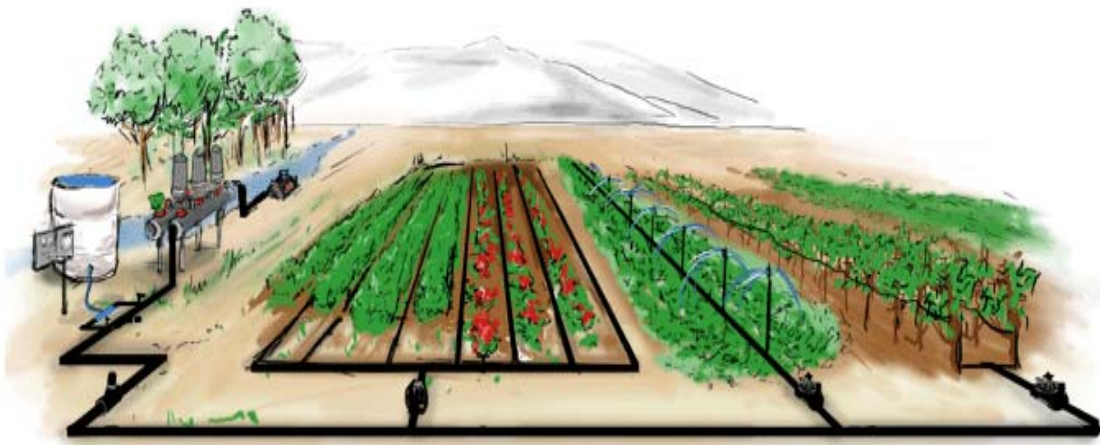




UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal
Departamento de Engenharia Rural
Secção de Uso de Terra e Agua

Projecto Final

Dimensionamento de um Sistema de Rega por Gotejamento para uma Área de 50 ha no Distrito de Chókwè



Autor: Celso Miguel Abdala Tamele
Supervisor: Prof. Dr. Rui Miguel C. L. Brito

Maputo, Março de 2007

“ O meu maior medo, é que eu seja poderoso para além dos limites”
Coach Carter-The Movie

Dedico este trabalho ao meu pai e a minha mãe pelos ensinamentos e puxões de orelhas que me tornaram no indivíduo que sou hoje.

Ofereço este trabalho as minhas irmãs pelo companheirismo e pelos momentos felizes que me proporcionam até hoje.

Agradecimentos

A Deus por me ter iluminado e orientado para enredar pelos caminhos que me levaram até onde hoje me encontro, pela saúde e pelos dissabores da vida que me ensinaram a valorizar os momentos de felicidade;

Aos meus colegas de faculdade, em especial ao Vasco Langa por me ter apoiado nesta longa caminhada;

Ao Prof. Rui Brito pelos ensinamentos e por estar sempre disposto a ensinar-me;

Ao Eng. Famba pelos ensinamentos e pelas oportunidades de trabalhar em equipa;

Ao Eng. Magaia pelos ensinamentos e pelo apoio a nível profissional;

Ao Sr Higino Tamele pelo companheirismo demonstrado durante estes longos anos de trabalho;

A faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal por ter proporcionado um ambiente saudável para a minha instrução;

Aos meus amigos Ivan, Jean, Mauro (descansa em paz), Marcelo, Sancho e os demais que não mencionei, pelos maravilhosos momentos da minha vida social por eles proporcionados.

Resumo

A agricultura irrigada consome grandes quantidades de água. Em zonas onde o recurso água é escasso é importante identificar alternativas para usar este recurso da melhor maneira possível.

Dos métodos de rega existentes a rega localizada permite obter eficiências elevadas de utilização da água de rega, quando comparado com os restantes métodos. Com vista a contribuir para melhorar a eficiência de utilização da água de rega este trabalho teve como objectivo o dimensionamento de um sistema de rega por gotejamento para uma área de 50 ha no distrito de Chókwè. O trabalho teve duas componentes, o dimensionamento de um sistema de rega por gotejamento e a identificação de tipos alternativos de gotejadores artesanais para melhorar o desempenho do sistema de rega por gotejamento de baixo custo.

Para a primeira componente o trabalho objectivou a escolha de culturas, o cálculo das suas necessidades de água de rega, e com base nestas, o desenho de um sistema de rega que incluiu a escolha da tubagem a ser usada, a escolha dos emissores e uma análise comparativa dos custos de implementação do sistema para dois tipos de emissores, on-line e in-line. Para a segunda componente o trabalho objectivou a identificação de tipos alternativos de gotejadores artesanais, sua comparação, a identificação da melhor alternativa e o cálculo dos custos envolvidos na implementação do sistema de rega por gotejamento de baixo custo.

Dos resultados obtidos pode-se extrair que para a primeira componente, a melhor alternativa, para regar a área de 50 ha, é o uso de emissores in-line espaçados em 0.45 m e tubagem de 16 mm, 140 mm, 160 mm e 200 mm e 250 mm para as tubagens laterais, terciárias, secundarias e principal, respectivamente. Para a segunda componente pode-se extrair que os gotejadores feitos usando um prego frio apresentam os piores resultados para o CU, CV e caudal calculados; os gotejadores feitos usando um prego

quente apresentam os melhores resultados para o CU e CV mas o caudal fornecido é elevado, havendo necessidade de ter cautela na sua manufactura; os gotejadores feitos usando cotonetes apresentam resultados intermédios mas fornecem caudal igual aos gotejadores pré fabricados usados como controle, sendo por isso a melhor opção, havendo necessidade de ter, para o seu uso, o cuidado de colocar os mesmos em suportes durante o seu funcionamento; e o melhor é o uso de gotejadores pré fabricados sempre que possível.

Lista de Tabelas

	Página
Tabela 1: Eficiência de aplicação dos diferentes tipos de rega	6
Tabela 2: Perdas de carga por aparato do cabeçal	36
Tabela 3: Necessidades de água de rega das culturas	39
Tabela 4: Emissores seleccionados e respectivos tempos de aplicação	41
Tabela 5: Cálculo das perdas de carga para a tubagem da lateral	44
Tabela 6: Cálculo das perdas de carga para a tubagem da terciária	45
Tabela 7: Cálculo das perdas de carga para a tubagem da secundária	45
Tabela 8: Cálculo das perdas de carga para a tubagem da principal	46
Tabela 9: Cálculo das perdas de carga produzidas no cabeçal	47
Tabela 10: Cálculo da altura manométrica da bomba	48
Tabela 11: Bill of quantities para os emissores on-line	50
Tabela 12: Resultados obtidos para os emissores in-line	52
Tabela 13: Bill of quantities para os emissores in line	53
Tabela 14: Cálculo do CV e do CU para os diferentes tipos de gotejadores	62
Tabela 15: Comparacao dos tratamentos pelo teste de Duncan	64
Tabela 16: Bill of quantities para o sistema de rega gota a gota de baixo custo	66

Lista de Figuras

	Página
Figura 1: Forma do bolbo húmido em solos de diferente textura	8
Figura 2: Forma e tamanho do bolbo em solo franco, quando se aplica a mesma quantidade de água com dois emissores de caudal distinto	9
Figura 3: Distribuição dos sais no bolbo húmido	9
Figura 4: Exemplo de croqui	26
Figura 5: Esquema de um cabeçal	32

Lista de Abreviaturas

Símbolo	Descrição
a	distância ocupada pela sobreposição de dois bolbos consecutivos
AD	água disponível
As	sub área que o sistema irriga de cada vez
AW	área molhada por um emissor
b	coeficiente
Ce	contribuição de cada emissor no comprimento do tubo
Cn	concentração do fertilizante
Cs	contribuição de cada saída ou ligação nas perdas de carga
CU	coeficiente de uniformidade
CV	coeficiente de variação de fabrico
D	diâmetro molhado
e	eficiência da bomba
Ea	eficiência de aplicação
ECe max	condutividade eléctrica máxima
ECi	condutividade eléctrica da água de rega
ETc	evapotranspiração da cultura
ETcpico	evapotranspiração da cultura no pico
ETo	evapotranspiração de referencia
EU	eficiência de uniformidade de aplicação
f	factor de Christiansen
H	pressão de operação do emissor
ha	hectare
H _a	pressão que irá fornecer o q _a
H _b	altura manométrica
HL	perdas de carga em determinada tubagem
H _m	pressão que irá fornecer o q _m valor de pressão máxima do intervalo de pressão de
Hmax	funcionamento dos emissores;
Ig	necessidade brutas de água de rega
In	necessidades liquidas de água de rega
k	coeficiente característico de cada emissor
Kc	constante da cultura
Ks	razão entre a água armazenada na zona radicular e água aplicada

L	comprimento do tubo
LR	lavagem de sais
mca	metro coluna de água
MTN	metical da nova família
N	número
Ne	número de emissores
Ni	quantidade de nutriente a ser aplicado por irrigação
Np	número de emissores por planta
p	depleção
PE	polietileno
Pp	perdas de carga por 100 m de tubo
PVC	policloruro de vinilo
PW	percentagem de área molhada
Q	caudal a ser fornecido ao sistema
q	caudal fornecido pelo emissor
q	a taxa de emissão média obtida sob a pressão H_a descarga mínima do emissor para a pressão mínima
q_m	na subunidade
q_m	caudal médio
r	raio molhado
S	sobreposição
Ta	tempo de aplicação
USD	dólar norte americano
Vt	volume do tanque fertilizante
X	espaçamento entre emissores
x	expoente de descarga do emissor
Z	profundidade radicular
ΔH	variação de pressão permissível
Δq	variação de caudais permissível
σ	desvio padrão

Lista de Anexos

- Anexo A: Carta de Solos do Distrito e Perímetro Irrigado de Chókwè
- Anexo B: Características do agrupamento M2
- Anexo C: Dados Culturais Usados Para o Cálculo Do In
- Anexo D: Resultados do Cálculo de In
- Anexo E: Cálculo do Intervalo Óptimo de Rega
- Anexo F: Catálogos dos emissores on-line e in-line
- Anexo G: Dedução da fórmula para o cálculo do espaçamento entre emissores
- Anexo H: Croquis do sistema de rega
- Anexo I: Determinação da Taxa de Emissão Média dos Emissores
- Anexo J: Gráficos usados para a escolha da tubagem
- Anexo K: Valores de ECe
- Anexo L: Tabela do Factor de Christiansen
- Anexo M: Resultados das medições dos volumes dos gotejadores do sistema de gotejamento de baixo custo e cálculo do caudal
- Anexo N: Croqui do sistema de rega por gotejamento de baixo custo
- Anexo O: Resultados da análise estatística
- Anexo P: Figuras do sistema de rega por gotejamento de baixo custo

Índice

DEDICATÓRIA.....	I
AGRADECIMENTOS.....	II
RESUMO.....	III
LISTA DE TABELAS.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE ABREVIATURAS.....	VII
LISTA DE ANEXOS.....	IX
ÍNDICE.....	X

1. Introdução.....	1
1.1 Justificação do Trabalho.....	2
2. Objectivos.....	3
2.1 Geral.....	3
2.2 Específicos.....	3
3. Descrição da área de estudo.....	4
4. Revisão Bibliográfica.....	5
4.1 Irrigação localizada.....	5
4.2 Algumas vantagens e desvantagens da irrigação localizada.....	5
4.2.1 Vantagens.....	5
4.2.2 Desvantagens.....	5
4.3 Eficiência de aplicação.....	6
4.4 A rega por gotejamento e a relação solo-planta.....	6
4.4.1 Perdas de água no solo.....	6
4.4.2 Regime de humidade.....	7
4.4.3 Aeração do solo.....	7

4.4.4 Distribuição do sistema radicular.....	7
4.4.5 O bolbo húmido.....	8
4.4.6 Salinidade.....	9
4.4.7 Fertirrigação.....	10
5. Componentes de um sistema de rega por gotejamento.....	10
5.1 Obstruções.....	10
5.2 Emissores.....	11
5.3 Gotejadores.....	12
6. Esquema de apresentação dos conteúdos do trabalho.....	14
7. COMPONENTE I - Dimensionamento de um sistema de rega por gotejamento.....	15
7.1 Metodologia.....	15
7.1.1. Dimensionamento Agronómico.....	15
7.1.1.1 Identificação do tipo de solo.....	15
7.1.1.2 Culturas usadas para o dimensionamento	16
7.1.1.3 Determinação das necessidades de água da cultura.....	16
7.1.1.4 Calculo da evapotranspiração de referência.....	16
7.1.1.5 Determinação da constante da cultura.....	17
7.1.1.6 Necessidades líquidas de água de rega.....	17
7.1.1.7 Necessidades brutas de água de Rega.....	19
7.1.1.8 Coeficiente de Uniformidade.....	20
7.1.1.9 Coeficiente de variação de fabrico.....	20
7.1.1.10 Área molhada por um emissor.....	21
7.1.1.11 Percentagem de área molhada.....	22
7.1.1.12 Numero de emissores por planta.....	22
7.1.1.13 Profundidade do bolbo.....	22
7.1.1.14 Espaçamento entre emissores.....	23
7.1.1.15 Intervalo de rega e duração da rega.....	23

7.1.1.16	Seleccção dos emissores.....	24
7.1.1.17	Disposição dos emissores e da tubagem.....	24
7.1.2	Dimensionamento hidráulico.....	25
7.1.2.1	Variação de pressão permissível.....	27
7.1.2.2	Cálculo das laterais.....	29
7.1.2.3	Cálculo das tubagens terciárias.....	29
7.1.2.4	Cálculo das tubagens secundárias.....	30
7.1.2.5	Calculo da tubagem principal.....	30
7.1.2.6	Diferença de cotas entre os diferentes pontos do sistema.....	31
7.1.2.7	Velocidades recomendadas.....	31
7.1.2.8	Desenho e Cálculo do Cabeçal de controlo.....	32
7.1.2.9	Medidores de vazão.....	33
7.1.2.10	Filtro de areia.....	33
7.1.2.11	Filtro de Tela.....	34
7.1.2.12	Injector de fertilizante.....	34
7.1.2.13	Manómetros.....	35
7.1.2.14	Aparatos de controlo.....	36
7.1.2.15	Pressão necessária na origem do cabeçal.....	36
7.1.2.16	Cálculo da bomba.....	37
7.1.2.17	Relação dos materiais a serem usados e seus preços (bill of quantities).....	37
7.2.	Resultados e Discussões.....	38
7.2.1	Resultados do Dimensionamento Agronómico.....	38
7.2.1.1	Identificação do tipo de solo.....	38
7.2.1.2	Cálculo das necessidades de água de rega das culturas usadas no dimensionamento	39
7.2.1.3	Determinação do espaçamento entre plantas a ser usado.....	39
7.2.1.4	Frequência de irrigação.....	40
7.2.1.5	Número de emissores a serem usados por área ocupada por planta.....	40
7.2.1.6	Seleccção do emissor.....	41

7.2.1.7 Espaçamento entre emissores.....	42
7.2.2 Resultados do dimensionamento hidráulico.....	42
7.2.2.1 Cálculo das laterais.....	42
7.2.2.2 Cálculo da terciária.....	44
7.2.2.3 Cálculo da secundária.....	45
7.2.2.4 Cálculo da principal.....	46
7.2.2.5 Cálculo do cabeçal de controlo.....	47
7.2.2.6 Cálculo da altura manométrica a ser fornecida pela bomba.....	47
7.2.2.7 Cálculo da potencia a ser fornecida pela bomba.....	48
7.2.2.8 Tempo de funcionamento do sistema de rega.....	48
7.2.2.9 Relação dos materiais a serem usados e seus preços (bill of quantities).....	49
7.2.2.10 Resultados obtidos para os emissores in-line.....	51
7.2.2.11 “Bill of quantities” para os emissores in-line.....	53

8. COMPONENTE II - identificação de alternativas para melhorar o desempenho do sistema de rega gota a gota de baixo custo.....	54
8.1 Características do sistema gota a gota de baixo custo.....	54
8.2 Problema de estudo.....	55
8.3 Grupo Alvo do Sistema de Rega de Baixo Custo.....	56
8.4 Metodologia.....	57
8.4.1 Sistema de rega por gotejamento de baixo custo.....	57
8.4.2 Determinação do coeficiente de variação de fabrico.....	58
8.4.3 Determinação do coeficiente de uniformidade.....	58
8.4.4 Comparação entre os caudais dos gotejadores.....	59
8.4.5 Recolha de dados.....	60
8.5 Resultados e Discussão.....	61
8.5.1 Recolha de Dados.....	61
8.5.2 Determinação do Coeficiente de Variação e do Coeficiente de Uniformidade.....	61
8.5.3 Comparação entre os tipos de gotejadores.....	63

8.5.4 Bill of quantities do sistema de rega de baixo custo.....	65
8.6 Conclusões.....	67
9. BIBLIOGRAFIA.....	68

1. Introdução

Moçambique é um país eminentemente agrícola, sendo a prática da agricultura familiar fonte de rendimento e subsistência para a maioria dos moçambicanos.

Porém, em muitas zonas do país a produção agrícola, é limitada devido à distribuição irregular da chuva no território moçambicano. O uso da irrigação para a prática da agricultura em zonas onde a precipitação é factor limitante é de grande importância para obtenção de bons rendimentos.

Nas zonas onde os recursos hídricos usados para a irrigação são limitados há necessidade de usar sistemas de rega que usem mais eficientemente este escasso recurso. Dos vários métodos de irrigação, o método que permite um uso mais eficiente da água é o método de irrigação por gotejamento.

Este trabalho tem em foco o dimensionamento de um sistema de rega por gotejamento para uma área de 50 ha no Distrito de Chókwè e a identificação de alternativas para o melhoramento dos gotejadores, usados no sistema de rega por gotejamento de baixo custo, contribuindo para o melhoramento da eficiência deste sistema. O mesmo apresenta uma justificação do trabalho, objectivos, revisão bibliográfica, esquema de apresentação do trabalho, metodologia, resultados, discussões e recomendações.

1.1 Justificação do Trabalho

A disponibilidade limitada dos recursos hídricos em muitas zonas de Moçambique cria a necessidade de identificar alternativas para melhor usar tal recurso e torná-lo disponível por períodos mais longos.

Uma das alternativas para o uso mais eficiente da água na agricultura irrigada, é o uso de sistemas de rega que permitem obter eficiência elevada no uso da água para a irrigação. A rega por gotejamento permite obter elevada eficiência de uso de água de rega comparativamente aos outros tipos de rega.

Com o objectivo de contribuir para melhorar a eficiência do uso da água de rega, neste trabalho procura-se dimensionar um sistema de rega por gotejamento para uma área de 50ha no Distrito de Chókwè, na área fora do regadio e, através da identificação e comparação de tipos alternativos de gotejadores artesanais, contribuir para o melhoramento do desempenho do sistema de rega por gotejamento de baixo custo.

2. Objectivos

2.1 Geral

- Contribuir para o aumento da eficiência do uso de água na irrigação em Chókwè, através do dimensionamento de um sistema de rega por gotejamento e através da identificação de alternativas para o melhoramento do desempenho dos gotejadores artesanais contribuir para a melhoria do desempenho do sistema de rega gota a gota à baixo custo.

2.2 Específicos

- Calcular as necessidades de água de rega das culturas analisadas;
- Dimensionar um sistema de rega por gotejamento;
- Determinar as normas de gestão do sistema de rega;
- Identificar tipos alternativos de gotejadores artesanais;
- Comparar os tipos alternativos de gotejadores através da determinação dos CU e CV para cada alternativa e da comparação dos caudais por eles fornecidos.

3. Descrição da área de estudo

A área de estudo encontra-se no Distrito de Chókwè e corresponde a área que se encontra fora do regadio de Chókwè.

O Distrito do Chókwè localiza-se na Província de Gaza, a sudoeste da margem direita do rio Limpopo, a uma distância de 100 km da sua foz e cobrindo uma extensão de 1595 km², com um número total de habitantes de 200 565 (DINA, 2000 citado por competir, 2001). O distrito é limitado pelos rios Limpopo e Mazimechopes, e pelos distritos de Bilene, Chibuto, Guijá, Mabalane e Massingir, na província de Gaza, e pelo distrito de Magude, na província de Maputo. O relevo é quase plano, sendo as zonas mais baixas os vales do rios e as depressões de acumulação de água temporária.

A principal actividade sócio-económica do distrito é a agricultura e a criação de gado, sendo também neste distrito onde se localiza o maior perímetro irrigado do país, com uma superfície de 26 000 hectares, da qual cerca de metade tem apenas aptidão para a cultura do arroz e cerca de 5% está actualmente inapta devido a problemas de salinização dos solos. 90% desta área é irrigada por gravidade (Programa Competir, 2001).

O Distrito do Chókwè é basicamente agrário, com uma área agrícola a rondar os 80 mil hectares explorados por três tipos de agricultores e criadores de gado: os grandes, os médios e os pequenos (Programa Competir, 2001).

4. Revisão Bibliográfica

4.1 Irrigação localizada (Gotejamento e Micro Aspersão)

A irrigação por gotejamento compreende os sistemas de irrigação nos quais a água é aplicada ao solo, directamente à região radicular, em pequenas intensidades, porém com alta frequência, de modo que mantenha a humidade do solo na zona radicular próxima à capacidade de campo, estando nesta categoria incluída também a micro aspersão (Bernardo, 1989).

A irrigação por gotejamento tem como características principais, a utilização de pequenos caudais a baixas pressões, não se molhar o solo na totalidade e a água ser aplicada com alta-frequência (Yagüe, 1996).

4.2 Algumas vantagens e desvantagens da irrigação localizada (Raposo, 1996)

4.2.1 Vantagens

- Economia de água;
- Possibilidade de emprego em todos os tipos de terreno;
- Permite utilizar águas com maiores teores salinos;
- Melhorias quantitativas e qualitativa das produções;
- Menores consumos de energia quando comparado a rega por aspersão.

4.2.2 Desvantagens

- Custos iniciais elevados;
- Entupimentos dos tubos, exigindo maior manutenção;
- Acumulação de sais nas regiões áridas;
- Menor polivalência, ou seja, o seu uso não é prático para certas culturas (ex: os custos envolvidos na instalação deste tipo de sistema não tornam viável o seu uso para o cultivo Milho).

4.3 Eficiência de aplicação

A eficiência de aplicação é um parâmetro que permite ilustrar em que medida um determinado sistema de rega é eficiente no transporte da água até a planta. A eficiência de aplicação depende do método de rega.

A tabela 1 ilustra que a rega por gotejamento permite obter maior eficiência de aplicação, resultando em menores consumos de água.

Tabela 1- Eficiência de aplicação dos diferentes tipos de rega

Métodos de Irrigação	Eficiência de aplicação
Irrigação por superfície (sulcos, bacias)	60%
Irrigação por aspersão	75%
Irrigação por gotejamento	90%

Adaptado de: FAO (1989)

4.4 A rega por gotejamento e a relação solo-planta

A irrigação por gotejamento tem como características principais, a utilização de pequenos caudais a baixas pressões, não se molhar o solo na totalidade e a água ser aplicada com alta-frequência (Yagüe, 1996), tendo as duas últimas repercussões importantes nas relações solo-água-planta.

4.4.1 Perdas de água no solo

A evapotranspiração compreende as perdas de água provocadas por evaporação no solo e pela transpiração da planta.

Na irrigação localizada, as perdas por evaporação são menores comparativamente às perdas existentes em sistemas de rega que molham toda a superfície do solo, podendo, em contrapartida, a transpiração ser maior na rega localizada devido ao maior aquecimento do solo seco que provoca o aumento da temperatura da folhagem (Yagüe, 1996).

Em termos gerais pode-se dizer que a evapotranspiração na rega localizada é semelhante a dos outros sistemas (Yagüe, 1996), sendo a verdadeira economia de água, comparativamente aos outros sistemas de rega, consistir na eliminação das perdas de água na condução, por percolação profunda e por escoamento superficial.

4.4.2 Regime de humidade

Existe um nível de água no solo, chamado nível mínimo, acima do qual a planta se desenvolve satisfatoriamente e abaixo do qual ocorre redução no rendimento. Este depende, sobretudo, da cultura e do seu estado de desenvolvimento, sendo a resposta da cultura a rega dependente do regime de humidade do solo, que o método de rega usado produz (Yagüe, 1996).

Na rega localizada os intervalos de rega podem ser escolhidos com mais liberdade comparativamente aos outros métodos de rega, pelo que o conteúdo de humidade do solo se mantém sempre afastado do mínimo.

4.4.3 Aeração do solo

Na rega localizada os problemas de falta de aeração do solo como consequência da saturação do solo devido a rega (em solos muito argilosos) não existem, pois o solo se satura em volume muito reduzido, na região próxima ao emissor.

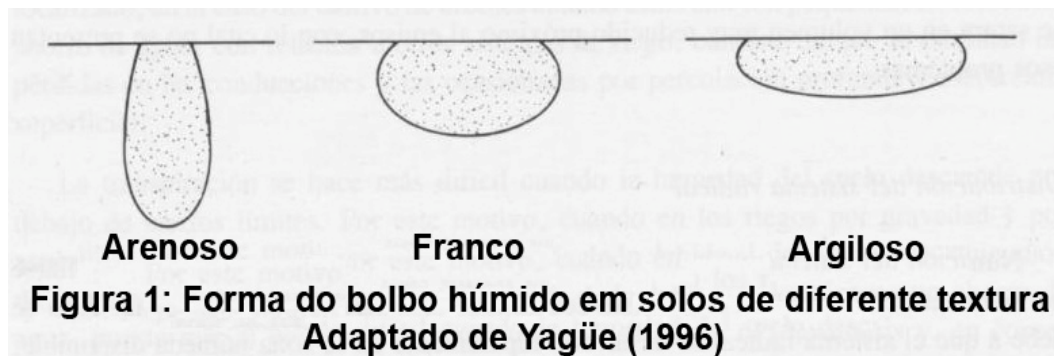
4.4.4 Distribuição do sistema radicular

Segundo Yagüe (1996), na zona de solo húmido, produzida pela rega localizada a concentração de raízes tende a ser 3 a 4 vezes maior comparativamente a outros tipos de rega não localizados. Isto resulta do facto de o sistema radicular se desenvolver rapidamente na zona húmida disponível, atingindo profundidades menores e conseqüentemente menor volume de armazenamento.

4.4.5 O bolbo húmido

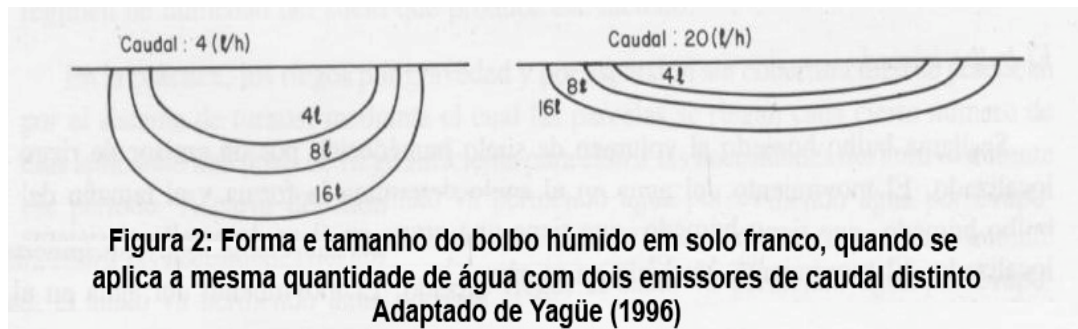
Chama-se bolbo húmido ao volume de solo humedecido por um emissor de rega localizada, sendo a sua forma dependente dos seguintes factores (Yagüe, 1996):

- Textura do solo – em solos arenosos, com grande quantidade de poros grandes a água circula com maior facilidade para baixo resultando em bolbos com forma prolongada. Em solos argilosos a água se estende com maior facilidade para os lados, resultando em bolbos de forma achatada (figura 1)



- Caudal de cada emissor – quando a água sai de um emissor forma-se um pequeno charco cujo tamanho depende do caudal que sai pelo emissor, correspondendo a um maior caudal uma maior superfície do charco e portanto um bolbo mais estendido na horizontal (figura 2).

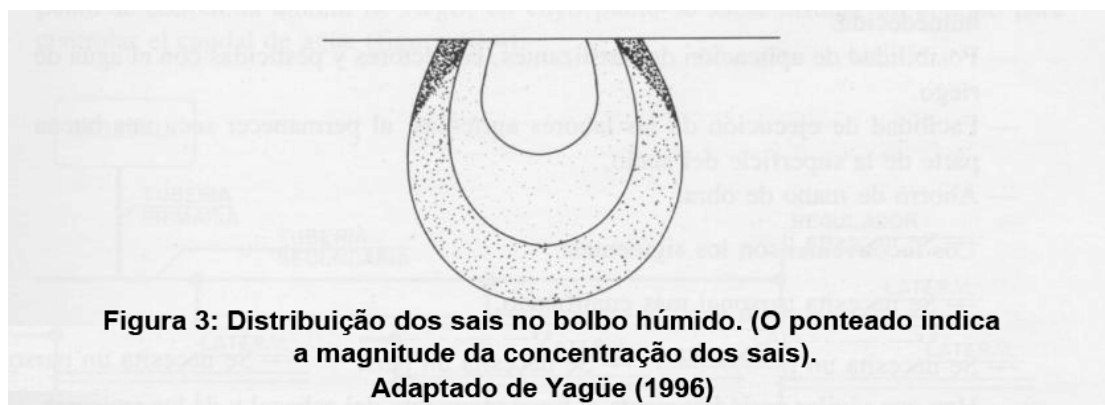
- Tempo de rega – A medida que aumenta o tempo de rega (supondo que o caudal nos emissores é constante) o tamanho do bolbo aumenta em profundidade, mas apenas aumenta a sua extensão em sentido horizontal (figura 2).



4.4.6 Salinidade

Os sais contidos no solo e transportados pela água de rega se mantêm em dissolução na água do solo, sendo apenas pequena parte absorvida pelas plantas, aumentando a concentração dos mesmos no solo à medida que a água diminui (figura 3).

A concentração dos sais dentro do bolbo vai aumentando progressivamente ao longo da periferia do mesmo, sobretudo na zona superficial, havendo risco, no caso de cultivo anual, que se coloquem sementes em zonas salinizadas o que pode dificultar a sua nascença (Yagüe, 1996). Há portanto necessidade de fazer periodicamente uma rega complementar por aspersão para provocar uma lavagem de sais, em zonas onde o regime de chuvas não permite fazer uma lavagem natural.



4.4.7 Fertirrigação

Na rega localizada o sistema radicular das plantas está contido no bolbo húmido praticamente na sua totalidade. Portanto há que garantir que o fertilizante seja colocado dentro do bolbo, sendo o melhor modo de fazê-lo aplicar os fertilizantes dissolvidos na água de rega, o que permite fazer a fertilização conforme as necessidades das plantas (Yagüe, 1996).

5. Componentes de um sistema de rega por gotejamento

Um sistema de rega por gotejamento apresenta várias componentes das quais as fundamentais são: cabeçal de rega, rede de distribuição, mecanismos emissores de água e dispositivos de controlo.

O cabeçal compreende um conjunto de aparatos que servem para tratar, medir e filtrar a água, controlar a pressão e incorporar fertilizantes. A rede de distribuição conduz a água desde o cabeçal até às plantas, através de uma rede de tubos primários, secundários, e outros, segundo a sua ordem. Os de ultima ordem, chamados tubos laterais, distribuem a água uniformemente ao longo de si por meio de emissores ou orifícios. Os dispositivos de controlo são elementos que permitem regular o funcionamento da instalação, sendo estes: contadores, manómetros, reguladores de pressão e de caudal (Yagüe, 1996).

Os tubos primários, secundários e terciários podem ser de PVC ou de PE.

Os emissores para a rega por gotejamento são os gotejadores e as tubagens emissoras.

5.1 Obstruções

Segundo Yagüe (1996), um dos maiores problemas que se apresentam na rega por gotejamento é a obstrução dos emissores, produzida por materiais que vão reduzindo progressivamente o fluxo da água.

As obstruções podem ser produzidas por materiais de distinta natureza (partículas orgânicas, minerais e precipitados químicos).

Para evitar as obstruções utilizam-se dois tipos de procedimentos que são os preventivos e os de limpeza (Yagüe, 1996). São usados componentes como o depósito de decantação, o hidrociclón, e os filtros de areia e de tela como procedimentos preventivos de limpeza e a aplicação de água e ar a altas pressões como métodos de limpeza para eliminar obstruções.

O tratamento químico da água de rega também é feito com a finalidade de prevenir ou combater as obstruções causadas por algas, bactérias ou precipitados químicos. Alguns exemplos são o uso de sulfato de cobre para o tratamento contra as algas e o uso do cloro para destruir algas e bactérias (Yagüe, 1996).

5.2 Emissores

Os emissores são dispositivos que controlam a saída da água a partir dos tubos laterais. Um emissor deve ter como características: ser de instalação fácil, ser pouco sensível a obstruções, ser pouco sensível as variações de pressão, ser de baixo custo e manter as suas características ao longo do tempo (Yagüe, 1996).

-Relação caudal pressão

Em qualquer emissor (salvo as cintas de exsudação) o caudal de descarga e a pressão de serviço se relacionam mediante a equação:

$$q = kH^x \quad (1)$$

Onde:

q= caudal do emissor (litros/hora)

k= coeficiente característico de cada emissor, que equivale ao caudal que proporcionará a uma pressão de 1 mca

H= pressão de operação do emissor (mca)

x= expoente de descarga característico de cada emissor

Os fabricantes deverão fornecer sempre a equação e a curva característica do emissor, indicando o intervalo de pressões efectivas de trabalho no qual este se comporta como auto compensante (Yagüe, 1996).

5.3 Gotejadores

Os gotejadores são emissores de baixo caudal (caudal inferior a 16 litros/hora) e são usados na rega por gotejamento.

Dependendo da configuração de seu canal, os gotejadores podem ser classificados da seguinte forma: (Yagüe, 1996)

- de canal largo- gotejador de microtubulo (expoente de descarga varia de 0.75 a 1), gotejador de canal helicoidal (expoente de descarga varia de 0.65 a 0.85).
- de labirinto –expoente de descarga varia de 0.45 a 0.55.
- de orifício – expoente de descarga de próximo a 0.5.
- de remoinho ou vortex – expoente de descarga varia de 0.45 a 0.55.
- Autocompensante – expoente de descarga que varia de 0 a 0.3.

Os critérios de classificação dos tipos de emissores incluem (FAO- Irrigation Manual, 2002)

- O método que os emissores usam para dissipar a pressão- podendo ser de “percurso longo” (long path), de labirinto, de “percurso curto” (short path), de orifício e de vortex;
- Tipo de conexão com a lateral – podendo ser encaixados na tubagem (on line) ou colocados dentro da tubagem (in line).

O fabricante deve fornecer ao usuário os seguintes dados: (Yagüe, 1996)

- Marca registrada e nome do fabricante;
- Caudal nominal e pressão de funcionamento;
- Categoria do emissor (A ou B);
- Instruções para a conexão aos tubos;
- Tipo de tubos aconselháveis a sua medida;

- Dimensão mínima do passo da água;
- Curva caudal pressão;
- Equação do emissor;
- Intervalo de pressões de funcionamento;
- Intervalo de auto compensação;
- Instruções para a limpeza;
- Limitações de uso (fertilizantes, produtos químicos);
- Comprimento equivalente (em metros de tubo) da perda de carga originada pela conexão do emissor aos tubos).

6. Esquema de apresentação dos conteúdos do trabalho

Por este trabalho ter duas componentes, nomeadamente o dimensionamento de um sistema de rega por gotejamento e a identificação de alternativas para melhorar o desempenho do sistema de rega gota a gota de baixo custo, o trabalho foi dividido em duas partes cada uma destinada a uma componente. Em cada componente está presente a metodologia usada para a realização do trabalho.

7. COMPONENTE I - Dimensionamento de um sistema de rega por gotejamento.

7.1 Metodologia

Neste capítulo estão apresentados os passos dados para a realização do trabalho, incluindo uma revisão bibliográfica a complementar a anteriormente apresentada.

Para a realização do trabalho de dimensionamento dividiu-se o mesmo em duas partes, nomeadamente o dimensionamento agronómico e o dimensionamento hidráulico.

7.1.1. Dimensionamento Agronómico

7.1.1.1 Identificação do tipo de solo

O critério para identificação do tipo de solo a ser usado no projecto consiste na consulta de mapas de solo do distrito de Chókwè para identificação do tipo de solo que satisfaz os seguintes requisitos:

- Encontrar-se fora do regadio de Chókwè – na área que constitui o regadio de Chókwè pratica-se a rega por gravidade não sendo prática a instalação de um sistema de rega diferente deste dentro do regadio;
- Ocupar maior área no distrito – por este sistema de rega não ser dimensionado para uma área específica do distrito de Chókwè, este requisito surge com o objectivo de abranger um maior número de produtores que possam usar este projecto como base para instalar um sistema de rega por gotejamento;
- Estar próximo de uma fonte de água – este requisito surge com o objectivo de garantir que exista água suficiente para garantir o funcionamento do sistema de rega a ser dimensionado.

7.1.1.2 Culturas usadas para o dimensionamento

As culturas analisadas neste trabalho são as hortícolas: batata, tomate, alface, feijão verde e batata doce. Foram determinadas as necessidades de água de rega das culturas apresentadas acima. Com o objectivo de dimensionar um sistema de rega que permita irrigar todas as culturas apresentadas acima, foram determinadas as necessidades brutas de água de rega tendo sido usado para, o dimensionamento, o maior valor encontrado.

7.1.1.3 Determinação das necessidades de água da cultura

Para o cálculo das necessidades da água da cultura usa-se a seguinte expressão:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o \quad (2)$$

Onde:

K_c = constante de cultura

ET_o = evapotranspiração de referência (mm)

7.1.1.4 Cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o)

A evapotranspiração de referência da cultura (ET_o) é estimada pela evapotranspiração duma cultura de referência nas condições padrões ou de referência.

A evapotranspiração de referência pode ser determinada directamente através da medição em lisímetros ou indirectamente, usando fórmulas empíricas.

As fórmulas empíricas habitualmente utilizadas são, dentre outras, as seguintes:

- Fórmula de Penman-Monteith;
- Método de Thornthwaite;
- Método de Blaney-Cridle entre outras.

7.1.1.5 Determinação da constante da cultura (Kc)

Para uma dada cultura o Kc não é constante, depende principalmente do estágio de crescimento da cultura e também pode ser afectado pela frequência da precipitação ou rega.

Porque Kc depende do estágio de crescimento da cultura, o valor de Kc é determinado nos 4 estágios, que são: fase inicial ou de estabelecimento; fase de desenvolvimento; fase de cobertura máxima e fase de maturação.

A variação dos valores de Kc ao longo do ciclo da cultura é normalmente representada por uma curva de Kc que começa com a sementeira até a colheita. Os valores de Kc para várias culturas podem ser encontrados no manual da FAO para Irrigação e Drenagem “ FAO 56- Crop evapotranspiration – “Guidelines for Computing Crop Water Requirements”.

Para o cálculo das necessidades da água da cultura foi utilizado o software CROPWAT, usando uma base de dados com dados das culturas, tendo-se considerado que a contribuição da precipitação é nula, como explicado adiante.

7.1.1.6 Necessidades líquidas de água de rega (In)

A estimação das necessidades de água de rega para a rega localizada tem um carácter especial devido a alta-frequência e pequenas intensidades usadas, resultando na variação da metodologia empregue para estimar essas necessidades pelos diversos autores.

Quando se aplica água em toda a superfície a regar, as necessidades líquidas são dadas pela equação:

$$In = ETc - \text{precipitação efectiva} - \text{Ascensão capilar} - \text{variação no armazenamento} \quad (3)$$

As metodologias usadas variam na determinação do efeito da localização e alta-frequência de rega característicos da rega localizada.

Hernandez et al (1987) considera a contribuição da precipitação efectiva, a ascensão capilar e as variações no armazenamento na estimação das necessidades de água da cultura, enquanto que Yagüe (1996) não considera a contribuição da precipitação efectiva dado que a grande frequência de rega (diária no geral) resulta praticamente impossível que chova o suficiente entre dois intervalos de rega e não considera a ascensão capilar, salvo casos especiais, ou as variações no armazenamento.

Segundo Yagüe (1996) o efeito da localização e da alta-frequência resulta numa diminuição da evaporação e um aumento da transpiração. O balanço das necessidades líquidas será menor em plantações jovens de fruteiras e em grandes plantações.

Neste trabalho foi usada a seguinte equação para o cálculo das necessidades líquidas de água de rega (I_n):

$$I_n = (ET_{cpico}) \quad (4)$$

Onde:

ET_{cpico} - evapotranspiração da cultura no pico

7.1.1.7 Necessidades Brutas de Água de Rega (I_g)

As necessidades brutas são maiores que as necessidades líquidas já que é preciso considerar a quantidade adicional de água para compensar as perdas causadas pela salinidade e uniformidade de rega.

$$I_g = \frac{I_n}{E_a(1 - LR)} \quad (5)$$

Onde;

I_g = necessidades brutas de água de rega

I_n = necessidades líquidas de água de rega

E_a = eficiência de aplicação

LR = necessidade de lavagem de sais

As necessidades de lavagem de sais (LR) na rega localizada de alta-frequência são:

$$LR = \frac{CE_i}{2CE_{e \max}} \quad (6)$$

LR = necessidades de água para lavagem de sais, expresso em percentagem

CE_i = Condutividade eléctrica da água de rega, expresso em dS/m

$CE_{e \max}$ = Condutividade eléctrica do extracto para o qual o rendimento esperado é de 100%, expresso em dS/m

A eficiência de aplicação é dada pela relação:

$$E_a = K_s * EU \quad (7)$$

Onde:

E_a = eficiência de aplicação

K_s = razão entre a água armazenada na zona radicular e água aplicada, valor que varia em função do tipo de solo.

EU= coeficiente que reflecte a uniformidade de aplicação, valor que é assumido para o cálculo.

7.1.1.8 Coeficiente de Uniformidade (CU)

Segundo Yague (1996) um CU elevado exige maior custo inicial de instalação (maior diâmetro dos tubos, laterais mais curtas, maior número de reguladores de pressão, etc.), mas um CU mais baixo traz como consequências um maior consumo de água.

A causa mais importante da variação de caudal é a variação de fabricação dos emissores e na diferença de pressão, por cuja razão se pode definir o seguinte coeficiente de uniformidade, que se recomenda usar no desenho:

$$CU = \left(1 - \frac{1.27CV}{\sqrt{Np}} \right) \frac{q_m}{q_a} \quad (8)$$

Onde:

CV= Coeficiente de variação de fabricação do emissor.

Np= Numero de emissores por cada planta

q_m= caudal mínimo dos emissores considerados

q_a= Caudal médio dos emissores considerados

Quando a instalação está em funcionamento é necessário efectuar a comprovação do CU previsto no desenho.

7.1.1.9 Coeficiente de variação de fabrico (CV)

Segundo Hernandez (1987) por muito esmerados que sejam os processos de fabricação dos emissores, é impossível obtê-los com o mesmo valor de K e x. A variabilidade da fabricação depende do desenho do emissor, dos materiais utilizados na sua fabricação e do cuidado e tolerâncias utilizados no processo.

Considerando que a média dos caudais é determinada a mesma temperatura e pressão, e σ seu desvio padrão, se pode determinar o coeficiente de variação CV como:

$$CV = \frac{\sigma}{q_{med}} \quad (9)$$

Onde:

CV= coeficiente de variação de fabrico do emissor

σ = desvio padrão

q_{med} = caudal médio

Pode-se classificar os emissores de acordo com os seguintes valores (Hernandez, 1987):

Gotejadores, micro aspersores e difusores

$CV \leq 0.05$	Bons
$0.05 < CV \leq 0.10$	Médios
$0.10 < CV \leq 0.15$	Deficientes
$CV > 0.15$	Inaceitáveis

7.1.1.10 Área molhada por um emissor (AW)

A superfície molhada por emissor é a projecção horizontal do bolbo húmido que forma esse emissor e considera-se que a área molhada por um emissor tem a formula circular sendo dada pela fórmula:

$$AW = \pi * r^2 \quad (10)$$

Este parâmetro determina-se mediante provas de campo ou mediante fórmulas ou tabelas. Dada a grande heterogeneidade dos solos, as fórmulas e tabelas devem ser usadas com prudência, no desenho a um título

orientativo, sendo muito mais fiável a medição no próprio campo (Yague, 1996).

7.1.1.11 Percentagem de área molhada (PW)

Dado que na rega localizada se molha apenas uma fracção do solo, há que prever um mínimo de superfície molhada para que o sistema radicular se desenvolva normalmente.

Segundo o FAO-Irrigation Manual (2002) muitos engenheiros concordam numa percentagem de superfície molhada mínima de 33% e máxima de 67% para culturas muito espaçadas (ex: citrinos) e sugerem que para culturas pouco espaçadas (ex: hortícolas) a percentagem de área molhada se aproxima a 100%.

7.1.1.12 Número de emissores por planta

O número de emissores por planta (N_p) é dado pela fórmula:

$$N_p = \frac{\text{Área por planta} * PW}{AW} \quad (11)$$

Onde;

PW= percentagem de área molhada

AW= área molhada por um emissor

7.1.1.13 Profundidade do bolbo

A profundidade do bolbo deve estar compreendida entre 90 a 120% da profundidade das raízes (Yagüe, 1996). A de menor profundidade do bolbo corresponde maior número de emissores e maior eficiência deste sob ponto de vista agrónómico, mas a instalação sai mais cara.

7.1.1.14 Espaçamento entre emissores (X)

Este parâmetro é determinado mediante fórmulas que tomam em consideração o espaçamento entre as plantas e a percentagem de área molhada que pretende obter. Na pesquisa bibliográfica realizada foi possível notar que as fórmulas desenvolvidas para estimar este parâmetro foram elaboradas para o cultivo de fruteiras. Durante a elaboração deste trabalho surgiu a necessidade de identificar uma relação que permitisse estimar este parâmetro para o cultivo de hortícolas. Esta relação é discutida no capítulo deste trabalho referente aos resultados e discussão.

7.1.1.15 Intervalo de rega e duração da rega

O intervalo de rega irá depender do tipo de solo e da sua capacidade de armazenamento da água. A rega localizada permite usar intervalos de rega curtos, devido à alta-frequência de rega usada.

A duração da rega irá por sua vez depender do tipo de emissor a ser usado e das necessidades de água da cultura. O tempo de aplicação (T_a) é dado pela fórmula:

$$T_a = \frac{I_g}{N_p * q} \quad (12)$$

Onde:

T_a = tempo de aplicação por dia (hr)

I_g = necessidades brutas de água de rega (l/dia)

N_p = número de emissores por planta

q = caudal fornecido pelo emissor (l/hr)

7.1.1.16 Selecção dos emissores

O processo de escolha dos emissores não é fixo. O FAO - Irrigation Manual (2002) apresenta como características importantes dos emissores que devem ser tomadas em conta as seguintes:

- Expoente de descarga do emissor;
- Relação pressão caudal fornecido pelo emissor;
- Estabilidade da relação pressão caudal fornecido pelo emissor ao longo do tempo;
- Coeficiente de variação do fabricante;
- Intervalo de pressão de operação;
- Susceptibilidade ao entupimento;
- Tipo de conexão do emissor a lateral.

7.1.1.17 Disposição dos emissores e da tubagem

Ao distribuir sobre o terreno os tubos há que ter em conta várias considerações:

- Proporcionar a cada planta o número de emissores requeridos no desenho agronómico;
- Não dificultar as práticas culturais.

Na colocação dos gotejadores ao largo das tubagens podem-se tomar dois critérios distintos:

- A zona húmida forma uma linha recta contínua, ao largo da qual as plantas desenvolvem seu sistema radicular;
- Formando-se uma série de pontos húmidos ao redor das plantas, com o qual as raízes se desenvolvem em várias direcções e é menor o risco de serem abatidos pelo vento (conceito usado para as fruteiras).

É necessário que os bolbos se sobreponham para evitar que as sementes que fiquem entre os bolbos não germinem por ficarem numa zona com elevada concentração de sais.

A sobreposição se define como a percentagem da distância coberta pela sobreposição de dois bolbos consecutivos em relação ao raio do bolbo.

$$S = \frac{a}{r} * 100 \quad (13)$$

S= sobreposição expressa em percentagem

a= distância ocupada pela sobreposição de dois bolbos consecutivos

r= raio do bolbo (raio molhado)

Segundo Yagüe (1996) a sobreposição deve estar entre 15 e 30%.

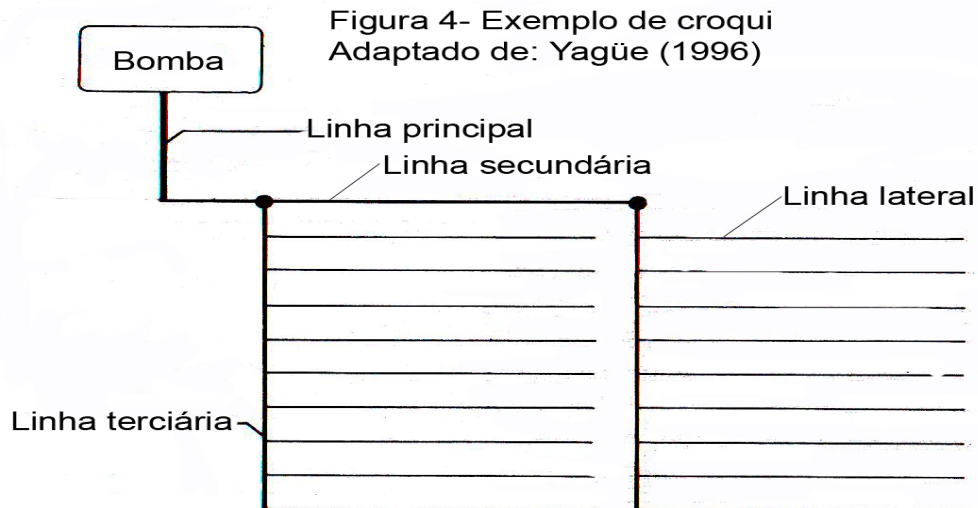
Este intervalo de valores de sobreposição está também relacionado com a eficiência de uniformidade (EU), pois uma maior sobreposição irá resultar numa maior uniformidade e num maior custo do sistema, estando este intervalo relacionado com o óptimo económico.

7.1.2 Dimensionamento hidráulico

A distribuição da tubagem no campo obedece um esquema (croqui) onde, dependendo da posição dos tubos os mesmos são classificados da seguinte maneira:

- Linha principal – tubagem que conduz a água da motobomba até as linhas secundárias;
- Linha secundária – tubagem que conduz a água da linha principal até as linhas terciárias;
- Linha terciária – tubagem que conduz a água da linha secundária até as linhas laterais;
- Linha lateral – tubagem nas quais estão instalados os emissores.

Um exemplo de croqui encontra-se na figura 4.



A determinação do tipo de tubagem a ser usado pode ser efectuado mediante o uso de fórmulas para o cálculo do diâmetro da tubagem a ser usada em cada parte do sistema ou mediante o uso de tabelas e gráficos. O uso das fórmulas é mais moroso, pois tem que se aproximar os diâmetros da tubagem calculados aos diâmetros disponíveis comercialmente, enquanto que as tabelas fornecem os diâmetros disponíveis comercialmente tornando o cálculo mais simples.

Ambos métodos incluem a determinação das perdas de carga produzidas na tubagem como parâmetro para a escolha da tubagem mais adequada para cada caso, tomando em consideração a velocidade recomendadas para as tubagens. Outro parâmetro para a escolha da tubagem é o diâmetro, pois quanto menor for o diâmetro menor é o custo por metro de tubo.

Portanto, é necessário ter uma referência para a determinação do tipo de tubagem a usar em cada caso. Essa referência obtém-se através do cálculo da variação de pressão permissível no sistema, parâmetro que será influenciado pelo tipo de emissor escolhido.

As perdas de carga que ocorrem na lateral, terciária e secundária não devem ser superiores a variação de pressão permissível no sistema.

Neste trabalho foram usadas tabelas e gráficos para a determinação do tipo de tubagem a usar. As fórmulas usadas neste dimensionamento são apresentadas de seguida.

7.1.2.1 Variação de pressão permissível (ΔH_s)

Segundo o FAO-Irrigation Manual (2002) a variação de pressão permissível é dada pela fórmula:

$$\Delta H_s = 2.5 * [H_a - H_m] \quad (14)$$

Onde:

H_a = pressão que irá fornecer o caudal médio (q_a)

H_m = pressão que irá fornecer o caudal mínimo (q_m)

Esta fórmula proposta pelo FAO-Irrigation Manual (2002) permite obter um ΔH_s que permita obter uma EU razoavelmente próxima ao valor usado no design.

Segundo o FAO-Irrigation Manual (2002) à casos em que os produtores não fornecem informação sobre a variabilidade e os expoentes dos emissores, sendo os engenheiros obrigados a projectar sem esta informação. Nestes casos, segundo os mesmos autores, a variação de pressão permissível é estimada em 10% da pressão de operação dos emissores.

Por sua vez a descarga mínima do emissor (q_m) para a pressão mínima na subunidade será dada pela fórmula:

$$q_m = \frac{EU * q_a}{100 * [1.0 - 1.27 * CV / \sqrt{Np}]} \quad (15)$$

Onde:

EU= coeficiente que reflecte a uniformidade de aplicação

q_a = a descarga média do emissor para a sub unidade (l/hr)

CV= coeficiente de variação de fabrico do emissor

Np = número de emissores por planta

A descarga média do emissor para a sub unidade (q_a) é obtida através da equação característica do emissor. A partir desta equação determina-se a descarga média para o intervalo de pressão de funcionamento do emissor. Valor que pode ser obtido graficamente através da construção da curva que ilustra a relação caudal pressão do emissor.

A pressão que irá fornecer o q_m (H_m) é dada pela fórmula:

$$H_m = \left[\frac{1}{k} * q_m \right]^{1/x} \quad (16)$$

Onde:

x= expoente de descarga do emissor

A pressão que irá fornecer o q_a (H_a) é dada pela fórmula:

$$H_a = \left[\frac{1}{k} * q_a \right]^{1/x} \quad (17)$$

A variação de pressão permissível pode ser dada também por uma relação entre o q_m e a variação de caudais permissível (Δq) para o emissor escolhido. A variação de caudais permissível é dada pela fórmula:

$$\Delta q = k * (H_{\max}^x - H_m^x) \quad (18)$$

Onde:

H_{\max} – valor de pressão máxima do intervalo de pressão de funcionamento dos emissores;

Com base no Δq e no q_m a fórmula da variação de pressão permissível foi deduzida, resultando em:

$$\Delta H_s = \left(\frac{\Delta q}{k} + \frac{q_m}{k} \right)^{1/x} - \left(\frac{q_m}{k} \right)^{1/x} \quad (19)$$

7.1.2.2 Cálculo das laterais

As perdas de carga produzidas na lateral tem que ser menores que a variação de pressão permissível. As perdas de carga na lateral (HL) são dadas pela fórmula:

$$HL = P_p * \frac{(L + Ce * Ne)}{100} * f \quad (20)$$

Onde

P_p = perdas de carga por 100 m de tubo (%)

L = comprimento do tubo (m)

f = factor de Christiansen

Ce = contribuição de cada emissor no comprimento do tubo (m)

Ne = número de emissores

As perdas de carga por 100 m de tubo (P_p) são obtidas graficamente e são função do caudal que passa na tubagem.

O parâmetro Ce depende do tipo de emissor e ilustra as perdas de carga produzidas pelos emissores convertidas em comprimento extra de tubo. Se o emissor é in-line o mesmo corresponde a 0.22 m de tubo e se for on-line corresponde a 0.1 m de tubo, para tubos de polietileno de 16 mm (FAO-irrigation manual, 2002).

O factor de Christiansen (f) é sempre menor que a unidade e permite ajustar as perdas de carga devidas a diminuição de caudal ao longo das linhas, variando em função do numero de saídas que existam na linha.

7.1.2.3 Cálculo das tubagens terciárias

As perdas de carga produzidas na terciária (HL) tem que ser menores que a diferença entre as perdas de carga permissíveis e as perdas de carga

produzidas na lateral. As perdas de carga na terciária são dadas pela fórmula:

$$HL = Cs * (Pp * L * f) \quad (21)$$

Onde:

Cs= factor que inclui a contribuição das ligações da terciária a lateral nas perdas de carga.

Para a escolha do diâmetro do tubo para a terciária tem que se tomar em consideração as velocidades recomendadas, assunto que é discutido mais a frente.

O FAO- Irrigation Manual (2002) considera que contribuição das ligações da terciária a lateral é de 10% das perdas de carga produzidas na tubagem. Estas perdas são incluídas usando o factor Cs igual a 1.10 que corresponde a 10%.

7.1.2.4 Cálculo das tubagens secundárias

As perdas de carga produzidas na secundária (HL) tem que ser menores que a diferença entre as perdas de carga permissíveis e a soma das perdas de carga produzidas na lateral e na terciária.

As perdas de carga na secundária são dadas pela fórmula:

$$HL = Pp * L * f \quad (22)$$

7.1.2.5 Cálculo da tubagem principal

Segundo Bernardo (1989) são três os critérios mais usados para o dimensionamento das linhas principais, ou seja, o dimensionamento baseado na velocidade média permitida ao longo da linha (critério mais usado), dimensionamento baseado na perda de carga preestabelecida entre a primeira e a última posição da linha lateral, e o dimensionamento baseado na

análise económica. Segundo o mesmo autor independentemente do critério usado no dimensionamento, a velocidade em cada trecho deve ficar nos limites aceitáveis.

As perdas de carga produzidas na principal são dadas pela fórmula

$$HL = P_p * L \quad (23)$$

O critério a ser usado para o dimensionamento, no presente trabalho, será a velocidade média, ou seja, o factor P_p será determinado tomando em consideração a velocidade permissível neste tipo de tubagem, procurando usar as velocidades que permitam obter o óptimo económico.

7.1.2.6 Diferença de cotas entre os diferentes pontos do sistema

A diferença de cotas entre os diferentes pontos do sistema deve ser tomado em conta no cálculo das tubagens. Incluí-se este, factor somando as diferenças de cotas às perdas de carga produzidas em cada tubagem e com base neste valor final é que se escolhe a tubagem.

Neste trabalho não se incluiu as diferenças de cotas entre os diferentes pontos do sistema tendo sido assumida uma área plana.

7.1.2.7 Velocidades recomendadas

Segundo Yagüe (1996) não convêm ultrapassar a velocidade de 3 m/seg.

Em ramais laterais, em geral, nas conduções que têm muitas saídas convêm uma velocidade ao redor de 1 m/seg. No resto das tubagens de rega se pode manter uma velocidade ao redor de 2 m/seg.

Segundo bernardo (1989) a velocidade nas tubagens primaria e secundaria deve estar entre 1.0 e 2.5 m/s, valores usados para o seu dimensionamento.

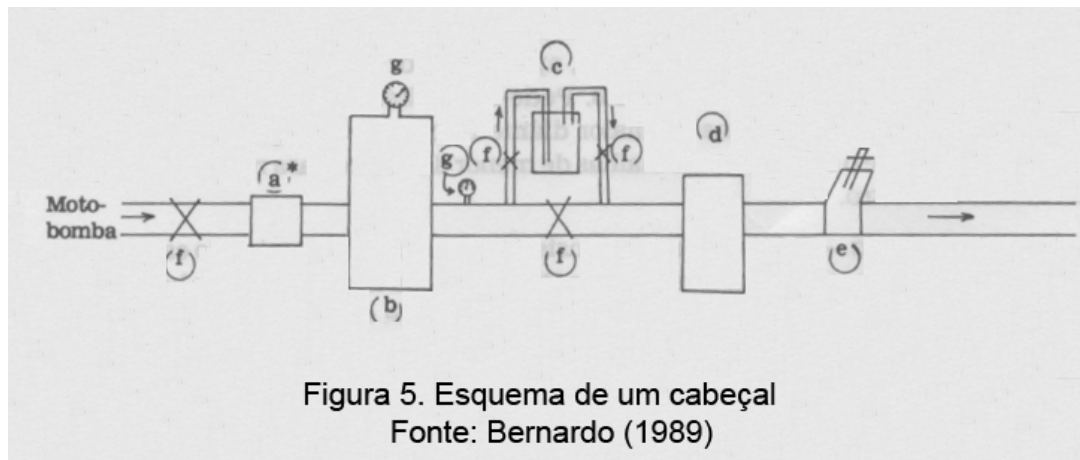
Neste trabalho seguiu-se as recomendações apresentadas por estes dois autores.

7.1.2.8 Desenho e Cálculo do Cabeçal de controlo

O cabeçal de rega compreende um conjunto de aparatos que servem para tratar, medir e filtrar a água, comprovar sua pressão e incorporar fertilizantes (Yagüe, 1996).

Segundo Bernardo (1989) o cabeçal fica situado após a motobomba e é constituído, em geral, pelas seguintes partes (figura 5)

- Medidores de vazão (a)
- Filtro de areia (b)
- Filtro de tela (d)
- Injector de fertilizante (c)
- Válvula de controlo de pressão (e)
- Registros (f)
- Manómetros (g)



O caudal a ser tratado na estação de controlo será o que corresponder a maior unidade operacional de rega e servirá para seu cálculo e desenho.

Para o cálculo das perdas de carga que são produzidas no Cabeçal incluem-se (Hernandez, 1987):

- Diferença máxima de pressões admitidas nos filtros (antes de sua limpeza)
- Perdas de carga em:

- Equipamento de fertilização;
 - Contador;
 - Válvulas de controlo e/ou comportas;
 - Reguladoras de pressão situados no cabeçal;
 - Filtros de segurança ligados a instalação, ou seja, nas laterais e em outras tubagens;
 - Reguladores de pressão ou de caudal situados na entrada das laterais;
 - Elevadores, alargadores ou aros dos emissores.
- Pressão extra para prevenir uma possível deterioração dos emissores, de 10% a 20% do total necessário.

7.1.2.9 Medidores de vazão

O uso de medidores de vazão, no cabeçal de controlo, permite um maior controlo do volume de água aplicado e também facilita a automatização do sistema, porém eleva o custo do mesmo (Bernardo, 1989). São usados quando interessa controlar o volume de água que passa pela instalação sendo escolhido entre os modelos existentes, o mais adequado em cada caso.

As perdas de carga provocadas por estes dispositivos variam. Por exemplo as perdas de carga provocadas por medidores de vazão do tipo Woltmann e proporcional oscilam entre 1 e 3 mca (Hernandez, 1987)

7.1.2.10 Filtro de areia

Consiste em tanques geralmente metálicos ou de plástico reforçado, capazes de resistir às pressões estáticas e dinâmicas da rede, contendo areia ou cascalho de um determinado tamanho. A filtragem se realiza quando a água atravessa a areia.

As perdas de carga neste tipo de filtro, quando limpo, podem ser de 1 a 3 mca. O aumento da queda de pressão tende a ser linear com o tempo de filtragem, não devendo ultrapassar os 6 mca em nenhum caso (Hernandez, 1987).

7.1.2.11 Filtro de Tela

Os filtros de Tela têm em geral uma forma cilíndrica, e são constituídos de um recipiente cilíndrico, de plástico ou de metal não corrosivo e de um cesto móvel, também de plástico ou de metal não corrosivo o qual é revestido por uma tela. Segundo Bernardo (1989) é comum usar telas com número de malha 120 ($\phi=0.14\text{mm}$).

A malha é o componente fundamental deste tipo de filtro, pois as dimensões de seus orifícios determinam o tamanho máximo das partículas que o podem atravessar e conseqüentemente a qualidade da filtragem (Hernandez, 1987). Os emissores incluem, no geral, na sua especificação técnica, o número de malha a usar no filtro.

Segundo Hernandez (1987) as perdas de carga máxima para um filtro de tela, trabalhando no seu caudal nominal e em condição de água limpa, são de 2 mca.

O filtro de areia retém partículas de maior tamanho comparativamente ao filtro de tela, que por sua vez retém partículas que possam entrar no sistema através da aplicação de fertilizantes, por exemplo.

7.1.2.12 Injector de fertilizante

Segundo Hernandez (1987) entende-se por fertirrigação a incorporação de substâncias fertilizantes no solo através da água de rega.

A incorporação é efectuada através do uso de dispositivos de distintos modelos que se agrupam em:

- Tanques de fertilização;
- Fertilizadores tipo Venturi;
- Injectores.

Fertilizadores tipo Venturi são dispositivos que consistem em uma peça em forma de T que tem no seu interior um tubo Venturi ligado a saída que está ligada ao depósito do produto a aplicar. O Venturi causa um rápido aumento da velocidade da água, que origina uma sucção que introduz a solução fertilizante na rede. Este dispositivo pode ser ligado directamente à tubagem principal da rede.

Este dispositivo origina perdas de carga de 10 a 30% da pressão da tubagem onde é instalada (Hernandez, 1987).

É de capital importância o dimensionamento do volume do tanque, o qual segundo Keller e Karmeli citado por Bernardo (1989), pode ser calculado pela seguinte equação:

$$V_t = \frac{N_i * A_s}{C_n} \quad (24)$$

V_t = volume do tanque fertilizante, em litros

N_i = quantidade de nutriente a ser aplicado por irrigação, em kg/ha

A_s = sub área que o sistema irriga em vez, em há

C_n = concentração do fertilizante, em Kg de nutriente/litro de fertilizante.

7.1.2.13 Manómetros

Para realizar um bom manejo da rega é indispensável conhecer as pressões existentes, tanto nos diferentes elementos que compõem o cabeçal como em pontos singulares da rede de rega.

Os manómetros são colocados em pontos estratégicos da instalação. Em instalações que funcionam a pressão muito baixa (menos de 3 mca), são úteis os manómetros de coluna de água (Hernandez, 1987).

7.1.2.14 Aparatos de controlo

Os aparatos de controlo usados incluem:

- Reguladores de caudal e de pressão
 - Reguladores de caudal – mantém o caudal constante;
 - Reguladores de pressão – mantém a constante a pressão a saída.
- Manómetros – medem a pressão em vários pontos da rede garantindo o funcionamento correcto da instalação;
- Rotámetro – mede o fluxo que passa através de um tubo;
- Contadores – se utilizam para controlar o volume de água.

7.1.2.15 Pressão necessária na origem do cabeçal

As perdas de carga produzidas nos tubos é necessário adicionar as perdas ocasionadas nas peças especiais e nos componentes do cabeçal. Os fabricantes devem fornecer os dados correspondentes. Se não se dispõe pode-se usar a tabela com os seguintes valores de perdas de carga, propostos por Yagüe (1996), a serem usados nos diferentes elementos do sistema:

Tabela 2: Perdas de carga por aparato do cabeçal (fonte: Yagüe, 1996)

Aparato	Perda de carga (mca)
Hidrociclo	2-6
Filtro de areia	2-4
Filtro de tela	1-3
Tanque de fertilização	1-4
Injetor hidráulico	4-5
Injetor Venturi	5-20
Regulador de pressão	4-6
Válvula	1-3

7.1.2.16 Cálculo da bomba

As bombas, normalmente usadas na irrigação por gotejamento, são as do tipo centrífuga de eixo horizontal. E os motores, normalmente usados, são os motores eléctricos e motores à diesel (Bernardo, 1989).

A potência a ser fornecida à bomba pode ser determinada pela seguinte fórmula:

$$Potencia = \frac{Q * Hb}{360 * e} \quad (25)$$

Onde:

Q= caudal a ser fornecido ao sistema (m³/hr)

Hb= altura manométrica (mca)

e= eficiência da bomba

A altura manométrica é obtida através da soma das perdas de carga em todos os elementos do sistema de rega incluindo 10% de perdas causadas pelas ligações e a diferença de cotas entre o local de sucção e o campo.

7.1.2.17 Relação dos materiais a serem usados e seus preços (bill of quantities)

Findo o dimensionamento do sistema de rega é necessário produzir uma lista com os elementos a serem adquiridos para montagem do sistema e seus respectivos preços. Esta, lista denominada " bill of quantities", é constituída pela descrição dos materiais, sua quantidade, sua unidade, o seu preço unitário e o seu custo total.

O "bill of quantities" é importante pois permite determinar o custo de instalação do sistema de rega e comparar alternativas para obter o sistema mais barato.

7.2. Resultados e Discussões

7.2.1 Resultados do Dimensionamento Agronómico

7.2.1.1 Identificação do tipo de solo

De acordo com a carta de solos do distrito e perímetro irrigado de Chókwè (anexo A) o solo a ser usado para a realização deste trabalho é o solo do tipo M2, pois satisfaz os requisitos:

- Encontrar-se fora do regadio de Chókwè;
- Ocupar maior área no distrito;
- Estar próximo de uma fonte de água.

Os solos do tipo M2 são superficiais pouco profundos (0-25 cm), com uma cobertura arenosa de 25-50 cm de espessura acima de um horizonte B extremamente duro. Este último é desenvolvido em material de Mananga calcário, salino e sódico. Os solos são imperfeitamente drenados (INIA, 1993).

Outras características relevantes deste agrupamento de solos encontram-se no anexo B. Neste anexo está incluído o resultado do cálculo da água disponível para este tipo de solo e outros parâmetros como a condutividade eléctrica do estrato do solo (ECe), pH e Matéria orgânica, parâmetros que podem ilustrar limitações deste tipo de solo para a produção de certas culturas. Como exemplo, a ECe do subsolo deste tipo de solo chega a atingir os 10 dS/m que pode ser uma limitante para o cultivo de culturas, com raízes profundas, que não tolerem solos salinos.

7.2.1.2 Cálculo das necessidades de água de rega das culturas usadas no dimensionamento

Na tabela 3 encontram-se os resultados do cálculo das necessidades líquidas de água da cultura (I_n), e das necessidades brutas (I_g) tendo sido usado, para o dimensionamento, o valor máximo de I_g calculado. Os valores de I_n presentes na tabela 3 correspondem aos valores de I_n no pico para cada cultura. Os dados culturais usados para o cálculo e os resultados do cálculo encontram-se nos anexos C e D respectivamente. Esta determinação foi feita com o objectivo de permitir que o sistema seja usado no cultivo de todas hortícolas apresentadas.

Os dados de EC_{max} estão presentes no anexo K. Para o cálculo da E_a foram considerados um $K_s = 1$ e uma $EU = 90$.

Tabela 3 – Necessidades de água de rega das culturas

Culturas	I_n (mm/dia)	Ece max(dS/m)	LR	E_a (%)	I_g (mm/dia)
Tomate	5.01	12.5	0.03	90.00	5.74
Alface	5.85	9	0.04	90.00	6.78
Feijão Verde	3.5	7	0.05	90.00	4.11
Batata	4.48	10	0.04	90.00	5.17
Batata doce	6.8	10.5	0.04	90.00	7.84

Da tabela 3 resulta o uso do valor de $I_g = 7.84$ mm/dia para o dimensionamento do sistema.

7.2.1.3 Determinação do espaçamento entre plantas a ser usado

As hortícolas apresentam diferentes espaçamentos para o seu cultivo. Havendo a necessidade de fixar um espaçamento para o dimensionamento do sistema usou-se o espaçamento de 0.6 m X 0.6 m com o objectivo de usar um espaçamento que seja adequado para todas as hortícolas.

7.2.1.4 Frequência de irrigação

Tomando em consideração o tipo de solo pode-se calcular o intervalo de rega óptimo. No anexo E encontra-se o cálculo do intervalo óptimo de rega do qual resulta um intervalo de rega de 5 dias.

Para o cálculo considerou-se uma percentagem de área molhada (PW) de 100% por serem culturas pouco espaçadas.

O intervalo de rega a ser usado será de um dia, pois este sistema permite usar intervalos de rega curtos.

7.2.1.5 Número de emissores a serem usados por área ocupada por planta

A área molhada por emissor (AW) será dada pela fórmula 10 pois assume-se que a área molhada por um emissor é circular. Segundo Yague (1996) um emissor de 2 l/hr em solos de textura média produz um diâmetro molhado (D) de 0.9 m, do qual resulta uma AW de 0.64 m^2 ($3.14 \cdot (0.9/2)^2$).

O número de emissores a ser usado será de 0.56 ($0.6 \cdot 0.6 \cdot 1 / 0.64$), ou seja, 1 emissor será usado para a área ocupada por uma planta.

Do resultado acima podemos inferir que teremos que procurar um emissor que forneça um caudal menor ou igual a 2 l/hr, pois usando dados de um emissor de 2 l/hr resulta num numero reduzido de emissores por área ocupada por planta. Ou seja, conhecendo a relação caudal e diâmetro molhado podemos observar que podemos usar um emissor que produza um diâmetro molhado menor (emissor de menor caudal) que irá irrigar menos área obtendo a razão área ocupada pela planta pela área molhada por um emissor mais próxima da unidade.

7.2.1.6 Selecção do emissor

A selecção do emissor foi feita procurando um emissor que fornecesse um caudal menor ou igual a 2 l/hr e que permitisse obter maior tempo de aplicação. O tempo de aplicação ou de funcionamento do sistema tem que tomar em consideração, para além da duração que permita o uso efectivo do sistema, a necessidade de realizar as outras operações culturais e a manutenção do próprio sistema.

Na tabela 4 encontram-se dois tipos de emissores seleccionados tendo sido calculado o tempo de aplicação para cada um deles. Durante a pesquisa realizada, para os emissores on-line, identificou-se o tipo de emissor descrito abaixo como o que fornece o menor caudal para este tipo de emissor.

Tabela 4 – Emissores seleccionados e respectivos tempos de aplicação

Tipo de emissor	Ig em mm/dia	Caudal fornecido(q) em l/hr	Tempo de aplicação (Ta) em horas
On-line-MBTECH PC 2L	7.84	2.3	1.23
In-line-Aquatraxx PC1.02L	7.84	1.02	2.77

Serão portanto comparados os emissores **on line** e os emissores **in line** para determinar o tipo de emissor que irá proporcionar o sistema de rega mais barato. No anexo F encontram-se os catálogos com os dados dos dois tipos de emissores seleccionados.

O emissor MBTECH PC 2L apresenta como características:

- Equação característica: $q = 2.09 * h^{0.04}$;
- Intervalo de pressão de funcionamento: 1-3.5 bar ou 10-35 mca; o valor máximo deste intervalo é o valor máximo de pressão para o emissor a partir do qual haverá uma mudança no caudal fornecido.

O emissor Aquatraxx PC1.02 L apresenta como características:

- Expoente de descarga: $x=0.2$;
- Coeficiente de variação de fabrico: $CV=0.03$;

- Intervalo de pressão de funcionamento: 0.3-1.8 bar ou 3-18 mca;
- Espaçamento para tubagem de 16 mm: X=0.45 m.

7.2.1.7 Espaçamento entre emissores

Para a determinação deste parâmetro houve necessidade de se criar uma equação que permitisse calcular o espaçamento necessário entre os emissores de modo a produzir uma área molhada de 100%. No anexo G encontra-se a dedução desta equação de forma detalhada.

Dos cálculos efectuados resultou a equação:

$$X = \frac{100 * D - S * r}{141.42135} \quad (26)$$

Para um S de 25% e um D de 0.9 m resulta um espaçamento entre emissores de 0.55 m $((100*0.9-25*0.45)/141.42135)$ usando a equação acima.

Para este espaçamento assume-se que o primeiro emissor será colocado na primeira planta da linha de cada subunidade.

7.2.2 Resultados do dimensionamento hidráulico

Este dimensionamento foi efectuado para os dois tipos de emissores escolhidos. No texto que se segue, encontram-se os cálculos relativos aos emissores on-line para demonstração e no fim do mesmo encontram-se, de forma resumida, os resultados obtidos para os emissores in-line.

7.2.2.1 Cálculo das laterais

A determinação do diâmetro do tubo a ser usado nas laterais foi feito com base em tabelas e no uso das fórmulas que permitem calcular as perdas de carga que ocorrem na tubagem, as quais devem ser menores que a variação da pressão permissível.

Para o cálculo da variação de pressão permissível é necessária a seguinte informação:

CU- assumido anteriormente um CU de 90;

CV- por o fabricante não fornecer este parâmetro foi usado um CV de 0.05 para emissores classificados como médios (FAO irrigation manual, 2002);

x- para a equação característica do emissor corresponde um expoente de descarga característico de 0.04;

k- para a equação característica do emissor corresponde um coeficiente característico do emissor de 2.09;

Hmax— o valor máximo de pressão para este emissor é de 35 mca;

q_a - a taxa de emissão média obtida sob a pressão H_a será de 2.37 l/hr, valor obtido do gráfico, obtido através da equação característica do emissor (Anexo I). Este valor é obtido fazendo corresponder, no gráfico, o valor da pressão média, para o intervalo de compensação, ao caudal fornecido pelo emissor. Esta determinação surge para colmatar as limitações que surgem nos casos em que não é fornecida a equação característica do emissor sendo fornecido apenas o gráfico da relação pressão caudal (curva característica) do emissor.

A partir dos dados acima resulta:

- uma descarga mínima do emissor para a pressão mínima na subunidade (q_m) de 2.28 l/hr;
- uma pressão média (H_a), que irá fornecer o q_a , de 23.18 mca;
- uma pressão mínima (H_m), que irá fornecer o q_m , de 8.58 mca;
- uma variação de pressão permissível (ΔH_s) de 36.50 mca;
- Uma variação de caudais permissível (Δq) de 0.132 l/hr;
- Uma variação de pressão permissível dada pela relação q_m e Δq (ΔH_s) de 26.42 mca.

A pressão no início da secundária será dada pela soma da pressão mínima a variação de pressão permissível. Para $\Delta H_s=36.50$ mca resulta uma pressão no início da secundária de 45.07 mca ($36.50+8.58$); para $\Delta H_s= 26.42$ mca resulta uma pressão no início da secundária de 35 mca ($26.42+8.58$).

Para $\Delta H_s=36.50$ mca resulta uma pressão no início da secundária superior ao limite de pressão de funcionamento dos emissores, o que resulta no uso da $\Delta H_s=26.42$ mca para o dimensionamento.

Para determinar o diâmetro dos tubos, usando os gráficos presentes no anexo J, é necessário conhecer o caudal que irá percorrer a tubagem. Este valor é obtido multiplicando o caudal fornecido por cada emissor pelo número total de emissores na lateral. A lateral, que corresponde ao segmento de A a B do croqui presente no anexo H, tem 165 metros de comprimento, correspondendo a 300 ($165:0.55$) emissores que irão necessitar de um caudal de $0.71 \text{ m}^3/\text{hr}$.

Na tabela 5 encontra-se de maneira resumida o cálculo das perdas de carga (HL) para tubagem de diferentes diâmetros onde o HL é calculado usando a fórmula 18 e usou-se o factor de Christiansen (f) de 0.366 (Anexo L). Por serem emissores on-line foi considerada a equivalência de 0.1 m de tubo para a contribuição de cada emissor nas perdas de carga.

Tabela 5 – Cálculo das perdas de carga para a tubagem da lateral para:
 $f=0.366$, $Q=0.71 \text{ m}^3/\text{hr}$, $L=165 \text{ m}$, $N_e=300$

Diâmetro do tubo (mm)	Perdas de carga (%)	HL (mca)
16	20	18.05
20	9	8.12

Da tabela 5 resulta a selecção do tubo de 16 mm, pois é o tubo de menor diâmetro que produz perdas de carga menores que as perdas de carga permissíveis. Usando tubagem deste diâmetro as perdas de carga na terciária não devem ultrapassar os 8.37 mca ($26.42-18.05$).

7.2.2.2 Cálculo da terciária

Na tabela 6 encontra-se de maneira resumida o cálculo das perdas de carga (HL) para tubagem de diferentes diâmetros a serem usados na terciária. A terciária, corresponde ao segmento de A a C do croqui presente no anexo H e tem 118 m de comprimento. As perdas de carga foram determinadas para

um caudal de $152.15 \text{ m}^3/\text{hr}$, valor obtido multiplicando o número de laterais pelo caudal que passa em cada lateral. O número de laterais é de 214 ($118:0.55$).

Tabela 6 - Cálculo das perdas de carga para a tubagem da terciária para:

$f=0.366$, $Q=152.15 \text{ m}^3/\text{hr}$, $L=118 \text{ m}$, $v \approx 2 \text{ m/s}$

Diâmetro do tubo (mm)	Perda de carga (%)	HL (mca)
140	4	1.90
160	2.5	1.19

Da tabela 6 resulta a selecção do tubo de 160 mm, pois é o tubo de menor diâmetro que produz perdas de carga menores que as perdas permissíveis e permite usar uma velocidade de água nos tubos dentro do intervalo recomendado que segundo Yague (1996) não deve ultrapassar os 3 m/seg, devendo rondar os 2 m/seg. O tubo de 140 mm foi rejeitado pois apenas permite usar velocidades próximas do limite de 3 m/seg.

Usando tubagem deste diâmetro as perdas de carga na secundária não devem ultrapassar os 7.18 mca ($26.42-(18.05+1.19)$).

7.2.2.3 Cálculo da secundária

A secundária corresponde ao segmento de C a D do croqui presente no anexo H e tem 170 m de comprimento. O caudal que passa pela secundária será o mesmo que passa pela terciária, pois irá funcionar uma subunidade de cada vez em cada secção do sistema. Na tabela 7 encontra-se o cálculo das perdas de carga que serão produzidas na tubagem da secundária.

Tabela 7 - Cálculo das perdas de carga para a tubagem da secundária para:

$Q=152.15 \text{ m}^3/\text{s}$, $L=170 \text{ m}$, $v \Rightarrow 1-2.5 \text{ m/s}$

Diâmetro do tubo (mm)	Perda de carga (%)	HL (mca)
160	2.5	4.25
200	1	1.70

Da tabela 7 resulta a selecção do tubo de 160 mm por ser a tubagem de menor diâmetro que produz perda de carga menores que as permissíveis.

7.2.2.4 Cálculo da principal

A principal corresponde ao segmento de D a G, conjuntamente com o segmento entre o cabeçal e a bomba, do croqui presente no anexo H e tem no total 609 m. Por funcionar uma sub unidade de cada vez, para cada secção, o caudal que irá passar pela principal será dividido da seguinte maneira:

- segmento de D a E, com 238 m de comprimento: $Q=152.15 \text{ m}^3/\text{s}$
- segmento de E a F, com 238 m de comprimento: $Q=304.3 \text{ m}^3/\text{s}$
- segmento de F a G, conjuntamente com o segmento entre o cabeçal e a bomba, com 133 m: $Q= 456.45 \text{ m}^3/\text{s}$

Na tabela 8 encontra-se o cálculo das perdas de carga produzidas na principal nos seus diferentes segmentos.

Tabela 8 - Cálculo das perdas de carga para a tubagem da principal para

$v \Rightarrow 1-2.5 \text{ m/s}$

Segmento	Diâmetro do tubo (mm)	Perda de carga (%)	HL (mca)
D a E	160	2.5	5.95
	200	1	2.38
E a F	200	2.5	5.95
	250	0.9	2.14
F a G	250	1.75	2.33

Da tabela 8 resulta a selecção das tubagens;

- segmento de D a E: tubagem de 200 mm;
- segmento de E a F: tubagem de 250 mm;
- segmento de F a G, conjuntamente com o segmento entre o cabeçal e a bomba: tubagem de 250 mm.

As perdas de carga que irão ocorrer na principal serão de 6.85 mca (2.38+2.14+2.33).

7.2.2.5 Cálculo do cabeçal de controlo

O cálculo do cabeçal de controlo consiste em determinar as perdas de carga que serão provocadas pelos seus componentes. Na tabela 9 encontram-se as perdas de carga produzidas no cabeçal para os elementos considerados no seu dimensionamento.

Tabela 9– Cálculo das perdas de carga produzidas no cabeçal (fonte: Yagüe, 1996)

Cabeçal de controlo	
Item	Perdas de carga (mca)
Regulador de pressão	4
Filtro de areia	2
Injector venturi	5
Filtro de tela	1
Manómetros	1
Sub total	13
Pressão extra (20%)	2.6
Total	15.6

7.2.2.6 Cálculo da altura manométrica (Hb) a ser fornecida pela bomba

Na tabela 10 encontra-se a contribuição de cada um dos elementos do sistema de rega para a determinar a altura manométrica a ser produzida pela bomba.

Tabela 10 – Cálculo da altura manométrica da bomba

Item	Contribuição (mca)
Altura de sucção	2
Linha principal	6.85
Cabeçal de controlo	15.6
Secundaria	4.25
Terciária	1.19
Lateral	18.05
Pressão de operação do emissor	10
Sub total	57.94
Contribuição das ligações (10%)	5.79
Diferença de cotas entre a fonte e o campo	0.00
Total	63.73

7.2.2.7 Cálculo da potencia a ser fornecida pela bomba

O cálculo da potência a ser fornecida pela bomba cujo cálculo foi feito para o caudal $Q=456.45 \text{ m}^3/\text{hr}$, altura manométrica do projecto=63.73 mca e eficiência assumida para o cálculo de 60%. Resultou uma potência de 134.68 KW.

7.2.2.8 Tempo de funcionamento do sistema de rega

Usando o emissor MBTECH PC 2L temos um tempo de aplicação de 1.23 horas (como previamente determinado). Para cada secção do sistema irá funcionar uma subunidade de cada vez, resultando que, para regar todo o campo, o tempo de rega irá corresponder ao resultado da multiplicação do tempo de aplicação por subunidade pelo numero de sub unidades existentes em cada secção. Deste modo, o tempo de funcionamento do sistema será de 9.84 horas ($1.23*8$).

7.2.2.9 Relação dos materiais a serem usados e seus preços (bill of quantities)

Com o objectivo de ter uma aproximação dos custos envolvidos na instalação do sistema foi feito o “bill of quantities” baseado em preços praticados em algumas lojas de material de irrigação da cidade de Maputo e preços obtidos em sites de empresas produtoras de material para irrigação. Devido a falta de informação não foi possível obter o preço de alguns aparatos necessários para a instalação do sistema.

Por neste trabalho não se ter escolhido a bomba a usar e sim calculado a potencia e altura manométrica da mesma, este item não se encontra no bill of quantities.

Na tabela 11 encontra-se o "bill of quantities" para o sistema que usa os emissores on-line.

Tabela 11- Bill of quantities para os emissores on-line

Item	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total (MTN)
Tubagem da linha principal				
Tubo de PVC de 250 mm	371	m	1037.17	384,788.96
Tubo de PVC de 200 mm	238	m	650.00	154,700.00
Redutor em cruz de 250 mm para 160 mm	2	Un	2855.00	5,710.00
Redutor em T de 200 mm para 160 mm	1	Un	2705.40	2,705.40
Redutor 250 mm para 200 mm	1	Un	2820.00	2,820.00
Tubagem secundária				
Tubo de PVC de 160 mm	1020	m	445.83	\$454,749.97
Cruz para tubo de 160 mm	6	Un	indisponível	\$0.00
T para tubo de 160 mm	6	Un	1200.00	7,200.00
Válvulas para tubo de 160 mm	6	Un	55.00	330.00
Tubagem terciária				
Tubo de PVC de 160 mm	2832	m	445.83	1,262,599.91
Bujão terminal para tubagem de 160 mm	24	Un	1898.10	45,554.40
Redutores para tubagem de 16 mm	5136	Un	5.00	25,680.00
Tubagem lateral				
Tubo de PE de 16 mm	847440	m	6.50	\$5,508,360.00
Emissores	1540800	Un	6.00	\$9,244,800.00
Fecho para tubagem de 16 mm	5136	Un	5.00	\$25,680.00
				0.00
Cabeçal				
				0.00
Regulador de pressão	1	Un	indisponível	0.00
Filtro de areia	1	Un	indisponível	0.00
Injector venturi	1	Un	indisponível	0.00
Filtro de tela	1	Un	1814.80	1,814.80
Manómetros	4	Un	195.00	780.00
			TOTAL	17,128,273.43
			Custo MTN/ha	342,565.47
			Custo USD/ha*	13,175.59

* Foi usado o cambio de 1 USD = 26 MTN

7.2.2.10 Resultados obtidos para os emissores in-line

Na tabela 12 encontram-se de forma resumida os resultados obtidos do dimensionamento para os emissores in-line.

Para obter os resultados presentes na tabela 12 considerou-se o seguinte:

- Um CU=90 e um CV=0.03;
- A tubagem gotejadora é de 16 mm;
- Funcionam duas subunidades de cada vez em cada secção do sistema;
- Não tendo sido fornecido o valor de k, o mesmo foi calculado usando a equação característica do emissor, para o caudal de 1.08 l/hr para a pressão de 18 mca, valor obtido a partir da curva da relação caudal pressão para este emissor (presente no anexo I). O valor calculado é $k=0.61 (1.08/(18^{0.2}))$.
- Os cálculos foram feitos com base no croqui presente no anexo H, para este tipo de emissor, tendo a seguinte descrição:
 - Linha lateral: segmento de A a B com 82 metros de comprimento;
 - Linha terciária: segmento de A a C com 118 metros de comprimento;
 - Linha secundária: segmento de C a D com 253 metros de comprimento;
 - Linha principal: segmento de D a G, conjuntamente com o segmento entre o cabeçal e a bomba, com 609 metros de comprimento.

Tabela 12 – Resultados obtidos para os emissores in-line

Parâmetro	Resultado Obtido
Varição de caudais permissível (Δq)	$\Delta q = 0.10$ l/hr
Varição de pressão permissível (ΔH_s)	$\Delta H_s = 7.16$ mca
Tubagem lateral	16 mm, HL=1.93 mca
Perdas de carga na terciária não devem ultrapassar	5.23 mca
Tubagem terciária	140 mm, HL=1.18 mca
Perdas de carga na secundária não devem ultrapassar	4.05 mca
Tubagem secundária	160 mm, HL=3.80 mca
Tubagem principal	Segmento D a E: 200 mm, HL=1.19 mca Segmento E a F: 200 mm, HL=3.57 mca Segmento F a G: 250 mm, HL=1.33 mca Total = 6.09
Perdas produzidas no cabeçal	15.6 mca
Altura manométrica (H_b)	36.96 mca
Potencia da bomba	51.40 KW
Tempo de funcionamento do sistema	22.16 Horas

7.2.2.11 “Bill of quantities” para os emissores in-line

Tabela 13 – Bill of quantities para os emissores in line

Item	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total (MTN)
Tubagem da linha principal				
Tubo de PVC de 250 mm	133	m	1037.17	137,943.21
Tubo de PVC de 200 mm	476	m	650.00	309,400.00
Redutor em cruz de 250 mm para 160 mm	1	Un	2855.00	2,855.00
Redutor em T de 200 mm para 160 mm	2	Un	2705.40	5,410.80
Redutor de 250 mm para 200 mm	1	Un	2820.00	2,820.00
Tubagem secundária				
Tubo de PVC de 160 mm	1992	m	445.83	888,099.93
Cruz para tubo de 160 mm	6	Un	indisponível	0.00
T para tubo de 160 mm	6	Un	1200.00	7,200.00
Válvulas para tubo de 160 mm	6	Un	55.00	330.00
Tubagem terciária				
Tubo de PVC de 140 mm	2832	m	320.00	906,240.00
Bujão terminal para tubagem de 160 mm	24	Un	1898.10	45,554.40
Redutores para tubagem de 16 mm	6288	Un	5.00	31,440.00
Tubagem lateral				
Tubagem gotejadora de PE de 16 mm	515616	m	3.50	1,804,656.00
Fecho para tubagem de 16 mm	5136	Un	5.00	25,680.00
Cabeçal				
Regulador de pressão	1	Un	indisponível	0.00
Filtro de areia	1	Un	indisponível	0.00
Injector venturi	1	Un	indisponível	0.00
Filtro de tela	1	Un	1814.80	1,814.80
Manómetros	4	Un	195.00	780.00
TOTAL				4,170,224.14
Custo MTN/ha				83,404.48
Custo USD/ha*				3,207.86

* Foi usado o cambio de 1 USD = 26 MTN

A partir das tabelas 11 e 13 podemos concluir que o sistema dimensionado, usando os emissores in-line é mais barato comparativamente ao sistema dimensionado usando os emissores on-line. Um dos factores que torna o sistema que usa emissores in line mais barato é o facto de a tubagem gotejadora ter menor custo que o uso da tubagem com os emissores on line.

8. COMPONENTE II - identificação de alternativas para melhorar o desempenho do sistema de rega gota a gota de baixo custo

8.1 Características do sistema gota a gota de baixo custo

O sistema consiste em um tambor de volume variável e seis tubos (este numero pode variar), que podem ser de diversos materiais, (ex: PVC resistente ao sol, PE) de comprimento variável (dependendo da área a regar). O tambor fica assente em um suporte para garantir que o mesmo fique acima do solo. Os tubos são colocados sobre a área a ser irrigada e são ligados através de dispositivos em forma de T e em cotovelo. Deste arranjo de tubos, parte um outro tubo que faz a ligação com uma torneira conectada ao tambor. O número de gotejadores irá depender do espaçamento entre gotejadores a ser usado. Um fio de nylon é colocado em cada buraco gotejante para actuar como gotejador. Na extremidade de cada tubo coloca-se uma rolha para impedir a saída de água ou outro dispositivo para o mesmo efeito.

A rega começa logo após a abertura da torneira.

Este sistema poderá permitir ter condições suficientes para manter uma unidade de produção familiar, nos períodos de estiagem ou em zonas onde a água é escassa, pois a irrigação por gotejamento permite uma maior economia de água de rega quando comparado aos outros tipos de rega (ex: rega por sulcos).

8.2 Problema de estudo

O sistema de rega gota a gota de baixo custo é feito artesanalmente, sendo usados materiais obtidos nos mercados locais. Não sendo usados gotejadores pré fabricados, para se obter os gotejadores são feitos furos nos tubos, usando um prego onde são colocados fios de nylon para funcionar como gotejadores. Este processo resulta em gotejadores que fornecem caudais elevados e gotejadores que fornecem caudais pequenos, como resultado da falta de uniformidade nos diâmetros de saída dos gotejadores e no comprimento dos fios de nylon usados, resultando no baixo desempenho do sistema em alguns parâmetros como o coeficiente de uniformidade, eficiência de aplicação e coeficiente de variação de fabrico dos gotejadores quando comparados ao sistema gota a gota clássico (Abdula, 1999).

O presente trabalho procura contribuir para a melhoria dos emissores artesanais através da identificação e comparação de alternativas para melhorar o desempenho dos mesmos, contribuindo assim para o melhoramento do desempenho do sistema de rega gota a gota de baixo custo.

8.3 Grupo Alvo do Sistema de Rega de Baixo Custo

Sendo a agricultura fonte de rendimento para a maioria dos moçambicanos, em Chókwè em particular, e estando o Governo de Moçambique a apostar na redução da pobreza absoluta mediante o incremento na produção agrícola, através do uso deste sistema os camponeses teriam como alguns dos benefícios, para além do baixo custo do sistema, o aumento na produção, a redução dos gastos de água, permitiria produzir hortícolas durante todo o ano.

Deste modo, este sistema de rega tem como grupo alvo os camponeses que produzem em pequena escala através do cultivo em hortas.

O sistema de rega explorado neste trabalho permite regar pequenas áreas de cada vez e dependendo do método usado para encher o reservatório de água este sistema pode ser móvel permitindo regar diferentes hortas por dia. Ou seja, se é usado um balde ou uma mangueira para encher o reservatório de água, o mesmo pode ser deslocado de modo que se possa regar hortas em diferentes locais da área de cultivo dos camponeses.

Este sistema de rega pode ser também associado ao uso de bombas de baixo custo (ex: bombas pedestais) e a sistemas de captação da água das chuvas.

8.4 Metodologia

8.4.1 Sistema de rega por gotejamento de baixo custo

Foi montado um sistema de rega constituído por seis linhas, das quais 5 estavam funcionais, de acordo com o número de tratamentos, onde foram colocados os gotejadores. A distância entre as linhas era de 0.5 m e as linhas tinham 6.5 m de comprimento. Os gotejadores estavam espaçados em 0.5 m, resultando em 12 gotejadores por linha. Deveriam ser 13 gotejadores por linha, mas o último gotejador não foi colocado devido a necessidade de colocar um dispositivo no fim da linha que impedisse a saída da água.

Os tipos de gotejadores identificados e comparados são:

- Gotejador obtido através de furo feito com um prego – consistiu em furar o tubo usando um prego e de seguida colocar no buraco um fio de nylon para servir de gotejador;
- Gotejador feito usando um prego quente – consistiu em furar o tubo usando um prego previamente aquecido e de seguida colocar no buraco um fio de nylon para servir de gotejador;
- Gotejador feito usando um cotonete – consistiu em furar o tubo usando um prego e de seguida colocar no buraco um tubo de cotonete para servir de gotejador;
- Gotejador pré-fabricado (usado como controle) – gotejador do tipo idrop PC (irritec), disponível no mercado local.

As dimensões do prego e cotonete usados encontram-se ilustrados no anexo P.

Foram usados para condução da água tubos de polietileno (PE) devido a sua facilidade de obtenção no mercado local.

Como reservatório de água foi usado um tambor metálico de 210 litros, que foi colocado a uma altura de 1.2 metros do solo. Ao tambor encontrava-se

ligado à uma válvula seguida de um filtro, que estava ligado à tubagem que conduzia a água as linhas.

Com o objectivo de manter o nível de água constante no tambor, uma mangueira fornecia ao tambor um volume de água próximo ao volume que saía do tambor.

O processo de rega se iniciava quando se abria a válvula.

8.4.2 Determinação do Coeficiente de Variação de Fabrico (CV)

Para a determinação do coeficiente de variação foi usado o volume fornecido pelos emissores. O coeficiente de variação para cada tipo de emissor foi determinado usando a fórmula:

$$CV = \frac{\sigma}{q_{med}} \quad (9)$$

CV= coeficiente de variação de fabrico do emissor

σ = desvio padrão

q_{med} = caudal médio

O CV calculado será comparado com o CV teórico para se determinar se o mesmo é aceitável ou não.

8.4.3 Determinação do Coeficiente de Uniformidade (CU)

Foi determinado o coeficiente de uniformidade devido a variação de fabrico dos emissores.

O CU devido a variação de fabrico foi determinado, usando a seguinte equação:

$$CU = \left(1 - \frac{1.27CV}{\sqrt{Np}} \right) \frac{q_m}{q_a} \quad (8)$$

CV= Coeficiente de variação de fabricação do emissor.

N_p= Numero de emissores por cada planta

q_m= caudal mínimo dos emissores considerados

q_a= Caudal médio dos emissores considerados

Depois de determinado o CU para cada tipo de gotejador, os valores foram comparados com os CU's teóricos, usados no dimensionamento de sistemas de rega por gotejamento, aspersão e por sulcos, para determinar se os valores são aceitáveis ou não.

8.4.4 Comparação entre os caudais dos gotejadores

Foi feita uma análise estatística para determinar se existem diferenças significativas entre os caudais fornecidos pelos diferentes tipos de gotejadores.

Os tratamentos comparados foram:

- Gotejadores feitos usando cotonetes;
- Gotejadores feitos usando um prego quente;
- Gotejadores feitos usando um prego frio;
- Gotejadores do tipo idrop PC na primeira linha;
- Gotejadores do tipo idrop PC na ultima linha.

Para comparar o caudal que sai em cada gotejador foi utilizado um delineamento completamente casualizado (DCC), com 7 repetições.

O modelo estatístico do ensaio é:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (27)$$

Y_{ij}= o valor de caudal observado em cada gotejador

μ= é a media geral dos caudais

τ_i = é o efeito de cada tipo de gotejador

Para a comparação entre os caudais dos gotejadores foi feito o teste de Duncan.

Foi usado o software SAEG para efectuar a análise estatística acima descrita.

8.4.5 Recolha de dados

Para a determinação do caudal que sai por cada gotejador foram recolhidos os volumes que saem de cada gotejador com o uso de uma proveta graduada de 100 ml, para um período de tempo fixo para cada tipo de gotejador e foi posteriormente calculado o caudal em litros por hora.

8.5 Resultados e Discussão

8.5.1 Recolha de Dados

No anexo M encontram-se os resultados das medições de caudais efectuadas.

Foi planificado recolher os volumes que saiam dos 12 gotejadores de cada linha, mas devido aos cortes no fornecimento de água que se fizeram sentir nos dias de recolha dos dados, optou-se por escolher uma amostra de gotejadores por linha que fosse representativa dos gotejadores de cada linha, de modo a permitir um uso mais eficaz da água disponível. Foram deste modo medidos os caudais de 8 gotejadores diferentes, escolhidos aleatoriamente em cada repetição para cada linha.

No anexo N encontra-se o esquema (croqui) do sistema de rega por gotejamento de baixo custo.

8.5.2 Determinação do Coeficiente de Variação (CV) e do Coeficiente de Uniformidade (CU)

Na tabela 14 encontram-se resumidamente os resultados do cálculo do CV e do CU.

Tabela 14 – Cálculo do CV e do CU para os diferentes tipos de gotejadores

tratamento	cotonetes	prego quente	prego frio	idrop1	idrop2
repeticao	caudal(l/hr)	caudal(l/hr)	caudal(l/hr)	caudal(l/hr)	caudal(l/hr)
1	1.07	8.62	0.53	1.21	1.36
2	1.99	13.47	0.29	1.85	1.62
3	1.05	10.29	0.49	1.62	1.17
4	0.42	8.22	0.42	1.22	0.99
5	0.89	6.78	0.12	1.09	0.86
6	0.79	10.14	0.13	1.27	0.78
7	1.06	5.79	0.12	1.19	0.78
Media	1.04	9.04	0.30	1.35	1.08
desvio padrao	0.48	2.55	0.18	0.28	0.32
qmin	0.42	5.79	0.12	1.09	0.78
qmax	1.99	13.47	0.53	1.85	1.62
CV	0.46	0.28	0.61	0.21	0.30
CU	0.17	0.41	0.09	0.60	0.45
CV(%)	46	28	61	21	30
CU(%)	17	41	9	60	45

Dos resultados apresentados na tabela 14 pode-se observar que o CV determinado para os diferentes tipos de gotejadores resulta que os mesmos são inaceitáveis, pois segundo Hernandez (1987) um $CV > 0.15$ resulta em gotejadores inaceitáveis.

Os CV's elevados poderão ser resultado da variação de pressão que ocorreu durante a medição dos caudais devido às falhas no fornecimento de água ocorridas, que resultaram que em momentos o tambor não estivesse cheio e sim a $\frac{3}{4}$ do seu volume; e também a ineficiência na manufactura dos emissores.

Como resultado dos CV's elevados resultaram, para todos tipos de gotejadores, CU's baixos, pois espera-se para gotejadores $CU > 70\%$, sendo estes valores usados no desenho de sistemas de rega por gotejamento (Hernandez, 1987). Comparativamente aos CU's dos sistemas de rega por aspersão e por sulcos (de 75% e 50-60% respectivamente), os CU's obtidos podem ser considerados satisfatórios, quando usados os emissores pré fabricados, tomando em consideração a quantidade de água usada por este sistema quando comparado ao sistema de rega por aspersão e por sulcos em particular, pois a rega por gotejamento permite maior economia de água.

O CU de 9% encontrado para o gotejador feito com o prego frio resultou do facto de, ao longo da medição dos caudais dos gotejadores, vários gotejadores deste tipo terem cessado o fornecimento de água. Isto deveu-se ao facto dos orifícios feitos usando o prego frio se terem fechado durante o funcionamento do sistema. Ao furar a tubagem, o prego força a parede do tubo a curva-se para dentro, esta parede tende a voltar a posição inicial devido a pressão de água, resultando no fechamento dos orifícios. Neste aspecto da manufactura os emissores feitos com prego quente mostraram-se melhores que os emissores feitos com prego frio.

O CU de 17% encontrado para o gotejador feito com os cotonetes foi devido ao facto de ao longo da determinação dos caudais dos gotejadores, os mesmos terem acumulado impurezas na parte de algodão que os constitui, resultando na redução do volume de água fornecido por alguns dos gotejadores. Este problema pode ser reduzido, usando este tipo de emissores em suportes para evitar o contacto dos mesmos com o solo.

No anexo P encontram-se figuras que ilustram o funcionamento dos diferentes tipos de emissores.

8.5.3 Comparação entre os tipos de gotejadores

Os tipos de gotejadores são o objecto de análise e correspondem aos seguintes tratamentos:

- Tratamento 1 – gotejadores feitos com cotonetes;
- Tratamento 2 – gotejadores feitos com prego quente;
- Tratamento 3 – gotejadores feitos com prego frio;
- Tratamento 4 – gotejador idrop na primeira linha;
- Tratamento 5 – gotejador idrop na última linha.

Os tratamentos 4 e 5 foram incluídos com o objectivo de, para além de ser o controle, verificar se durante a montagem do sistema não ocorreu algum erro

que possa ter provocado diferenças no fornecimento de água as diferentes partes do sistema.

Foi primeiro feita a análise de homogeneidade das variâncias, presente na tabela 1 do anexo O. Desta tabela pode-se concluir que os dados não apresentam homogeneidade das variâncias, tendo havido necessidade de modificar os dados de modo a torná-los homogêneos (usou-se a transformação logarítmica). Feita esta operação refez-se a análise de homogeneidade que resultou em dados homogêneos.

Para determinar se existem diferenças entre os tipos de gotejadores (tratamentos) foi feita a análise de ANOVA, apresentada na tabela 3 do anexo O.

Da tabela de ANOVA podemos concluir que, a 5%, existem diferenças significativas entre os tratamentos, tendo havido, por isso necessidade de fazer um teste de comparação de médias para comparar os diferentes tratamentos, tendo sido, para este efeito, realizado o teste de Duncan. O resultado do teste de Duncan está apresentado na tabela 15.

Tabela 15 – Comparação dos tratamentos pelo teste de Duncan

TRATAMENTOS	DADOS	MEDIAS	COMPARAÇÕES
2	7	.9901	A
4	7	.3686	B
5	7	.3136	B
1	7	.2996	B
3	7	.1102	C
NIVEL= 5% GLR= 30			

Da tabela 15 podemos concluir que não existe diferença entre os tratamentos 1,4 e 5 e os tratamentos 2 e 3 são diferentes dos outros tratamentos.

Dos resultados apresentados acima pode-se determinar que:

- os gotejadores feitos com cotonetes fornecem caudais iguais aos gotejadores do tipo idrop usados como controlo;

- a posição das linhas não têm influência nos caudais fornecidos pelos gotejadores, pois não existe diferença entre os caudais fornecidos pelos gotejadores idrop da primeira e última linhas;
- os gotejadores feitos usando prego quente fornecem caudais superiores aos caudais fornecidos pelos gotejadores do tipo idrop;
- os gotejadores feitos usando prego frio fornecem caudais menores que os fornecidos pelos gotejadores do tipo idrop.

Os gotejadores feitos usando um prego quente forneceram caudais elevados, pois em muitos deles o fio de nylon não produziu a perda de carga necessária para provocar o gotejamento, tendo resultado em um jorro de água em vez de gotejamento.

Os gotejadores feitos usando um prego frio forneceram caudais baixos, pois muitos deles pararam de funcionar no decorrer da experiência. Esta paragem deveu-se ao facto de os buracos feitos com o prego se terem fechado como resultado da pressão da água.

Os gotejadores feitos usando cotonetes forneceram caudais iguais aos dos gotejadores idrop usados como controlo, mas tiveram como inconveniente o facto de os caudais fornecidos terem reduzido ao longo das medições, como resultado da acumulação de impurezas nas pontas dos cotonetes.

8.5.4 Bill of quantities do sistema de rega de baixo custo

Na tabela 16 encontra-se o “bill of quantities” para o sistema de rega gota a gota de baixo custo. Para o cálculo considerou-se que o sistema irá usar apenas emissores pré fabricados.

Tabela 16- Bill of quantities para o sistema de rega gota a gota de baixo custo

Item	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total (MTN)
Tambor	1	Un	400	400.00
Tubo de 16 mm	40	m	6.5	260.00
Tubo de 32 mm	5	m	16	80.00
Gotejadores pré fabricados	78	Un	6	468.00
Fim de linha para tubo de 16 mm	6	Un	5	30.00
Filtro	1	Un	132.5	132.50
União ligação ao reservatório	1	Un	150	150.00
Curva elbow	1	Un	43	43.00
Curva Female	1	Un	37	37.00
Válvula	1	Un	55	55.00
Bujão terminal	1	Un	26	26.00
Conectores tubo de 16 mm-32mm	6	Un	5	30.00
			TOTAL	1,711.50
			Custo MTN/ha	1,053,230.77
			Custo USD/ha*	40,508.88

* Foi usado o câmbio de 1 USD=26 MTN

Da tabela acima podemos observar que o custo por hectare é elevado comparativamente aos custos dos sistemas dimensionados na componente 1 deste trabalho. O custo deste sistema é baixo tomando em consideração que o mesmo é móvel e dependendo da cultura a regar pode permitir regar a área de um pequeno agricultor, respeitando o intervalo de rega, usando menos água comparativamente aos sistemas de rega por aspersão e por sulcos.

8.6 Conclusões

Dos 3 tipos de gotejadores artesanais comparados o que forneceu melhores CU e CV foi o gotejador feito usando um prego quente. O factor negativo identificado para este tipo de gotejador é o facto de o mesmo fornecer caudais elevados quando comparado com os gotejadores idrop usados como controlo.

O melhor gotejador a usar seria o feito usando cotonetes, pois apresenta os valores intermédios para o CV e CU e fornece caudais estatisticamente iguais aos fornecidos pelos gotejadores pré fabricados (idrop).

Os gotejadores feitos usando um prego frio não deverão ser usados, pois a sua manufactura resulta em gotejadores que fornecem caudais muito baixos e diferentes dos outros tipos de gotejadores.

Em relação a este trabalho sugerimos, que se continue a realizar pesquisas para identificar, alternativas que permitam melhorar a eficiência do sistema de gotejamento de baixo custo e de materiais que permitam tornar o sistema de gotejamento de baixo custo mais barato.

9. BIBLIOGRAFIA

ABDULA, D.C, 1999, Tese de Licenciatura – Descrição Agronómica e Hidráulica do Sistema de Rega Gota a Gota de Baixo Custo, UEM-Faculdade de Agronomia, 45 pp.

Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, (2005), Apontamentos de Rega e Drenagem, UEM, Maputo, Moçambique.

BRITO, R., Sais e Salinidade, Caso do Regadio de Chókwè, Seminário de Equipa, Moçambique, 28 e 29 de Julho de 2004.

BERNARDO, S. 1989. Manual de Irrigação. 5ª edição. Imprensa Universitária. Minas Gerais. Brazil. 595 pp.

FAO, 1989, Irrigation water management, Training manuals - 4 em www.fao.org acedido aos 8 de Outubro de 2006.

FAO, SAWA, A.P, FRENKEN. K, 2002, Irrigation Manual – Planning, Development Monitoring and Evaluation of Irrigated Agriculture With Farmer Participation, Volume IV, Harare, 81 pp.

HERNANDEZ, J.F.G, ABREU, J.M.H, LOPEZ, J.R, REGALADO, A.P, 1987, El Riego Localizado, Curso internacional de Riego localizado, Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, Ministério da Agricultura, Pesca y Alimentacion, Madrid-Espanha, 317 pp.

HEEMSKERK, W,1993, Espécies e variedades de Feijão Existentes em Moçambique, Série Divulgação N°12, 2ª Edição, INIA, Maputo - Moçambique, 53 pp.

INIA- Departamento de terra e água, 1993, Os Solos das Províncias de Maputo e Gaza, Explicações dos Mapas de Solos (Escala 1:50000), Comunicação nº 76, Série Terra e Água, Maputo-Moçambique.

Ministério da Agricultura, s.d , Normas Técnicas Elementares Agrícolas, Unidade de Direcção Agrícola, Instituto Nacional do Livro e do Disco, Maputo – Moçambique, 236 pp.

Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, Programa Competir – Região Agrícola de Chókwè, Diagnostico da Fileira Agrícola, Junho de 2001.

RAPOSO, J.R, 1996, A Rega - dos primitivos regadios as modernas técnicas de rega, Fundação Calouste Gulberkin, Lisboa, 469 pp.

TOUBER.L, NOOET.L.F, 1985, Avaliação de Terá para Agricultura Regada na Área do “Siremo”, Vale Do Limpopo. Volume II- anexos, Série Terra e Água, Instituto de Investigação Agronómica, Comunicação nº26, Maputo, Moçambique,

YAGÜE, J.L.F, 1996, Técnicas de Riego, 2ª edição, Grupo Mundi-Prensa, México, 471 pp.

Sites:

www.azud.com

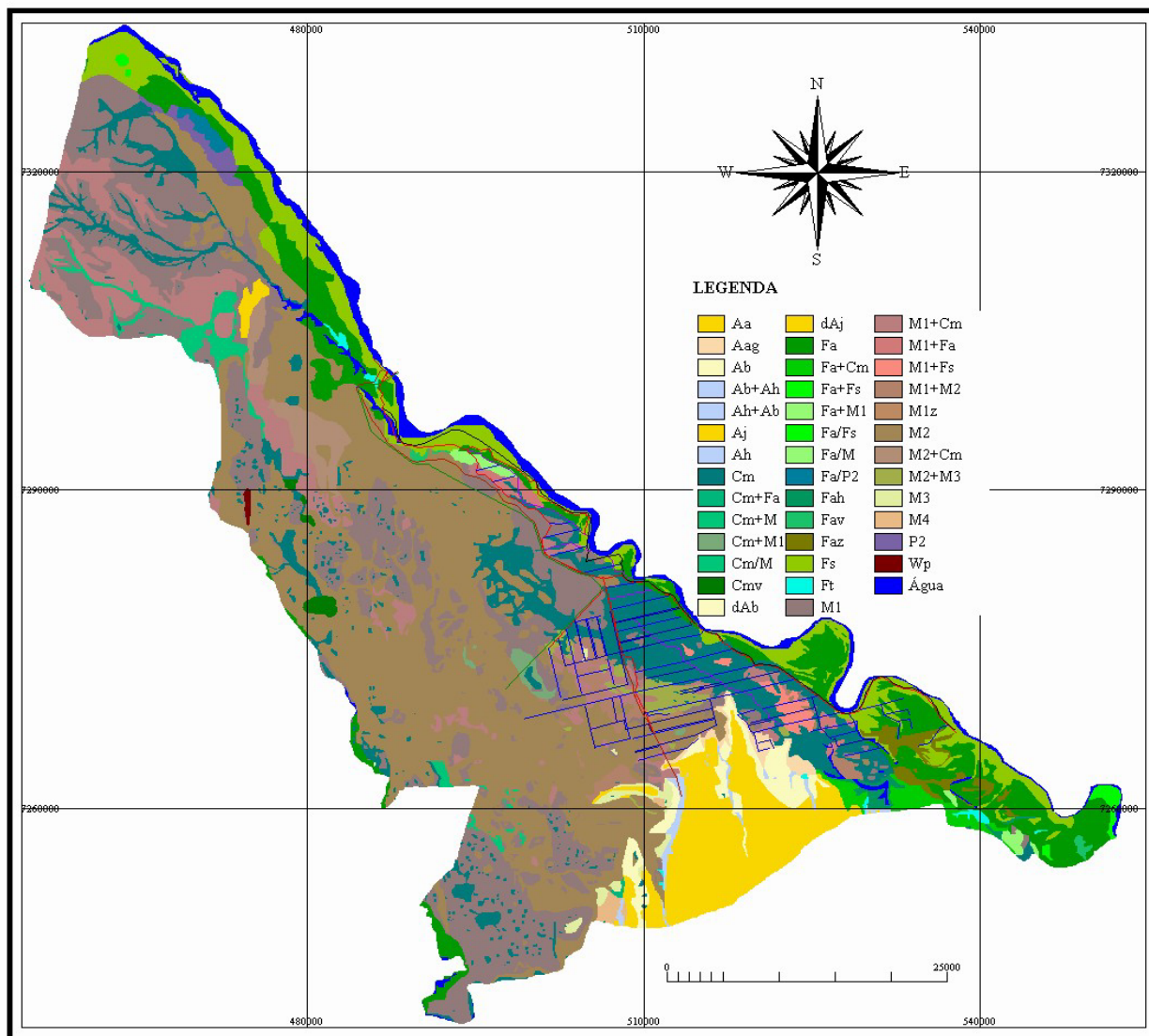
www.toro-ag.it

www.FAO.org

ANEXOS

Anexo A- Carta de Solos do Distrito e Perímetro Irrigado de Chókwè

CARTA DE SOLOS
DISTRITO E PERÍMETRO IRRIGADO DE CHÓKWÈ



Anexo B – Características do agrupamento M2 (fonte: INIA, 1993)

Característica	Unidade	Topsolo	Subsolo
pH-H ₂ O	log	5.1-7.5	6.0-8.1
Matéria orgânica		0.6-2.8	-
PST		0.9-3.2	0.3-39
Saturação de bases	%	50-99	77-100
Nitrogénio		0.004-0.120	-
Capacidade de troca catiónica – solo	Meq/100g	12-Apr	Sep-35
Capacidade de troca catiónica – argila		-	48-110
Fósforo assimilável		0.8-4.4	-
Condutividade eléctrica	dS m ⁻¹	0.5-0.8	0.8-10

Tabela 6				
Unidade de mapeamento M2				
Horizonte	A	E	Bt _{na1}	Bt _{na2}
Profundidade (cm)	0_5	5_10	10_50	50_80
Humidade PF2.0 (%de peso)	—	16.7	16.7	—
Humidade PF2.5 (%de peso)	—	15.6	15.5	—
Humidade PF3.6 (%de peso)	—	14.8	14.3	—
Humidade PF4.2 (%de peso)	—	12.2	11.7	—
Densidade real (g/cm ³)	—	—	—	—
Densidade aparente (g/cm ³)	—	1.65	1.72	—
Densidade água =1g/cm ³	—	—	—	—
Água disponível (mm/m)*	—	74.25	86	—
* Parâmetro calculado				

Anexo C – Dados Culturais Usados Para o Cálculo Do In (fonte: FAO 56 e FAO Crop Water Management)

Alface

Crop	Init. (L _{ini})	Dev. (L _{dev})	Mid (L _{mid})	Late (L _{late})	Total	Plant Date	Region
a. Small Vegetables							
Broccoli	35	45	40	15	135	Sept	Calif. Desert, USA
Cabbage	40	60	50	15	165	Sept	Calif. Desert, USA
Carrots	20	30	50/30	20	100	Oct/Jan	Arid climate
	30	40	60	20	150	Feb/Mar	Mediterranean
	30	50	90	30	200	Oct	Calif. Desert, USA
Cauliflower	35	50	40	15	140	Sept	Calif. Desert, USA
Celery	25	40	95	20	180	Oct	(Semi) Arid
	25	40	45	15	125	April	Mediterranean
	30	55	105	20	210	Jan	(Semi) Arid
Crucifers ¹	20	30	20	10	80	April	Mediterranean
	25	35	25	10	95	February	Mediterranean
	30	35	90	40	195	Oct/Nov	Mediterranean
Lettuce	20	30	15	10	75	April	Mediterranean
	30	40	25	10	105	Nov/Jan	Mediterranean
	25	35	30	10	100	Oct/Nov	Arid Region
	35	50	45	10	140	Feb	Mediterranean
Onion (dry)	15	25	70	40	150	April	Mediterranean
	20	35	110	45	210	Oct; Jan.	Arid Region; Calif.
Onion (green)	25	30	10	5	70	April/May	Mediterranean
	20	45	20	10	95	October	Arid Region
	30	55	55	40	180	March	Calif., USA

Crop	K _{cini} ¹	K _{c mid}	K _{c end}	Maximum Crop Height (h) (m)
a. Small Vegetables				
	0.7	1.05	0.95	
Broccoli		1.05	0.95	0.3
Brussel Sprouts		1.05	0.95	0.4
Cabbage		1.05	0.95	0.4
Carrots		1.05	0.95	0.3
Cauliflower		1.05	0.95	0.4
Celery		1.05	1.00	0.6
Garlic		1.00	0.70	0.3
Lettuce		1.00	0.95	0.3
Onions				
- dry		1.05	0.75	0.4
- green		1.00	1.00	0.3
- seed		1.05	0.80	0.5
Spinach		1.00	0.95	0.3
Radish		0.90	0.85	0.3

Batata

	Stages of Development					Plant date	Region
Crop characteristic	Initial	Crop Development	Mid-season	Late	Total		
Stage length, days	25	30	30/45	30	115/130	Jan/Nov	(Semi)Arid Climate
	25	30	45	30	130	May	Continental Climate
	30	35	50	30	145	April	Europe
	45	30	70	20	165	Apr/May	Idaho, USA
	30	35	50	25	140	Dec	Calf. Desert, USA
Depletion Coefficient, p	0.25	>>	0.3	0.5	-		
Root Depth, m	0.3	>>	>>	0.6	-		
Crop Coefficient, Kc	0.5	>>	1.15	0.75	-		
Yield Response Factor, Ky	0.45	-	0.8	0.7	1.1		

Tomateiro

	Stages of Development					Plant date	Region
Crop characteristic	Initial	Crop Development	Mid-season	Late	Total		
Stage length, days	30	40	40	25	135	Jan	Arid Region
	35	40	50	30	155	Apr/May	Calif., USA
	25	40	60	30	155	Jan	Calif. Desert, USA
	35	45	70	30	180	Oct/Nov	Arid Region
	30	40	45	30	145	Apr/May	Mediterranean
Depletion Coefficient, p	0.3	>>	0.4	0.5	0.3		
Root Depth, m	0.25	>>	>>	1.0	-		
Crop Coefficient, Kc	0.6	>>	1.15	0.7-0.9	-		
Yield Response Factor, Ky	0.4	1.1	0.8	0.4	1.05		

Batata-doce

d. Roots and Tubers	0.5	1.10	0.95	
Beets, table		1.05	0.95	0.4
Cassava				
- year 1	0.3	0.80 ³	0.30	1.0
- year 2	0.3	1.10	0.50	1.5
Parsnip	0.5	1.05	0.95	0.4
Potato		1.15	0.75 ⁴	0.6
<u>Sweet Potato</u>		1.15	0.65	0.4
Turnip (and Rutabaga)		1.10	0.95	0.6
Sugar Beet	0.35	1.20	0.70 ⁵	0.5

d. Roots and Tubers							
Beets, table	15	25	20	10	70	Apr/May	Mediterranean
	25	30	25	10	90	Feb/Mar	Mediterranean & Arid
Cassava: year 1	20	40	90	60	210	Rainy	Tropical regions
year 2	150	40	110	60	360	season	
Potato	25	30	30/45	30	115/130	Jan/Nov	(Semi) Arid Climate
	25	30	45	30	130	May	Continental Climate
	30	35	50	30	145	April	Europe
	45	30	70	20	165	Apr/May	Idaho, USA
	30	35	50	25	140	Dec	Calif. Desert, USA
<u>Sweet potato</u>	20	30	60	40	150	April	Mediterranean
	15	30	50	30	125	Rainy seas.	Tropical regions
Sugarbeet	30	45	90	15	180	March	Calif., USA
	25	30	90	10	155	June	Calif., USA
	25	65	100	65	255	Sept	Calif. Desert, USA
	50	40	50	40	180	April	Idaho, USA
	25	35	50	50	160	May	Mediterranean
	45	75	80	30	230	November	Mediterranean
	35	60	70	40	205	November	Arid Regions

Feijão verde

Bean-fresh							
Stage length, days	20	30	30	10	90	Feb/Mar	Calif., Mediterranean
	15	25	25	10	75	Aug/Sep	Calif., Egypt, Lebanon
Depletion Coefficient, p	0.45	>>	0.45	0.6	-		
Root Depth, m	0.30	>>	>>	1.0	-		
Crop Coefficient, Kc	0.5	>>	1.05	0.9	-		
Yield Response Factor, Ky	0.2	1.1	0.75	0.4	1.15		

ANEXO D: Resultados do cálculo das Necessidades de Agua das Culturas

- Crop # 1 : Tomate
- Block # : [All blocks]
- Planting date : 1/6
- Calculation time step = 1 Day(s)
- Irrigation Efficiency = 70%

Date	ETo (mm/period)	Planted Area Kc (%)	Crop (ETm)	CWR Rain	Total Rain	Effect. Req.	Irr.	FWS (l/s/ha)
1/6	2.59	100.00	0.60	1.56	0.00	0.00	1.56	0.26
2/6	2.58	100.00	0.60	1.55	0.00	0.00	1.55	0.26
3/6	2.57	100.00	0.60	1.54	0.00	0.00	1.54	0.26
4/6	2.57	100.00	0.60	1.54	0.00	0.00	1.54	0.25
5/6	2.56	100.00	0.60	1.53	0.00	0.00	1.53	0.25
6/6	2.55	100.00	0.60	1.53	0.00	0.00	1.53	0.25
7/6	2.54	100.00	0.60	1.52	0.00	0.00	1.52	0.25
8/6	2.53	100.00	0.60	1.52	0.00	0.00	1.52	0.25
9/6	2.53	100.00	0.60	1.52	0.00	0.00	1.52	0.25
10/6	2.52	100.00	0.60	1.51	0.00	0.00	1.51	0.25
11/6	2.52	100.00	0.60	1.51	0.00	0.00	1.51	0.25
12/6	2.51	100.00	0.60	1.51	0.00	0.00	1.51	0.25
13/6	2.51	100.00	0.60	1.50	0.00	0.00	1.50	0.25
14/6	2.50	100.00	0.60	1.50	0.00	0.00	1.50	0.25
15/6	2.50	100.00	0.60	1.50	0.00	0.00	1.50	0.25
16/6	2.50	100.00	0.60	1.50	0.00	0.00	1.50	0.25
17/6	2.49	100.00	0.60	1.50	0.00	0.00	1.50	0.25
18/6	2.49	100.00	0.60	1.49	0.00	0.00	1.49	0.25
19/6	2.49	100.00	0.60	1.49	0.00	0.00	1.49	0.25
20/6	2.49	100.00	0.60	1.49	0.00	0.00	1.49	0.25
21/6	2.49	100.00	0.60	1.49	0.00	0.00	1.49	0.25
22/6	2.49	100.00	0.60	1.49	0.00	0.00	1.49	0.25
23/6	2.49	100.00	0.60	1.49	0.00	0.00	1.49	0.25
24/6	2.49	100.00	0.60	1.49	0.00	0.00	1.49	0.25
25/6	2.49	100.00	0.60	1.50	0.00	0.00	1.50	0.25
26/6	2.50	100.00	0.60	1.50	0.00	0.00	1.50	0.25
27/6	2.50	100.00	0.60	1.50	0.00	0.00	1.50	0.25
28/6	2.50	100.00	0.60	1.50	0.00	0.00	1.50	0.25
29/6	2.51	100.00	0.60	1.50	0.00	0.00	1.50	0.25

30/6	2.51	100.00	0.60	1.51	0.00	0.00	1.51	0.25
1/7	2.51	100.00	0.61	1.54	0.00	0.00	1.54	0.26
2/7	2.52	100.00	0.63	1.58	0.00	0.00	1.58	0.26
3/7	2.53	100.00	0.64	1.62	0.00	0.00	1.62	0.27
4/7	2.53	100.00	0.66	1.66	0.00	0.00	1.66	0.27
5/7	2.54	100.00	0.67	1.70	0.00	0.00	1.70	0.28
6/7	2.55	100.00	0.68	1.74	0.00	0.00	1.74	0.29
7/7	2.56	100.00	0.70	1.78	0.00	0.00	1.78	0.29
8/7	2.56	100.00	0.71	1.82	0.00	0.00	1.82	0.30
9/7	2.57	100.00	0.72	1.86	0.00	0.00	1.86	0.31
10/7	2.58	100.00	0.74	1.90	0.00	0.00	1.90	0.31
11/7	2.59	100.00	0.75	1.95	0.00	0.00	1.95	0.32
12/7	2.60	100.00	0.76	1.99	0.00	0.00	1.99	0.33
13/7	2.61	100.00	0.78	2.04	0.00	0.00	2.04	0.34
14/7	2.63	100.00	0.79	2.08	0.00	0.00	2.08	0.34
15/7	2.64	100.00	0.81	2.13	0.00	0.00	2.13	0.35
16/7	2.65	100.00	0.82	2.17	0.00	0.00	2.17	0.36
17/7	2.66	100.00	0.83	2.22	0.00	0.00	2.22	0.37
18/7	2.68	100.00	0.85	2.27	0.00	0.00	2.27	0.38
19/7	2.69	100.00	0.86	2.32	0.00	0.00	2.32	0.38
20/7	2.70	100.00	0.88	2.37	0.00	0.00	2.37	0.39
21/7	2.72	100.00	0.89	2.42	0.00	0.00	2.42	0.40
22/7	2.73	100.00	0.90	2.47	0.00	0.00	2.47	0.41
23/7	2.75	100.00	0.92	2.52	0.00	0.00	2.52	0.42
24/7	2.77	100.00	0.93	2.57	0.00	0.00	2.57	0.43
25/7	2.78	100.00	0.94	2.63	0.00	0.00	2.63	0.43
26/7	2.80	100.00	0.96	2.68	0.00	0.00	2.68	0.44
27/7	2.82	100.00	0.97	2.74	0.00	0.00	2.74	0.45
28/7	2.84	100.00	0.99	2.79	0.00	0.00	2.79	0.46
29/7	2.85	100.00	1.00	2.85	0.00	0.00	2.85	0.47
30/7	2.87	100.00	1.01	2.91	0.00	0.00	2.91	0.48
31/7	2.89	100.00	1.03	2.97	0.00	0.00	2.97	0.49
1/8	2.91	100.00	1.04	3.03	0.00	0.00	3.03	0.50
2/8	2.93	100.00	1.05	3.09	0.00	0.00	3.09	0.51
3/8	2.95	100.00	1.07	3.15	0.00	0.00	3.15	0.52
4/8	2.97	100.00	1.08	3.22	0.00	0.00	3.22	0.53
5/8	3.00	100.00	1.10	3.28	0.00	0.00	3.28	0.54
6/8	3.02	100.00	1.11	3.35	0.00	0.00	3.35	0.55
7/8	3.04	100.00	1.12	3.41	0.00	0.00	3.41	0.56
8/8	3.06	100.00	1.14	3.48	0.00	0.00	3.48	0.58
9/8	3.08	100.00	1.15	3.55	0.00	0.00	3.55	0.59
10/8	3.11	100.00	1.15	3.57	0.00	0.00	3.57	0.59
11/8	3.13	100.00	1.15	3.60	0.00	0.00	3.60	0.60

12/8	3.15	100.00	1.15	3.63	0.00	0.00	3.63	0.60
13/8	3.18	100.00	1.15	3.66	0.00	0.00	3.66	0.60
14/8	3.20	100.00	1.15	3.68	0.00	0.00	3.68	0.61
15/8	3.23	100.00	1.15	3.71	0.00	0.00	3.71	0.61
16/8	3.25	100.00	1.15	3.74	0.00	0.00	3.74	0.62
17/8	3.28	100.00	1.15	3.77	0.00	0.00	3.77	0.62
18/8	3.30	100.00	1.15	3.80	0.00	0.00	3.80	0.63
19/8	3.33	100.00	1.15	3.83	0.00	0.00	3.83	0.63
20/8	3.36	100.00	1.15	3.86	0.00	0.00	3.86	0.64
21/8	3.38	100.00	1.15	3.89	0.00	0.00	3.89	0.64
22/8	3.41	100.00	1.15	3.92	0.00	0.00	3.92	0.65
23/8	3.44	100.00	1.15	3.95	0.00	0.00	3.95	0.65
24/8	3.46	100.00	1.15	3.98	0.00	0.00	3.98	0.66
25/8	3.49	100.00	1.15	4.02	0.00	0.00	4.02	0.66
26/8	3.52	100.00	1.15	4.05	0.00	0.00	4.05	0.67
27/8	3.55	100.00	1.15	4.08	0.00	0.00	4.08	0.67
28/8	3.58	100.00	1.15	4.11	0.00	0.00	4.11	0.68
29/8	3.60	100.00	1.15	4.15	0.00	0.00	4.15	0.69
30/8	3.63	100.00	1.15	4.18	0.00	0.00	4.18	0.69
31/8	3.66	100.00	1.15	4.21	0.00	0.00	4.21	0.70
1/9	3.69	100.00	1.15	4.24	0.00	0.00	4.24	0.70
2/9	3.72	100.00	1.15	4.28	0.00	0.00	4.28	0.71
3/9	3.75	100.00	1.15	4.31	0.00	0.00	4.31	0.71
4/9	3.78	100.00	1.15	4.35	0.00	0.00	4.35	0.72
5/9	3.81	100.00	1.15	4.38	0.00	0.00	4.38	0.72
6/9	3.84	100.00	1.15	4.41	0.00	0.00	4.41	0.73
7/9	3.87	100.00	1.15	4.45	0.00	0.00	4.45	0.74
8/9	3.90	100.00	1.15	4.48	0.00	0.00	4.48	0.74
9/9	3.93	100.00	1.15	4.52	0.00	0.00	4.52	0.75
10/9	3.96	100.00	1.15	4.55	0.00	0.00	4.55	0.75
11/9	3.99	100.00	1.15	4.59	0.00	0.00	4.59	0.76
12/9	4.02	100.00	1.15	4.62	0.00	0.00	4.62	0.76
13/9	4.05	100.00	1.15	4.66	0.00	0.00	4.66	0.77
14/9	4.08	100.00	1.15	4.69	0.00	0.00	4.69	0.78
15/9	4.11	100.00	1.15	4.73	0.00	0.00	4.73	0.78
16/9	4.14	100.00	1.15	4.76	0.00	0.00	4.76	0.79
17/9	4.17	100.00	1.15	4.80	0.00	0.00	4.80	0.79
18/9	4.20	100.00	1.15	4.83	0.00	0.00	4.83	0.80
19/9	4.23	100.00	1.15	4.87	0.00	0.00	4.87	0.80
20/9	4.26	100.00	1.15	4.90	0.00	0.00	4.90	0.81
21/9	4.29	100.00	1.15	4.94	0.00	0.00	4.94	0.82
22/9	4.33	100.00	1.15	4.97	0.00	0.00	4.97	0.82
23/9	4.36	100.00	1.15	5.01	0.00	0.00	5.01	0.83

24/9	4.39	100.00	1.14	4.99	0.00	0.00	4.99	0.83
25/9	4.42	100.00	1.13	4.98	0.00	0.00	4.98	0.82
26/9	4.45	100.00	1.12	4.96	0.00	0.00	4.96	0.82
27/9	4.48	100.00	1.10	4.94	0.00	0.00	4.94	0.82
28/9	4.51	100.00	1.09	4.92	0.00	0.00	4.92	0.81
29/9	4.54	100.00	1.08	4.90	0.00	0.00	4.90	0.81
30/9	4.57	100.00	1.07	4.88	0.00	0.00	4.88	0.81
1/10	4.60	100.00	1.06	4.86	0.00	0.00	4.86	0.80
2/10	4.63	100.00	1.04	4.84	0.00	0.00	4.84	0.80
3/10	4.66	100.00	1.03	4.81	0.00	0.00	4.81	0.80
4/10	4.69	100.00	1.02	4.79	0.00	0.00	4.79	0.79
5/10	4.72	100.00	1.01	4.76	0.00	0.00	4.76	0.79
6/10	4.75	100.00	1.00	4.74	0.00	0.00	4.74	0.78
7/10	4.77	100.00	0.99	4.71	0.00	0.00	4.71	0.78
8/10	4.80	100.00	0.98	4.68	0.00	0.00	4.68	0.77
9/10	4.83	100.00	0.96	4.66	0.00	0.00	4.66	0.77
10/10	4.86	100.00	0.95	4.63	0.00	0.00	4.63	0.76
11/10	4.89	100.00	0.94	4.60	0.00	0.00	4.60	0.76
12/10	4.92	100.00	0.93	4.57	0.00	0.00	4.57	0.75
13/10	4.95	100.00	0.92	4.53	0.00	0.00	4.53	0.75
14/10	4.97	100.00	0.90	4.50	0.00	0.00	4.50	0.74
15/10	5.00	100.00	0.89	4.47	0.00	0.00	4.47	0.74
16/10	5.03	100.00	0.88	4.43	0.00	0.00	4.43	0.73
17/10	5.05	100.00	0.87	4.40	0.00	0.00	4.40	0.73
18/10	5.08	100.00	0.86	4.36	0.00	0.00	4.36	0.72
19/10	5.11	100.00	0.85	4.32	0.00	0.00	4.32	0.72
20/10	5.13	100.00	0.84	4.29	0.00	0.00	4.29	0.71
21/10	5.16	100.00	0.82	4.25	0.00	0.00	4.25	0.70
22/10	5.18	100.00	0.81	4.21	0.00	0.00	4.21	0.70
23/10	5.21	100.00	0.80	4.17	0.00	0.00	4.17	0.69

Total 496.28 474.02 0.00 0.00 474.02 [0.54]

* ETo data is distributed using polynomial curve fitting.

* Rainfall data is distributed using polynomial curve fitting.

F:\TOMATE.TXT

- Crop # 1 : Feijão Verde
- Block # : [All blocks]
- Planting date : 1/6
- Calculation time step = 1 Day(s)
- Irrigation Efficiency = 70%

Date	ETo (mm/period)	Planted Area Kc (%)	Crop (ETm)	CWR Rain	Total Rain	Effect. Req.	Irr.	FWS (l/s/ha)
1/6	2.59	100.00	0.50	1.30	0.00	0.00	1.30	0.21
2/6	2.58	100.00	0.50	1.29	0.00	0.00	1.29	0.21
3/6	2.57	100.00	0.50	1.29	0.00	0.00	1.29	0.21
4/6	2.57	100.00	0.50	1.28	0.00	0.00	1.28	0.21
5/6	2.56	100.00	0.50	1.28	0.00	0.00	1.28	0.21
6/6	2.55	100.00	0.50	1.27	0.00	0.00	1.27	0.21
7/6	2.54	100.00	0.50	1.27	0.00	0.00	1.27	0.21
8/6	2.53	100.00	0.50	1.27	0.00	0.00	1.27	0.21
9/6	2.53	100.00	0.50	1.26	0.00	0.00	1.26	0.21
10/6	2.52	100.00	0.50	1.26	0.00	0.00	1.26	0.21
11/6	2.52	100.00	0.50	1.26	0.00	0.00	1.26	0.21
12/6	2.51	100.00	0.50	1.26	0.00	0.00	1.26	0.21
13/6	2.51	100.00	0.50	1.25	0.00	0.00	1.25	0.21
14/6	2.50	100.00	0.50	1.25	0.00	0.00	1.25	0.21
15/6	2.50	100.00	0.50	1.25	0.00	0.00	1.25	0.21
16/6	2.50	100.00	0.50	1.25	0.00	0.00	1.25	0.21
17/6	2.49	100.00	0.50	1.25	0.00	0.00	1.25	0.21
18/6	2.49	100.00	0.50	1.25	0.00	0.00	1.25	0.21
19/6	2.49	100.00	0.50	1.24	0.00	0.00	1.24	0.21
20/6	2.49	100.00	0.50	1.24	0.00	0.00	1.24	0.21
21/6	2.49	100.00	0.52	1.29	0.00	0.00	1.29	0.21
22/6	2.49	100.00	0.54	1.34	0.00	0.00	1.34	0.22
23/6	2.49	100.00	0.56	1.38	0.00	0.00	1.38	0.23
24/6	2.49	100.00	0.57	1.43	0.00	0.00	1.43	0.24
25/6	2.49	100.00	0.59	1.47	0.00	0.00	1.47	0.24
26/6	2.50	100.00	0.61	1.52	0.00	0.00	1.52	0.25
27/6	2.50	100.00	0.63	1.57	0.00	0.00	1.57	0.26
28/6	2.50	100.00	0.65	1.62	0.00	0.00	1.62	0.27
29/6	2.51	100.00	0.66	1.67	0.00	0.00	1.67	0.28
30/6	2.51	100.00	0.68	1.71	0.00	0.00	1.71	0.28

1/7	2.51	100.00	0.70	1.76	0.00	0.00	1.76	0.29
2/7	2.52	100.00	0.72	1.81	0.00	0.00	1.81	0.30
3/7	2.53	100.00	0.74	1.87	0.00	0.00	1.87	0.31
4/7	2.53	100.00	0.76	1.92	0.00	0.00	1.92	0.32
5/7	2.54	100.00	0.77	1.97	0.00	0.00	1.97	0.33
6/7	2.55	100.00	0.79	2.02	0.00	0.00	2.02	0.33
7/7	2.56	100.00	0.81	2.07	0.00	0.00	2.07	0.34
8/7	2.56	100.00	0.83	2.13	0.00	0.00	2.13	0.35
9/7	2.57	100.00	0.85	2.18	0.00	0.00	2.18	0.36
10/7	2.58	100.00	0.87	2.24	0.00	0.00	2.24	0.37
11/7	2.59	100.00	0.88	2.29	0.00	0.00	2.29	0.38
12/7	2.60	100.00	0.90	2.35	0.00	0.00	2.35	0.39
13/7	2.61	100.00	0.92	2.41	0.00	0.00	2.41	0.40
14/7	2.63	100.00	0.94	2.47	0.00	0.00	2.47	0.41
15/7	2.64	100.00	0.96	2.53	0.00	0.00	2.53	0.42
16/7	2.65	100.00	0.98	2.59	0.00	0.00	2.59	0.43
17/7	2.66	100.00	0.99	2.65	0.00	0.00	2.65	0.44
18/7	2.68	100.00	1.01	2.71	0.00	0.00	2.71	0.45
19/7	2.69	100.00	1.03	2.78	0.00	0.00	2.78	0.46
20/7	2.70	100.00	1.05	2.84	0.00	0.00	2.84	0.47
21/7	2.72	100.00	1.05	2.86	0.00	0.00	2.86	0.47
22/7	2.73	100.00	1.05	2.87	0.00	0.00	2.87	0.47
23/7	2.75	100.00	1.05	2.89	0.00	0.00	2.89	0.48
24/7	2.77	100.00	1.05	2.91	0.00	0.00	2.91	0.48
25/7	2.78	100.00	1.05	2.92	0.00	0.00	2.92	0.48
26/7	2.80	100.00	1.05	2.94	0.00	0.00	2.94	0.49
27/7	2.82	100.00	1.05	2.96	0.00	0.00	2.96	0.49
28/7	2.84	100.00	1.05	2.98	0.00	0.00	2.98	0.49
29/7	2.85	100.00	1.05	3.00	0.00	0.00	3.00	0.50
30/7	2.87	100.00	1.05	3.02	0.00	0.00	3.02	0.50
31/7	2.89	100.00	1.05	3.04	0.00	0.00	3.04	0.50
1/8	2.91	100.00	1.05	3.06	0.00	0.00	3.06	0.51
2/8	2.93	100.00	1.05	3.08	0.00	0.00	3.08	0.51
3/8	2.95	100.00	1.05	3.10	0.00	0.00	3.10	0.51
4/8	2.97	100.00	1.05	3.12	0.00	0.00	3.12	0.52
5/8	3.00	100.00	1.05	3.15	0.00	0.00	3.15	0.52
6/8	3.02	100.00	1.05	3.17	0.00	0.00	3.17	0.52
7/8	3.04	100.00	1.05	3.19	0.00	0.00	3.19	0.53
8/8	3.06	100.00	1.05	3.21	0.00	0.00	3.21	0.53
9/8	3.08	100.00	1.05	3.24	0.00	0.00	3.24	0.54
10/8	3.11	100.00	1.05	3.26	0.00	0.00	3.26	0.54
11/8	3.13	100.00	1.05	3.29	0.00	0.00	3.29	0.54
12/8	3.15	100.00	1.05	3.31	0.00	0.00	3.31	0.55

13/8	3.18	100.00	1.05	3.34	0.00	0.00	3.34	0.55
14/8	3.20	100.00	1.05	3.36	0.00	0.00	3.36	0.56
15/8	3.23	100.00	1.05	3.39	0.00	0.00	3.39	0.56
16/8	3.25	100.00	1.05	3.42	0.00	0.00	3.42	0.56
17/8	3.28	100.00	1.05	3.44	0.00	0.00	3.44	0.57
18/8	3.30	100.00	1.05	3.47	0.00	0.00	3.47	0.57
19/8	3.33	100.00	1.05	3.50	0.00	0.00	3.50	0.58
20/8	3.36	100.00	1.03	3.47	0.00	0.00	3.47	0.57
21/8	3.38	100.00	1.02	3.45	0.00	0.00	3.45	0.57
22/8	3.41	100.00	1.00	3.43	0.00	0.00	3.43	0.57
23/8	3.44	100.00	0.99	3.40	0.00	0.00	3.40	0.56
24/8	3.46	100.00	0.97	3.38	0.00	0.00	3.38	0.56
25/8	3.49	100.00	0.96	3.35	0.00	0.00	3.35	0.55
26/8	3.52	100.00	0.94	3.33	0.00	0.00	3.33	0.55
27/8	3.55	100.00	0.93	3.30	0.00	0.00	3.30	0.55
28/8	3.58	100.00	0.91	3.27	0.00	0.00	3.27	0.54
29/8	3.60	100.00	0.90	3.24	0.00	0.00	3.24	0.54

Total 252.17 213.96 0.00 0.00 213.96 [0.39]

* ETo data is distributed using polynomial curve fitting.

* Rainfall data is distributed using polynomial curve fitting.

F:\FEVERDE.TXT

- Crop # 1 : Alfaca
- Block # : [All blocks]
- Planting date : 1/9
- Calculation time step = 1 Day(s)
- Irrigation Efficiency = 70%

Date	ETo (mm/period)	Planted Area Kc (%)	Crop (ETm)	CWR Rain	Total Rain	Effect. Req.	Irr.	FWS (l/s/ha)
1/9	3.69	100.00	0.80	2.95	0.00	0.00	2.95	0.49
2/9	3.72	100.00	0.80	2.98	0.00	0.00	2.98	0.49
3/9	3.75	100.00	0.80	3.00	0.00	0.00	3.00	0.50
4/9	3.78	100.00	0.80	3.02	0.00	0.00	3.02	0.50
5/9	3.81	100.00	0.80	3.05	0.00	0.00	3.05	0.50
6/9	3.84	100.00	0.80	3.07	0.00	0.00	3.07	0.51
7/9	3.87	100.00	0.80	3.09	0.00	0.00	3.09	0.51
8/9	3.90	100.00	0.80	3.12	0.00	0.00	3.12	0.52
9/9	3.93	100.00	0.80	3.14	0.00	0.00	3.14	0.52
10/9	3.96	100.00	0.80	3.17	0.00	0.00	3.17	0.52
11/9	3.99	100.00	0.80	3.19	0.00	0.00	3.19	0.53
12/9	4.02	100.00	0.80	3.22	0.00	0.00	3.22	0.53
13/9	4.05	100.00	0.80	3.24	0.00	0.00	3.24	0.54
14/9	4.08	100.00	0.80	3.26	0.00	0.00	3.26	0.54
15/9	4.11	100.00	0.80	3.29	0.00	0.00	3.29	0.54
16/9	4.14	100.00	0.80	3.31	0.00	0.00	3.31	0.55
17/9	4.17	100.00	0.80	3.34	0.00	0.00	3.34	0.55
18/9	4.20	100.00	0.80	3.36	0.00	0.00	3.36	0.56
19/9	4.23	100.00	0.80	3.39	0.00	0.00	3.39	0.56
20/9	4.26	100.00	0.80	3.41	0.00	0.00	3.41	0.56
21/9	4.29	100.00	0.80	3.44	0.00	0.00	3.44	0.57
22/9	4.33	100.00	0.80	3.46	0.00	0.00	3.46	0.57
23/9	4.36	100.00	0.80	3.48	0.00	0.00	3.48	0.58
24/9	4.39	100.00	0.80	3.51	0.00	0.00	3.51	0.58
25/9	4.42	100.00	0.80	3.53	0.00	0.00	3.53	0.58
26/9	4.45	100.00	0.81	3.58	0.00	0.00	3.58	0.59
27/9	4.48	100.00	0.81	3.63	0.00	0.00	3.63	0.60
28/9	4.51	100.00	0.82	3.68	0.00	0.00	3.68	0.61
29/9	4.54	100.00	0.82	3.73	0.00	0.00	3.73	0.62
30/9	4.57	100.00	0.83	3.78	0.00	0.00	3.78	0.63

1/10	4.60	100.00	0.83	3.84	0.00	0.00	3.84	0.63
2/10	4.63	100.00	0.84	3.89	0.00	0.00	3.89	0.64
3/10	4.66	100.00	0.85	3.94	0.00	0.00	3.94	0.65
4/10	4.69	100.00	0.85	3.99	0.00	0.00	3.99	0.66
5/10	4.72	100.00	0.86	4.04	0.00	0.00	4.04	0.67
6/10	4.75	100.00	0.86	4.10	0.00	0.00	4.10	0.68
7/10	4.77	100.00	0.87	4.15	0.00	0.00	4.15	0.69
8/10	4.80	100.00	0.87	4.20	0.00	0.00	4.20	0.69
9/10	4.83	100.00	0.88	4.25	0.00	0.00	4.25	0.70
10/10	4.86	100.00	0.89	4.31	0.00	0.00	4.31	0.71
11/10	4.89	100.00	0.89	4.36	0.00	0.00	4.36	0.72
12/10	4.92	100.00	0.90	4.41	0.00	0.00	4.41	0.73
13/10	4.95	100.00	0.90	4.47	0.00	0.00	4.47	0.74
14/10	4.97	100.00	0.91	4.52	0.00	0.00	4.52	0.75
15/10	5.00	100.00	0.91	4.57	0.00	0.00	4.57	0.76
16/10	5.03	100.00	0.92	4.63	0.00	0.00	4.63	0.76
17/10	5.05	100.00	0.93	4.68	0.00	0.00	4.68	0.77
18/10	5.08	100.00	0.93	4.73	0.00	0.00	4.73	0.78
19/10	5.11	100.00	0.94	4.79	0.00	0.00	4.79	0.79
20/10	5.13	100.00	0.94	4.84	0.00	0.00	4.84	0.80
21/10	5.16	100.00	0.95	4.89	0.00	0.00	4.89	0.81
22/10	5.18	100.00	0.95	4.95	0.00	0.00	4.95	0.82
23/10	5.21	100.00	0.96	5.00	0.00	0.00	5.00	0.83
24/10	5.23	100.00	0.97	5.06	0.00	0.00	5.06	0.84
25/10	5.26	100.00	0.97	5.11	0.00	0.00	5.11	0.84
26/10	5.28	100.00	0.98	5.16	0.00	0.00	5.16	0.85
27/10	5.31	100.00	0.98	5.22	0.00	0.00	5.22	0.86
28/10	5.33	100.00	0.99	5.27	0.00	0.00	5.27	0.87
29/10	5.35	100.00	0.99	5.32	0.00	0.00	5.32	0.88
30/10	5.38	100.00	1.00	5.38	0.00	0.00	5.38	0.89
31/10	5.40	100.00	1.00	5.40	0.00	0.00	5.40	0.89
1/11	5.42	100.00	1.00	5.42	0.00	0.00	5.42	0.90
2/11	5.44	100.00	1.00	5.44	0.00	0.00	5.44	0.90
3/11	5.46	100.00	1.00	5.46	0.00	0.00	5.46	0.90
4/11	5.48	100.00	1.00	5.48	0.00	0.00	5.48	0.91
5/11	5.50	100.00	1.00	5.50	0.00	0.00	5.50	0.91
6/11	5.52	100.00	1.00	5.52	0.00	0.00	5.52	0.91
7/11	5.54	100.00	1.00	5.54	0.00	0.00	5.54	0.92
8/11	5.56	100.00	1.00	5.56	0.00	0.00	5.56	0.92
9/11	5.58	100.00	1.00	5.58	0.00	0.00	5.58	0.92
10/11	5.60	100.00	1.00	5.60	0.00	0.00	5.60	0.93
11/11	5.62	100.00	1.00	5.62	0.00	0.00	5.62	0.93
12/11	5.63	100.00	1.00	5.63	0.00	0.00	5.63	0.93

13/11	5.65	100.00	1.00	5.65	0.00	0.00	5.65	0.93
14/11	5.67	100.00	1.00	5.67	0.00	0.00	5.67	0.94
15/11	5.68	100.00	1.00	5.68	0.00	0.00	5.68	0.94
16/11	5.70	100.00	1.00	5.70	0.00	0.00	5.70	0.94
17/11	5.71	100.00	1.00	5.71	0.00	0.00	5.71	0.94
18/11	5.73	100.00	1.00	5.73	0.00	0.00	5.73	0.95
19/11	5.74	100.00	1.00	5.74	0.00	0.00	5.74	0.95
20/11	5.75	100.00	1.00	5.75	0.00	0.00	5.75	0.95
21/11	5.77	100.00	1.00	5.77	0.00	0.00	5.77	0.95
22/11	5.78	100.00	1.00	5.78	0.00	0.00	5.78	0.96
23/11	5.79	100.00	1.00	5.79	0.00	0.00	5.79	0.96
24/11	5.80	100.00	1.00	5.80	0.00	0.00	5.80	0.96
25/11	5.81	100.00	1.00	5.81	0.00	0.00	5.81	0.96
26/11	5.82	100.00	1.00	5.82	0.00	0.00	5.82	0.96
27/11	5.83	100.00	1.00	5.83	0.00	0.00	5.83	0.96
28/11	5.84	100.00	1.00	5.84	0.00	0.00	5.84	0.97
29/11	5.85	100.00	1.00	5.85	0.00	0.00	5.85	0.97
30/11	5.86	100.00	1.00	5.83	0.00	0.00	5.83	0.96
1/12	5.87	100.00	0.99	5.81	0.00	0.00	5.81	0.96
2/12	5.87	100.00	0.99	5.78	0.00	0.00	5.78	0.96
3/12	5.88	100.00	0.98	5.76	0.00	0.00	5.76	0.95
4/12	5.89	100.00	0.98	5.74	0.00	0.00	5.74	0.95
5/12	5.89	100.00	0.97	5.71	0.00	0.00	5.71	0.94
6/12	5.90	100.00	0.96	5.69	0.00	0.00	5.69	0.94
7/12	5.90	100.00	0.96	5.66	0.00	0.00	5.66	0.94
8/12	5.90	100.00	0.95	5.64	0.00	0.00	5.64	0.93
9/12	5.91	100.00	0.95	5.61	0.00	0.00	5.61	0.93

 Total 502.51 464.42 0.00 0.00 464.42 [0.77]

* ETo data is distributed using polynomial curve fitting.

* Rainfall data is distributed using polynomial curve fitting.

F:\LETTUCE.TXT

- Crop # 1 : Batata
- Block # : [All blocks]
- Planting date : 1/6
- Calculation time step = 1 Day(s)
- Irrigation Efficiency = 70%

Date	ETo (mm/period)	Planted Area Kc (%)	Crop (ETm)	CWR Rain	Total Rain	Effect. Req.	Irr.	FWS (l/s/ha)
1/6	2.59	100.00	0.50	1.30	0.00	0.00	1.30	0.21
2/6	2.58	100.00	0.50	1.29	0.00	0.00	1.29	0.21
3/6	2.57	100.00	0.50	1.29	0.00	0.00	1.29	0.21
4/6	2.57	100.00	0.50	1.28	0.00	0.00	1.28	0.21
5/6	2.56	100.00	0.50	1.28	0.00	0.00	1.28	0.21
6/6	2.55	100.00	0.50	1.27	0.00	0.00	1.27	0.21
7/6	2.54	100.00	0.50	1.27	0.00	0.00	1.27	0.21
8/6	2.53	100.00	0.50	1.27	0.00	0.00	1.27	0.21
9/6	2.53	100.00	0.50	1.26	0.00	0.00	1.26	0.21
10/6	2.52	100.00	0.50	1.26	0.00	0.00	1.26	0.21
11/6	2.52	100.00	0.50	1.26	0.00	0.00	1.26	0.21
12/6	2.51	100.00	0.50	1.26	0.00	0.00	1.26	0.21
13/6	2.51	100.00	0.50	1.25	0.00	0.00	1.25	0.21
14/6	2.50	100.00	0.50	1.25	0.00	0.00	1.25	0.21
15/6	2.50	100.00	0.50	1.25	0.00	0.00	1.25	0.21
16/6	2.50	100.00	0.50	1.25	0.00	0.00	1.25	0.21
17/6	2.49	100.00	0.50	1.25	0.00	0.00	1.25	0.21
18/6	2.49	100.00	0.50	1.25	0.00	0.00	1.25	0.21
19/6	2.49	100.00	0.50	1.24	0.00	0.00	1.24	0.21
20/6	2.49	100.00	0.50	1.24	0.00	0.00	1.24	0.21
21/6	2.49	100.00	0.50	1.24	0.00	0.00	1.24	0.21
22/6	2.49	100.00	0.50	1.24	0.00	0.00	1.24	0.21
23/6	2.49	100.00	0.50	1.24	0.00	0.00	1.24	0.21
24/6	2.49	100.00	0.50	1.25	0.00	0.00	1.25	0.21
25/6	2.49	100.00	0.50	1.25	0.00	0.00	1.25	0.21
26/6	2.50	100.00	0.52	1.30	0.00	0.00	1.30	0.22
27/6	2.50	100.00	0.54	1.36	0.00	0.00	1.36	0.22
28/6	2.50	100.00	0.56	1.41	0.00	0.00	1.41	0.23
29/6	2.51	100.00	0.59	1.47	0.00	0.00	1.47	0.24

30/6	2.51	100.00	0.61	1.53	0.00	0.00	1.53	0.25
1/7	2.51	100.00	0.63	1.58	0.00	0.00	1.58	0.26
2/7	2.52	100.00	0.65	1.64	0.00	0.00	1.64	0.27
3/7	2.53	100.00	0.67	1.70	0.00	0.00	1.70	0.28
4/7	2.53	100.00	0.69	1.76	0.00	0.00	1.76	0.29
5/7	2.54	100.00	0.72	1.82	0.00	0.00	1.82	0.30
6/7	2.55	100.00	0.74	1.88	0.00	0.00	1.88	0.31
7/7	2.56	100.00	0.76	1.94	0.00	0.00	1.94	0.32
8/7	2.56	100.00	0.78	2.00	0.00	0.00	2.00	0.33
9/7	2.57	100.00	0.80	2.07	0.00	0.00	2.07	0.34
10/7	2.58	100.00	0.82	2.13	0.00	0.00	2.13	0.35
11/7	2.59	100.00	0.85	2.19	0.00	0.00	2.19	0.36
12/7	2.60	100.00	0.87	2.26	0.00	0.00	2.26	0.37
13/7	2.61	100.00	0.89	2.33	0.00	0.00	2.33	0.38
14/7	2.63	100.00	0.91	2.39	0.00	0.00	2.39	0.40
15/7	2.64	100.00	0.93	2.46	0.00	0.00	2.46	0.41
16/7	2.65	100.00	0.95	2.53	0.00	0.00	2.53	0.42
17/7	2.66	100.00	0.98	2.60	0.00	0.00	2.60	0.43
18/7	2.68	100.00	1.00	2.67	0.00	0.00	2.67	0.44
19/7	2.69	100.00	1.02	2.74	0.00	0.00	2.74	0.45
20/7	2.70	100.00	1.04	2.82	0.00	0.00	2.82	0.47
21/7	2.72	100.00	1.06	2.89	0.00	0.00	2.89	0.48
22/7	2.73	100.00	1.09	2.97	0.00	0.00	2.97	0.49
23/7	2.75	100.00	1.11	3.04	0.00	0.00	3.04	0.50
24/7	2.77	100.00	1.13	3.12	0.00	0.00	3.12	0.52
25/7	2.78	100.00	1.15	3.20	0.00	0.00	3.20	0.53
26/7	2.80	100.00	1.15	3.22	0.00	0.00	3.22	0.53
27/7	2.82	100.00	1.15	3.24	0.00	0.00	3.24	0.54
28/7	2.84	100.00	1.15	3.26	0.00	0.00	3.26	0.54
29/7	2.85	100.00	1.15	3.28	0.00	0.00	3.28	0.54
30/7	2.87	100.00	1.15	3.30	0.00	0.00	3.30	0.55
31/7	2.89	100.00	1.15	3.33	0.00	0.00	3.33	0.55
1/8	2.91	100.00	1.15	3.35	0.00	0.00	3.35	0.55
2/8	2.93	100.00	1.15	3.37	0.00	0.00	3.37	0.56
3/8	2.95	100.00	1.15	3.40	0.00	0.00	3.40	0.56
4/8	2.97	100.00	1.15	3.42	0.00	0.00	3.42	0.57
5/8	3.00	100.00	1.15	3.44	0.00	0.00	3.44	0.57
6/8	3.02	100.00	1.15	3.47	0.00	0.00	3.47	0.57
7/8	3.04	100.00	1.15	3.50	0.00	0.00	3.50	0.58
8/8	3.06	100.00	1.15	3.52	0.00	0.00	3.52	0.58
9/8	3.08	100.00	1.15	3.55	0.00	0.00	3.55	0.59
10/8	3.11	100.00	1.15	3.57	0.00	0.00	3.57	0.59
11/8	3.13	100.00	1.15	3.60	0.00	0.00	3.60	0.60

12/8	3.15	100.00	1.15	3.63	0.00	0.00	3.63	0.60
13/8	3.18	100.00	1.15	3.66	0.00	0.00	3.66	0.60
14/8	3.20	100.00	1.15	3.68	0.00	0.00	3.68	0.61
15/8	3.23	100.00	1.15	3.71	0.00	0.00	3.71	0.61
16/8	3.25	100.00	1.15	3.74	0.00	0.00	3.74	0.62
17/8	3.28	100.00	1.15	3.77	0.00	0.00	3.77	0.62
18/8	3.30	100.00	1.15	3.80	0.00	0.00	3.80	0.63
19/8	3.33	100.00	1.15	3.83	0.00	0.00	3.83	0.63
20/8	3.36	100.00	1.15	3.86	0.00	0.00	3.86	0.64
21/8	3.38	100.00	1.15	3.89	0.00	0.00	3.89	0.64
22/8	3.41	100.00	1.15	3.92	0.00	0.00	3.92	0.65
23/8	3.44	100.00	1.15	3.95	0.00	0.00	3.95	0.65
24/8	3.46	100.00	1.15	3.98	0.00	0.00	3.98	0.66
25/8	3.49	100.00	1.15	4.02	0.00	0.00	4.02	0.66
26/8	3.52	100.00	1.15	4.05	0.00	0.00	4.05	0.67
27/8	3.55	100.00	1.15	4.08	0.00	0.00	4.08	0.67
28/8	3.58	100.00	1.15	4.11	0.00	0.00	4.11	0.68
29/8	3.60	100.00	1.15	4.15	0.00	0.00	4.15	0.69
30/8	3.63	100.00	1.15	4.18	0.00	0.00	4.18	0.69
31/8	3.66	100.00	1.15	4.21	0.00	0.00	4.21	0.70
1/9	3.69	100.00	1.15	4.24	0.00	0.00	4.24	0.70
2/9	3.72	100.00	1.15	4.28	0.00	0.00	4.28	0.71
3/9	3.75	100.00	1.15	4.31	0.00	0.00	4.31	0.71
4/9	3.78	100.00	1.15	4.35	0.00	0.00	4.35	0.72
5/9	3.81	100.00	1.15	4.38	0.00	0.00	4.38	0.72
6/9	3.84	100.00	1.15	4.41	0.00	0.00	4.41	0.73
7/9	3.87	100.00	1.15	4.45	0.00	0.00	4.45	0.74
8/9	3.90	100.00	1.15	4.48	0.00	0.00	4.48	0.74
9/9	3.93	100.00	1.14	4.47	0.00	0.00	4.47	0.74
10/9	3.96	100.00	1.12	4.45	0.00	0.00	4.45	0.74
11/9	3.99	100.00	1.11	4.43	0.00	0.00	4.43	0.73
12/9	4.02	100.00	1.10	4.41	0.00	0.00	4.41	0.73
13/9	4.05	100.00	1.08	4.39	0.00	0.00	4.39	0.73
14/9	4.08	100.00	1.07	4.37	0.00	0.00	4.37	0.72
15/9	4.11	100.00	1.06	4.34	0.00	0.00	4.34	0.72
16/9	4.14	100.00	1.04	4.32	0.00	0.00	4.32	0.71
17/9	4.17	100.00	1.03	4.30	0.00	0.00	4.30	0.71
18/9	4.20	100.00	1.02	4.27	0.00	0.00	4.27	0.71
19/9	4.23	100.00	1.00	4.25	0.00	0.00	4.25	0.70
20/9	4.26	100.00	0.99	4.22	0.00	0.00	4.22	0.70
21/9	4.29	100.00	0.98	4.19	0.00	0.00	4.19	0.69
22/9	4.33	100.00	0.96	4.17	0.00	0.00	4.17	0.69
23/9	4.36	100.00	0.95	4.14	0.00	0.00	4.14	0.68

24/9	4.39	100.00	0.94	4.11	0.00	0.00	4.11	0.68
25/9	4.42	100.00	0.92	4.08	0.00	0.00	4.08	0.67
26/9	4.45	100.00	0.91	4.05	0.00	0.00	4.05	0.67
27/9	4.48	100.00	0.90	4.01	0.00	0.00	4.01	0.66
28/9	4.51	100.00	0.88	3.98	0.00	0.00	3.98	0.66
29/9	4.54	100.00	0.87	3.95	0.00	0.00	3.95	0.65
30/9	4.57	100.00	0.86	3.91	0.00	0.00	3.91	0.65
1/10	4.60	100.00	0.84	3.88	0.00	0.00	3.88	0.64
2/10	4.63	100.00	0.83	3.84	0.00	0.00	3.84	0.64
3/10	4.66	100.00	0.82	3.80	0.00	0.00	3.80	0.63
4/10	4.69	100.00	0.80	3.77	0.00	0.00	3.77	0.62
5/10	4.72	100.00	0.79	3.73	0.00	0.00	3.73	0.62
6/10	4.75	100.00	0.78	3.69	0.00	0.00	3.69	0.61
7/10	4.77	100.00	0.76	3.64	0.00	0.00	3.64	0.60
8/10	4.80	100.00	0.75	3.60	0.00	0.00	3.60	0.60

Total 420.90 391.03 0.00 0.00 391.03 [0.50]

* ETo data is distributed using polynomial curve fitting.

* Rainfall data is distributed using polynomial curve fitting.

F:\POTATO.TXT

- Crop # 1 : Batata Doce
- Block # : [All blocks]
- Planting date : 1/10
- Calculation time step = 1 Day(s)
- Irrigation Efficiency = 70%

Date	ETo (mm/period)	Planted Area Kc (%)	Crop (ETm)	CWR Rain	Total Rain	Effect. Req.	Irr.	FWS (l/s/ha)
1/10	4.60	100.00	0.88	4.05	0.00	0.00	4.05	0.67
2/10	4.63	100.00	0.88	4.07	0.00	0.00	4.07	0.67
3/10	4.66	100.00	0.88	4.10	0.00	0.00	4.10	0.68
4/10	4.69	100.00	0.88	4.12	0.00	0.00	4.12	0.68
5/10	4.72	100.00	0.88	4.15	0.00	0.00	4.15	0.69
6/10	4.75	100.00	0.88	4.18	0.00	0.00	4.18	0.69
7/10	4.77	100.00	0.88	4.20	0.00	0.00	4.20	0.69
8/10	4.80	100.00	0.88	4.23	0.00	0.00	4.23	0.70
9/10	4.83	100.00	0.88	4.25	0.00	0.00	4.25	0.70
10/10	4.86	100.00	0.88	4.28	0.00	0.00	4.28	0.71
11/10	4.89	100.00	0.88	4.30	0.00	0.00	4.30	0.71
12/10	4.92	100.00	0.88	4.33	0.00	0.00	4.33	0.72
13/10	4.95	100.00	0.88	4.35	0.00	0.00	4.35	0.72
14/10	4.97	100.00	0.88	4.38	0.00	0.00	4.38	0.72
15/10	5.00	100.00	0.88	4.40	0.00	0.00	4.40	0.73
16/10	5.03	100.00	0.89	4.47	0.00	0.00	4.47	0.74
17/10	5.05	100.00	0.90	4.54	0.00	0.00	4.54	0.75
18/10	5.08	100.00	0.91	4.61	0.00	0.00	4.61	0.76
19/10	5.11	100.00	0.92	4.68	0.00	0.00	4.68	0.77
20/10	5.13	100.00	0.93	4.75	0.00	0.00	4.75	0.79
21/10	5.16	100.00	0.93	4.82	0.00	0.00	4.82	0.80
22/10	5.18	100.00	0.94	4.89	0.00	0.00	4.89	0.81
23/10	5.21	100.00	0.95	4.96	0.00	0.00	4.96	0.82
24/10	5.23	100.00	0.96	5.03	0.00	0.00	5.03	0.83
25/10	5.26	100.00	0.97	5.10	0.00	0.00	5.10	0.84
26/10	5.28	100.00	0.98	5.17	0.00	0.00	5.17	0.86
27/10	5.31	100.00	0.99	5.24	0.00	0.00	5.24	0.87
28/10	5.33	100.00	1.00	5.31	0.00	0.00	5.31	0.88
29/10	5.35	100.00	1.01	5.39	0.00	0.00	5.39	0.89
30/10	5.38	100.00	1.01	5.46	0.00	0.00	5.46	0.90

31/10	5.40	100.00	1.02	5.53	0.00	0.00	5.53	0.91
1/11	5.42	100.00	1.03	5.60	0.00	0.00	5.60	0.93
2/11	5.44	100.00	1.04	5.67	0.00	0.00	5.67	0.94
3/11	5.46	100.00	1.05	5.74	0.00	0.00	5.74	0.95
4/11	5.48	100.00	1.06	5.81	0.00	0.00	5.81	0.96
5/11	5.50	100.00	1.07	5.88	0.00	0.00	5.88	0.97
6/11	5.52	100.00	1.08	5.95	0.00	0.00	5.95	0.98
7/11	5.54	100.00	1.09	6.03	0.00	0.00	6.03	1.00
8/11	5.56	100.00	1.10	6.10	0.00	0.00	6.10	1.01
9/11	5.58	100.00	1.11	6.17	0.00	0.00	6.17	1.02
10/11	5.60	100.00	1.11	6.24	0.00	0.00	6.24	1.03
11/11	5.62	100.00	1.12	6.31	0.00	0.00	6.31	1.04
12/11	5.63	100.00	1.13	6.38	0.00	0.00	6.38	1.05
13/11	5.65	100.00	1.14	6.45	0.00	0.00	6.45	1.07
14/11	5.67	100.00	1.15	6.52	0.00	0.00	6.52	1.08
15/11	5.68	100.00	1.15	6.53	0.00	0.00	6.53	1.08
16/11	5.70	100.00	1.15	6.55	0.00	0.00	6.55	1.08
17/11	5.71	100.00	1.15	6.57	0.00	0.00	6.57	1.09
18/11	5.73	100.00	1.15	6.59	0.00	0.00	6.59	1.09
19/11	5.74	100.00	1.15	6.60	0.00	0.00	6.60	1.09
20/11	5.75	100.00	1.15	6.62	0.00	0.00	6.62	1.09
21/11	5.77	100.00	1.15	6.63	0.00	0.00	6.63	1.10
22/11	5.78	100.00	1.15	6.65	0.00	0.00	6.65	1.10
23/11	5.79	100.00	1.15	6.66	0.00	0.00	6.66	1.10
24/11	5.80	100.00	1.15	6.67	0.00	0.00	6.67	1.10
25/11	5.81	100.00	1.15	6.68	0.00	0.00	6.68	1.11
26/11	5.82	100.00	1.15	6.70	0.00	0.00	6.70	1.11
27/11	5.83	100.00	1.15	6.71	0.00	0.00	6.71	1.11
28/11	5.84	100.00	1.15	6.72	0.00	0.00	6.72	1.11
29/11	5.85	100.00	1.15	6.73	0.00	0.00	6.73	1.11
30/11	5.86	100.00	1.15	6.74	0.00	0.00	6.74	1.11
1/12	5.87	100.00	1.15	6.75	0.00	0.00	6.75	1.12
2/12	5.87	100.00	1.15	6.75	0.00	0.00	6.75	1.12
3/12	5.88	100.00	1.15	6.76	0.00	0.00	6.76	1.12
4/12	5.89	100.00	1.15	6.77	0.00	0.00	6.77	1.12
5/12	5.89	100.00	1.15	6.77	0.00	0.00	6.77	1.12
6/12	5.90	100.00	1.15	6.78	0.00	0.00	6.78	1.12
7/12	5.90	100.00	1.15	6.79	0.00	0.00	6.79	1.12
8/12	5.90	100.00	1.15	6.79	0.00	0.00	6.79	1.12
9/12	5.91	100.00	1.15	6.79	0.00	0.00	6.79	1.12
10/12	5.91	100.00	1.15	6.80	0.00	0.00	6.80	1.12
11/12	5.91	100.00	1.15	6.80	0.00	0.00	6.80	1.12
12/12	5.91	100.00	1.15	6.80	0.00	0.00	6.80	1.12

13/12	5.92	100.00	1.15	6.80	0.00	0.00	6.80	1.12
14/12	5.92	100.00	1.15	6.80	0.00	0.00	6.80	1.12
15/12	5.92	100.00	1.15	6.80	0.00	0.00	6.80	1.12
16/12	5.92	100.00	1.15	6.80	0.00	0.00	6.80	1.12
17/12	5.92	100.00	1.15	6.80	0.00	0.00	6.80	1.12
18/12	5.91	100.00	1.15	6.80	0.00	0.00	6.80	1.12
19/12	5.91	100.00	1.15	6.80	0.00	0.00	6.80	1.12
20/12	5.91	100.00	1.15	6.80	0.00	0.00	6.80	1.12
21/12	5.91	100.00	1.15	6.79	0.00	0.00	6.79	1.12
22/12	5.90	100.00	1.15	6.79	0.00	0.00	6.79	1.12
23/12	5.90	100.00	1.15	6.79	0.00	0.00	6.79	1.12
24/12	5.90	100.00	1.15	6.78	0.00	0.00	6.78	1.12
25/12	5.89	100.00	1.15	6.78	0.00	0.00	6.78	1.12
26/12	5.89	100.00	1.15	6.77	0.00	0.00	6.77	1.12
27/12	5.88	100.00	1.15	6.76	0.00	0.00	6.76	1.12
28/12	5.87	100.00	1.15	6.76	0.00	0.00	6.76	1.12
29/12	5.87	100.00	1.15	6.75	0.00	0.00	6.75	1.12
30/12	5.86	100.00	1.15	6.74	0.00	0.00	6.74	1.11
31/12	5.85	100.00	1.15	6.73	0.00	0.00	6.73	1.11
1/1	5.83	100.00	1.15	6.71	0.00	0.00	6.71	1.11
2/1	5.83	100.00	1.15	6.70	0.00	0.00	6.70	1.11
3/1	5.82	100.00	1.15	6.70	0.00	0.00	6.70	1.11
4/1	5.82	100.00	1.13	6.59	0.00	0.00	6.59	1.09
5/1	5.81	100.00	1.12	6.49	0.00	0.00	6.49	1.07
6/1	5.81	100.00	1.10	6.39	0.00	0.00	6.39	1.06
7/1	5.80	100.00	1.08	6.28	0.00	0.00	6.28	1.04
8/1	5.79	100.00	1.07	6.18	0.00	0.00	6.18	1.02
9/1	5.79	100.00	1.05	6.07	0.00	0.00	6.07	1.00
10/1	5.78	100.00	1.03	5.97	0.00	0.00	5.97	0.99
11/1	5.77	100.00	1.02	5.87	0.00	0.00	5.87	0.97
12/1	5.76	100.00	1.00	5.76	0.00	0.00	5.76	0.95
13/1	5.75	100.00	0.98	5.66	0.00	0.00	5.66	0.94
14/1	5.74	100.00	0.97	5.55	0.00	0.00	5.55	0.92
15/1	5.73	100.00	0.95	5.45	0.00	0.00	5.45	0.90
16/1	5.72	100.00	0.93	5.34	0.00	0.00	5.34	0.88
17/1	5.71	100.00	0.92	5.23	0.00	0.00	5.23	0.87
18/1	5.70	100.00	0.90	5.13	0.00	0.00	5.13	0.85
19/1	5.69	100.00	0.88	5.02	0.00	0.00	5.02	0.83
20/1	5.67	100.00	0.87	4.92	0.00	0.00	4.92	0.81
21/1	5.66	100.00	0.85	4.81	0.00	0.00	4.81	0.80
22/1	5.65	100.00	0.83	4.71	0.00	0.00	4.71	0.78
23/1	5.63	100.00	0.82	4.60	0.00	0.00	4.60	0.76
24/1	5.62	100.00	0.80	4.50	0.00	0.00	4.50	0.74

25/1	5.60	100.00	0.78	4.39	0.00	0.00	4.39	0.73
26/1	5.59	100.00	0.77	4.29	0.00	0.00	4.29	0.71
27/1	5.57	100.00	0.75	4.18	0.00	0.00	4.18	0.69
28/1	5.56	100.00	0.73	4.08	0.00	0.00	4.08	0.67
29/1	5.54	100.00	0.72	3.97	0.00	0.00	3.97	0.66
30/1	5.52	100.00	0.70	3.87	0.00	0.00	3.87	0.64
31/1	5.51	100.00	0.68	3.76	0.00	0.00	3.76	0.62
1/2	5.49	100.00	0.67	3.66	0.00	0.00	3.66	0.61
2/2	5.47	100.00	0.65	3.56	0.00	0.00	3.56	0.59

Total 696.20 717.06 0.00 0.00 717.06 [0.95]

* ETo data is distributed using polynomial curve fitting.

* Rainfall data is distributed using polynomial curve fitting.

F:\SWEETPO.TXT

Anexo E: Cálculo do Intervalo Ótimo de rega

Dados	
Profundidade radicular (Z) em m	0.5
Água disponível (AD) em mm/m	86
depleção (p)	0.45
Necessidades líquidas (In) em mm/dia	6.8
área por planta em m ²	0.36
Porcentagem de área molhada (PW) em %	100
In por planta em m ³ = (In/1000)*área por planta	0.002448
Área de solo molhado em m ² = área por planta*porcentagem da área molhada	0.36
Água disponível por planta em m ³ = (AD/1000)*área de solo molhado	0.03096
Água a ser fornecida pela rega em m ³ = água disponível por planta*depleção	0.013932
frequência de irrigação em dias = Água a ser fornecida pela rega/In por planta	5.69

Anexo F: Catálogos dos emissores on-line e in-line.

Fonte: <http://www.azud.com>
Catálogo dos emissores MBTECH PC 2L

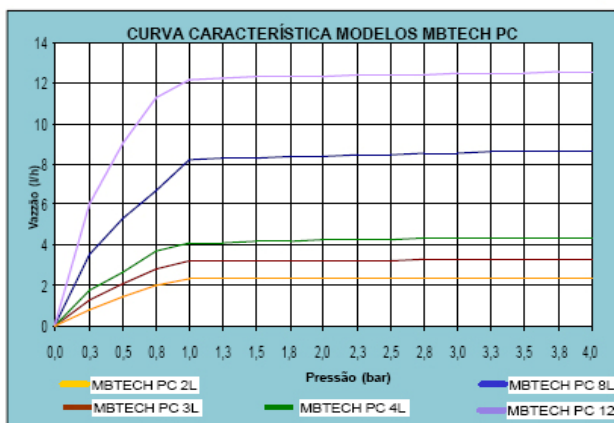
MBTECH

Dados técnicos



GOTEJADOR AUTOCOMPENSANTE UNE 68-075	MBTECH PC				
	2L	3L	4L	8L	12L
Vazão Nominal(l/h)	2.3	3.2	4.1	8.5	12.0
Intervalo de Pressão autocompensação(bar)	1 - 3.5		1.2 - 3.5		1.2-4
Categoria A segundo norma	Se recomenda filtragem por discos ≤ 130 micron.				

MODEL	Equação característica MBTECH $q = K \cdot h^x$
	q (l/h) - h (m.c.a.)
MBTECH PC/2L	$q = 2.09 \cdot h^{1.04}$
MBTECH PC/3L	$q = 2.98 \cdot h^{1.00}$
MBTECH PC/4L	$q = 3.65 \cdot h^{1.06}$
MBTECH PC/8L	$q = 7.56 \cdot h^{1.04}$
MBTECH PC/12L	$q = 11.65 \cdot h^{1.00}$



Longitude de ramal em terreno plano (m) – Inclinação Zero														
Separação de emissores (m)														
MBTECH MODEL	Pressão Entrada bar	Pressão Final bar	Diâmetro 16 mm					Diâmetro 20 mm						
			0.30	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	0.30	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
MBTECH PC 2L	1.5	1.0	69	102	138	170	201	225	102	152	210	256	305	342
	2.0	1.0	88	130	176	217	322	288	145	213	384	345	402	454
	2.5	1.0	101	150	203	250	293	332	148	222	305	377	442	505
	3.0	1.0	110	166	224	276	255	367	187	271	362	441	512	580
MBTECH PC 3L	1.5	1.0	54	80	115	135	160	180	90	132	176	215	250	285
	2.0	1.0	69	102	140	175	205	230	116	170	225	280	315	360
	2.5	1.0	80	119	160	198	235	262	133	195	260	315	365	420
	3.0	1.0	88	130	180	220	255	294	148	215	277	350	410	460
MBTECH PC 4L	1.5	1.2	40	60	81	100	115	140	65	95	125	153	178	201
	2.0	1.2	56	84	113	140	165	185	94	135	177	219	250	288
	2.5	1.2	65	99	135	165	190	225	107	158	210	256	298	339
	3.0	1.2	74	100	151	185	215	250	122	180	236	289	335	385
MBTECH PC 8L	1.5	1.2	24	38	50	61	72	83	41	59	80	96	113	126
	2.0	1.2	36	53	70	88	102	116	59	85	113	138	160	180
	2.5	1.2	41	61	83	102	119	137	70	100	133	164	189	214
	3.0	1.2	45	69	93	114	134	152	77	114	149	185	212	243
MBTECH PC 12L	1.5	1.2	20	30	41	50	61	69	29	44	60	73	85	100
	2.0	1.2	30	43	59	73	84	100	41	60	83	103	123	140
	2.5	1.2	34	51	69	85	101	115	47	73	100	124	148	164
	3.0	1.2	38	57	77	97	114	130	54	80	112	138	165	185
MBTECH PC 12L	1.5	1.2	42	62	85	104	123	140	58	89	121	150	177	202

Pressão bar	MBTECH PC				
	2L	3L	4L	8L	12L
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.5	2.3	2.0	2.5	5.0	9.0
1.0	2.3	3.2	4.1	8.3	12.2
1.5	2.3	3.3	4.2	8.4	12.3
2.0	2.3	3.3	4.2	8.5	12.4
2.5	2.3	3.3	4.3	8.6	12.4
3.0	2.3	3.3	4.3	8.7	12.5
3.5	2.3	3.3	4.4	8.7	12.5
4.0	2.3	3.3	4.4	8.8	12.5



SISTEMA AZUD, S.A. reserva o direito de realizar modificações nas características de seus produtos

08800003-04



Tel.: (+34) 968 808402
E-mail: azud@azud.com
Web: www.azud.com

AZUD

AQUA-TRAXX® autocompensante

Applicazioni

Aquatraxx PC è ideale per l'irrigazione:

- di colture che si trovano in zone topograficamente difficili: terre marginali, terreni non pianeggianti, colline...
- con installazioni che richiedono laterali e linee secondarie molto lunghe
- con installazioni aventi linee secondarie in pendenza

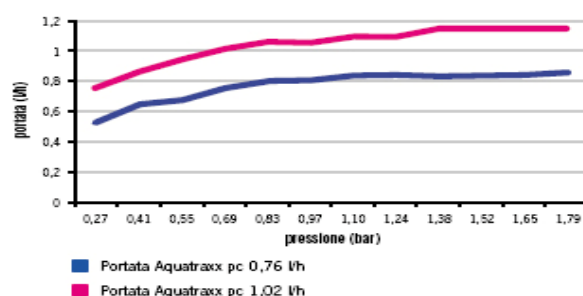
Caratteristiche

- Autocompensante (ISO 9260-9261): coefficiente di flusso $X = 0,2$
- C V inferiore o uguale a 3% per tutti i gocciolatori
- Realizzato con polietilene di prima scelta
- Il processo di estrusione è unico e assicura l'assenza di giunzioni, sbavature o saldature
- Ottima resistenza, durata ed affidabilità
- Foro d'uscita a tre buchi
- La doppia riga blu è lungo tutto la manichetta e ne facilita l'installazione
- Il disegno del labirinto consente di avere un flusso fortemente turbolento
- È disponibile in due portate: 0,76 l/h e 1,02 l/h

Fonte: <http://www.toro-ag.it>



Portata al variare della pressione



AQUA-TRAXX® autocompensante

Fonte: <http://www.toro-ag.it>

Catálogo dos emissores Aquatraxx PC 1.02L

Tabella delle caratteristiche tecniche

Spessore parete	Diametro interno	Press. in entrata		Portata del singolo gocciolatore @ 0,7 bar		Lunghezza bobina	Peso (Kg)	Dimensioni (Ø x H)
		min ▼	max ▲	l/h	l/h			
8 mil	5/8" (16 mm)	0,3 bar	1,10 bar	0,76	1,02	2286	28,57	55 cm x 28 cm
10 mil	5/8" (16 mm)	0,3 bar	1,40 bar	0,76	1,02	1828	27,21	55 cm x 28 cm
15 mil	5/8" (16 mm)	0,3 bar	1,75 bar	0,76	1,02	1220	27,66	55 cm x 28 cm
10 mil	7/8" (22 mm)	0,3 bar	1,25 bar	0,76	1,02	1341	29,50	55 cm x 28 cm
15 mil	7/8" (22 mm)	0,3 bar	1,55 bar	0,76	1,02	914	27,13	55 cm x 28 cm

Tabella dei modelli

Codice	Spaziatura gocciolatori (cm)	Portata per singolo gocciolatore (l/h) @ 0,7 bar	Portata per metro (l/h/m) @ 0,7 bar
EAPXcx0667	15	0,76	5,07
EAPXcx0850	20	0,76	3,80
EAPXcx1234	30	0,76	2,53
EAPXcx1625	40	0,76	1,90
EAPXcx1822	45	0,76	1,69
EAPXcx2417	60	0,76	1,27
EAPXcx0690	15	1,02	6,80
EAPXcx0867	20	1,02	5,10
EAPXcx1245	30	1,02	3,40
EAPXcx1634	40	1,02	2,55
EAPXcx1830	45	1,02	2,27
EAPXcx2422	60	1,02	1,70

Max distanze raggiungibili*

Pendenza 0% EU(%)	EAP5XX0867-yyy Spaziatura 20cm - 0,76 l/h @ 0,55 bar Pressione d'ingresso (bar)				
	0,69	0,82	0,97	1,10	1,24
94	122	130	137	137	137
92	145	152	160	160	167
90	*167	175	183	183	
Pendenza 3% EU(%)	0,69	0,82	0,97	1,10	1,24
94	160	167	167	175	175
92	190	198	198	198	206
90	*213	213	221	221	
Pendenza 6% EU(%)	0,69	0,82	0,97	1,10	1,24
94	30	38	46	53	175
92	183	198	198	206	213
90	206	221	229	236	236

ANEXO G- Dedução da fórmula para o cálculo do espaçamento entre emissores

Neste anexo encontra-se de maneira resumida os procedimentos realizados para a dedução da fórmula para o cálculo do espaçamento entre emissores.

O objectivo é obter um equação que permita calcular um espaçamento entre emissores que permita obter uma percentagem de área de solo molhado de 100%.

Para esta dedução toma-se em consideração que o espaçamento será fixo e que a área molhada por um emissor tem a forma circular. A figura 1 ilustra a disposição das áreas molhadas de forma circular se colocarmos 4 emissores no campo sem um espaçamento que produza uma área molhada de 100%

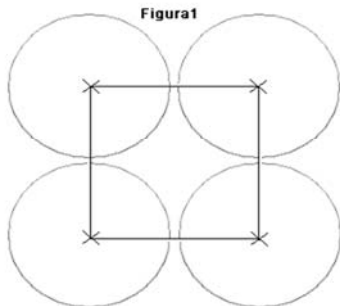


Figura 1

De acordo com a figura 1 ao lado para se obter uma área molhada de 100% é necessário garantir que a área representada por um quadrado seja preenchida pela área molhada pelos emissores, ou seja, a área do quadrado tem que ser menor ou igual a área molhada por um emissor. Para se obter este efeito usou-se o esquema presente na figura 2 onde temos um quadrado cuja mediana irá corresponder ao diâmetro do círculo (diâmetro molhado D).

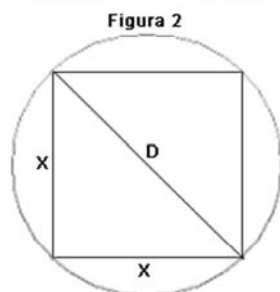


Figura 2

Usando o teorema de pitagoras obteve-se o valor de X que é dado pela fórmula:

$$X = \frac{D}{(2)^{1/2}} \quad \text{fórmula 1}$$

Com o objectivo de verificar se esta relação permite obter área molhada de 100% foi construída a figura 3 usando um valor de X obtido a partir de um D escolhido ao acaso do qual resultou a situação representada na figura 3. Como se pode observar o quadrado representado na figura encontra-se preenchido pela área molhada pelos emissores, ou seja, esta relação permite obter uma área molhada de 100%. Mas um problema surge, pois como se pode observar não existe sobreposição entre círculos consecutivos (A e B por exemplo) e segundo Yague (1996) a sobreposição deve estar entre 15-30%. A fórmula que permite calcular a sobreposição (S) segundo o mesmo autor é:

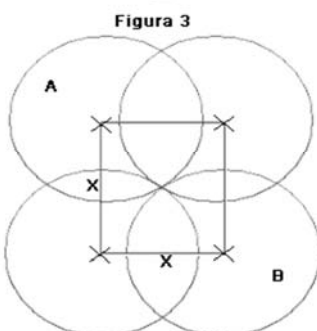


Figura 3

$$S = \frac{a}{r} * 100 \quad \text{fórmula 2}$$

Os parâmetros da fórmula acima estão presentes na figura 4 onde r representa o raio molhado e o parâmetro a representa a distância coberta por dois bolbos ou círculos molhados consecutivos. A partir da fórmula acima é possível calcular o valor de a necessário para produzir uma sobreposição desejada, usando o valor de r calculado a partir do D inicial. Depois de calcular o valor de a é necessário subtrair este valor ao valor de D inicial obtendo-se um novo valor de D, sendo valor de X recalculado usando este valor. Ou seja o valor de a será dado por:

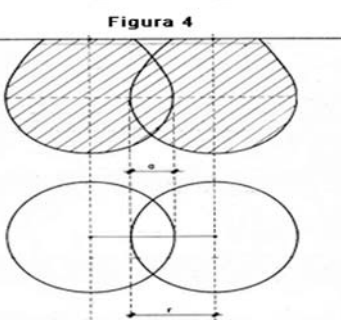


Figura 4

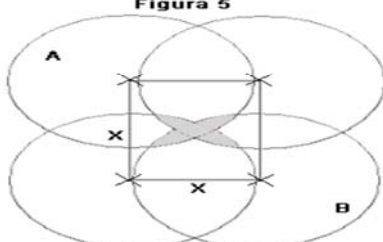
$$a = \frac{S * r}{100} \quad \text{fórmula 3}$$

Subtraindo o valor D da fórmula 1 a este valor resulta a fórmula 4:

$$X = \frac{100 * D - S * r}{(2)^{1/2} * 100} \quad \text{ou} \quad X = \frac{100 * D - S * r}{141.42135}$$

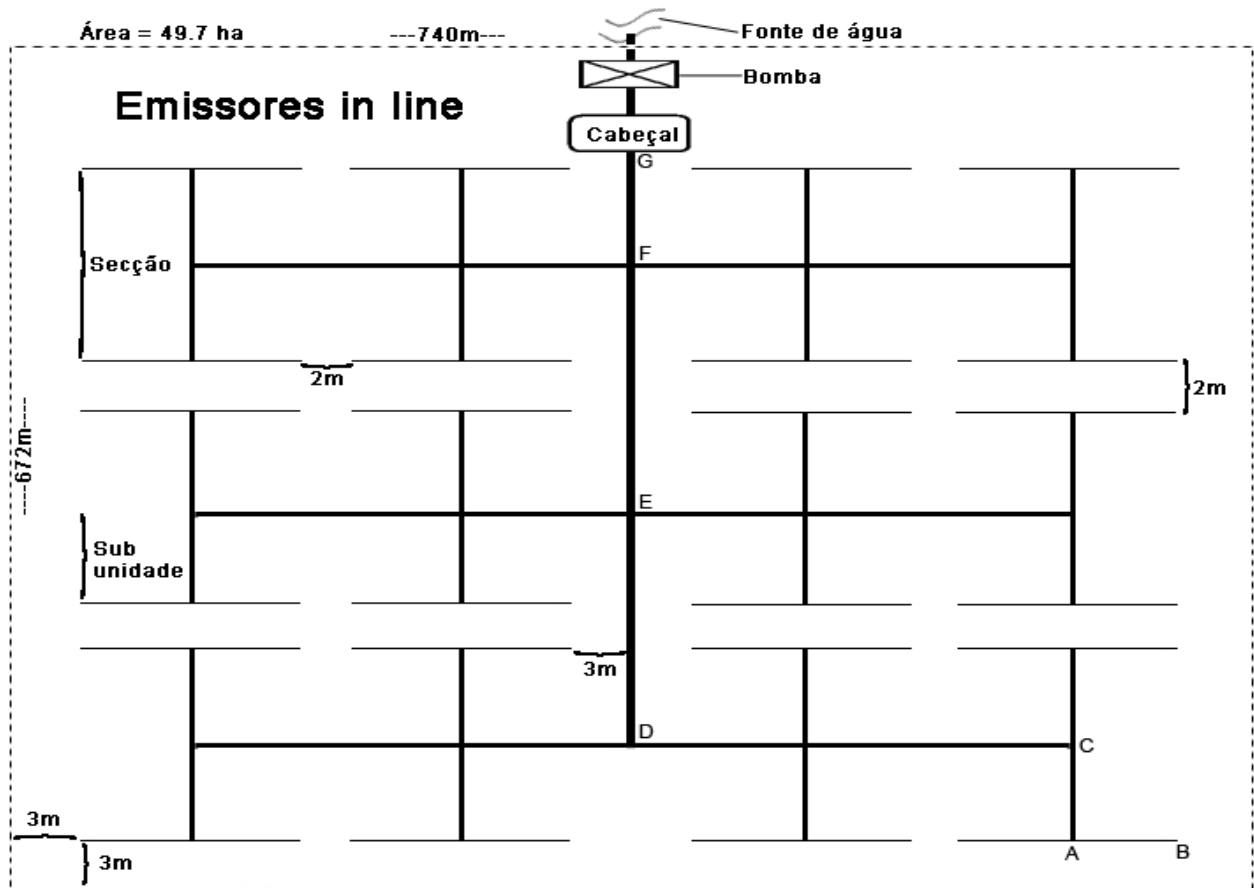
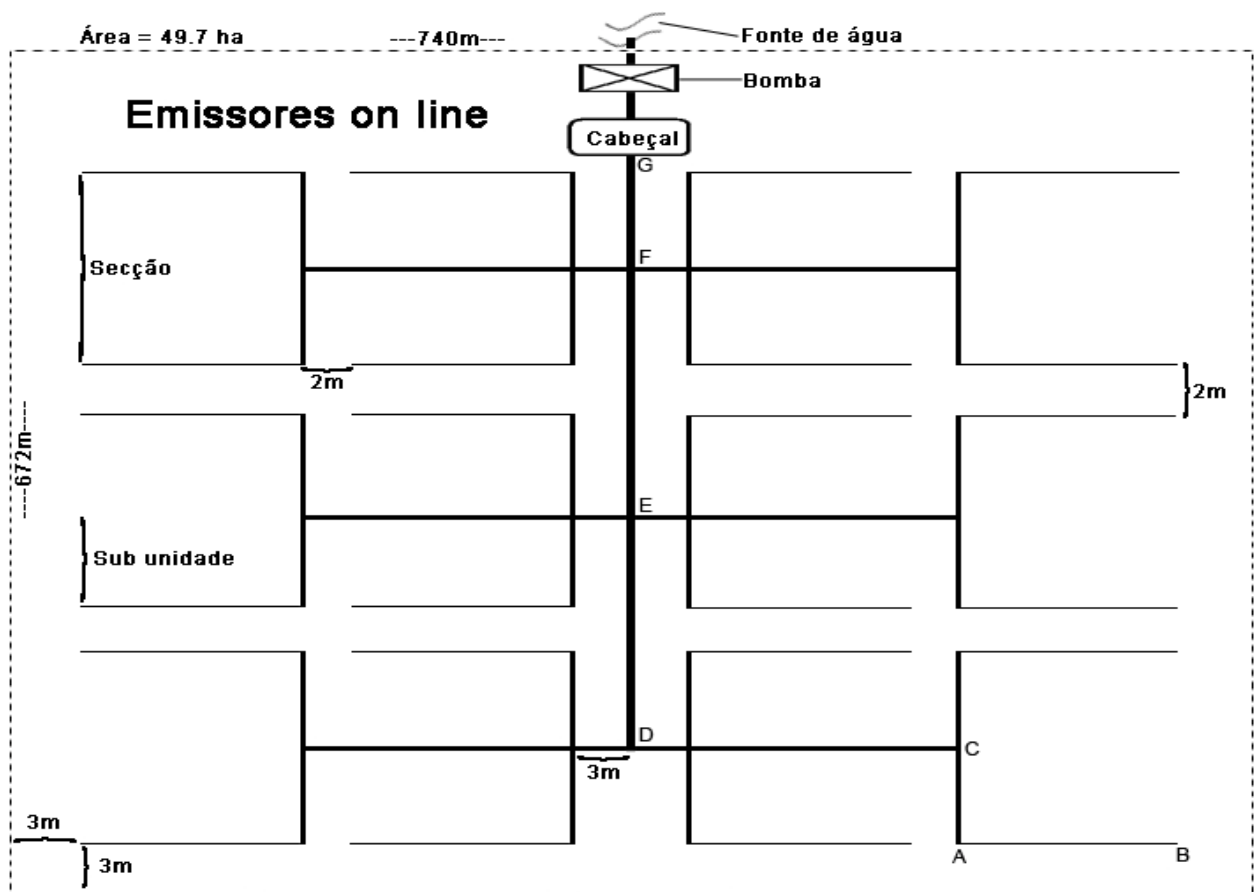
Adaptado de Yague (1996)

Figura 5

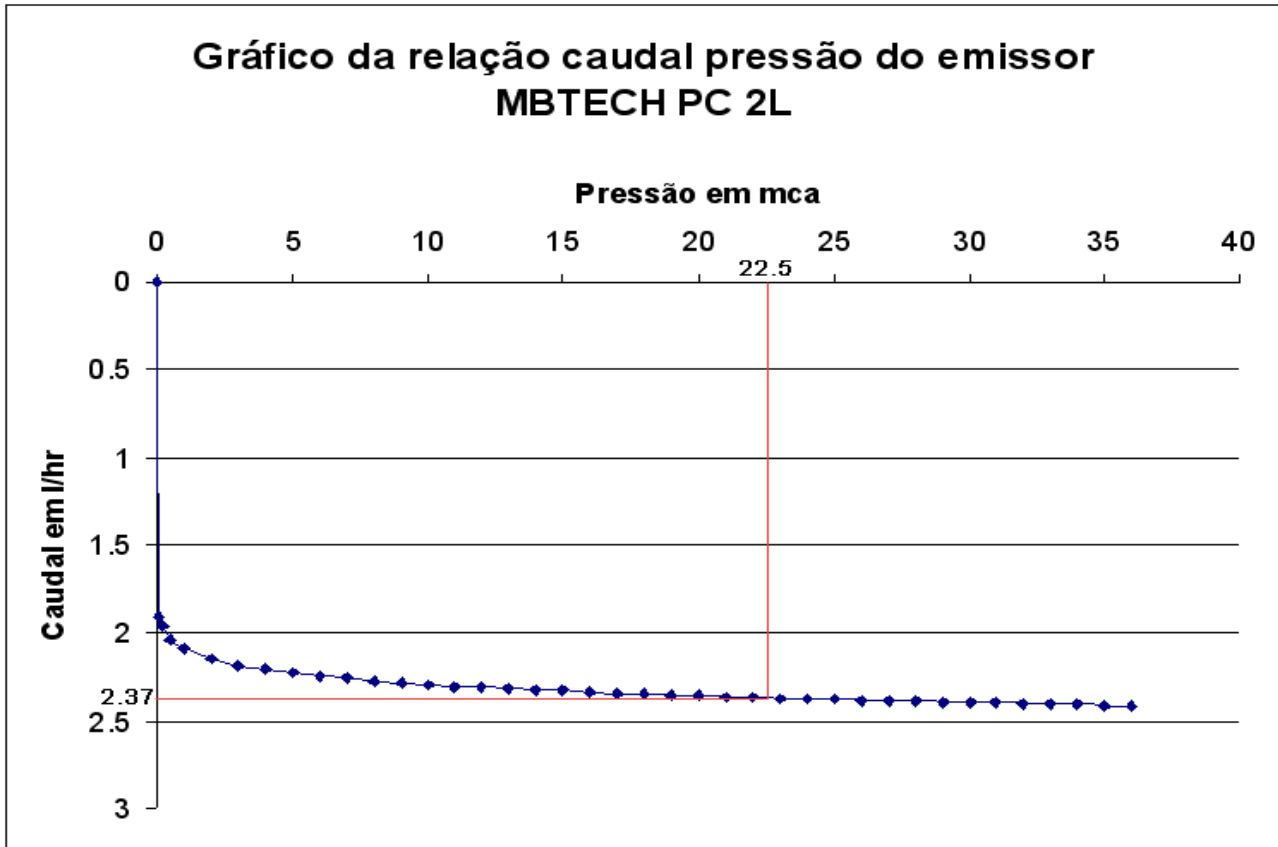


A figura 5 representa uma situação onde se obteve o valor de X usando a fórmula 4. Como se pode observar temos uma área molhada de 100% e temos um certa percentagem de sobreposição entre bolbos consecutivos.

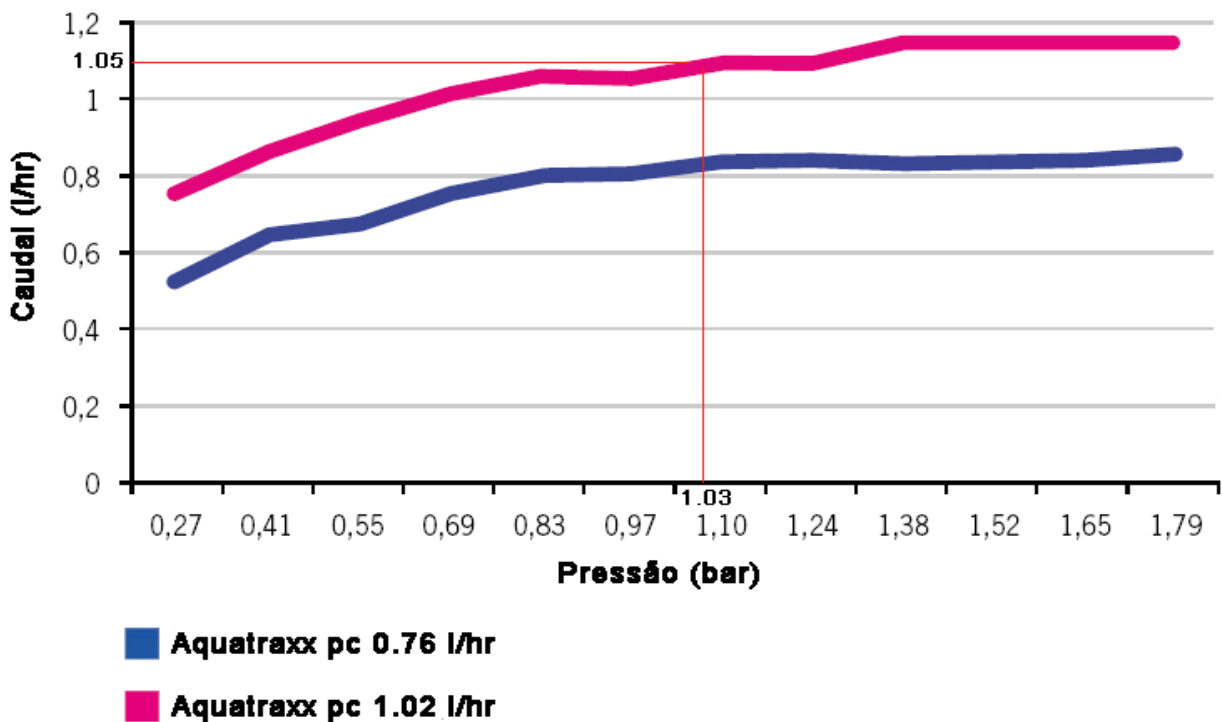
Anexo H: Croquis do sistema de rega



ANEXO I: Determinação da Taxa de Emissão Média dos Emissores



Fonte: <http://www.toro-ag.it>
Relação caudal pressão da tubagem gotejadora Aquatraxx



ANEXO J: Gráficos usados para a escolha da tubagem

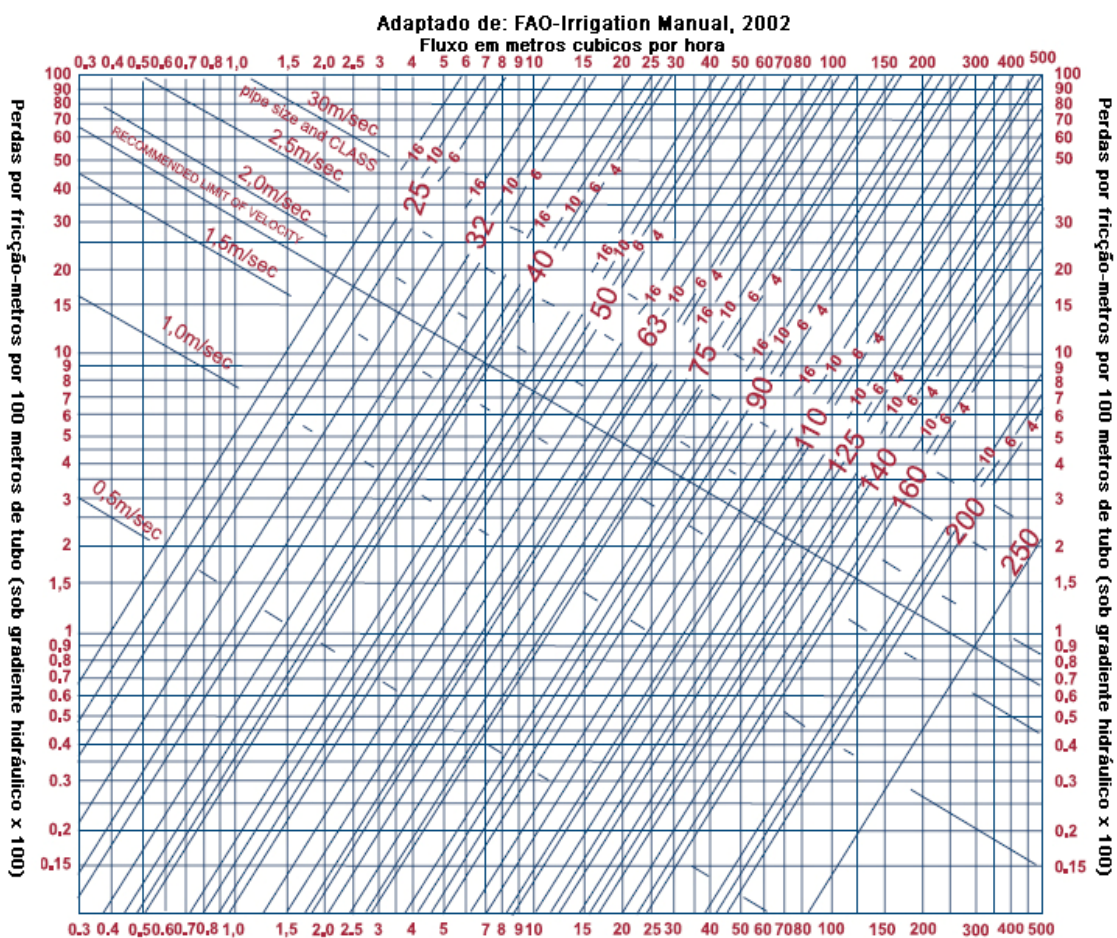
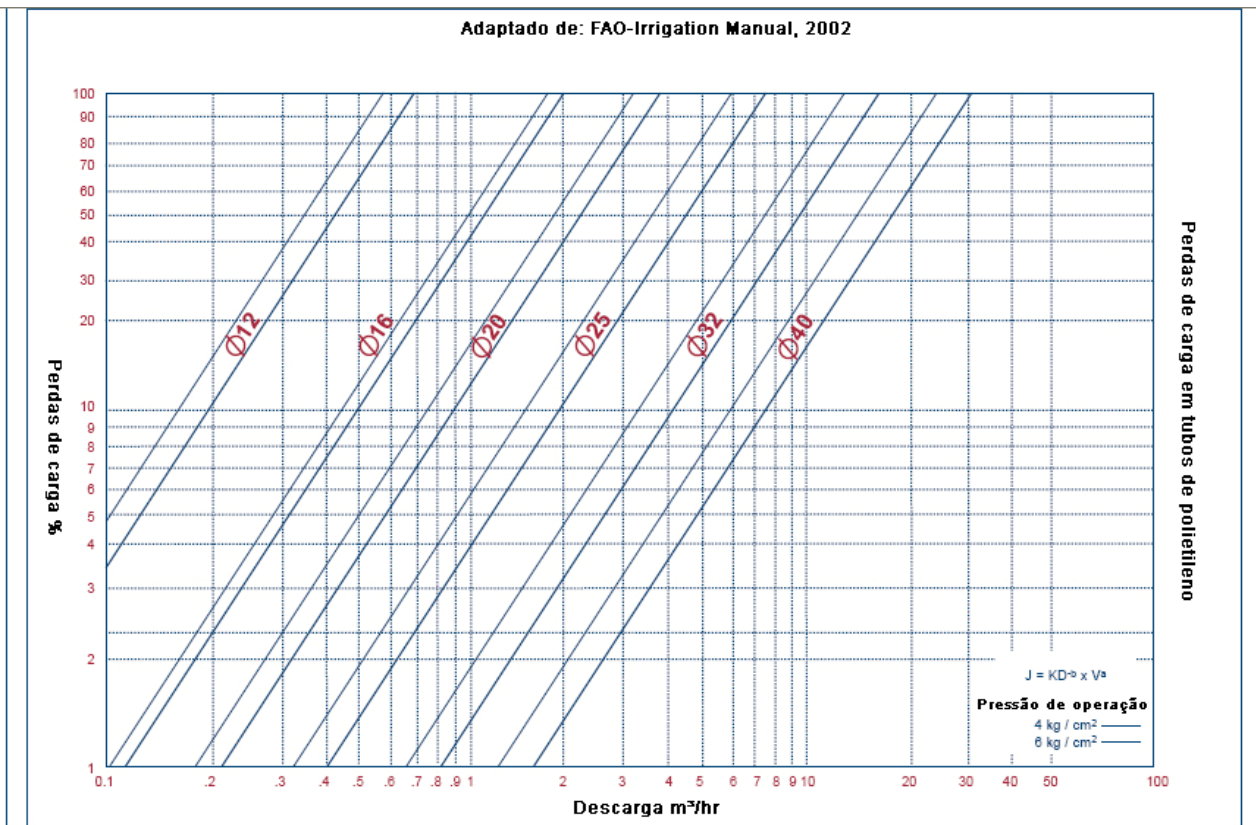


Gráfico de perdas por fricção para tubos rígidos de pressão de PVC
(Fonte: South Africa Bureau of Standards, 1976)

ANEXO K – Valores de ECe

Adaptado de: FAO-Irrigation Manual, 2002

Valores máximos e mínimos de ECe para várias culturas (Fonte: Keller e Bliesner, 1990)

Cultura	EC _e (dS/m)	
	Min	Max
Field Crops		
Cotton	7.7	27
Sugar beet	7.0	24
Sorghum	6.8	13
Soya bean	5.0	10
Sugarcane	1.7	19
Fruit and nut crops		
Date palm	4.0	32
Fig olive	2.7	14
Pomegranate	2.7	14
Grapefruit	1.8	8
Orange	1.7	8
Lemon	1.7	8
Apple, pear	1.7	8
Walnut	1.7	8
Peach	1.7	6.5
Vegetable Crops		
Zucchini squash	4.7	15
Beets	4.0	15
Broccoli	2.8	13.5
Tomato	2.5	12.5
Cucumber	2.5	10
Cantaloupe	2.2	16
Spinach	2.0	15
Cabbage	1.8	12
Potato	1.7	10

Cultura	EC _e (dS/m)	
	Min	Max
Field Crops		
Corn	1.7	10
Flax	1.7	10
Broad bean	1.6	12
Cow pea	1.3	8.5
Bean	1.0	6.5
Fruit and nut crops		
Apricot	1.6	6
Grape	1.5	12
Almond	1.5	7
Plum	1.5	7
Blackberry	1.5	6
Boysenberry	1.5	6
Avocado	1.3	6
Raspberry	1.0	5.5
Strawberry	1.0	4
Vegetable Crops		
Sweet corn	1.7	10
Sweet potato	1.5	10.5
Pepper	1.5	8.5
Lettuce	1.3	9
Radish	1.2	9
Onion	1.2	7.5
Carrot	1.0	8
Turnip	0.9	12

Nota: ECe Mínimo não reduz o rendimento

ECe Máximo reduz o rendimento a zero

Anexo L: Tabela do Factor de Christiansen (f). Fonte: Yagüe, (1996).

Tabla 2: Factor de Christiansen F

n	l ₀ = l					n	l ₀ = l/2				
	β = 1,75	β = 1,80	β = 1,85	β = 1,90	β = 2,00		β = 1,75	β = 1,80	β = 1,85	β = 1,90	β = 2,00
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,388	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,372	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0,378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,365	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
40	0,376	0,370	0,364	0,357	0,345	40	0,368	0,362	0,355	0,349	0,338
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343	50	0,367	0,361	0,354	0,348	0,337
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342	100	0,365	0,359	0,353	0,347	0,335
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,340	200	0,365	0,358	0,352	0,346	0,334
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338						
150	0,367	0,360	0,354	0,348	0,337						
300	0,365	0,359	0,353	0,346	0,335						
>300	0,364	0,357	0,351	0,345	0,333						

n = Número de salidas.

β = 1,75. Blasius, Cruciani-Margaritora.

β = 1,85. Hazen-Williams.

β = 1,786. Scimemi.

β = 1,90. Scobey.

β = 1,80. Iso, Veronese-Datei.

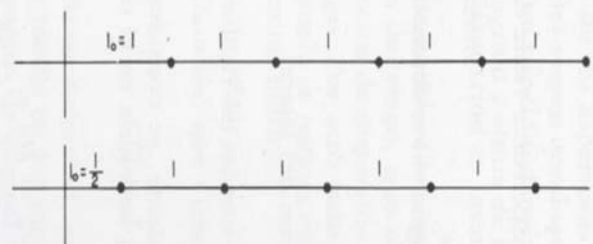
β = 2. Maning, Darcy-Weisbach.

En la práctica se toman los siguientes valores de β:

β = 1,75 para tubería de PE

β = 1,80 para tubería de PVC

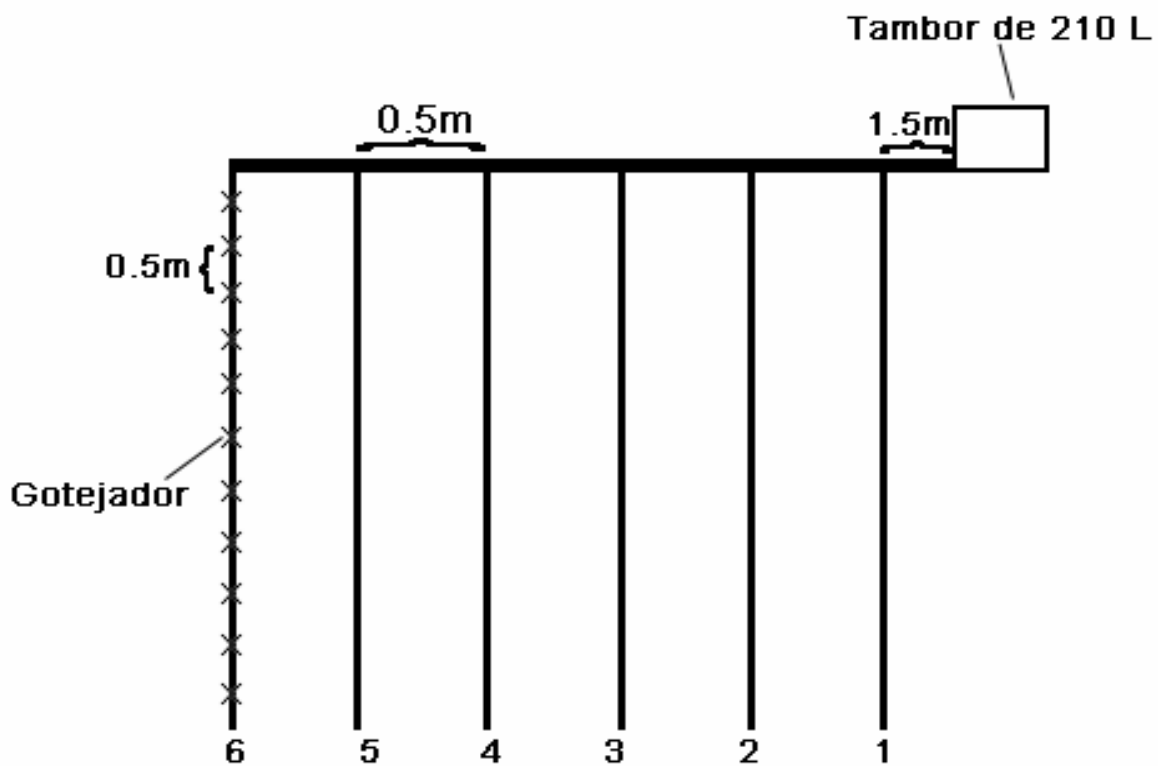
β = 1,85 - 1,90 para tubería de aluminio



ANEXO M: Resultados das medições dos volumes dos gotejadores do sistema de gotejamento de baixo custo e calculo do caudal.

Repetição	1									
Gotejador	tempo de medição=1min		tempo de medição=15 seg		tempo de medição=2min		tempo de medição=1min		tempo de medição=1min	
	linha cotonete(vol ml)	caudal(l/hr)	linha hot(vol ml)	caudal(l/hr)	linha cold(vol ml)	caudal(l/hr)	linha idrop1(vol ml)	caudal(l/hr)	linha idrop2(vol ml)	caudal(l/hr)
1	30	1.8	65	15.6	5	0.15	15	0.9	22	1.32
2	5	0.3	15	3.6	11	0.33	22	1.32	20	1.2
3	15	0.9	45	10.8	76	2.28	25	1.5	24	1.44
4	5	0.3	80	19.2	18	0.54	19	1.14	21	1.26
5	4	0.24	17	4.08	19	0.57	23	1.38	25	1.5
6	28	1.68	10	2.4	11	0.33	18	1.08	25	1.5
7	15	0.9	70	16.8	5	0.15	19	1.14	24	1.44
8	6	0.36	18	4.32	9	0.27	22	1.32	22	1.32
9	46	2.76	14	3.36	19	0.57	18	1.08	25	1.5
10	24	1.44	25	6	5	0.15	20	1.2	18	1.08
Média		1.07		8.62		0.53		1.21		1.36
Repetição	2									
Gotejador	linha cotonete		linha hot		linha cold		linha idrop1		linha idrop2	
1	23	1.38	39	9.36	5	0.15	31	1.86	28	1.68
2	48	2.88	68	16.32	8	0.24	29	1.74	25	1.5
3	26	1.56	48	11.52	4	0.12	34	2.04	26	1.56
4	18	1.08	21	5.04	22	0.66	30	1.8	27	1.62
5	24	1.44	96	23.04	18	0.54	31	1.86	28	1.68
6	14	0.84	47	11.28	3	0.09	32	1.92	26	1.56
7	97	5.82	120	28.8	2	0.06	33	1.98	29	1.74
8	15	0.9	10	2.4	16	0.48	27	1.62	27	1.62
Média		1.99		13.47		0.29		1.85		1.62
Repetição	3									
Gotejador	linha cotonete		linha hot		linha cold		linha idrop1		linha idrop2	
1	28	1.68	33	7.92	10	0.3	30	1.8	20	1.2
2	12	0.72	10	2.4	61	1.83	24	1.44	16	0.96
3	27	1.62	42	10.08	3	0.09	27	1.62	17	1.02
4	28	1.68	73	17.52	10	0.3	28	1.68	21	1.26
5	14	0.84	25	6	5	0.15	27	1.62	18	1.08
6	15	0.9	48	11.52	8	0.24	30	1.8	22	1.32
7	5	0.3	45	10.8	22	0.66	26	1.56	19	1.14
8	11	0.66	67	16.08	11	0.33	24	1.44	23	1.38
Média		1.05		10.29		0.49		1.62		1.17
Repetição	4									
Gotejador	linha cotonete		linha hot		linha cold		linha idrop1		linha idrop2	
1	5	0.3	7	1.68	2	0.06	21	1.26	16	0.96
2	11	0.66	52	12.48	6	0.18	19	1.14	19	1.14
3	5	0.3	33	7.92	72	2.16	22	1.32	17	1.02
4	16	0.96	48	11.52	9	0.27	19	1.14	15	0.9
5	4	0.24	9	2.16	16	0.48	18	1.08	16	0.96
6	8	0.48	15	3.6	4	0.12	21	1.26	18	1.08
7	2	0.12	23	5.52	2	0.06	23	1.38	14	0.84
8	5	0.3	87	20.88	0	0	20	1.2	17	1.02
Média		0.42		8.22		0.42		1.22		0.99
Repetição	5									
Gotejador	linha cotonete		linha hot		linha cold		linha idrop1		linha idrop2	
1	8	0.48	25	6	14	0.42	18	1.08	12	0.72
2	22	1.32	5	1.2	3	0.09	16	0.96	15	0.9
3	5	0.3	29	6.96	0	0	17	1.02	18	1.08
4	15	0.9	37	8.88	0	0	15	0.9	11	0.66
5	12	0.72	9	2.16	1	0.03	19	1.14	15	0.9
6	9	0.54	16	3.84	9	0.27	21	1.26	14	0.84
7	16	0.96	34	8.16	0	0	17	1.02	16	0.96
8	32	1.92	71	17.04	4	0.12	22	1.32	13	0.78
Média		0.89		6.78		0.12		1.09		0.86
Repetição	6									
Gotejador	linha cotonete		linha hot		linha cold		linha idrop1		linha idrop2	
1	16	0.96	53	12.72	8	0.24	23	1.38	13	0.78
2	26	1.56	72	17.28	0	0	21	1.26	15	0.9
3	18	1.08	44	10.56	7	0.21	23	1.38	15	0.9
4	5	0.3	5	1.2	0	0	23	1.38	11	0.66
5	11	0.66	77	18.48	0	0	19	1.14	12	0.72
6	8	0.48	13	3.12	2	0.06	22	1.32	14	0.84
7	5	0.3	3	0.72	0	0	16	0.96	13	0.78
8	16	0.96	71	17.04	18	0.54	22	1.32	11	0.66
Média		0.79		10.14		0.13		1.27		0.78
Repetição	7									
Gotejador	linha cotonete		linha hot		linha cold		linha idrop1		linha idrop2	
1	18	1.08	20	4.8	17	0.51	22	1.32	11	0.66
2	36	2.16	35	8.4	0	0	17	1.02	14	0.84
3	24	1.44	21	5.04	5	0.15	24	1.44	19	1.14
4	12	0.72	12	2.88	0	0	17	1.02	11	0.66
5	5	0.3	43	10.32	0	0	19	1.14	15	0.9
6	17	1.02	16	3.84	7	0.21	20	1.2	11	0.66
7	5	0.3	33	7.92	3	0.09	18	1.08	13	0.78
8	24	1.44	13	3.12	0	0	22	1.32	10	0.6
Média		1.06		5.79		0.12		1.19		0.78

ANEXO N: Croqui do sistema de rega por gotejamento de baixo custo



ANEXO O: Resultados da análise estatística.

Tabela 1

T E S T E S D E C O C H R A N E B A R T L E T T				
VARIAVEIS	NOME DO TESTE	VALOR CALCULADO	VALOR(P=0.05)	VALOR(P=0.01)
CAUDAIS	COCHRAN	.9364	*****	*****
CAUDAIS	BARTLETT	53.3783	9.488	13.277

Tabela 2

T E S T E S D E C O C H R A N E B A R T L E T T				
VARIAVEIS	NOME DO TESTE	VALOR CALCULADO	VALOR(P=0.05)	VALOR(P=0.01)
CAUDAIS	COCHRAN	.3789	*****	*****
CAUDAIS	BARTLETT	4.9750	9.488	13.277

Tabela 3

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SOMA DE QUADRADO	QUADRADO MEDIO	F	SIG.
TOTAL	34	3.334903			
TOTAL DE REDUÇÃO	4	3.145594	.7863985	124.62	.0000
TRATAMENTOS	4	3.145594	.7863985	124.62	.0000
RESIDUO	30	.1893096	.6310320E-02		
NUMERO DE DADOS =	35				
MEDIA GERAL =	.41642				
COEF. DE VARIAÇÃO =	19.076				

ANEXO P Figuras do sistema de rega por gotejamento de baixo custo

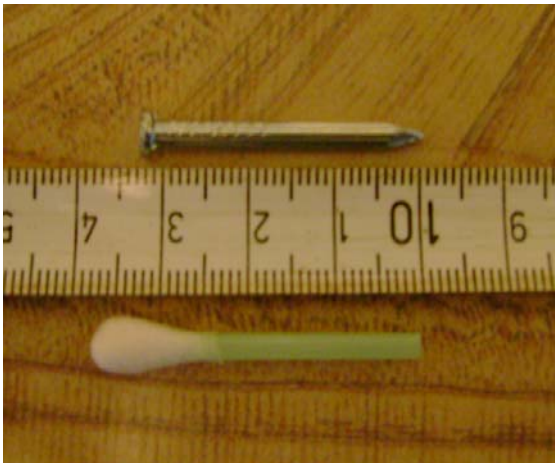


Figura 1 - Dimensões do prego e do cotonete



Figura 2 – Emissores feitos com prego quente



Figura 3 – Emissores feitos com prego frio



Figura 4 –Emissores pré fabricados (IDROP)



Figura 5 – Emissores feitos com cotonetes