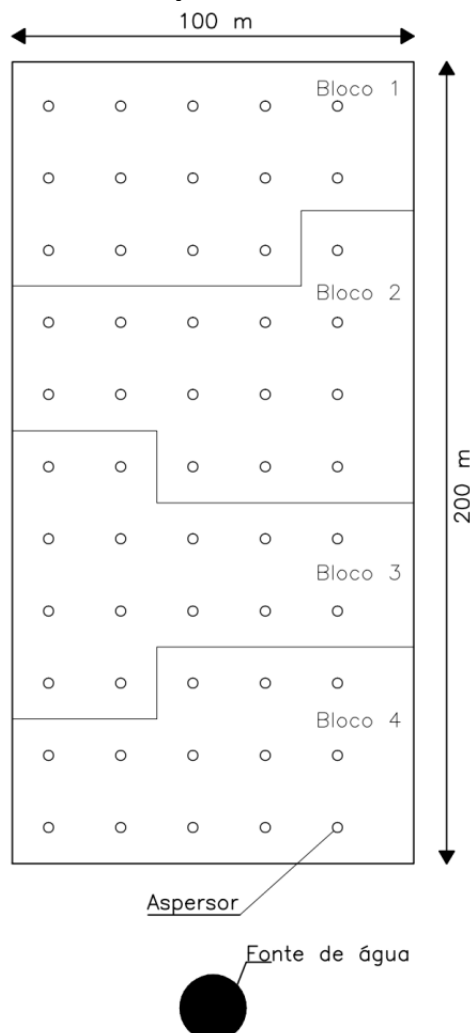
$$N_{aoc} = \frac{N_t}{Tr \times N_{biad}}$$

$$N_{aoc} = \frac{55}{2 \times 2} = 13,75$$

Serão 2 blocos irrigados por dia, em dois dias de irrigação, totalizando 4 blocos, 3 deles com 14 aspersores e 1 com 13 aspersores. Geralmente quando a quantidade de aspersores não é “redonda” deixa-se para as áreas mais próximas do sistema de bombeamento os blocos com maior quantidade de aspersores.

Observe que os blocos foram separados no sentido horizontal, como no capítulo 9, mas neste caso a forma dos blocos não ficou uniforme.

Figura 10.3. Desenho em CAD da distribuição dos blocos.

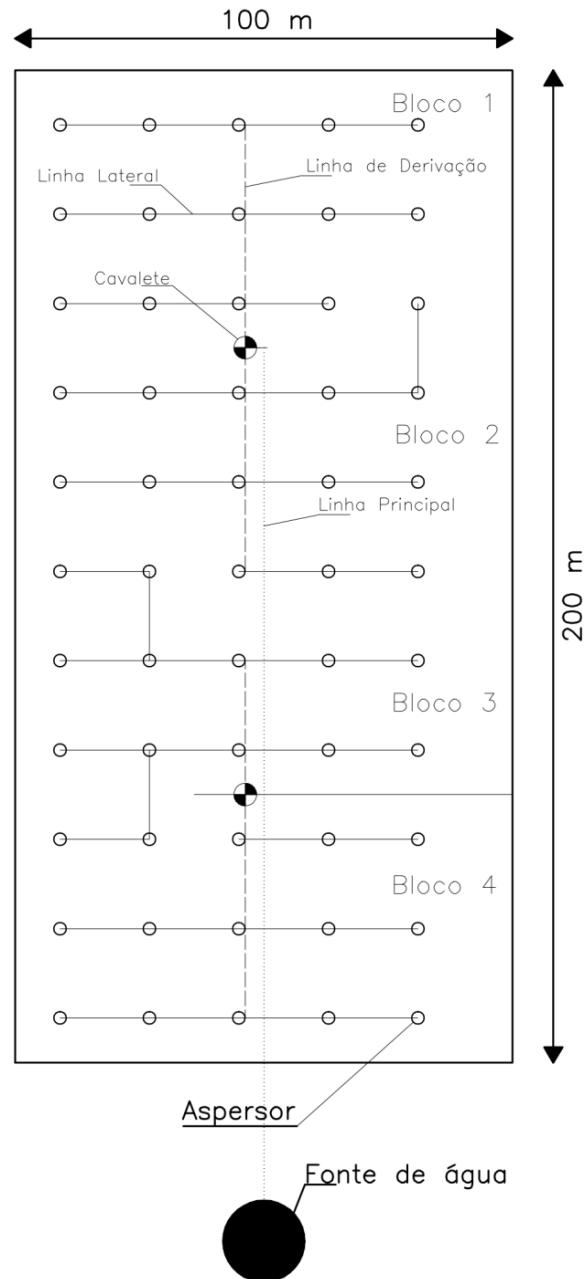


7. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

7.1- Desenhar as linhas

As linhas laterais devem sempre que possível estar em nível. Observa-se que apesar da linha inteira possuir 8 aspersores, para fins de dimensionamento hidráulico, só será considerada um lado, já que a derivação corta a linha ao meio, entre dois aspersores (Figura 10.3). É muito comum ocorrer este tipo de erro, portanto, é importante ficar atento.

Figura 10.4. Desenho das linhas lateral e derivação nos blocos 1 e 2 e das linhas laterais.



Fonte: Autor, 2018

8. Dimensionar laterais

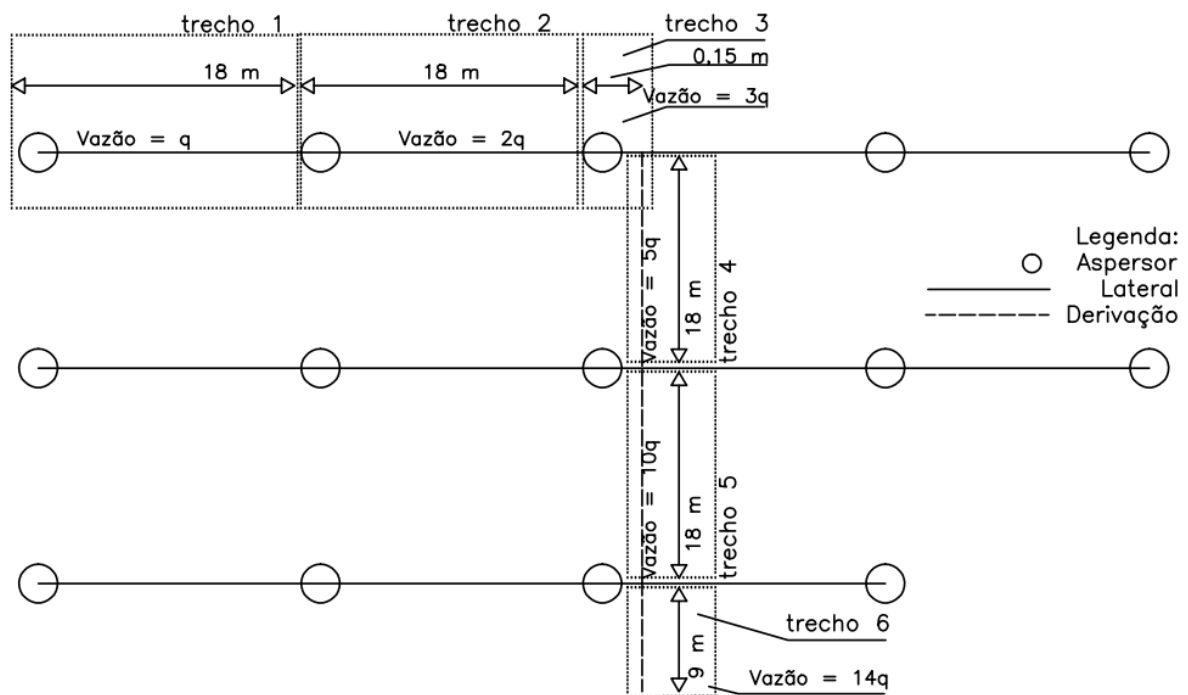
Em áreas com blocos de tamanhos diferentes é necessário dimensionar os blocos individualmente.

BLOCO 1

A variação de pressão máxima na lateral será dada por:

$$\Delta h_{\max} = P_s \times 0,2 \pm \Delta Z_{\text{lateral}} \quad \Delta h = 0,2 \times 25 = 5 \text{ mca}$$

Figura 10.5. Separação dos trechos da lateral e derivação do bloco 1.



Fonte: Autor, 2018

Dados do trecho da lateral

Trechos	Número de aspersores ligados ao trecho	Comprimento (m)
1	1	18
2	2	18
3	3	0,15

Observe que o trecho 3 está bem próximo à linha de derivação, portanto, a distância entre a derivação e o trecho será de apenas a distância entre duas conexões, por isso, adotou-se o seu comprimento como sendo 15 cm.

8.1. Cálculo do diâmetro da tubulação

N aspersores												
Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf	Hf acumu	PET
1	18	1	1,49	25	60	22,6	1,03	23232	0,025	1,12	1,12	28,2
2	18	2	2,98	32	60	29	1,25	36210	0,023	1,15	2,27	29,4
3	0,15	3	4,47	25	60	29	1,88	54315	0,021	0,02	2,29	29,4

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, Hf – perda de carga no treco, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho.

A variação de pressão permitida foi de 5 mca, e até o trecho 2, a perda de carga acumulada foi de 2,27 mca, por isso foi mantida tubulação de 32 mm, apesar da velocidade de 1,88 m/s.

8.2. Pressão de entrada no início da linha lateral

$$H_{in} = hf_{lateral} + Ps + Alt.Haste + \Delta z \times 0,5 \quad H_{in} = 2,29 + 25 + 2,1 + 0 = 29,39 \text{ mca}$$

Ou seja, a pressão que irá entrar na lateral é bem inferior à capacidade de pressão suportada pela tubulação, 60 mca.

Critérios

$hf_{max ll} \leq Ps \times 0,2 - \Delta z.lateral ?$	(x)sim () não
As laterais estão em nível ou na menor declividade?	(x)sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	(x)sim () não

9. Dimensionar Derivação

N aspersores													
Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf	Hf acumu	PET
4	18	5	7,45	50	40	48,1	1,14	54579	0,021	0,72	0,52	0,52	30,6
5	18	10	14,89	75	40	72,5	1,00	72420	0,020	0,72	0,25	0,77	31,6
6	9	14	20,85	75	40	72,5	1,40	101389	0,018	0,36	0,22	0,99	32,2

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, DES – desnível no trecho; Hf – perda de carga no treco, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho, PET – pressão de entrada no trecho.

9.1. Pressão no início na linha de derivação

A pressão na linha de derivação é dada por:

$$H_{inld} = PET_{menor} + h_{fcavalete} + \Sigma h_{f_{derivação}} + \Sigma \Delta z / 2$$

$$H_{inld} = 30,63 + 3 + 0,9893 + 1,8 = 35,52 \text{ mca}$$

Critérios

Velocidade na derivação é de no máximo 1,5m/s?	(x)sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	(x)sim () não

10. Dimensionamento da Linha Principal

Os trechos das laterais foram demarcados como a distância entre os cavaletes (trecho 7), a distância entre o cavalete mais abaixo e o limite da área (trecho 8), e entre o limite da área e o sistema de bombeamento (trecho 8).

Observe que o PN da tubulação precisou ser trocado a partir do trecho 8, já que a PET atingiu o valor superior ao PN da tubulação.

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	DI (mm)	V (m/s)	RE	f	DN	Hf - mca	Hf acumu	PET
7	90	20,85	75	80	70,5	1,48	104285	0,018	3,6	2,55	2,55	41,67
8	54	20,85	75	80	70,5	1,48	104285	0,018	2,16	1,53	4,08	45,36
9	36	20,85	75	80	70,5	1,48	104285	0,018	1,44	1,02	5,11	47,83

Critério

Velocidade na principal é de no máximo 1,5m/s?	(x)sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	(x)sim () não

11. Dimensionamento da Linha de Sucção

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu
MB	3,5	20,85	75	80	70,5	1,48	104265,4	0,018	0,10	0,10

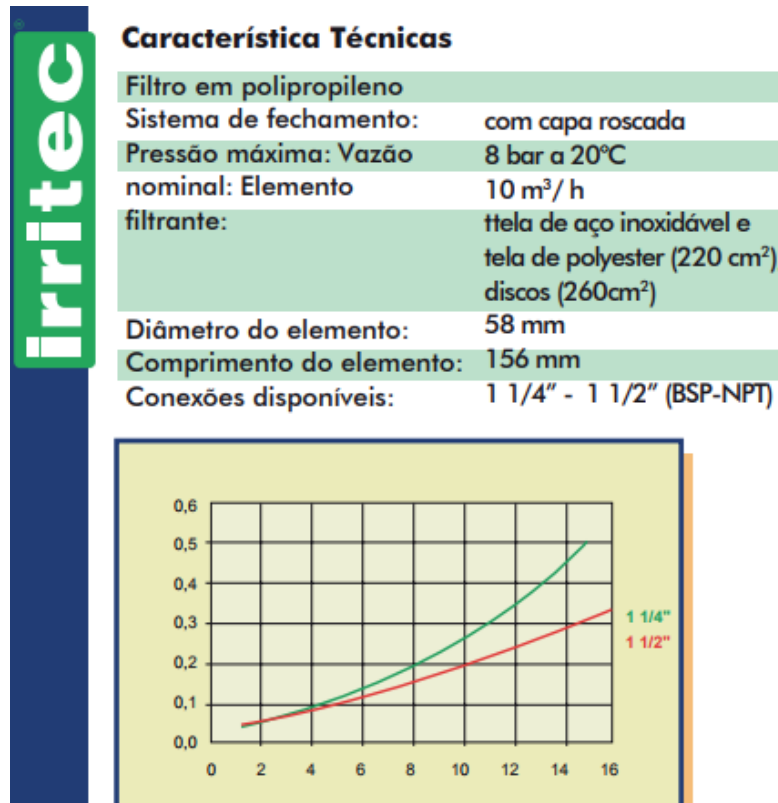
Velocidade na sucção é de no máximo 1,0m/s?	(x)sim () não
---	------------------

12. Seleção dos filtros e estimativa das perdas de carga devido ao sistema de filtragem

O sistema de filtragem adotado será por filtros de tela, serão utilizados 3 filtros de 1 1/2" com vazão máxima de 10 m³/h. Quando um estiver realizando a limpeza, apenas dois

estarão em funcionamento, e a vazão individual para filtragem será de 10,423 m³/h, com perda de carga de 0,2 bar, ou 2 mca, conforme Figura 11.x.

Figura 10.6. Tabela de Perda de carga de Filtro de tela de 1 ½", no eixo do x, os valores de vazão em m³/h, e no eixo y, a perda de carga em bar.



Fonte: Irritec, 2016

13. Altura manométrica

A altura manométrica é encontrada através da fórmula:

$$PEMB = PET_{UTP} + hf_{UTP}$$

$$PEMB = 47,83 + 1,02 = 48,85 \text{ mca}$$

$$H_{man} = PEMB + hf_{suc} + hf_{saída} + Hgs + hf_{filtros} + hf_{loc}$$

$$H_{man} = (48,85 + 0,1 + 1 + 3,5 + 2) \times 1,05 = 58,22 \text{ mca}$$

Assim, os dados para o dimensionamento do sistema de bombeamento serão: Q de 21,89m³/h e Hman de 60,55 mca.

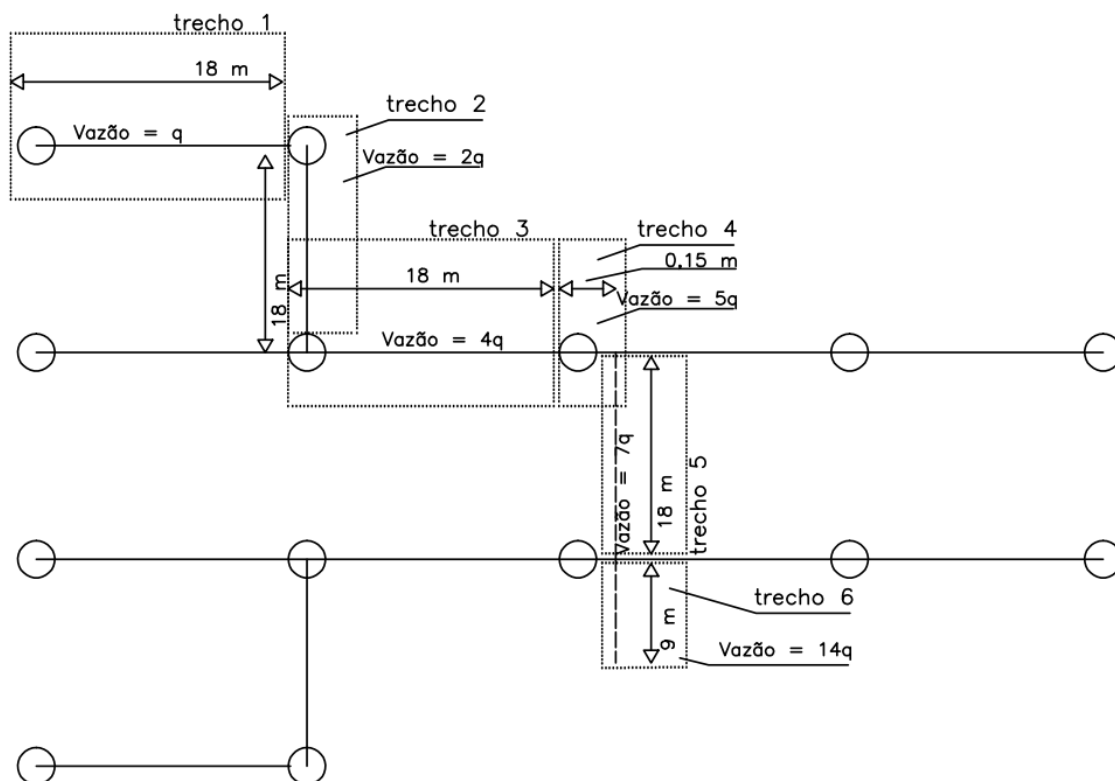
BLOCO 3

Foi escolhido o bloco 3, por ele apresentar a mais diferente configuração na disposição dos aspersores.

A variação de pressão máxima na lateral será dada por:

$$\Delta h = 0,2 \times 25 = 5 \text{ mca}$$

Figura 10.7. Separação dos trechos da lateral e derivação do bloco 3.



Fonte: Autor, 2018

Cálculo do diâmetro da tubulação

Trecho	L	N aspersores		DN	PN	DI (mm)	V (m/s)	RE	f	Hf	Hf acumu	PET
		ligados	Q (m³/h)									
1	18	1	1,49	25	60	22,6	1,03	23232	0,03	1,12	1,12	28,22
2	18	2	2,98	32	60	29	1,25	36210	0,02	1,15	2,27	29,37
3	18	4	5,96	50	40	48,1	0,91	43663	0,02	0,35	2,62	29,72
4	0,15	5	7,45	50	40	48,1	1,14	54579	0,02	0,00	2,63	29,73

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; DI – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, Hf – perda de carga no treco, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho.

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Pressão de entrada no início da linha lateral

$$H_{in} = h_{f_{lateral}} + P_s + Alt.Haste + \Delta z \times 0,5 \quad H_{in} = 2,63 + 25 + 2,1 + 0 = 29,73 \text{ mca}$$

Critérios

$h_{f_{max\ ll}} \leq P_s \times 0,2 - \Delta z.lateral$?	(x)sim () não
As laterais estão em nível ou na menor declividade?	(x)sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	(x)sim () não

Dimensionar Derivação

Trecho	L	N _{Asp}	Q(m³/h)	DN	PN	DI (mm)	V (m/s)	RE	f	DN	Hf	Hf acumu	PET
5	18	7	10,423	50	40	48	1,59	76410	0,0192	0,72	0,9329	0,9329	31,38
6	9	14	20,846	75	40	72,5	1,40	101389	0,0179	0,36	0,2235	1,1564	31,97

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; DI – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, DES – desnível no trecho; Hf – perda de carga no trecho, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho, PET – pressão de entrada no trecho.

Pressão no início na linha de derivação

A pressão na linha de derivação é dada por:

$$H_{inld} = PET_{menor} + h_{fcavalete} + \Sigma h_{f_{derivação}} + \Sigma \Delta z / 2$$

$$H_{inld} = 31,38 + 3 + 1,1564 + 1,08 / 2 = 36,08 \text{ mca}$$

Critérios

Velocidade na derivação é de no máximo 1,5m/s?	(x)sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	(x)sim () não

Dimensionamento da Linha Principal

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	DI (mm)	V (m/s)	RE	f	DN	Hf - mca	Hf acumu	PET
7	54	20,85	75	80	70,5	1,48	104285	0,018	2,16	1,53	1,53	39,77
8	36	20,85	75	80	70,5	1,48	104285	0,018	1,44	1,02	2,55	42,23

Critério

Velocidade na principal é de no máximo 1,5m/s?	(x)sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	(x)sim () não

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Dimensionamento da Linha de Sucção

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu
MB	3.5	20,85	75	80	70,5	1.48	104265.4	0.018	0.10	0.10

Velocidade na sucção é de no máximo 1,0m/s? (x)sim () não

Seleção dos filtros e estimativa das perdas de carga devido ao sistema de filtragem

O sistema de filtragem será idêntico ao Bloco 1.

Altura manométrica

A altura manométrica é encontrada através da fórmula:

$$PEMB = PET_{UTP} + hf_{UTP}$$

$$PEMB = 42,23 + 1,02 = 43,25 \text{ mca}$$

$$H_{man} = PEMB + hf_{suc} + hf_{saída} + Hgs + hf_{filtros} + hf_{loc}$$

$$H_{man} = (43,25 + 0,1 + 1 + 3,5 + 2) \times 1,05 = 52,34 \text{ mca}$$

Assim, os dados para o dimensionamento do sistema de bombeamento serão: Q de 21,89m³/h e Hman de 54,34 mca.

Bloco 2 – RESUMO

A Figura 10.8 demonstra a distribuição dos aspersores e os trechos do bloco 2.

Lateral

N aspersores												
Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	DI (mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu	PET
1	18	1	1,489	25	60	22,6	1,03	23232,3	0,0259	1,1197	1,1197	28,22
2	18	2	2,978	32	60	29	1,25	36210,4	0,0232	1,1522	2,2719	29,37

Pressão no início da Lateral: 29,37 mca

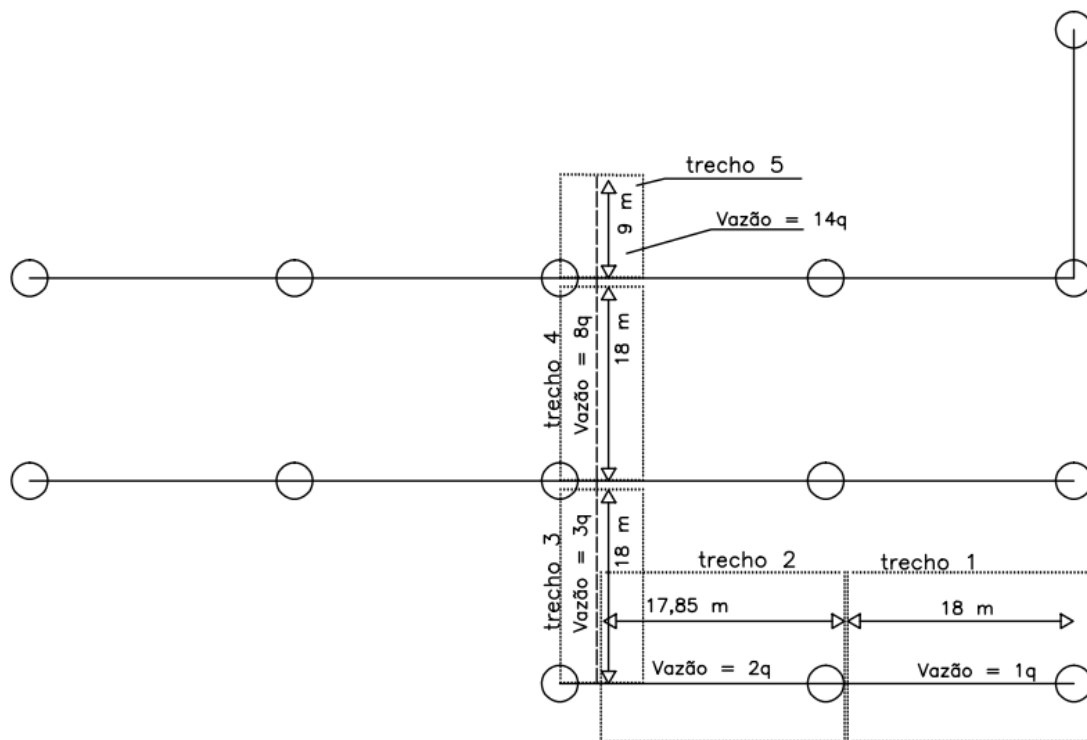
Derivação

Trecho	L	Nº Asp	Q (m³/h)	DN	PN	DI (mm)	V (m/s)	RE	f	DN	Hf - mca	Hf acumu	PET
3	18	3	4,47	50	40	48,1	0,68	32747,5	0,024	-0,72	0,21	0,21	28,86
4	18	8	11,91	75	40	72,5	0,79	57461,1	0,021	-0,72	0,16	0,37	28,30
5	9	14	20,85	75	40	72,5	1,38	100557	0,018	-0,36	0,21	0,59	28,16

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Pressão no início da Derivação: 30,85 mca

Figura 10.8. Separação dos trechos da lateral e derivação do bloco 2.



Fonte: Autor, 2018

Principal

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	DI (mm)	V (m/s)	RE	f	DN	Hf - mca	Hf acumu	PET
6	90	20,85	75	80	70,5	1,48	104285	0,018	3,6	2,55	2,55	37,00
7	54	20,85	75	80	70,5	1,48	104285	0,018	2,16	1,53	4,08	40,69
8	36	20,85	75	80	70,5	1,48	104285	0,018	1,44	1,02	5,10	43,15

Sucção

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	De(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu
MB	3,5	20,85	75	80	70,5	1,48	104265,4	0,018	0,10	0,10

Hman Total – 53,31 mca

Para selecionar a bomba adotar: Vazão 21,88 m³/h e Hman de 55,44

Bloco 4 – RESUMO

A Figura 10.9 demonstra a distribuição dos aspersores e os trechos do bloco 4.

Lateral

		N aspersores										
Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu	PET
1	18	1	1.489	25	60	22,6	1.03	23232.3	0.0259	1.12	1.12	28.22
2	18	2	2.978	32	60	29	1.25	36210.4	0.0232	1.15	2.27	29.37
3	0.15	3	4.467	32	60	29	1.88	54315.6	0.0210	0.02	2.29	29.39

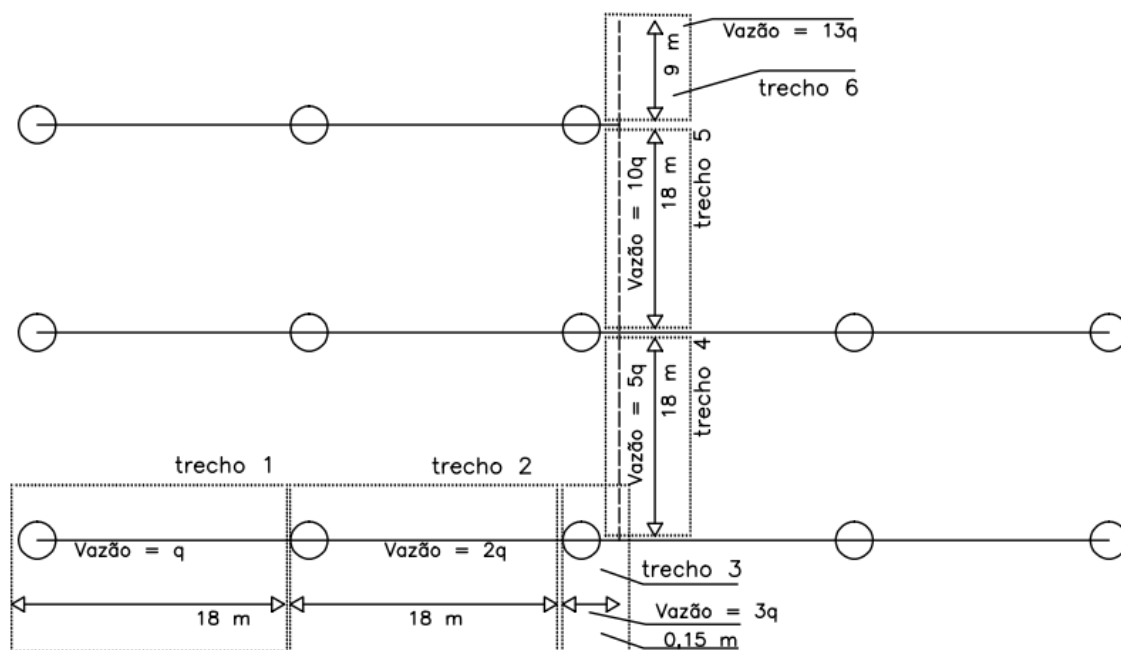
Pressão no início da Lateral: 29,39 mca

Derivação

		N aspersores											
Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	De(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
4	18	5	7.45	50	40	48,1	1.14	54579.1	0.021	-0.72	0.52	0.52	29.19
5	18	10	14.89	75	40	72,5	1.00	72420.8	0.020	-0.72	0.25	0.77	28.72
6	9	13	19.36	75	40	72,5	1.30	94147.05	0.018	-0.36	0.20	0.96	28.55

Pressão no início da Derivação: 31,61 mca

Figura 10.9. Separação dos trechos da lateral e derivação do bloco 4.



Fonte: Autor, 2018

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Principal

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	DI (mm)	V (m/s)	RE	f	DN	Hf - mca	Hf acumu	PET
7	54	19,357	75	80	70,5	1,38	96818	0,018	2,16	1,35	1,35	35,12
8	36	19,357	75	80	70,5	1,38	96818	0,018	1,44	0,90	2,24	37,45

Sucção

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	DI (mm)	e (mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu
9	3,5	19,357	75	80	75,5	2,5	1,38	96817,89	0,018	0,09	0,09

Hman Total – 47,20 mca

RESUMO DOS BLOCOS

	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
Vazão (m³/h)	20,85	20,85	20,85	19,357
Hman (mca)	58,22	53,31	52,34	47,20

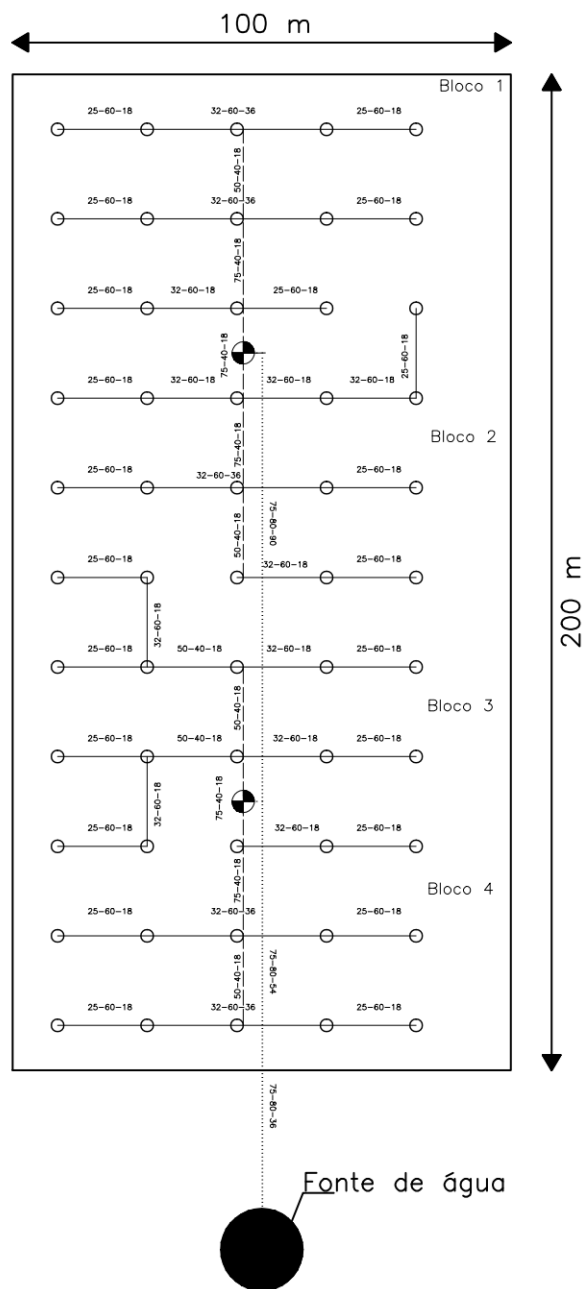
Deve-se buscar uma bomba com vazão de 20,85 m³/h e pressão de 58,15 mca, adicionadas as devidas folgas, resultado em 21,89 m³/h e 60,55 mca.

Utilizando o catálogo de bombas da schneider, achou duas opções de bombas: a ME-23100 V e a ME- 23125 V, uma com 10 cv outra com 12,5 cv. Adotou-se, portanto, a de menor CV, a ME-23100 V, com a opção de ser monofásica ou trifásica. As características podem ser vistas abaixo:

Tabela 10.3. Seleção de bombas fornecida pelo catálogo eletrônico das Bombas Schneider para o projeto.

Modelo	Potência Cv	Bocais de bomba - pol		Monofásica	Trifásica
		Sucção	Recalque		
ME-AL 23100 V	10	1 1/2	1 1/2	X	X

Figura 10.10. Desenho final em CAD



Fonte: Autor, 2018

CAPÍTULO 11

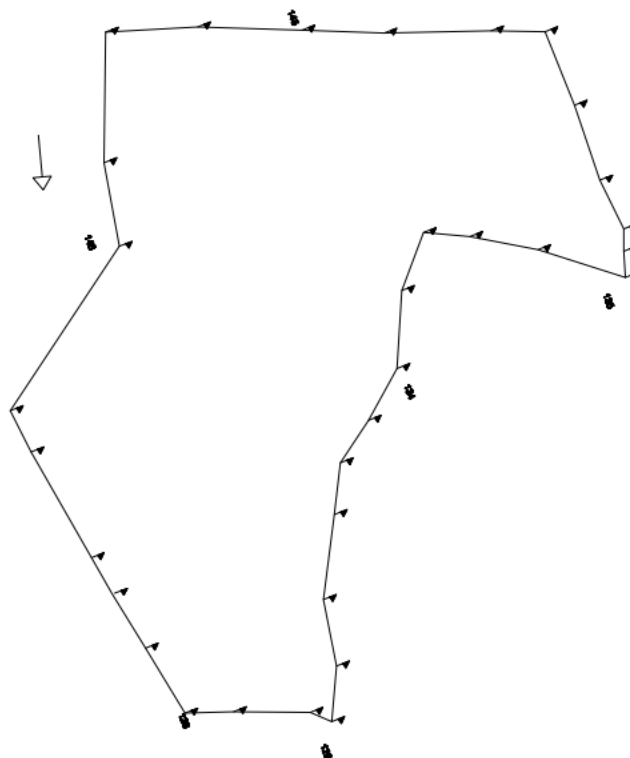
DIMENSIONAMENTO DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO FIXA (15 X 15) EM TOPOGRAFIA IRREGULAR

Allan Cunha Barros

O exemplo seguinte será retirado de uma área agrícola de um pequeno produtor (área de 1,33 ha), mas servirá para observar a distribuição dos aspersores em área irregulares. Neste caso será testando um aspersor em espaçamento 15 x 15m.

Abaixo segue a área coletada por GPS, em que as bandeiras representam os pontos de coleta.

Figura 11.1. Figura de área para projeto de irrigação por aspersão convencional fixa em espaçamento 15 x 15m.



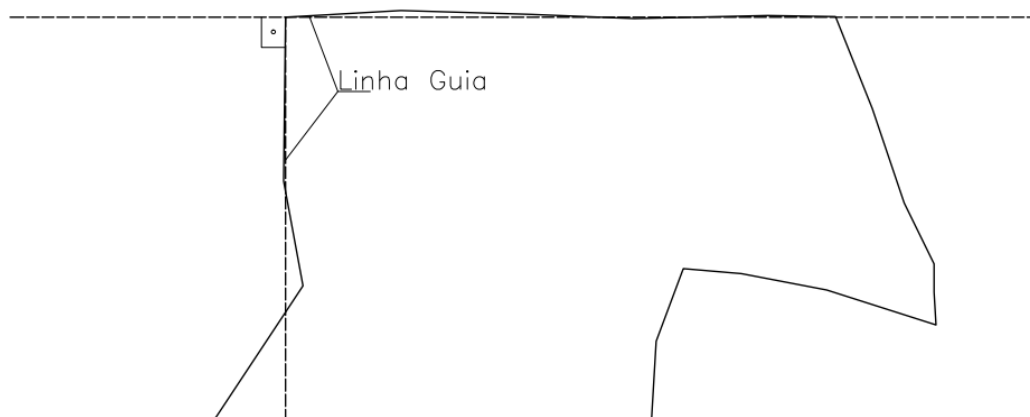
Fonte: Autor, 2018

Como definido, o espaçamento será dado em 15 x 15, assim para áreas regulares e irregulares é interessante traçar linhas guias, dessa forma fica mais fácil a distribuição dos aspersores na área. É comum que em mapas coletados por GPS o desenho encontrar-se, na

maioria das vezes, numa diagonal e não com um de seus lados paralelos aos eixos x ou y do CAD. Portanto, o primeiro passo seria o alinhamento em um destes eixos, assim, deve-se adotar um dos lados e realizar o comando alinhar do CAD. O comando alinhar, não foi comentado no capítulo 4, mas tutoriais sobre a forma de execução pode ser facilmente encontrados nos meios digitais.

Após o alinhamento, desenha-se a primeira linha guia. Esta será iniciada em uma das laterais do sistema até o outro ponto. É importante lembrar que o comando F8 do autocad deve estar acionado para que a linha esteja reta. O desenho da segunda linha deve ser perpendicular à primeira e tem seu início no início da área. Essa distribuição perpendicular é importante já que os aspersores também estarão distribuídos nesta configuração. Abaixo segue o desenho das linhas guias (Figura 11.2) e pode-se observar que as mesmas estão perpendiculares.

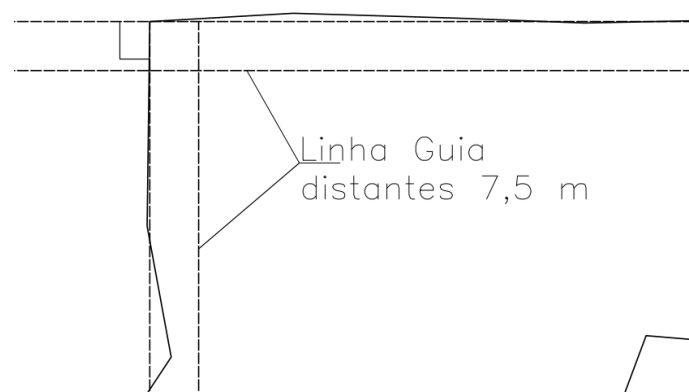
Figura 11.2. Desenho de linhas que servirão como base para as linhas guias no dimensionamento da irrigação por aspersão



Fonte: Autor, 2018

As próximas linhas guias terão a função de alocação dos aspersores. Devido à possibilidade do uso da área ao lado, o primeiro aspersor será alocado à metade do espaçamento 7,5 m ($15/2$). Assim, adota-se o comando offset, conforme visto no capítulo 4, e desenharam-se as linhas guias que ficarão dentro da área e servirão como ponto de inserção dos aspersores. (Figura 11.3).

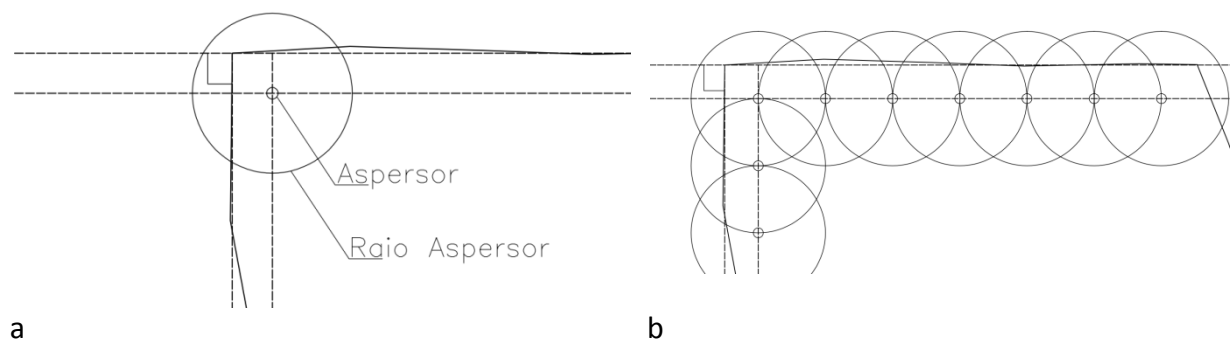
Figura 11.3. Desenho de linhas guias para o posicionamento dos aspersores.



Fonte: Autor, 2018

O primeiro aspersor ficará instalado na intersecção das linhas guias (Figura 11.4 a). Em seguida, ainda utilizando as linhas guias, vão se distribuindo os próximos aspersores, até que toda a linha esteja preenchida (Figura 11.4 b), em seguida, toda a área. No desenho de preenchimento dos aspersores, alguns são alocados próximos as linhas de bordadura da área, estes devem ser retirados, no entanto, em alguns casos podem ser mantidos, especialmente que pode influenciar no padrão de molhamento da área.

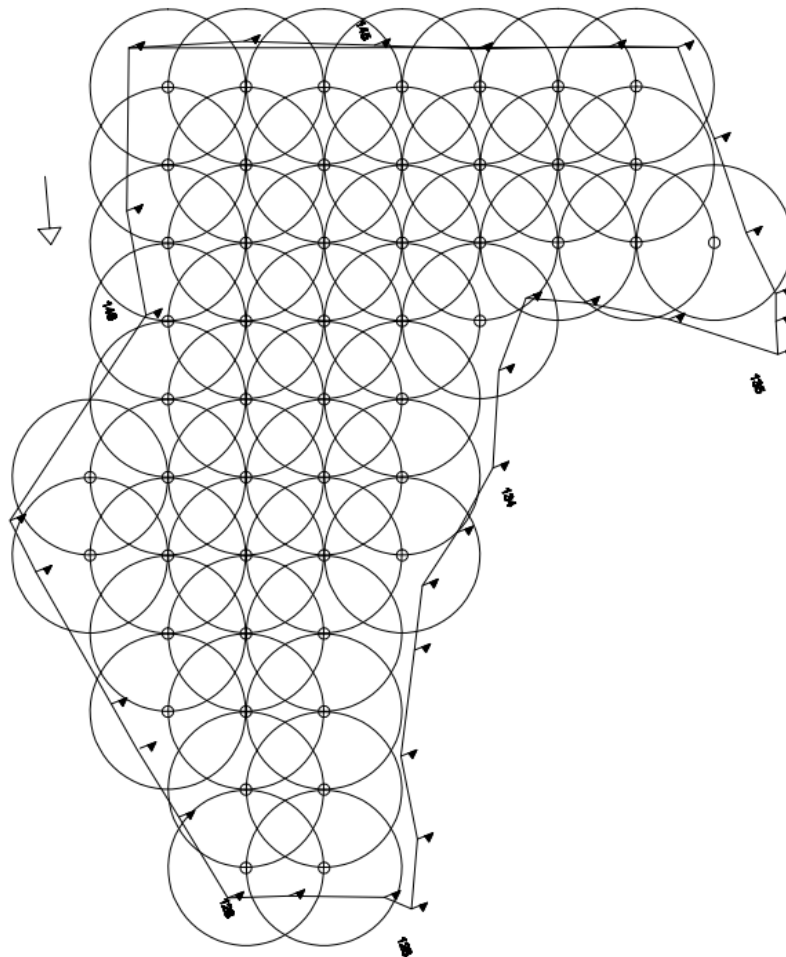
Figura 11.4. Posição do primeiro aspersor (a) e da distribuição dos aspersores acima da linha guia (b).



Fonte: Autor, 2018

A distribuição dos aspersores na área ficará como a figura abaixo (Figura 11.5). Observe que algumas pequenas partes do terreno ficarão sem receber irrigação, isto ocorre pelo formato irregular do terreno, no entanto, esta parte perdida é imensamente inferior se utilizado outras formas de distribuição de aspersores, em especial na irrigação por aspersão com linhas móveis.

Figura 11.5. Vista da distribuição dos aspersores e raio molhado do aspersor na área.



Fonte: Autor, 2018

A partir daí, seguem-se os procedimentos de cálculo como visto nos capítulos anteriores.

1. Dados complementares para desenvolver o projeto

a) SISTEMA

TIPO: Aspersão convencional fixa
EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO (E_a): 85 %
TEMPO: 8 horas

b) RECURSOS HÍDRICOS

Fonte: Rio São Francisco
Vazão Regularizada: 2600 m³/h
Qualidade (Classificação FAO): Nenhum grau de restrição de uso para salinidade e infiltração. Apresenta poucos sólidos em suspensão e encontra-se biologicamente adequada.

c) SOLO

Solo com característica de textura média:
CAD 1,0 mm/cm (Tabela Capítulo 1)
Velocidade De Infiltração (VIB): 15,0 mm/h
Tempo De Irrigação Diário: 12 h

d) CLIMA

Evapotranspiração de referência (e_{to}): 7,5 mm/dia (mês de dezembro)

e) CULTURA

Cultura: pastagens diversas

Fator de disponibilidade da água no solo (f):

0,5

Coeficiente de cultura (kc): 1,0

Profundidade do sistema radicular (z): 30,0

cm

2. DIMENSIONAMENTO AGRONÔMICO

Conforme Tabela abaixo, todos os valores encontrados até a vazão necessária são iguais ao projeto feito com espaçamento 15x15m.

Tabela 11.1. Resumo do dimensionamento agronômico.

DADOS DE SOLO E CULTURA		
Disponibilidade total de água no solo - DTA	1,0	mm/cm
Capacidade total de água - CTA	30	mm
Capacidade Real de água - CRA	15	mm
Irrigação Real Necessária - IRN	15	mm
Irrigação Total Necessária - ITN	17,65	mm
Etpc	7,5	mm/dia
Turno de Rega - adotado - TR	2	dias
Irrigação Total Necessária - ITNcorrigida	17,65	mm
Horas de trabalho diário - Tid	8	horas
Vazão aproximada necessária - Qa	14,67	m ³ /h
Vazão disponível - Qd	2600	m ³ /h
Índice de Aplicação necessária - Ian	2,21	mm/h

2.1. Escolha do Aspersor

Buscou-se no catálogo da empresa NaanDanJain o aspersor 6025 SD, com espaçamento 15 x 15 (Figura 11.6) o conjunto de bocais que atendesse ao critério. Será adotado o bocal "Black".

Figura 11.6. Catálogo de performance do Aspersor 6025 SD da NaanDanJain.

6025-SD PERFORMANCE TABLE
Precipitation rates (mm/hr) and uniformity (CU) at various spacing

Nozzle Color (mm)	P (bar)	Q (m³/h)	D (m)	Spacing (m)					
				12x12	12x14	12x15	14x14	15x15	16x16
2.8 Orange	2.5	0.540	19	3.8	3.2	3.0			
	3.0	0.595	21	4.1	3.5	3.3	3.0		
	3.5	0.640	21	4.4	3.8	3.6	3.3		
	4.0	0.685	22	4.8	4.1	3.8	3.5		
3.0 Red	2.5	0.585	21	4.1	3.5	3.3	3.0		
	3.0	0.640	23	4.4	3.8	3.6	3.3		
	3.5	0.690	23	4.8	4.1	4.3	3.5		
	4.0	0.735	23	5.1	4.4	4.1	3.8		
3.2 Green	2.5	0.670	23	4.7	4.0	3.7	3.4	3.0	
	3.0	0.730	23	5.1	4.3	4.1	3.7	3.2	
	3.5	0.790	24	5.5	4.7	4.4	4.0	3.5	
	4.0	0.840	24	5.8	5.0	4.7	4.3	3.7	
3.5 Blue	2.5	0.780	24	5.4	4.6	4.3	4.0	3.5	3.0
	3.0	0.850	24	5.9	5.1	4.7	4.3	3.8	3.3
	3.5	0.920	24	6.4	5.5	5.1	4.7	4.1	3.6
	4.0	0.980	25	6.8	5.8	5.4	5.0	4.4	3.8
4.0 Black	2.5	1.005	26	7.0	6.0	5.6	5.1	4.5	3.9
	3.0	1.100	26	7.6	6.5	6.1	5.6	4.9	4.3
	3.5	1.185	27	8.2	7.1	6.6	6.1	5.3	4.6
	4.0	1.270	27	8.8	7.6	7.1	6.5	5.6	5.0

Fonte: Autor, 2018

Aspersor Escolhido

Fabricante: NaanDanJain

Modelo: 6025 SD

Bocal: Black; **Vazão:** 1,005 m³/h, **Diâmetro irrigado:** 26 m

Pressão de Serviço (He ou Os): 25 mca

Altura da haste em relação ao solo (Alt.Has): 2,1 m

Espaçamento entre aspersores (Easp): 15m

Espaçamento entre linhas (El): 15m

Tabela 11.2. Cálculos com os dados do aspersor escolhido.

Cálculos do aspersor escolhido

Intensidade de precipitação – Ip	4,47	mm/h
Sobreposição	73	%
Tempo de irrigação necessário - Tin	3,95	Horas
Número total de aspersores na área – NT	51	Aspersores
Número de blocos irrigados por dia – Npiad	2	Blocos
Número de aspersores em operação conjunta – Naoc	12,75	Aspersores/bloco

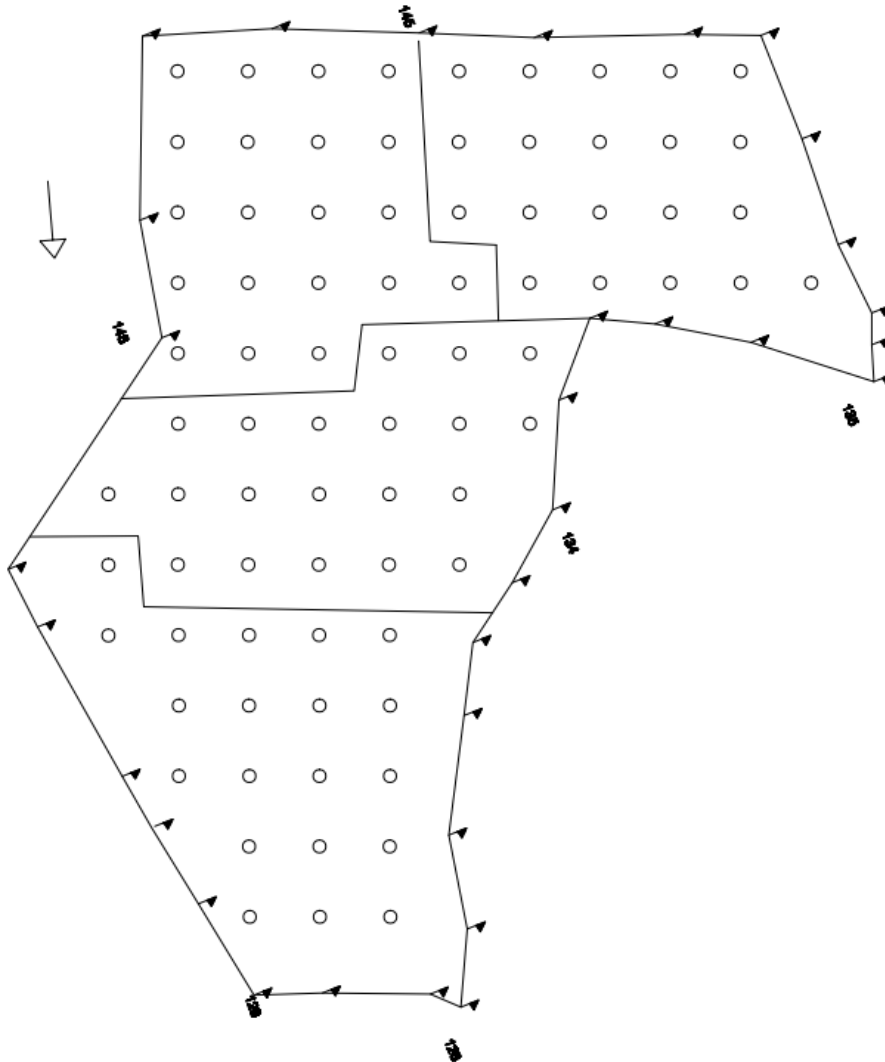
Resultando em 3 blocos com 12 aspersores e 1 bloco com 13, totalizando (3x12 + 13) 51 aspersores.

Critérios

$I_{an} \leq I_p \leq VIB$?	(x)sim () não
Sobreposição do aspersor é maior que 65% ?	(x)sim () não

A distribuição dos blocos pode ser vista na Figura 11.7, vale ressaltar que a escolha dos blocos é variável e cada projetista pode fazer seu formato, levando em consideração sua experiência e os detalhes vistos na visita à área.

Figura 11.7. Desenho em CAD da distribuição dos blocos.



Fonte: Autor, 2018

3. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

3.1- Desenhar as linhas

O desenho possui topografia irregular, no entanto, didaticamente seria complicado demonstrar isto, então, será adotado um declividade de 4% no sentido indicado pela seta.

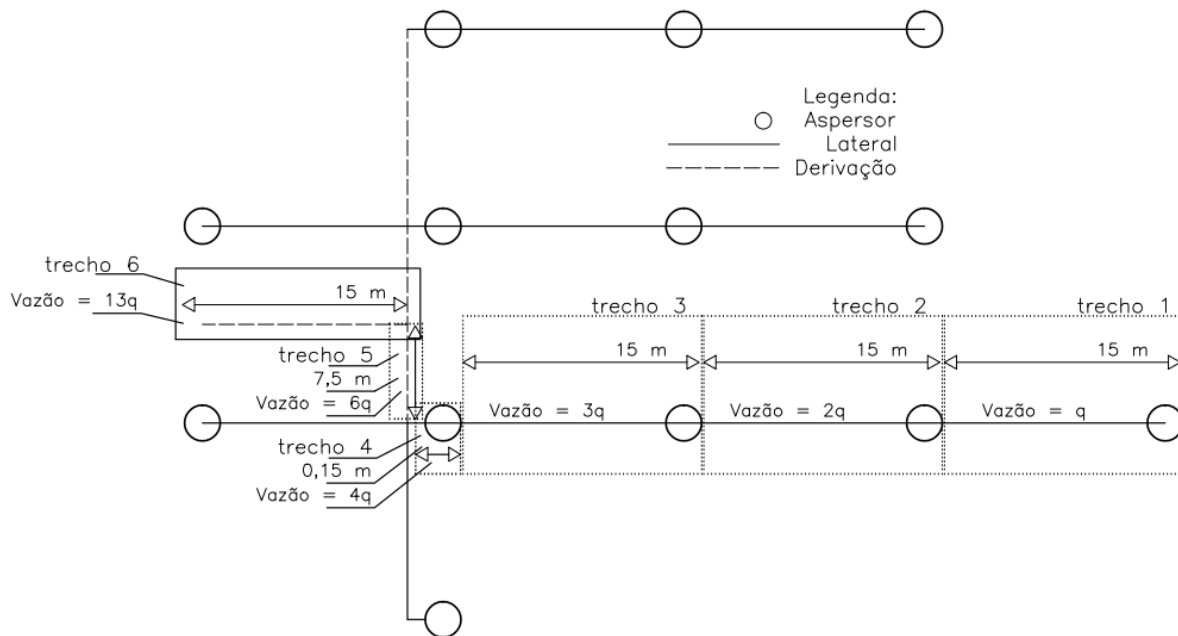
3.2. Dimensionamento dos Blocos

BLOCO 1

A variação de pressão máxima na lateral será dada por:

$$\Delta h_{m\acute{a}x} = P_s \times 0,2 \pm \Delta Z_{lateral} \quad \Delta h = 0,2 \times 25 = 5 \text{ mca}$$

Figura 11.8. Separação dos trechos da lateral e derivação do bloco 1.



Fonte: Autor, 2018

Dados do trecho da lateral

Trechos	Número de aspersores ligados ao trecho	Comprimento (m)
1	1	15
2	2	15
3	3	15
4	4	0,15

Observe que o trecho 3 está bem próximo à linha de derivação, portanto, a distância entre a derivação e o trecho será de apenas a distância entre duas conexões, por isso, adotou-se o seu comprimento como sendo 15 cm.

Cálculo do diâmetro da tubulação

N aspersores												
Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu	PET
1	15	1	1,005	25	60	22,8	0,70	15680,7	0,0286	0,47	0,47	25,47
2	15	2	2,01	25	60	22,8	1,39	31361,3	0,0240	1,58	2,05	27,05
3	15	3	3,015	32	60	29	1,27	36660,3	0,0231	0,98	3,03	28,03
4	0,15	4	4,02	32	60	29	1,69	48880,4	0,0215	0,0162	3,04	28,04

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, Hf – perda de carga no treco, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho.

Se fosse adotada a tubulação de 25 mm em toda a extensão, a perda de carga seria de 5,31 mca, superando o valor máximo permitido. Portanto, o diâmetro foi alterado no terceiro trecho quando a velocidade da água a tubulação atingiu 2,09 m/s, numa tubulação de 25 mm, daí quando foi substituído pelo diâmetro de 32 mm, a mesma caiu para 1,27 m/s. Ao final, a perda de carga total da linha lateral foi de 3,04 mca.

Pressão de entrada no início da linha lateral

$$H_{in} = hf_{lateral} + P_s + Alt.Haste + \Delta z \times 0,5 \quad H_{in} = 3,04 + 25 + 2,1 + 0 = 30,14 \text{ mca}$$

Ou seja, a pressão que irá entrar na lateral é bem inferior à capacidade de pressão suportada pela tubulação, 60 mca.

Critérios

$hf_{max ll} \leq P_s \times 0,2 - \Delta z.lateral ?$	(x)sim () não
As laterais estão em nível ou na menor declividade?	(x)sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	(x)sim () não

Dimensionar Derivação

N aspersores													
Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	De(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
5	7,5	6	6,03	50	40	48,1	0,95	44764,2	0,022	-0,3	0,16	0,16	30,00
6	15	13	13,07	75	40	72	0,88	63544,5	0,020	0	0,16	0,32	30,16

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, DES – desnível no trecho; Hf – perda de carga no treco, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho, PET – pressão de entrada no trecho.

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Pressão no início na linha de derivação

A pressão na linha de derivação é dada por:

$$H_{inld} = PET_{menor} + h_{fcavalete} + \Sigma h_{f_{derivação}} + \Sigma \Delta z / 2$$

$$H_{inld} = 30,00 + 3 + 0,32 - 0,15 = 33,17 \text{ mca}$$

CrITÉRIOS

Velocidade na derivação é de no máximo 1,5m/s?	(x)sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	(x)sim () não

Dimensionamento da Linha Principal

Os trechos das laterais foram demarcados como a mudança de direção da principal (Trecho 7 , 8 e 9) e a distância entre o cavalete mais abaixo e o limite da área (trecho 10), e entre o limite da área e o sistema de bombeamento (trecho 11).

Observe que o PN da tubulação precisou ser trocado a partir do trecho 10, já que a PET atingiu o valor superior ao PN da tubulação.

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	De(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
7	7,5	13,07	75	40	72,5	0,88	63569	0,020	0,3	0,08	0,08	33,55
8	30	13,07	75	40	72,5	0,88	63569	0,020	1,2	0,33	0,41	35,08
9	57,76	13,07	75	40	72,5	0,88	63569	0,020	2,3104	0,63	1,04	38,03
10	73,2	13,07	75	80	70,5	0,93	65372	0,020013	2,928	0,9170	1,96	41,87
11	53,4	13,07	75	80	70,5	0,93	65372	0,020013	2,136	0,6690	2,63	44,68

CrITÉRIO

Velocidade na principal é de no máximo 1,5m/s?	(x)sim () não
A PN do tubo \geq Pressão com que o líquido escoar na tubulação?	(x)sim () não

Dimensionamento da Linha de Sucção

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu
MB	6	13,07	75	80	70,5	0,93	65372	0,020	0,08	0,08

Velocidade na sucção é de no máximo 1,0m/s?	(x)sim () não
---	------------------

Seleção dos filtros e estimativa das perdas de carga devido ao sistema de filtragem

O sistema de filtragem adotado será por filtros de tela, serão utilizados 2 filtros de 1 1/2" com vazão máxima de 10 m³/h dispostos paralelamente. Assim, em cada filtro será

percorrida uma vazão de aproximadamente 6,5 m³/h, resultando numa perda de carga de 1,5 mca (Figura 10.6).

Altura manométrica

A altura manométrica é encontrada através da fórmula:

$$PEMB = PET_{UTP} + hf_{UTP} \quad PEMB = 44,68 + 0,669 = 45,35 \text{ mca}$$

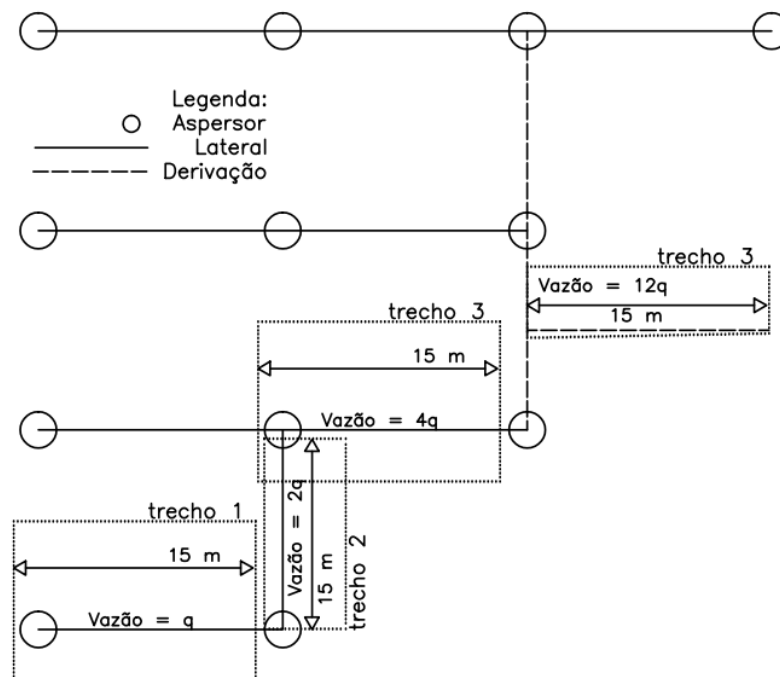
$$H_{man} = PEMB + hf_{suc} + hf_{saída} + Hgs + hf_{filtros} + hf_{loc}$$

$$H_{man} = (43,35 + 0,08 + 1 + 3,5 + 1,5) \times 1,05 = 54 \text{ mca}$$

Assim, os dados para o dimensionamento do sistema de bombeamento serão: Q de 13,72 m³/h e Hman de 56,16 mca.

BLOCO 2

Figura 11.9. Separação dos trechos da lateral e derivação do bloco 1.



Fonte: Autor, 2018

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Dados do trecho da lateral

Trechos	Número de aspersores ligados ao trecho	Comprimento (m)
1	1	15
2	2	15
3	4	15

Cálculo do diâmetro da tubulação

N aspersores												
Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu	PET
1	15	1	1,005	25	60	22,6	0,70	15680,7	0,0286	0,47	0,47	27,57
2	15	2	2,01	25	60	22,6	1,39	31361,3	0,0240	1,58	2,05	29,15
3	15	4	4,02	32	60	29	1,69	48880,4	0,0215	1,62	3,67	30,77

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, Hf – perda de carga no treco, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho.

Pressão de entrada no início da linha lateral

Hin – 30,77 mca

Dimensionar Derivação

N aspersores													
Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
4	7,5	5	5,03	50	40	48,1	0,77	36838,1	0,023	-0,3	0,11	0,11	30,58
5	15	12	12,06	75	40	72,5	0,81	58656,5	0,021	0	0,14	0,25	30,72

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, DES – desnível no trecho; Hf – perda de carga no treco, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho, PET – pressão de entrada no trecho.

Pressão no início na linha de derivação

A pressão na linha de derivação é dada por:

Hinld – 33,68 mca

Dimensionamento da Linha Principal

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Os trechos da principal do bloco 2 são iguais ao bloco 1, só mudando o fator de ordem que ao invés de começar com 7, começa com 6, no bloco 2. Muda-se também no bloco 2 a vazão, já que nesta área só foram contabilizados 12 aspersores.

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
6	7,5	12,06	75	40	72,5	0,81	58656	0,021	0,3	0,07	0,07	34,05
7	30	12,06	75	40	72,5	0,81	58656	0,021	1,2	0,29	0,36	35,54
8	57,76	12,06	75	40	72,5	0,81	58656	0,021	2,3104	0,55	0,91	38,40
9	73,2	12,06	75	80	70,5	0,86	60320,49	0,020	2,928	0,7966	1,70	42,12
10	53,4	12,06	75	80	70,5	0,86	60320,49	0,020	2,136	0,5811	2,29	44,84

Dimensionamento da Linha de Sucção

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu
MB	6	12,06	75	80	70,5	0,86	60320	0,020	0,07	0,07

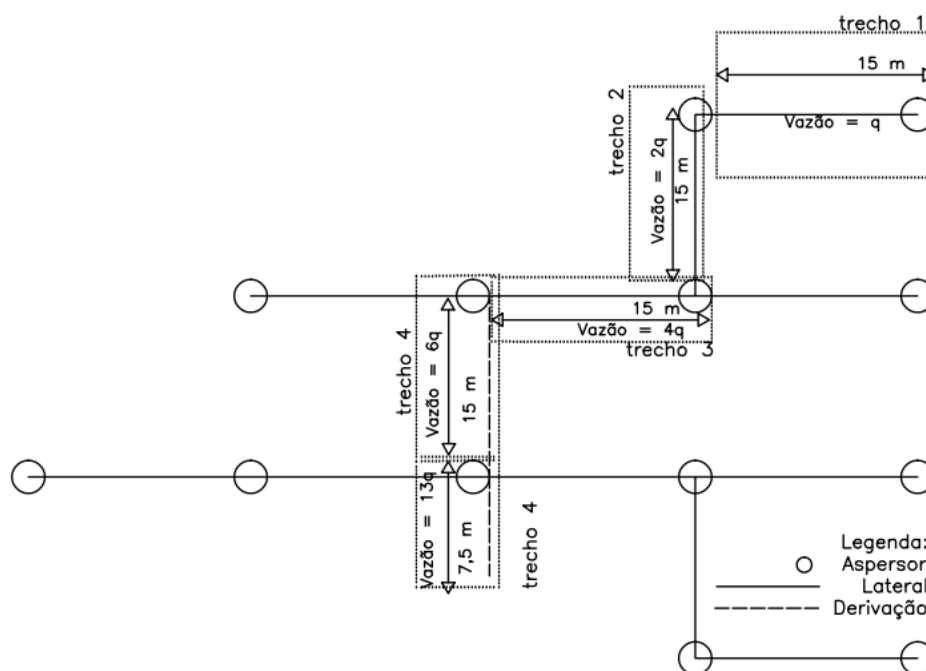
Altura manométrica

PEMB – 45,42 mca

Hman – 54,08 mca

BLOCO 3

Figura 11.10. Separação dos trechos da lateral e derivação do bloco 1.



Fonte: Autor, 2018

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Dados do trecho da lateral

Trechos	Número de aspersores ligados ao trecho	Comprimento (m)
1	1	15
2	2	15
3	4	15

Cálculo do diâmetro da tubulação

N aspersores												
Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu	PET
1	15	1	1,005	25	60	22,6	0,70	15680,7	0,0286	0,47	0,47	27,57
2	15	2	2,01	25	60	22,6	1,39	31361,3	0,0240	1,58	2,05	29,15
3	15	4	4,02	32	60	29	1,69	48880,4	0,0215	1,62	3,67	30,77

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, Hf – perda de carga no treco, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho.

Pressão de entrada no início da linha lateral

Hin – 30,77 mca

Dimensionar Derivação

N aspersores													
Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
4	15	6	6.03	50	40	48,1	0.92	44205.8	0.022	0.6	0.30	0.30	31.67
5	7.5	13	13.07	75	40	72,5	0.88	63544.5	0.020	0.3	0.08	0.38	32.05

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, DES – desnível no trecho; Hf – perda de carga no treco, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho, PET – pressão de entrada no trecho.

Pressão no início na linha de derivação

A pressão na linha de derivação é dada por:

Hinld – 35,50 mca

Dimensionamento da Linha Principal

Os trechos da principal do bloco 3 são iguais se igualam ao bloco 1 a partir da passagem pelo primeiro cavalete, por isso, adota-se a tubulação já adotada anteriormente, pois a mesma já está preparada para uma maior pressão, por isso que inicia-se o trecho 6, bloco 3 com tubulação de 75 mm, pn 80.

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
6	73.2	13.07	75	80	70.5	0.93	65372	0.020	2.928	0.92	0.92	39.35
7	53.4	13.07	75	80	70.5	0.93	65372	0.020	2.136	0.67	1.59	42.15

Dimensionamento da Linha de Sucção

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu
MB	6	13,07	75	80	70,5	0,93	65372	0,020	0,08	0,08

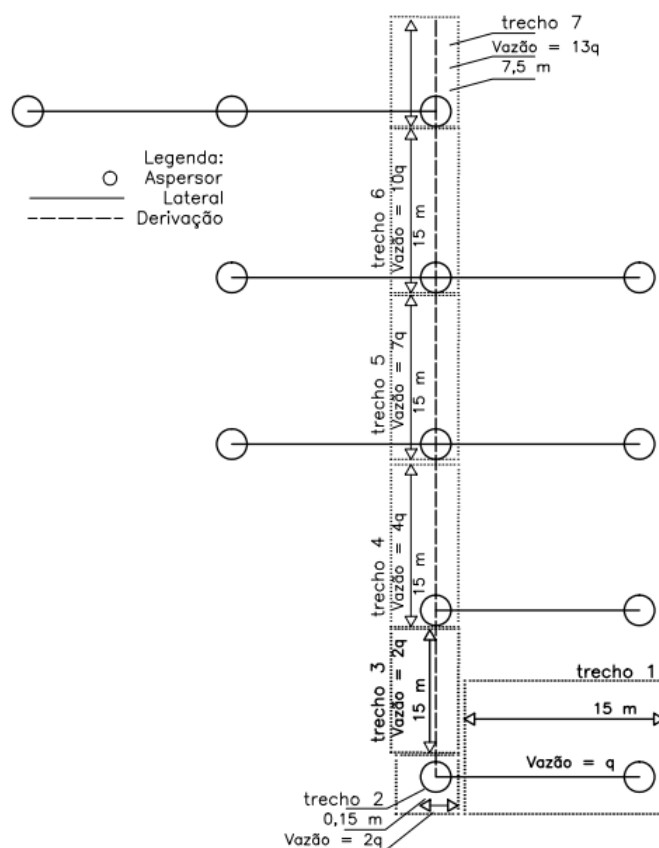
Altura manométrica

PEMB – 42,82 mca

Hman – 51,35 mca

BLOCO 4

Figura 11.12. Separação dos trechos da lateral e derivação do bloco 1.



Fonte: Autor, 2018

Dados do trecho da lateral

Trechos	Número de aspersores ligados ao trecho	Comprimento (m)
1	1	15
2	2	0,15

Cálculo do diâmetro da tubulação

N aspersores												
Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu	PET
1	15	1	1,005	25	60	22,6	0,70	15680,7	0,0286	0,47	0,47	27,57
2	0,15	2	2,01	25	60	22,6	1,39	31361,3	0,0240	0,02	0,48	27,58

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, Hf – perda de carga no treco, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho.

Pressão de entrada no início da linha lateral

Hin – 27,58 mca

Dimensionar Derivação

N aspersores													
Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
3	15	2	2,01	25	60	22,6	1,39	31361	0,024	-0,6	1,58	1,58	28,56
4	15	4	4,02	50	40	48,1	0,61	29470	0,024	-0,6	0,15	1,72	28,10
5	15	7	7,04	50	40	48,1	1,08	51573	0,021	-0,6	0,39	2,11	27,89
6	15	10	10,05	50	40	48,1	1,54	73676	0,019423	-0,6	0,7294	2,8444	28,02
7	7,5	13	13,065	75	40	7e,5	0,88	63544	0,020155	-0,3	0,0822	2,9266	27,81

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, DES – desnível no trecho; Hf – perda de carga no treco, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho, PET – pressão de entrada no trecho.

Pressão no início na linha de derivação

A pressão na linha de derivação é dada por:

Hinld – 32,38 mca

Dimensionamento da Linha Principal

Os trechos da principal do bloco 4 são iguais aos do bloco 3.

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
6	73,2	13,07	75	80	70,5	0,93	65372	0,020	2,928	0,92	0,92	39,19
7	53,4	13,07	75	80	70,5	0,93	65372	0,020	2,136	0,67	1,59	41,99

Dimensionamento da Linha de Sucção

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu
MB	6	13,07	75	80	70,5	0,93	65372	0,020	0,08	0,08

Altura manométrica

PEMB – 39,4 mca

Hman – 47,75 mca

Resumo dos Blocos

	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
Vazão (m³/h)	13,07	12,06	13,07	12,06
Hman (mca)	54,00	54,06	51,35	47,75

Deve-se buscar uma bomba com vazão de 13,07 m³/h e pressão de 54,06 mca, adicionadas as devidas folgas, resultado em 13,73 m³/h e 56,2 mca.

Utilizando o catálogo de bombas da Schneider, achou duas opções de bombas: a ME-2275V e a BC-22 R1 1/4, as duas com 7,5. Adotou-se, portanto, a primeira por apresentar melhor rendimento. As características podem ser vistas abaixo:

Tabela 10.3. Seleção de bombas fornecida pelo catálogo eletrônico das Bombas Schneider para o projeto.

Modelo	Potência Cv	Bocais de bomba - pol		Monofásica	Trifásica
		Sucção	Recalque		
ME-AL 2275V	7,5	1 1/2	1 1/2	X	X
BC-22 R 1 1/4	7,5	1 1/2	1 1/4	X	X

CAPÍTULO 12

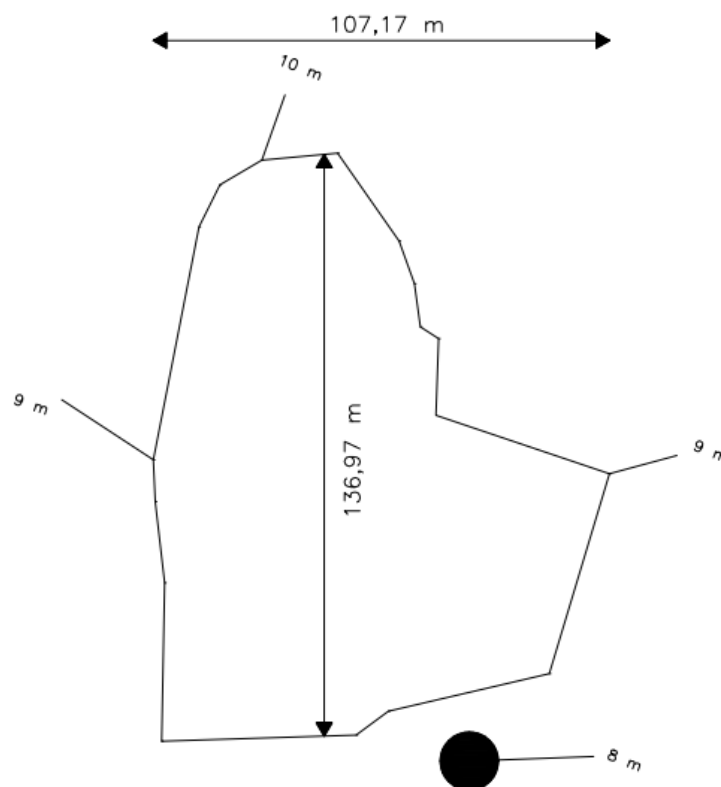
DIMENSIONAMENTO DA IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO FIXA (12 X 12) EM TOPOGRAFIA IRREGULAR

Allan Cunha Barros

O exemplo seguinte será retirado de uma outra área agrícola, mais uma vez de outro pequeno produtor (área de 0,983 ha), a área tem por característica ser pequena e ser desuniforme, fazendo com que, se possível toda a área irrigada seja aproveitada. Será adotado o espaçamento de 12 x 12m.

Abaixo segue a área coletada por GPS, em que as cotas estão informadas ao lado do desenho.

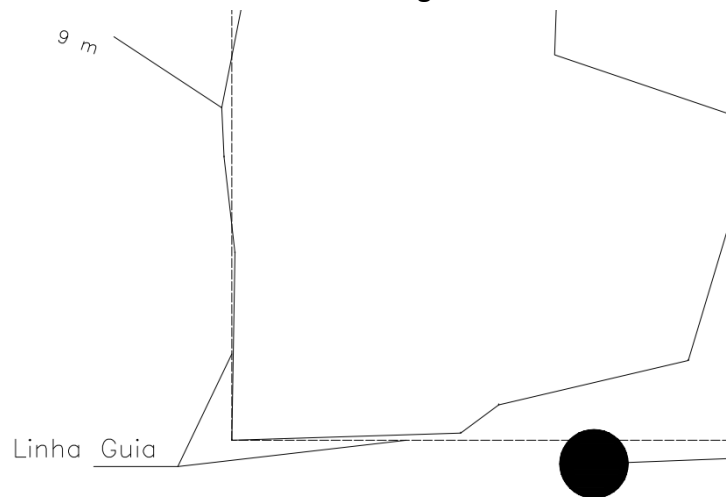
Figura 12.1. Figura de área para projeto de irrigação por aspersão convencional fixa em espaçamento 12x12m, com dados de comprimento e largura nos maiores eixos.



Fonte: Autor, 2018

Para facilitar a confecção do projeto, a área já foi alinhada no eixo y, no seu maior comprimento. As linhas guias foram desenhadas no ponto mais abaixo da área (Figura 12.2).

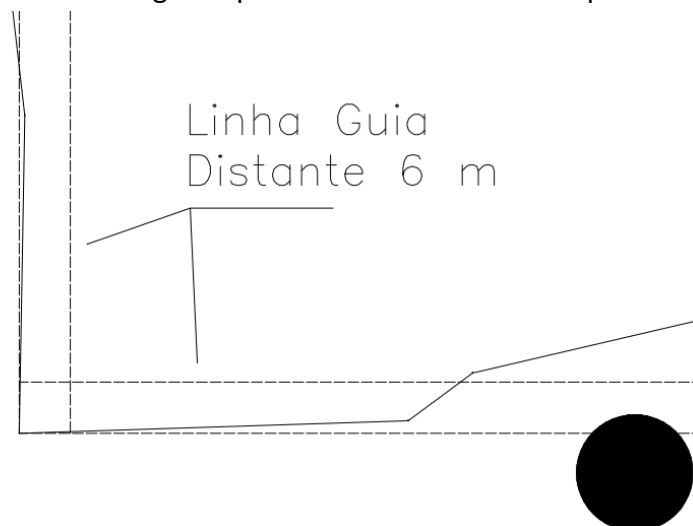
Figura 12.2. Vista do desenho da área com a linha guia no maior sentido da área.



Fonte: Autor, 2018

As próximas linhas guias, onde serão distribuídos os aspersores, foram desenhadas, distantes 6 m das primeiras linhas guias, localizadas na borda da área, com o comando offset do CAD. (Figura 12.3).

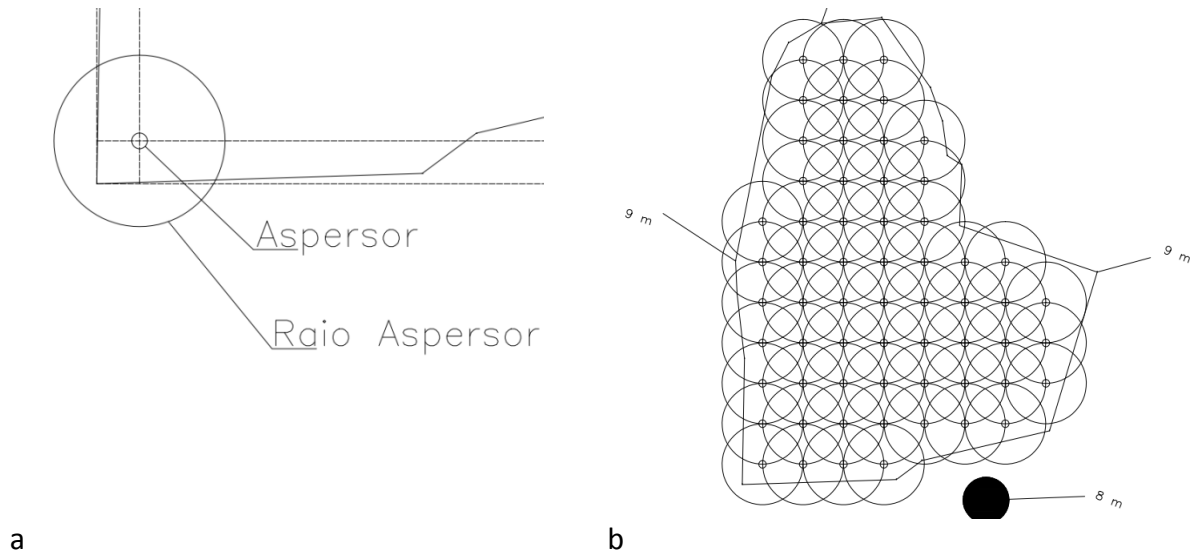
Figura 12.3. Desenho das linhas guias que serão distribuídos os aspersores.



Fonte: Autor, 2018

O primeiro aspersor ficará instalado na intersecção das linhas para distribuição dos aspersores (Figura 12.4 a), após a distribuição dos aspersores na área, o mesmo terá a distribuição vista na Figura 12.4 b.

Figura 12.4. Detalhe da distribuição do primeiro aspersor sobre as linhas guias (a) e a vista da distribuição dos aspersores e seus raios molhados em toda a área.



Fonte: Autor, 2018

A partir daí, seguem-se os procedimentos de cálculo como visto nos capítulos anteriores.

1.Dados complementares para desenvolver o projeto

a) SISTEMA

TIPO: Aspersão convencional fixa
EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO (E_a): 84 %
TEMPO: 10 horas

b) RECURSOS HÍDRICOS

sem restrição hídrica e de qualidade.

c) SOLO

Solo com característica de textura grossa:
CAD 0,7 mm/cm (Tabela Capítulo 1)
Velocidade De Infiltração (VIB): 16 mm/h
Tempo De Irrigação Diário: 10 h

d) CLIMA

Evapotranspiração de referência (e_{to}):
5,2mm/dia (mês de dezembro)

e) CULTURA

Cultura: pastagens diversas
Fator de disponibilidade da água no solo (f):
0,5
Coeficiente de cultura (k_c): 1,4
Profundidade do sistema radicular (z): 40,0
cm

2. Dimensionamento Agrônômico

Conforme Tabela abaixo, todos os valores encontrados até a vazão necessária são iguais ao projeto feito com espaçamento 15x15m.

Tabela 12.1. Resumo do dimensionamento agrônômico.

DADOS DE SOLO E CULTURA		
Disponibilidade total de água no solo - DTA	0,7	mm/cm
Capacidade total de água - CTA	28	mm
Capacidade Real de água - CRA	14	mm
Irrigação Real Necessária - IRN	14	mm
Irrigação Total Necessária - ITN	16,67	mm
Etpc	5,2	mm/dia
Turno de Rega - adotado - TR	2	dias
Irrigação Total Necessária - ITNcorrigida	16,67	mm
Horas de trabalho diário - Tid	10	horas
Vazão aproximada necessária - Qa	8,52	m ³ /h
Vazão disponível - Qd	Sem limitação	m ³ /h
Índice de Aplicação necessária - Ian	1,72	mm/h

2.1. Escolha do Aspersor

Buscou-se no catálogo da empresa Agropolo o aspersor Ny 25, com espaçamento 12 x 12 (Figura 12.5) o conjunto de bocais que atendesse ao critério. Será adotado o bocal “Amarelo x Cinza”.

Aspersor Escolhido

Fabricante: Agropolo

Modelo: NY 25

Bocal: Amarelo x cinza; **Vazão:** 0,528 m³/h, **Diâmetro irrigado:** 24 m

Pressão de Serviço (He ou Os): 20 mca

Altura da haste em relação ao solo (Alt.Has): 1,6 m

Espaçamento entre aspersores (Easp): 12m

Espaçamento entre linhas (El): 12m

Tabela 12.2. Cálculos com os dados do aspersor escolhido.

Cálculos do aspersor escolhido		
Intensidade de precipitação – Ip	3,67	mm/h
Sobreposição	100	%
Tempo de irrigação necessário - Tin	4,73	Horas
Número total de aspersores na área – NT	61	Aspersores
Número de blocos irrigados por dia – Npiad	2	Blocos
Número de aspersores em operação conjunta – Naoc	15,25	Aspersores/bloco

Resultando em 3 blocos com 15 aspersores e 1 bloco com 16 aspersores.

Figura 12.5. Catálogo de performance do Aspersor Agropolo o aspersor Ny 25.

Características Operacionais dos Aspersores Agropolo NY-25									
Bocais Diâmetro Nominal	Código	Pressão	Diâmetro Alcance	Altura máxima do jato	Vazão	Espaçamento entre aspersores (m)			
						6 x 6	6 x 12	12 x 12	12 x 18
(mm)		(mca)	(m)	(m)	(m³/h)	Intensidade de aplicação (mm/h)			
2,50 x 0,00		20	24	2,00	0,289	8,00	4,00		
Amarelo X Tampão	7885-3/4" 8048-1"	25	24	2,20	0,323	9,00	4,50		
		30	24	2,40	0,354	9,80	4,90	2,50*	1,60
		35	24	2,50	0,382	10,6	5,30	2,70	1,80
2,80 x 0,00		20	24	2,10	0,360	10,0	5,00		
Verde X Tampão	7900-3/4" 8051-1"	25	26	2,30	0,402	11,2	5,60	2,80	1,90
		30	26	2,50	0,441	12,3	6,10	3,10	2,00
		35	24	2,60	0,476	13,2	6,60	3,30	2,20
3,00 x 0,00		20	24	2,20	0,426	11,8	5,90		
Vermelho X Tampão	7926-3/4" 8064-1"	25	24	2,50	0,476	13,2	6,60		
		30	26	2,70	0,521	14,5	7,20	3,60	2,40
		35	26	2,80	0,563	15,6	7,80	3,90	2,60
3,20 x 0,00		20	26	2,20	0,495	13,8	6,90		
Azul X Tampão	7939-3/4" 8080-1"	25	26	2,50	0,553	15,4	7,70	3,80	2,60
		30	26	2,70	0,606	16,8	8,40	4,20	2,80
		35	26	2,80	0,654	18,2	9,10	4,50	3,00
2,50 x 2,50		20	24	2,00	0,528	14,7	7,30	3,70	2,40
Amarelo X Cinza	7830-3/4" 7984-1"	25	24	2,20	0,591	16,4	8,20	4,10	2,70
		30	24	2,40	0,647	18,0	9,00	4,50	3,00
		35	24	2,50	0,699	19,4	9,70	4,80	3,20
2,80 x 2,50		20	24	2,10	0,597	16,6	8,30	4,20	2,80
Verde X Cinza	7843-3/4" 7997-1"	25	24	2,30	0,668	18,5	9,30	4,60	3,10
		30	24	2,50	0,731	20,3	10,2	5,10	3,40
		35	26	2,60	0,770	21,9	11,0	5,50	3,70

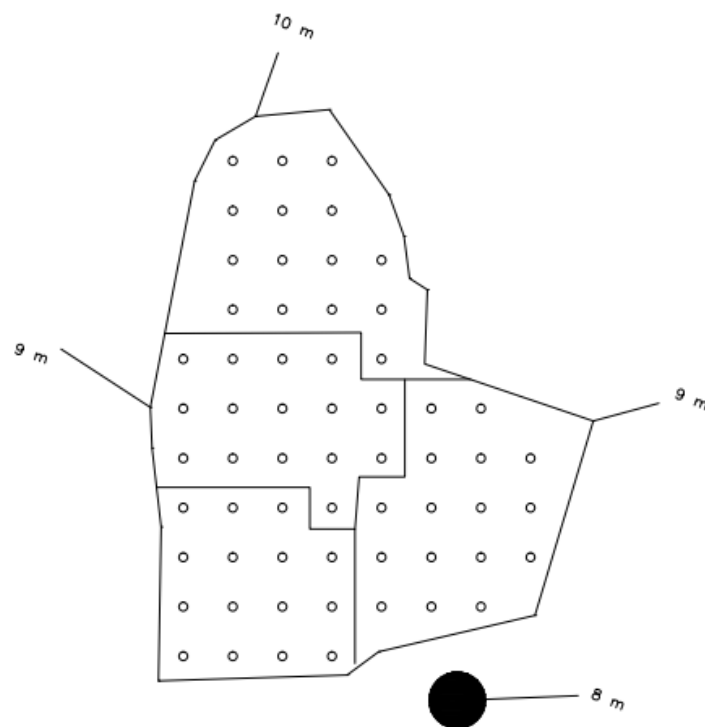
Fonte: Autor, 2018

Critérios

$I_{an} \leq I_p \leq VIB$?	(x)sim () não
Sobreposição do aspersor é maior que 65% ?	(x)sim () não

A distribuição dos blocos pode ser vista na Figura 12.6.

Figura 12.6. Desenho em CAD da distribuição dos blocos.



Fonte: Autor, 2018

3. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

BLOCO 1

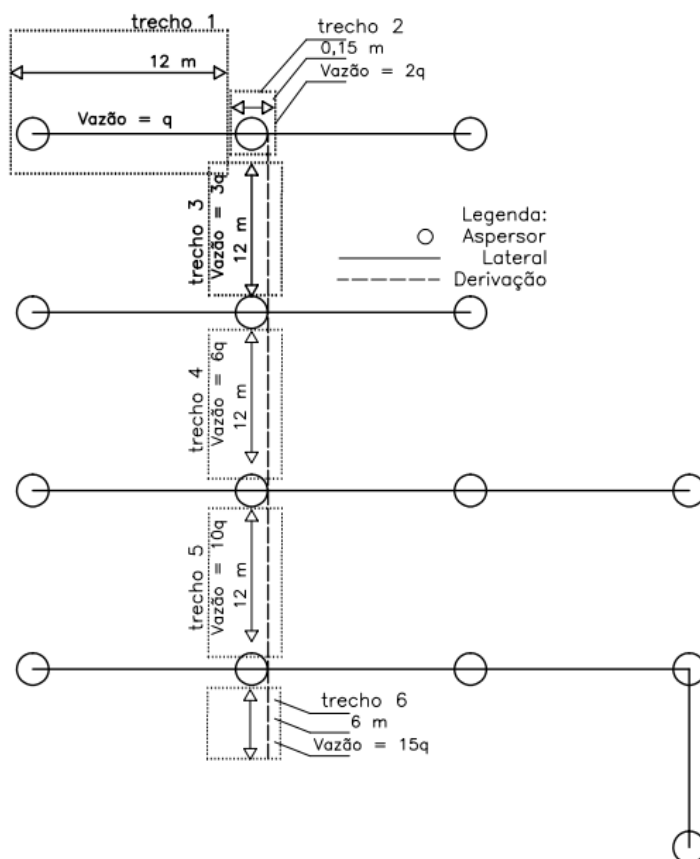
A variação de pressão máxima na lateral será dada por:

$$\Delta h_{m\acute{a}x} = P_s \times 0,2 \pm \Delta Z_{lateral} = 20 \times 0,2 = 5 \text{ mca}$$

Dados do trecho da lateral

Trechos	Número de aspersores ligados ao trecho	Comprimento (m)
1	1	12
2	2	0,15

Figura 12.7. Separação dos trechos da lateral e derivação do bloco 1.



Fonte: Autor, 2018

Cálculo do diâmetro da tubulação

Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu	PET
1	12	1	0,528	25	60	22,6	0,37	8238,2	0,0336	0,12	0,12	21,72
2	0,15	2	1,056	25	60	22,6	0,73	16476,4	0,0282	0,01	0,13	21,73

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, Hf – perda de carga no treco, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho.

Pressão de entrada no início da linha lateral

Hin – 21,73 mca

Dimensionar Derivação

Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
3	12	3	1,58	25	60	22,6	1,10	24714	0,026	0,125	0,83	0,83	22,69
4	12	6	3,17	32	60	29	1,33	38520	0,023	0,125	0,86	1,69	23,67
5	12	10	5,28	50	40	48,1	0,81	38707	0,023	0,125	0,19	1,88	23,98
6	6	15	7,92	50	40	48,1	1,21	58061	0,020615	0,125	0,1923	2,0692	24,30

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, DES – desnível no trecho; Hf – perda de carga no trecho, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho, PET – pressão de entrada no trecho.

Pressão no início na linha de derivação

A pressão na linha de derivação é dada por:

Hinld – 28,01 mca

Dimensionamento da Linha Principal

Os trechos da principal são separados entre a distância entre o primeiro cavalete ao segundo, entre o segundo e o começo da área e entre o começo da área à fonte hídrica. Observe que no trecho 9, o PN da tubulação foi alterado, apesar de que a pressão de entrada no trecho ainda fosse possível utilizar o tubom de 50 mm PN40, mas deve observar que provavelmente na saída da bomba, e devido ao uso de filtros, esta pressão possa ser superada, daí, o uso de tubulação de PN superior deixará o sistema mais seguro.

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
7	48,85	7,92	50	40	48,1	1,21	58061	0,021	0,5	1,57	1,57	30,08
8	35,68	7,92	50	40	48,1	1,21	58061	0,021	0	1,14	2,71	31,22
9	39,74	7,92	50	80	46,7	1,28	59802	0,020	1	1,47	4,18	33,69

Dimensionamento da Linha de Sucção

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu
MB	4	7,92	75	80	72,5	0,53	38521	0,023	0,02	0,02

Altura manométrica

PEMB – 37,67 mca

Hman – 45,87mca

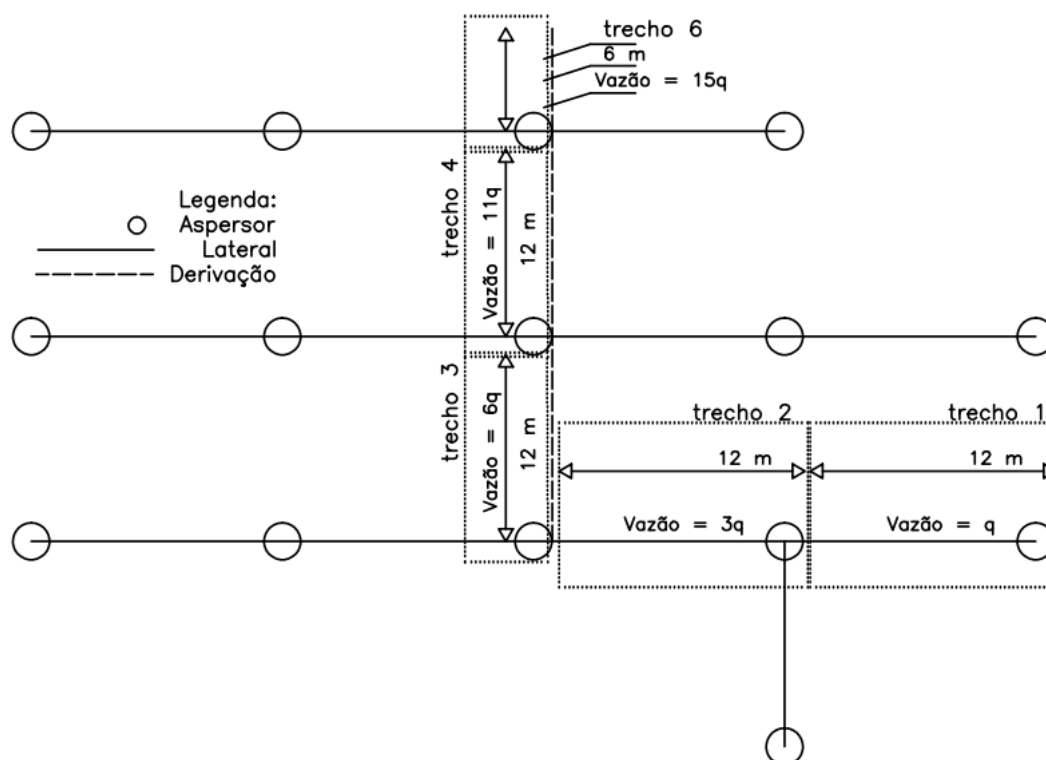
BLOCO 2

Dados do trecho da lateral

Trechos	Número de aspersores ligados ao trecho	Comprimento (m)
1	1	12
2	3	12

Variação de pressão máxima: 4 mca

Figura 12.8. Separação dos trechos da lateral e derivação do bloco 2.



Fonte: Autor, 2018

Cálculo do diâmetro da tubulação

Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu	PET
1	12	1	0,528	25	60	22,6	0,37	8238,2	0,0336	0,12	0,12	21,72
2	12	3	1,584	25	60	22,6	1,10	24714,6	0,0255	0,83	0,95	22,55

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, Hf – perda de carga no treco, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho.

Pressão de entrada no início da linha lateral

Hin – 22,55 mca

Dimensionar Derivação

Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
3	12	6	3,17	32	60	29	1,33	38520,7	0,023	-0,167	0,86	0,86	23,24
4	12	11	5,81	50	40	48,1	0,89	42578,3	0,022	-0,167	0,22	1,08	23,30
5	6	15	7,92	50	40	48,1	1,21	58061,3	0,021	-0,167	0,19	1,27	23,32

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, DES – desnível no trecho; Hf – perda de carga no treco, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho, PET – pressão de entrada no trecho.

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Pressão no início na linha de derivação

A pressão na linha de derivação é dada por:
 $H_{inld} = 27,26 \text{ mca}$

Dimensionamento da Linha Principal

Os trechos da principal são separados entre a distância entre o primeiro cavalete ao segundo, entre o segundo e o começo da área e entre o começo da área à fonte hídrica. Observe que no trecho 9, o PN da tubulação foi alterado, apesar de que a pressão de entrada no trecho ainda fosse possível utilizar o tubom de 50 mm PN40, mas deve observar que provavelmente na saída da bomba, e devido ao uso de filtros, esta pressão possa ser superada, daí, o uso de tubulação de PN superior deixará o sistema mais seguro.

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
7	48,85	7,92	50	40	48,1	1,21	58061	0,021	0,5	1,57	1,57	29,33
8	35,68	7,92	50	40	48,1	1,21	58061	0,021	0	1,14	2,71	30,47
9	39,74	7,92	50	80	46,7	1,28	59802	0,020	1	1,47	4,18	32,94

Dimensionamento da Linha de Sucção

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	e (mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu
MB	4	7,92	75	80	75,5	1,5	0,53	38521	0,023	0,02	0,02

Altura manométrica

$PEMB = 36,72 \text{ mca}$

$H_{man} = 44,94 \text{ mca}$

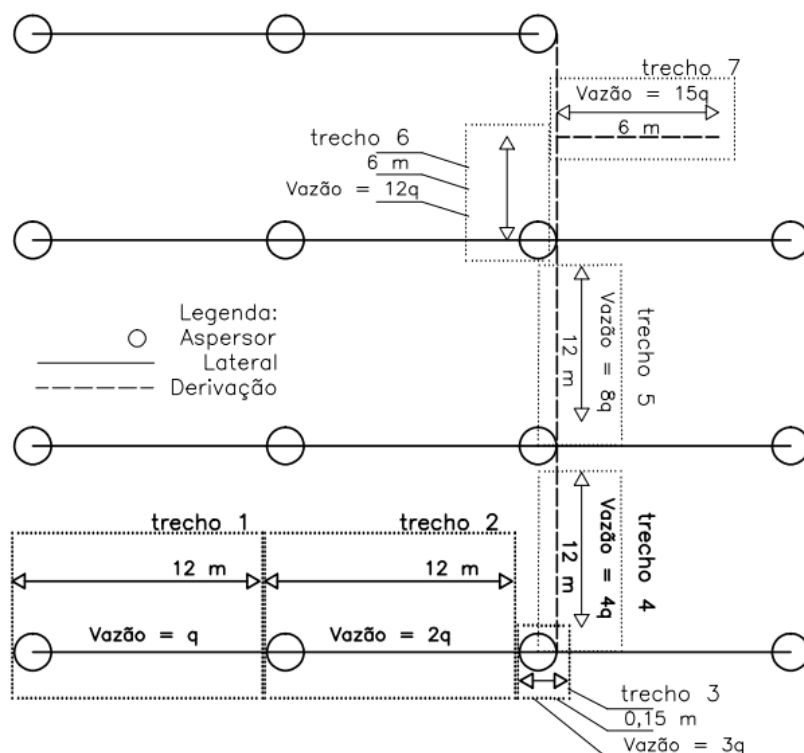
BLOCO 3

Dados do trecho da lateral

Trechos	Número de aspersores ligados ao trecho	Comprimento (m)
1	1	12
2	2	12
3	3	0,15

Variação de pressão máxima: 4 mca

Figura 12.9. Separação dos trechos da lateral e derivação do bloco 1.



Fonte: Autor, 2018

Cálculo do diâmetro da tubulação

Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu	PET
1	12	1	0,528	25	60	22,6	0,37	8238,2	0,0336	0,12	0,12	21,72
2	12	2	1,056	25	60	22,6	0,73	16476,4	0,0282	0,41	0,53	22,13
3	0,15	3	1,584	25	60	22,6	1,10	24714,6	0,0255	0,01	0,54	22,14

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, Hf – perda de carga no treco, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho.

Pressão de entrada no início da linha lateral

Hin – 22,14 mca

Dimensionar Derivação

Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
4	12	4	2,11	32	60	29	0,89	25680,4	0,025	-0,08	0,42	0,42	22,48
5	12	8	4,22	50	40	48,1	0,65	30966,0	0,024	-0,08	0,13	0,55	22,53
6	6	12	6,34	50	40	48,1	0,97	46449,04	0,022	-0,08	0,13	0,68	22,58
7	1,5	15	7,92	50	40	48,1	1,21	58061,3	0,020615	0	0,0481	0,7273	22,63

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re –

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Número de Reynolds, f – fator de atrito, DES – desnível no trecho; H_f – perda de carga no treco, H_f acumu – perda de carga acumulada no trecho, PET – pressão de entrada no trecho.

Pressão no início na linha de derivação

A pressão na linha de derivação é dada por:

$H_{inld} = 26,09$ mca

Dimensionamento da Linha Principal

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
8	35,68	7,92	50	40	48,1	1,21	58061	0,021	0,25	1,14	1,14	27,48
9	39,74	7,92	50	80	46,7	1,28	59802	0,020	0,25	1,47	2,61	29,20

Os trechos da principal são separados entre a distância entre o primeiro cavalete ao segundo, entre o segundo e o começo da área e entre o começo da área à fonte hídrica. Observe que no trecho 9, o PN da tubulação foi alterado, apesar de que a pressão de entrada no trecho ainda fosse possível utilizar o tubom de 50 mm PN40, mas deve observar que provavelmente na saída da bomba, e devido ao uso de filtros, esta pressão possa ser superada, daí, o uso de tubulação de PN superior deixará o sistema mais seguro.

Dimensionamento da Linha de Sucção

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	e (mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu
MB	4	7,92	75	40	72,5	1,5	0,53	38521	0,023	0,02	0,02

Altura manométrica

$PEMB = 31,43$ mca

$H_{man} = 39,39$ mca

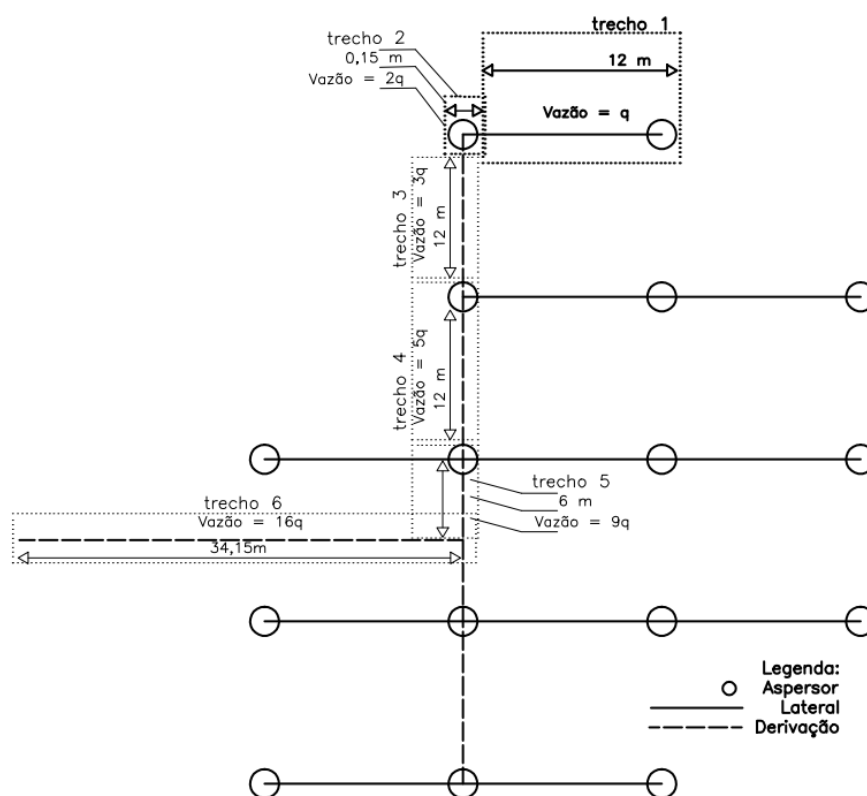
BLOCO 4

Dados do trecho da lateral

Trechos	Número de aspersores ligados ao trecho	Comprimento (m)
1	1	12
2	2	0,15

Variação de pressão máxima: 4 mca

Figura 12.10. Separação dos trechos da lateral e derivação do bloco 4.



Fonte: Autor, 2018

Cálculo do diâmetro da tubulação

Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu	PET
1	12	1	0,528	25	60	28,1	0,37	8238,2	0,0336	0,12	0,12	21,72
2	0,15	2	1,056	25	60	28,1	0,73	16476,4	0,0282	0,01	0,13	21,73

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re – Número de Reynolds, f – fator de atrito, Hf – perda de carga no treco, Hf acumu – perda de carga acumulada no trecho.

Pressão de entrada no início da linha lateral

Hin – 21,73 mca

Dimensionar Derivação

Trecho	L	ligados	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
3	12	2	1,06	32	60	29	0,44	12840,2	0,030	-0,08	0,13	0,13	21,78
4	12	5	2,64	50	40	48,1	0,40	19353,8	0,027	-0,08	0,06	0,18	21,75
5	6	9	4,75	50	40	48,1	0,73	34836,78	0,023	-0,08	0,08	0,26	21,75
6	34,15	16	8,448	50	40	48,1	1,29	61932,06	0,020	0	1,23	1,49	22,98

Na Tabela, o termo L – corresponde ao comprimento do trecho; Q – vazão no trecho, DN – diâmetro nominal da Tubulação; PN – pressão nominal da tubulação; Di – diâmetro interno; V- velocidade no trecho, Re –

PROJETOS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

Número de Reynolds, f – fator de atrito, DES – desnível no trecho; H_f – perda de carga no trecho, H_f acumu – perda de carga acumulada no trecho, PET – pressão de entrada no trecho.

Pressão no início na linha de derivação

A pressão na linha de derivação é dada por:

H_{ind} – 26,12 mca

Dimensionamento da Linha Principal

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	DES	Hf - mca	Hf acumu	PET
7	35.68	8.448	50	40	48,1	1.29	61932	0.020	0.25	1.28	1.28	27.65
8	39.74	8.448	50	80	46,7	1.37	63789	0.020	0.25	1.64	2.92	29.54

Os trechos da principal são separados entre a distância entre o primeiro cavalete ao segundo, entre o segundo e o começo da área e entre o começo da área à fonte hídrica. Observe que no trecho 9, o PN da tubulação foi alterado, apesar de que a pressão de entrada no trecho ainda fosse possível utilizar o tubom de 50 mm PN40, mas deve observar que provavelmente na saída da bomba, e devido ao uso de filtros, esta pressão possa ser superada, daí, o uso de tubulação de PN superior deixará o sistema mais seguro.

Dimensionamento da Linha de Sucção

Trecho	L	Q (m³/h)	DN	PN	Di(mm)	V (m/s)	RE	f	Hf - mca	Hf acumu
MB	4	8,448	75	40	72.5	0.57	41089	0.022	0.02	0.02

Altura manométrica

PEMB – 32,04 mca

H_{man} – 40,03 mca

Resumo dos Blocos

	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
Vazão (m³/h)	7,92	7,92	7,92	8,45
H_{man} (mca)	45,87	44,94	39,39	40,05

Deve-se buscar uma bomba com vazão de 8,45 m³/h e pressão de 45,87 mca, adicionadas as devidas folgas, resultado em 8,88 m³/h e 47,71 mca.

Utilizando o catálogo de bombas da Schineider, achou duas opções de bombas: a ME-2275V e a BC-22 R1 1/4, as duas com 7,5. Adotou-se, portanto, a primeira por apresentar melhor rendimento. As características podem ser vistas abaixo:

Tabela 12.3. Seleção de bombas fornecida pelo catálogo eletrônico das Bombas Schineider para o projeto.

Modelo	Potência Cv	Bocais de bomba - pol		Monofásica	Trifásica
		Sucção	Recalque		
ME-AL 2240	4	1 1/2	1 1/2	X	X
ME-AL 2340	4	1 1/2	1 1/4	X	X
BC-22 R 1 B	5	1 1/4	1	X	X

Bibliografia Consultada

AGROPOLO. Catálogo de Aspersores, 2017

AMANCO. Catálogo Soluções Amanco, 2017

AUTODESK. AutoCAD 2014.

AZEVEDO NETO, J. M. et al. Manual de Hidráulica. Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo, SP.

BERNARDO, S. Manual de Irrigação. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 7a edição, 2006.

DOORENBOS, J. & KASSAM, A.H. Yield response to water. Rome, FAO, 1979. 193p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 33).

DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. Crop water requirements. Rome, FAO, 1984. 144p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 24).

FRIZZONE, José Antônio; REZENDE, R. ; FREITAS, P. S. L. . Irrigação por aspersão. 1. ed. Maringá: Eduem, 2011. v. 1. 271p .

IRRITEC. Catálogo de Irrigação, 2017.

KELLER, J., KARMELI, D. Trickle irrigation design. S.1: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133 p.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. Sprinkle and trickle irrigation. New York: Avibook, 1990. 649 p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 2006, 318 p.

MENDONÇA, F. C.. Projetos e manejo de irrigação de pastagens. 1. ed. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2010. v. 1.

MIRANDA, J.O; PIRES, R.C.M. (Ed). Irrigação. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 410p. (Série Engenharia Agrícola, 1). MIRANDA, J.O; PIRES, R.C.M. (Ed). Irrigação. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 703p. (Série Engenharia Agrícola, 2).

NAANDANJAIN. Catálogo de Aspersores, 2017.

NAANDANJAIN. Formulário de Ante-projetos de irrigação. 2017.

NETAFIM. Manual de Irrigação por Gotejamento – Entendendo o Básico. 2014.

OLITTA, A. F. L., Os métodos de irrigação. 1º edição – 6º reimpressão. São Paulo, Nobel. São Paulo. 1994. 13-35 p.

SAVVA , A.P. & FRENKEN, K. Irrigation Manual Planning, Development Monitoring and Evaluation of Irrigated Agriculture with Farmer Participation. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Sub-Regional Office for East and Southern Africa (SAFR), Harare (2002).

TESTEZLAF, R. Irrigação: Métodos, Sistemas e Aplicações. 1. ed. Campinas, SP: Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP 2017. 215p.

TESTEZLAF, R. MATSURA, E. E. Engenharia de Irrigação: Tubos e acessórios. 1. ed. Campinas, SP: Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP, 2015. 153p.

TESTEZLAF, R.; DEUS, F. P. ; MESQUITA, M. . Filtros de areia na irrigação localizada. 1. ed. Campinas, SP: Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP, 2014. 56p .