



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA
DIVISÃO DE AGRICULTURA
CURSO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA AGRÍCOLA E ÁGUA RURAL

Monografia Científica

Irrigação Gota-a-Gota Por Pulsos na Produção de Alface (*Lactuca Sativa L.*)

Monografia Científica a ser apresentada e defendida como requisito para obtenção do grau de
Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.

Autor: Orlando Da Gilda Norte

Tutor: Eng. Salimo Henrique Muchecua (MSc)

Lionde, Novembro de 2022



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Monografia Científica sobre IRRIGAÇÃO GOTA A GOTA POR PULSOS NA PRODUÇÃO DE ALFACE (*Lactuca sativa L.*), a ser apresentado ao Curso de Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Hidráulica Agrícola e Água Rural.

Monografia científica defendida no dia 22 de Novembro de 2022

Júri

Tutor: Salmo Henrique Muchecua

(Eng.º Salimo Henrique Muchecua, MSc)

Avaliador 1 Paulo Saveca

(Eng.º Paulo Saveca, MSc)

Avaliador 2 Cesário Manuel Cambaza

(Eng.º Cesário Manuel Cambaza, MSc)

Lionde, Novembro, 2022



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Declaração

Declaro por minha honra que este trabalho de Culminação de Curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu tutor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para o propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde 29 de Novembro de 2022

Orlando Da Gilda Norte

(Orlando Da Gilda Norte)

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS	vi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vii
RESUMO	x
I. INTRODUÇÃO	1
1.1 Problema e justificativa	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Geral	2
1.2.2 Específicos.....	2
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Cultura da Alface (<i>Lactuca sativa</i>)	3
2.2. Sementeira e irrigação.....	3
2.3. Sistema de irrigação por gotejamento.....	4
2.4. Composição do sistema de irrigação por gotejamento	4
2.4.1. Bomba de água.....	5
2.4.2. Bomba solar	5
2.4.3. Vantagens e desvantagens das bombas solares SF 2	5
2.5. Gotejamento por pulsos	5
2.6. Determinação da uniformidade de distribuição	6
2.6.1. Coeficiente de uniformidade	6
2.7. Eficiência do uso da água	7
2.8. O bolbo húmido ou molhado	7
2.8.1. Método trincheira	8
2.9. Análise das variáveis de produção de alface.....	8
2.9.1. Número de folhas	8
2.9.2. Diâmetro do caule.....	8
2.9.3. Área da folha	9
2.9.4. Peso total	9
III. METODOLOGIA	10
3.1. Descrição da área do estudo.....	10
3.1.1. Clima e solos	10
3.2. Preparo do solo, mudas e o cultivo da alface.....	11
3.3. Componentes do sistema de irrigação instalado no campo	11
3.4. Determinação das necessidades hídricas da cultura de alface	12
3.5. Determinação da uniformidade de distribuição	14

3.5.1.	Coleta de dados.....	14
3.5.2.	Avaliação da uniformidade de distribuição.....	14
3.6.	Eficiência do uso da água	16
3.7.	Determinação do bulbo molhado.....	16
3.8.	Análise das variáveis de produção de alface.....	18
3.8.1.	Peso da cultura.....	18
3.8.2.	Número de folhas	18
3.8.3.	Diâmetro do caule.....	18
3.8.4.	A área foliar (AF).....	19
IV.	RESULTADOS E DISCURSÃO.....	20
4.1.	Uniformidade de distribuição dos sistemas de irrigação	20
4.2.	Eficiência do uso da água (EUA)	21
4.3.	Determinação do bulbo molhado.....	21
4.4.	Análise das variáveis de produção de alface.....	22
V.	CONCLUSÃO	24
VI.	RECOMENDAÇÕES	25
VII.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
VIII.	APÊNDICES	28
IX.	ANEXOS.....	30

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Classificação do CUC.....	15
Tabela 2: Classificação de CUD.....	15
Tabela 3: Eficiência de diferentes sistemas de irrigação.....	16
Tabela 4: Síntese do quadro da análise de variância (ANAVA) das variáveis: diâmetro superficial (DS), diâmetro máximo (DM), profundidade máxima (PM) do perímetro molhado de rega por gotejamento contínuo e por pulsos.....	22
Tabela 5: Síntese da análise de variância para Peso, Número de folhas, Diâmetro de caule e Área foliar na produção de Alface.....	23
Tabela 6: Valores de evapotranspiração de referência e coeficiente da cultura, precipitação efetiva e evapotranspiração da cultura, para cada estágio do seu desenvolvimento, obtidos através de CROPWAT e cálculo manual.	28
Tabela 7: Determinação da necessidade de água de rega e tempo de aplicação.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Formação dos bolbos dependendo da textura do solo.	8
Figura 2: Conjunto painéis solares e bomba.....	12
Figura 3: Filtro usado no sistema.....	12
Figura 5 : posição das variáveis do bulbo molhado.....	17
Figura 6: Determinação dos parâmetros do bulbo húmido.....	18
Figura 7: Medição dos parâmetros fenológicos da cultura de alface.....	19
Figura 8: Valores dos CUC, CUD e Ea em função dos sistemas de irrigação avaliados.....	20
Figura 9: Fases da instalação do sistema e desenvolvimento da cultura.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS

CUC-Coeficiente de Uniformidade

CUD- Coeficiente de uniformidade de distribuição

cm- Centímetro

Dgross-Dotação Bruta

DM-Diâmetro máximo

DMS- Diferença mínima significativa

Dnet-Dotação Líquida

DNT- Direção Nacional de Terra

DS-Diâmetro superficial;

Etc- Evapotranspiração da cultura

EUA-Eficiência de Uso de Água

ha- Hectares

LL-Lâmina Líquida

m^3 – Metros cúbicos

min- Minutos

mm- Milímetro

NAR- Necessidade de Água de Rega

Np-número de plantas

PM-Profundidade máxima

S1- Sistema1 (rega continua)

S2- Sistema 2 (rega por pulsos)

Ta- Tempo de aplicação

W-Wots

DEDICATÓRIA

Aos meus avos Nhanengue e Matilde (que Deus os tenha) pelo carinho e por terem sido exemplo de dedicação, persistência e fé.

A minha querida Mãe Gilda Nhanengue e querida tia Aneta Nhanengue por todo amor, confiança, carinho, educação e formação para a vida;

Aos meus irmãos e minha família em Geral pela amizade e apoio incondicional.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo Dom da vida e por sempre ter me mostrado a luz nos momentos difíceis da vida.

Aos meus pais Cristiano Tembe e Gilda, a minha tia Aneta Nhanengue, ao meu pai Hermenegildo Norte e aos meus tios João e Claita Nhanengue pelos quais tenho grande respeito, amor e que me deram toda educação básica e fundamental para conseguir lutar pela vida, acreditando e dando-me a oportunidade de mostrar meu potencial.

Aos meus irmãos Clésio e Helón pela paciência, que por vezes passavam necessidades para que garantissem a minha formação, a minha grande família, irmãos e irmãs (Carla, Angelina, Matilde, Romana, Joana, Mércia, Hernâni da Claita, Xskimpa Adolfo, Ánerson e sobrinhos Shelton e Mimí) pela paciência e apoio incondicional durante esses longos anos de formação.

Ao meu tutor, Salimo Henriques Muchecua, pela orientação, paciência, confiança e apoio técnico para o desenvolvimento desse experimento.

Aos docentes do curso de Engenharia hidráulica Agrícola e Água Rural pela transferência de conhecimentos, em particular aos docentes Cesário Cambaza, Paulo Saveca e Lateiro de Sousa, docentes de especialização em irrigação e drenagem pela forma motivacional de transmissão de conhecimento, que culminou com meu gosto e paixão pela especialidade de irrigação e drenagem.

Aos colegas e amigos de turma Juvenildo Tune, Aplinio, Nicolau Inácio, Ussen Sacomar, Mouzinho Zunguze, Atanásio Wate, Ronaldo, Calvino, e Sebastião e aos demais, muito obrigado por tudo.

Á dona Alda Chemane pelo acolhimento e carinho.

Aos meus amigos, Paulo Chissico, Abel Coana, Domingos Nuvunga, Gilson Nhamigo, Beto Maculuve, Lina Langa, Herminio Plínio, Zito dos Santos, Júlia Chilida, Olívio Timane, Isabel Mbebe, Laice Tembe, Ownârencio pelo apoio durante a formação.

A todos e aos de mais pelo apoio direto ou indiretamente, muito obrigado. “*Kanimambo*”

RESUMO

A agricultura irrigada é uma atividade que busca técnicas de melhorar a qualidade das culturas aumentando o seu rendimento sem gastos desnecessários de recursos hídricos. O uso eficiente da água necessariamente por adoção de técnicas de irrigação que reduzam significativamente os gastos desnecessários da água, mantendo a irrigação nos níveis requeridos. A irrigação intermitente (por pulsos), e vista como alternativa para a maximização do uso da água pelas culturas em campo. Para tal, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito da irrigação gota a gota por pulsos na produção de alface. Para tal foi conduzido um experimento em Delineamento inteiramente Casualizado (DIC) que consistiu em dois tratamentos (irrigação Gota a gota por pulsos e irrigação gota a gota contínua) com três repetições. As parcelas consistiram em áreas retangulares de 42 m² cada. Para a coleta dos dados foi obedecida a metodologia proposta por (Santos, *et al.*, 2015) e a metodologia proposta por (Killer e Karmeli, 1975). Foram analisadas variáveis de eficiência dos sistemas sendo os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de uniformidade de Distribuição (CUD) e Eficiência de aplicação (Ea) e Eficiência de Uso de Água (EUA): foram analisadas variáveis do Bolbo molhado, sendo Diâmetro superior (DS), Diâmetro medio (DM) e Profundidade Máxima (PM). Também foram analisadas as variáveis relacionadas com as variáveis de produção da alface: Massa Fresca, Número de Folhas, Diâmetro de Caule e área foliar dos sistemas entre o gotejamento contínuo e por pulsos, usando emissores do tipo fitas gotejadoras autocompensastes. A análise estatística dos dados foi feita com base no programa estatístico SISVAR, foram realizados os testes de Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey a 5 % de significância. Para o CUC, CUD e Ea, não houve diferença significativa entre os tratamentos rega por pulsos e contínua com valores de CUC (94.42 e 93.87%), CUD (90.05 e 89.33%) e Ea (81.04 e 80.40%) respectivamente, considerados valores excelentes e bons de acordo com (Ceolin, 2017). Observou-se que a irrigação gota a gota em forma de pulsos proporcionou aumento do bolbo molhado horizontalmente, e influenciou em todas variáveis de produção de alface avaliadas, tendo proporcionado maior eficiência de uso de água em 42,62% maior em relação á irrigação gota a gota contínua. Contudo, o uso da irrigação gota a gota por pulsos na produção de alface proporciona o aumento da produtividade e eficiência de uso de água.

Palavras-chave: Irrigação por Pulsos; Sistema de Irrigação, Gotejamento.

ABSTRAT

Irrigated agriculture is an activity that seeks techniques to improve the quality of crops by increasing their yield without unnecessary expenditure of water resources. The efficient use of water necessarily involves the adoption of irrigation techniques that significantly reduce unnecessary water expenditures, keeping irrigation at the required levels. Intermittent irrigation (pulses) is seen as an alternative for maximizing water use by field crops. To this end, the aim of the present study was to evaluate the effect of pulsed drip irrigation on lettuce production. For this, an experiment was carried out in a completely randomized design (DIC) which consisted of two treatments (Drip irrigation by pulses and continuous drip irrigation) with three replications. The plots consisted of rectangular areas of 42 each. For data collection, the methodology proposed by (Santos, et al., 2015) and the methodology proposed by (Killer and Karmeli, 1975) were followed. Efficiency variables of the systems were analyzed, being Christiansen uniformity coefficients (CUC), Distribution Uniformity Coefficient (CUD) and Application Efficiency (Ea) and Water Use Efficiency (USA).: Wet Bulb variables were analyzed, being Upper Diameter (DS), Middle Diameter (DM) and Maximum Depth (PM). Variables related to lettuce production variables were also analyzed: Fresh Mass, Number of Leaves, Stem Diameter and leaf area of the systems between continuous drip and pulses, using self-compensating drip tape emitters. Statistical analysis of data was performed using the SISVAR statistical program, Analysis of Variance (ANOVA) and Tukey's test at 5% significance were performed. For CUC, CUD and Ea, there was no significant difference between pulsed and continuous irrigation treatments with values of CUC (94.42 and 93.87%), CUD (90.05 and 89.33% and Ea (81.04 and 80.40%) respectively, considered excellent and good values according to (Ceolin, 2017). It was observed that drip irrigation in the form of pulses provided an increase in the horizontally wet bulb, and influenced all evaluated lettuce production variables, providing greater efficiency of use of water by 42.62% in relation to continuous drip irrigation. However, the use of pulsed drip irrigation in lettuce production provides an increase in productivity and efficiency of water use.

Key word: Pulsed Irrigation, irrigation system, Drip.

I. INTRODUÇÃO

Na agricultura irrigada buscam-se técnicas que visam melhorar e aumentar a produtividade e qualidade das culturas, reduzindo o custo e com o mínimo uso dos recursos hídricos possíveis (Almeida, *et al.*, 2017).

A irrigação localizada, especificamente a irrigação por gotejamento, foi criada com objetivo de contornar os problemas gerados pela escassez de recursos hídricos, o manejo adequado da irrigação por gotejamento permite uma maior eficiência de aplicação de água, em consequência de um melhor controle da lâmina aplicada, menores perdas por evaporação e praticamente sem perdas por percolação e escoamento superficial. (Gomes & Sousa, 2002)

É necessário que toda água aplicada seja totalmente aproveitada pela planta, aplicando de forma eficiente e que fique armazenada na solo. E a técnica de irrigação com potencial de maximização de uso de recursos hídricos pela planta é a irrigação por pulsos. (Zamora, 2018)

Segundo (Santos *et al.*, 2010; Zamora, 2018), Essa técnica consiste na aplicação da lâmina de irrigação em frações (pulsos), separadas por intervalos de tempo sem irrigação de tal maneira que a taxa de aplicação em cada ciclo seja próxima à taxa da evapotranspiração da cultura, gerando uma modificação e melhora nas condições físicas e hidrodinâmicas do solo, tais como aumento da largura e diminuição na profundidade do bolbo molhado, o que se traduz em menores perdas por percolação abaixo do sistema radicular, proporcionando melhoras substanciais na eficiência e uniformidade na aplicação e até mesmo diminuição do índice de entupimento e incremento no rendimento das culturas.

A alface é uma cultura produzida em diversas partes do mundo, no país e em particular no distrito de Chókwè e tem sido de grande importância para a comunidade local por suprir as necessidades alimentares e um desenvolvimento económico com a comercialização. Nesse contexto, o presente experimento objetivou essencialmente avaliar o sistema de irrigação gota a gota por pulsos com uso de bomba de rega solar na produção da cultura de alface no posto administrativo de Macarretane, bem como, comparar os resultados obtidos para a cultura irrigada por pulsos e de forma contínua.

1.1 Problema e justificativa

"Redução da qualidade dos produtos e rendimento das culturas devido a perda de água por percolação profunda no sistema de irrigação gota-a-gota contínuo”

Apesar do método de irrigação localizado usando o sistema de rega gota-a-gota contínua apresentar uma maior eficiência de aplicação em relação a outros métodos de irrigação, ainda verificam-se perdas de água para além da zona radicular das culturas por percolação profunda, não sendo aproveitada na totalidade a água aplicada para a planta durante a irrigação gota-a-gota contínua, viu se a necessidade do uso da aplicação de irrigação gota-a-gota por pulsos que pode ser uma alternativa benéfica para a maximização do uso de água pelas culturas, aumentar a sua qualidade e rendimento comparativamente a rega contínua. Com a crescente taxa de déficit hídrico e busca por novas técnicas de gestão de recursos hídricos na agricultura potencializando o aproveitamento máximo da água pela planta, a implementação da aplicação em forma de pulsos comparada a forma de aplicação contínua pode trazer melhores rendimentos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

- Avaliar a influência de irrigação gota a gota por pulsos na produção da cultura de Alface (*Lactuca sativa L.*)

1.2.2 Específicos

- ❖ Determinar a uniformidade de distribuição de água dos sistemas e eficiência de aplicação;
- ❖ Comparar o bolbo molhado entre a irrigação por pulsos e contínua;
- ❖ Avaliar as variáveis de produção de alface irrigada pelo sistema por pulsos e contínuo;
- ❖ Avaliar a eficiência do uso da água pela cultura de alface irrigada pelo sistema por pulsos e contínuo;

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cultura da Alface (*Lactuca sativa*)

A alface (*Lactuca sativa*) é uma hortaliça da família *Asteraceae*, de origem Asiática. A planta cresce em forma de roseta, em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não uma “cabeça”, com coloração em vários tons de verde, ou roxa, conforme a cultivar. É a hortaliça folhosa mais importante no mundo sendo consumida, principalmente, in natura na forma de saladas, (Queiroz, *et al.*, 2017).

É a mais popular das hortaliças folhosas, sendo cultivada em quase todas as regiões do globo terrestre. Pode ser considerada uma boa fonte de vitaminas e sais minerais, destacando-se seu elevado teor de vitamina A, além de conter vitaminas B1 e B2, vitaminas C, cálcio e ferro (Nunes, 2014).

Quanto às desvantagens do seu cultivo, destaca-se a dificuldade de conservação e transporte pós colheita, fato que limita sua produção em grandes cidades, obrigando os produtores a obter o máximo de aproveitamento da produtividade (Nunes, 2014)

A planta é herbácea, delicada, com caule diminuto, ao qual se prendem as folhas. Estas são amplas e crescem em roseta, em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não uma cabeça, com coloração em vários tons de verde, ou roxa, conforme a variedade, e são essas características que determinam à preferência do consumidor.

2.2. Sementeira e irrigação

O cultivo da alface é realizado normalmente com um espaçamento de 0,25 a 0,30 m por 0,25 a 0,30 m, entre linhas e plantas, feito em canteiros. O sistema radicular é muito ramificado e superficial, explorando apenas os primeiros 0,25m do solo, quando a cultura é transplantada. Em sementeira direta, a raiz pivotante pode atingir até 0,60m de profundidade. O período de cultivo varia de 40 a 70 dias dependendo do sistema, se é por sementeira direta ou transplante de mudas, época de plantio se é no verão ou inverno, e do sistema utilizado, se é num sistema protegido ou um campo de produção. (Nunes, 2014). Usam-se para irrigação dessa cultura os sistemas de aspersão, sulcos, micro-aspersão e gotejamento, sendo esse último usado principalmente em sistemas de cultivo protegido por dar melhores resultados, uma vez que irriga apenas o sistema radicular evitando as doenças foliares e permitir a fertirrigação e economia de água. (Henrique, 2020).

2.3. Sistema de irrigação por gotejamento

A aplicação de água no método de irrigação localizada visa molhar especificamente a área de solo na qual se encontra o sistema radicular da cultura. Por meio de tubulações a água é conduzida sob-baixa pressão, sendo fornecida para a região do solo próxima ao pé da planta por meio de emissores (que variam conforme o sistema utilizado). A umidade do solo é mantida próxima à capacidade de campo, caracterizando assim uma irrigação de alta frequência, tornando-se um sistema altamente vantajoso se comparado aos métodos de aspersão e gravidade (Biscaro, 2014).

Dentre os sistemas de irrigação localizada, o gotejamento tem ganhado um alto crescimento ao longo dos anos em diversas partes do mundo, que se explica principalmente. Pela economia no uso dos recursos hídricos e por proporcionar altos níveis de produtividade com destaque para a produção de hortaliças. (Nascimento *et al*, 2020).

2.4. Composição do sistema de irrigação por gotejamento

Os sistemas de irrigação por gotejamento são compostos basicamente por tubulações principais, tubulações laterais, de derivação e sucção, conexões, sistema de filtragem, componentes de automação, e sistema de bombeamento.

A filtragem da água de irrigação constitui medida eficaz para a redução de bloqueios físicos dos emissores, principalmente o sistema de irrigação por gotejamento. Para tanto, a escolha dos filtros deve ser realizada de acordo com o tipo de emissor e a qualidade da água (Biscaro, 2014). Os filtros podem ser centrifugadores, de tela, de disco ou de areia. O filtro de tela possui corpo metálico ou plástico e, em seu interior, um suporte revestido de tela frequentemente usado para reter partículas inorgânicas. O uso do filtro de tela é uma exigência em sistema de irrigação localizada, independentemente da qualidade de água aplicada. (Biscaro, 2014),

A distribuição de água no solo depende do tipo de emissor utilizado, os emissores aplicam a água na forma de gotas na superfície do solo em um determinado ponto, formando um bolbo molhado. Os emissores podem ser do tipo gotejadores, mangueiras gotejadoras, microtubos, microaspersores, difusores. As Mangueiras ou Fita Gotejadoras são tubulações de polietileno de espessura fina nas quais os emissores do tipo *flat-dripper* são inseridos internamente em sua parede (*in-line*), durante o processo de extrusão. Esse sistema apresenta como principal característica a utilização de um material de polietileno de baixa densidade. eles podem ser normais ou autocompensante (gotejadores cuja vazão não varia muito pouco se a pressão variar).

2.4.1. Bomba de água

Bombas de água para irrigação são máquinas usadas para transporte de água da fonte até às plantas, que podem ser operadas manualmente, à combustível ou eletricidade e podem ser usadas para qualquer técnica ou sistema de irrigação.

2.4.2. Bomba solar

Bombas de água solares são alimentadas por painéis solares para o seu funcionamento, dependem da radiação solar.

2.4.3. Vantagens e desvantagens das bombas solares SF 2

As bombas solares SF2 tem a vantagem de serem de baixo custo de operacionalização, uma vez que não precisam de combustível para o seu funcionamento, só precisa-se de painéis e toda energia vem da irradiação Solar; as bombas de água podem reduzir o tempo para irrigação e trabalho do agricultor, desde que ligue a bomba e conectar ao sistema de irrigação usado e não exige uma constante manutenção; é ambientalmente sustentável (não produzem poluentes prejudiciais ao meio ambiente, mantendo o ar e o solo dos campos de produção limpos)

As suas desvantagens são: não é possível bombear no escuro (por dependerem somente do Sol, não é possível irrigar a plantação de manhã ou de noite, pois a luz solar pode ser insuficiente para o funcionamento da bomba), alto custo de entrada (o custo de entrada de uma bomba de água solar pode ser uma limitação para pequenos agricultores, já que se precisa adquirir a bomba e os painéis de uma única vez.

2.5. Gotejamento por pulsos

A irrigação por pulsos ou intermitente é uma técnica de irrigação que vem sendo utilizada a vários anos atrás e em diversos países, desenvolvida inicialmente na irrigação por sulcos e depois na irrigação gota-a-gota. Os pulsos podem ser aplicados em qualquer método de irrigação, embora seja aplicado principalmente em sistemas de irrigação por gotejamento. A irrigação por pulso consiste na aplicação parcelada de lâminas de irrigação, fazendo uma interrupção cíclica na aplicação de água, separados por intervalos de tempo com e sem irrigação. Dessa forma, a irrigação por pulsos proporciona maior economia e eficiência no uso da água, maior volume do solo molhado dentro da zona das raízes e retarda os efeitos negativos da água com salinidade, além de auxiliar no aumento da qualidade do fruto, no grau de maturação e teor de vitamina C ((Elnesr, Alazba, El-Abedein, & l-Adl, 2015.); (Almeida *et al.*, 2018).

Um efeito notável pelo uso da irrigação por pulsos é a diminuição do índice de entupimento nos gotejadores, devido a turbulência criada pelos pulsos nas tubulações, evitando acumulação de praticolas nas saídas dos emissores e pela diminuição de número de horas de funcionamento contínuo. Abdelraouf *et al.*, (2012); Zamora, (2018). Quanto maior for o número de pulsos aplicados, mais notável e maior é o efeito.

Segundo Nascimento, *et al.*, (2020), a aplicação por pulsos da água permite reduzir a taxa média de irrigação para um nível que coincide com condutividade hidráulica do solo e minimiza a percolação abaixo da zona radicular efetiva. Trabalhos anteriores, como o de Levin e Van Rooyen (1977); (1979) e Mostaghimi e Mitchell (1983), constataram uma redução significativa da percolação profunda em solos arenosos ocasionado pela irrigação por pulsos. Já em trabalhos recentes, também realizados através de simulações e modelagem foi observada uma ligeira redução da percolação profunda (Elmaloglou; Diamantopoulos, 2007, 2008)

2.6. Determinação da uniformidade de distribuição

A determinação da uniformidade de distribuição de água permite conhecer se cada parte do campo esta ser irrigada adequadamente. Se há alguma parte que recebe menos água que a outra para cobrir o déficit hídrico e garantir que todo o campo receba de forma uniforme a quantidade de água necessitada pela cultura. (Lozano & Gavilán, 2014)

A uniformidade de distribuição de água define os limites entre os quais é permitida a variação do caudal dos emissores. É praticamente difícil um sistema de irrigação operar com perfeita uniformidade, uma forma de avaliar essa uniformidade é por meio da determinação do coeficiente de uniformidade. (Zamora, 2018).

2.6.1. Coeficiente de uniformidade

O coeficiente de uniformidade é um número através do qual se percebe a semelhança da quantidade de água aplicada em cada ponto da parcela irrigada. As variações da uniformidade de distribuição de água, tanto quando ocorrem acima ou abaixo da média das medições afetam os cultivos. Se o coeficiente de uniformidade for baixa significa que existirá maior risco de déficit de água em algumas zonas da parcela irrigada e percolação profunda em outras. Quando os valores desse coeficiente forem maiores significa mais uniformidade na distribuição de água, crescimento e desenvolvimento das culturas, proporcionando altos rendimentos. (Zamora, 2018). Os coeficientes de uniformidade usados para avaliar a uniformidade de distribuição, são os Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), desenvolvido por Christiansen (1942) e Coeficiente de uniformidade de Distribuição (CUD), proposto por Marrian e Keller (1978).

2.7. Eficiência do uso da água

Eficiência no uso da água de irrigação é relação entre produção da cultura e quantidade de água aplicada pela irrigação (Nascimento, Silva, Diotto, Lima, & Oliveira, 2020).

Um ponto que pode interferir na eficiência de irrigação ou do uso da água é a transferência da lâmina bruta de irrigação, calculada para o tempo de irrigação e ou volume de água a ser aplicada. No caso da irrigação localizada, a determinação do tempo de irrigação torna-se mais difícil dado o facto de que uma lâmina uniforme de irrigação deve ser transformada em um volume de água que suprirá um dado volume de solo. Uma vez determinada a lâmina bruta que envolve a ETC, o coeficiente de cultura e a evapotranspiração de referência, essa lâmina deverá ser multiplicada por uma área, considerada a área de ocupação da planta, entretanto tal área não condiz com a área efetivamente molhada. (Coelho & Silva, 2013).

2.8. O bolbo húmido ou molhado

Chama-se bolbo húmido ou molhado ao volume de solo humedecido por um emissor de rega localizada, sendo a sua forma dependente principalmente do fator textura do solo.

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.

Segundo Elmaloglou e Diamantopoulos (2008), na irrigação por gotejamento é essencial conhecer os efeitos da técnica de aplicação de água sobre a dinâmica da humidade do solo e na percolação sob a zona radicular. As informações sobre a distribuição da água no bolbo molhado são importantes, tanto para o dimensionamento dos sistemas de irrigação como no seu manejo. Já que a determinação do espaçamento entre emissores, a localização de sensores de humidade, e a definição das zonas de diferentes intensidades de absorção de água e nutrientes requerem o conhecimento da dinâmica de água no bolbo molhado.

(Maia, *et al.*, 2010) relatam que a forma e diâmetro dos bolbos molhados dependem do equilíbrio de forças gravitacionais e matriciais e está relacionada, entre outros fatores, à quantidade de água aplicada e à textura do solo. Por exemplo, em solos argilosos em razão da menor taxa de infiltração, a formação de bolbo é maior na dimensão horizontal devido à maior influência do potencial matricial sobre a gravidade. Estudos recentes mostram que a aplicação da água por pulsos, nesse caso, série de ciclos em que cada ciclo consiste de uma curta fase de irrigação e uma curta fase de repouso pode alterar a formação do bolbo molhado, (Santos, *et al.*, 2015)

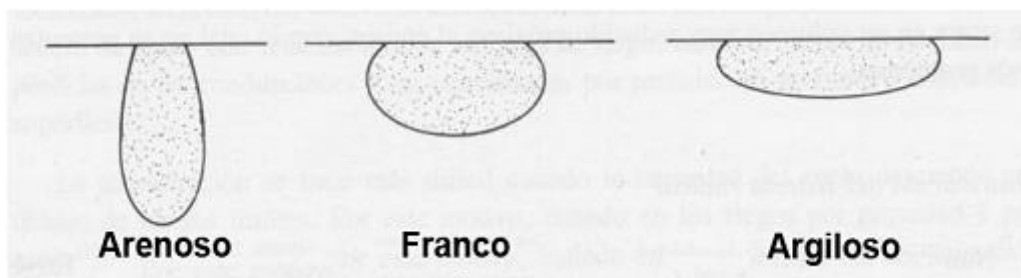


Figura 1 : Formação dos bolbos dependendo da textura do solo.

Fonte: Yague (1996)

2.8.1. Método trincheira

Diversas são as formas de medir o bulbo molhado formado pelo gotejador, e o método da trincheira, possibilita a medição de forma econômica por não necessitar de equipamentos de custo elevado, porém, exige bastante mão de obra. Para verificar de frente, o molhamento no perfil do solo, o método da trincheira mostra-se adequado por sua simplicidade e fácil execução no gotejamento superficial e subsuperficial (Santos, *et al.*, 2015).

2.9. Análise das variáveis de produção de alface

As variáveis de produção da cultura de Alface de grande importância para a determinação do resultado produção e produtividade, em função das condições de cultivo a serem submetidas, como por exemplo, a época do ano, ao tipo de água de irrigação (água salobra, águas negras) ou, diferentes lâminas de irrigação, diferentes zonas de cultivo (ambiente aberto ou Hidropônico), diferentes sistemas de irrigação (gotejamento, aspersão, superficial) e condições climáticas são: O número de folhas, massa fresca, área da folha, diâmetro da cabeça. Essas características são de fácil determinação, não precisando de equipamentos de elevado custo para obtenção dos resultados (Macêdo, 2004), (Santos A. P., 2016).

2.9.1. Número de folhas

É a soma de todas as unidades das folhas da planta, folhas que se julguem qualitativas para o consumo ou comercialização, normalmente são consideradas folhas superiores a 0,03m de comprimento.

2.9.2. Diâmetro do caule

O diâmetro da cabeça ou da planta é a circunferência da parte intermédia da raiz e do início das folhas

2.9.3. Área da folha

A área foliar (AF) é o espaço total da folha, incluindo o comprimento e a largura do mesmo.

2.9.4. Peso total

O peso total da planta de alface é a massa de todos componentes da planta, desde o caule e as folhas, antes de serem desmembradas ou separadas.

III. METODOLOGIA

3.1. Descrição da área do estudo

O experimento foi realizado na área agrícola, localizado no Posto Administrativo de Macarretane, Distrito de Chókwè, em uma área de 84m² com um furo de água.

A área agrícola situa-se concretamente no posto administrativo de Macarretane distrito de Chókwè entre as coordenadas geográficas: 24°05' e 24°48' Latitude Sul; 32°33'e 33°35' Longitude Este.

Segundo (Direção Nacional das Terras, 2012) O Distrito de Chókwè localiza-se a Oeste da região do Sul de Moçambique, concretamente a Sudoeste da Província de Gaza, o Distrito possui uma superfície de 2.600 Km² (3,43% da área total da Província), situando-se no curso médio do rio Limpopo, com os seguintes limites: a Norte, rio Limpopo que o separa dos Distritos de Massingir, Mabalane e Guijá, a Sul, Distrito de Bilene e pelo rio Mazimuchope que o separa do Distrito de Magude, Província de Maputo, a Este, Distritos de Bilene e Chibuto e a Oeste, Distritos de Magude e Massingir.

3.1.1. Clima e solos

De acordo com Direção Nacional das Terras (2012) o clima do dessa região é tropical seco, com uma temperatura média anual de 24°C; a precipitação média anual situa-se entre 500 a 800 mm, confirmando o gradiente do litoral para o interior, enquanto que a evapotranspiração potencial de referência (ET_o) é da ordem de 1.400 a 1.500mm. A humidade relativa média anual está entre 60 a 65%. É caracterizado pela ocorrência de solos argilosos a franco argiloso, pesados, compactos, impenetráveis e bastante abrasivos, tendendo a alcalinidade, característicos da cobertura argilosa de espessura variável. A sua permeabilidade interna é moderada a rápida (7-10 mm/hora), tendo uma fração de água utilizável que varia entre os 10 e 13%, variando com o teor de matéria orgânica e argila, pH varia de 7,0-7,3. (Vilanculos 2005).

Com base no teste de infiltração feito na area de estudo usando o metodo de infiltrometros de aneis duplos para a determinação da velocidade de infiltração basica (VIB) do solo, obteve-se uma média de 2.98 mm/h, classificado como VIB baixo segundo a tabela de classificação de Fuzerr (2013) que varia de 0 a 5 mm/h.

3.2. Preparo do solo, mudas e o cultivo da alface.

O solo foi preparado com uma lavoura a base de enxada e nivelamento com o auxílio de um ancinho metálico, logo em seguida foram separados canteiros com áreas de 42m² espaçadas entre 0.7m. Não foi realizada nenhuma adubação antes do transplante das mudas.

Para a produção das mudas foram usadas sementes da variedade crespa, produzidas diretamente no solo em pequena área do local do estudo, irrigadas diariamente de forma manual com base a um regador.

O transplante foi realizado manualmente, 25 dias após a sementeira, com as mudas apresentando uma média de 4 folhas num espaçamento de 0.3 por 0.3 m. Esse espaçamento seguiu a configuração da fita gotejadora.

Durante a terceira semana foi feita a sacha manual, com objetivo de controlar as ervas daninhas que apareciam na área experimental. 18 dias após do transplante foi realizada a adubação das culturas com 40 ml de solução fertilizante (ureia) dissolvido em água, aplicado diretamente na zona radicular.

3.3. Componentes do sistema de irrigação instalado no campo

O sistema de irrigação instalado no campo para o presente estudo foi composto pelo sistema de captação e bombeamento, onde a captação da água foi feita em um furo localizado no campo de produção com um nível estático de 3.4 m, com uso de uma bomba solar FUTUREPUNP SF2 com capacidade de fornecer 3600l/h a uma altura de sucção máxima de 10m, com saída de tubo de diâmetro 32mm, alimentado por dois (2) painéis solares de 60W cada, foram usadas tubulações polietileno (PE) de diâmetro 32mm para a linha principal e secundárias, as linhas de rega foram constituídas por emissores do tipo Fita Gotejadora (*in-line*) espaçados a 0.30m entre eles, tubulações de polietileno espessura fina de marca NETAFIM, diâmetro 16mm, autocompensantes com vazão de 1.1l/h. As linhas laterais de polietileno foram perfuradas com auxílio de uma furadeira num espaçamento de 0.30m para a colocação de conectores de ligação com as fitas gotejadoras num número de 9 por cada parcela com um comprimento de 14m cada, totalizando 18 linhas. Para evitar o entupimento foi usado um filtro de tela, recomendado para sistemas de irrigação localizados, instalado logo após a saída da bomba, na tubagem que transporta a água ao sistema de irrigação. Usaram-se como acessórios os Tees, adaptadores, curvas, válvulas e tampões.



Figura 2: Conjunto painéis solares e bomba.



Figura 3: Filtro usado no sistema

3.4.Determinação das necessidades hídricas da cultura de alface

A determinação das necessidades hídricas da cultura de alface foi feita com o auxílio dos programas *Cropwat 8.0* e *Climwat 2.0*, com base em dados da região de estudo fornecidos pela FAO (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação), referentes aos dados das culturas irrigadas, de solo (AD) e climáticos (ET_o e P_{ef}) para cada mês. Os dados referentes ao K_c de alface para cada estágio de desenvolvimento foram dados fornecidos pela FAO. Assim como as fórmulas para o cálculo da E_tc, NAR, D_{net}, D_{gross}.

$$E_{t_c} = E_{T_o} * K_c \quad (\text{Equação. 1})$$

$$NAR = E_{T_c} - P_{ef} \quad (\text{Equação. 2})$$

Em que;

E_tc = evapotranspiração da cultura [mm/dia]

E_To = evapotranspiração de referência [mm/dia]

K_c = coeficiente da cultura [adimensional].

NAR= Necessidades de água de rega [mm/dia]

Pef= Precipitação efetiva [mm/dia]

Dotação Líquida (Dnet)

De seguida calculou-se a Dotação Líquida de água (Dnet) pela fórmula:

$$Dnet = (CC - PEP) * z * D \quad \text{(Equação. 3)}$$

Onde;

CC = capacidade de campo [%];

PMP = ponto de murcha permanente [%]

p = profundidade efetiva do sistema radicular [cm];

D= Depleção (%)

Dotação Bruta (Dgross)

A Dotação bruta de água envolve a eficiência de aplicação do sistema de rega a ser usado no projeto. Nesse caso tratando-se de sistema de rega Localizado (gota-a-gota), foi usado a eficiência de 95% e determinou-se a dotação com a fórmula seguinte:

$$Dgross = \frac{Dnet}{Ef} \quad \text{(Equação. 4)}$$

Devido às características da irrigação localizada (alta frequência de irrigações) que deve variar entre um e quatro dias, fixou-se um turno de rega de (3) três dias, refez-se o cálculo e verificou-se a nova lâmina a ser aplicada.

$$IRg = \frac{Dnet*TR}{Ef} \quad \text{(Equação 5)}$$

Tempo de aplicação (Ta)

Após conhecida a irrigação real necessária para a cultura de alface em mm, foi calculado o tempo de aplicação pela equação proposta por Biscaro (2014) para irrigação pontual:

$$Ta = \frac{IRg*Ap}{Np*q} \quad \text{(Equação.6)}$$

Onde:

IRg= Necessidades de água de rega bruta [mm/dia];

q = Caudal do emissor[l/h];

A_p = Área ocupada pela planta [m^2];

N_p = Número de plantas por emissor.

3.5. Determinação da uniformidade de distribuição

3.5.1. Coleta de dados

A coleta de dados para a determinação da uniformidade de distribuição da água dos sistemas em estudo para o experimento, foi usado o método proposto por (Ceolin, 2017), onde foram coletadas as vazões no primeiro gotejador, no gotejador que esta a 1/3, no gotejador situado a 2/3 da linha e o último gotejador da linha e repetindo o processo para 4 linhas no universo de 9 linhas do sistema, totalizando 16 pontos de coleta para cada sistema. Uma vez que o sistema continha 46 plantas por linha, os pontos exatos de coleta foram (1º, 15 º, 31 º e 46 º gotejador). Foram usados como coletores de água dos emissores, recipientes plásticos com volumes de 1l, cortados de forma uniforme e colocados em cada gotejador de coleta num período de 15 min. Passado 15min era interrompida a rega e medida a quantidade de água de cada coletor com base em proveta graduada com capacidade de 1000 ml. Esse processo foi feito em três (3) repetições para cada sistema.

3.5.2. Avaliação da uniformidade de distribuição

Terminada a coleta dos dados, para a avaliação da uniformidade de distribuição dos sistemas de irrigação gota a gota foram utilizados os Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) e Uniformidade de Distribuição (CUD). Usou-se a fórmula de (Criddle et al., 1956), em percentagem.

O CUC foi calculado pela equação 7, que é baseada no desvio médio como medida de dispersão:

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})}{n \cdot \bar{x}}\right) 100 \quad (\text{Equação.7})$$

Onde:

CUC : Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, (%);

x_i : Volume do coletor, (mL);

\bar{x} : Média aritmética dos volumes dos coletores, (mL);

n : Número de coletores na área experimental.

Para a classificação do CUC, utilizou-se a proposta por Bernardo, Soares e Mantovani (2008), conforme a tabela seguinte:

Tabela 1: Classificação do CUC

CUC	Classificação
90% ou maior	Excelente
80% até 90%	Bom
70% até 80%	Regular
60% até 70%	Mau
Menor que 60%	Inaceitável

Fonte: : Bernardo, Soares e Mantovani (2008)

O Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) foi calculado pela equação 2, que é baseado na razão entre 25% das vazões mínimas e as vazões médias dos emissores:

$$CUD = \frac{x_{25}}{x} 100 \quad \text{(Equação. 8)}$$

Onde:

CUD: Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, (%);

x₂₅: Valor médio de 25% dos menores volumes coletados, (mL);

x: Média aritmética considerando todos os volumes, (mL);

Tabela 2: Classificação de CUD

CUD	Classificação
90% ou maior	Excelente
80% até 90%	Bom
70% até 80%	Regular
60% até 70%	Mau
Menor que 60%	Inaceitável

Fonte: (Ceolin, 2017)

A eficiência de aplicação dos sistemas foi determinada com base na seguinte equação:

$$Ea = 0.9 * CUD \quad \text{(Equação. 9)}$$

Onde:

0.9-é a eficiência dos sistemas de rega localizados

CUD- coeficiente de Uniformidade de Distribuição

Tabela 3: Eficiência de diferentes sistemas de irrigação

Método de Irrigação	Sistema de irrigação	Eficiência (%)
Microirrigação	Gotejamento superficial	85 - 95
	Gotejamento enterrado	85 - 95
	Microaspersão	85 -90

Fonte: Morris; Lynne (2006)

3.6. Eficiência do uso da água

Foram avaliadas as eficiências de uso da água de irrigação (EUA) pela cultura da alface nos sistemas de irrigação por pulsos e contínuo utilizando a metodologia proposta por (Nascimento *et. al*, 2020) para sua determinação, com uso da equação abaixo:

Eficiência no uso da água de irrigação.

$$EUA_i = \frac{P}{L} \quad \text{(Equação. 10)}$$

$$p = \frac{\text{Massa fresca (Kg)}}{\text{área do campo (ha)}} \quad \text{(Equação. 11)}$$

Em que:

EUA: eficiência no uso da água de irrigação, kg/m³

P: produção da cultura, kg/ ha

L: lâmina aplicada pela irrigação em mm.

A lâmina aplicada pela irrigação foi determinada com base nas necessidades de água de rega da cultura de alface, que foi a lâmina de 5.08mm/dia, obtido a partir do programa *Cropwat 8.0* e *Climwat 2.0* e cálculo com base em equações descritas na metodologia deste trabalho para a determinação das necessidades de água de rega.

A produção da cultura foi determinada com base em medição da sua massa fresca de todas culturas de cada sistema com uso de uma balança digital com precisão 0.00e da área de produção em m² ou ha. Foram medidos todos componentes de alface, excetuando a raiz. Pois para a retirada da cultura no solo, foi e cortada na parte do caule, deixando a raiz no solo.

3.7. Determinação do bolbo molhado

Para a determinação do bolbo molhado foi utilizado o método Trincheira proposto por Santos *et al.* (2015), feito em única pressão de serviço dos emissores e tempos de aplicação (TI) para

o gota-a-gota contínuo e para o gota-a-gota por pulsos, com intervalo entre pulsos de 60 minutos.

As variáveis analisadas para comparação dos bolbos Molhados foram o diâmetro superficial (DS), diâmetro máximo (DM), profundidade máxima (PM).

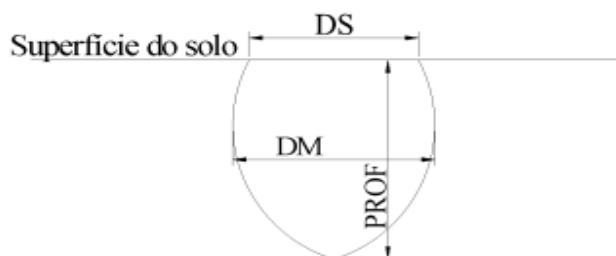


Figura 4 : posição das variáveis do bulbo molhado.

Fonte: Santos *et al.*,(2015)

Para determinação do DS foi realizada a leitura imediatamente depois de cessada a aplicação e respeitados os tratamentos específicos de cada unidade experimental. Foi utilizada uma fita métrica, onde foi aferido o diâmetro do bolbo molhado na superfície do solo, antes do revólver o solo.

Para determinação do DM utilizou-se o método da trincheira proposto por Battam *et al.*, (2003) e Santos, *et al.*, (2015), onde, após a medição do DS foi realizada a abertura de uma trincheira, com uso de enxada, cortando a região mediana do bolbo.

Durante a abertura da trincheira era realizada a leitura do diâmetro a cada corte, até a verificação do início da redução do diâmetro, e dessa forma foi atribuído o maior valor de leitura realizada para o DM.

O valor do PM foi obtido após a identificação do DM, onde foi feita a retirada do solo húmido no centro do bolbo até a identificação de solo seco, e foi realizada a leitura da distância entre a superfície e o fundo do buraco. (Santos, *et al.*, 2015)

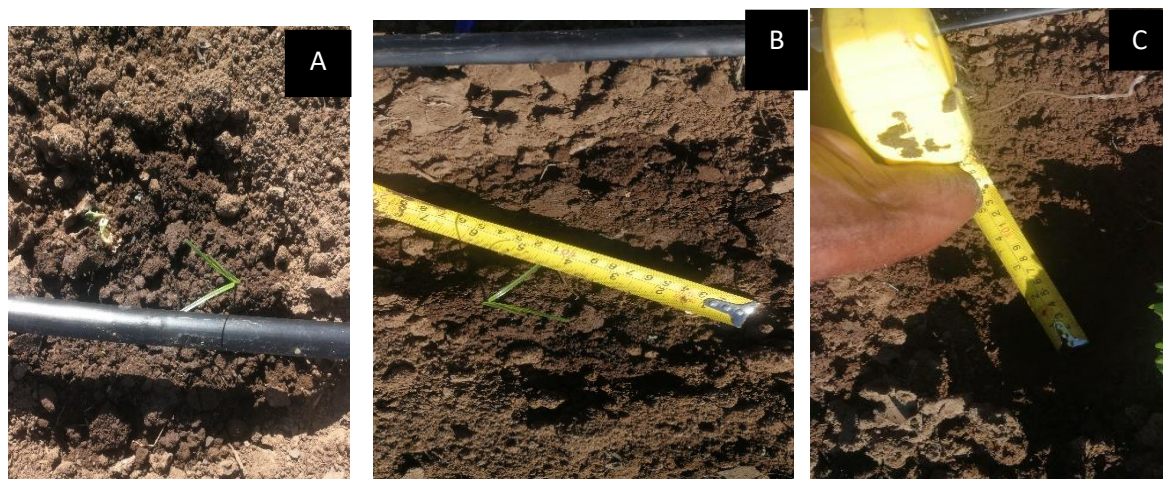


Figura 5: Determinação dos parâmetros do bolbo húmido

A-formação do bolbo;

B-medição do DS;

C-medição da PM.

3.8. Análise das variáveis de produção de alface

A análise das variáveis de produção de alface será feita com algumas unidades amostrais na fase de colheita da alface, amostras da irrigação por pulsos e a da irrigação contínua, onde serão retiradas e avaliadas (número de folhas, área foliar, massa fresca, diâmetro do caule). Foram colhidas 20 plantas em cada sistema de irrigação em estudo e avaliados os parâmetros requeridos.

3.8.1. Peso da cultura

A massa fresca ou peso da cultura foi medida com base em uma balança eletrônica portátil, de precisão 0.00g, medição essa feita logo após a retirada da planta no solo.

3.8.2. Número de folhas

Para determinação do número de folhas, foram destacadas todas as folhas que apresentarem tamanho maior que 0,03 m da planta e contadas separadamente.

3.8.3. Diâmetro do caule

O diâmetro do caule de alface foi obtido através da medição com base em um paquímetro digital graduado em milímetros, a parte do caule medida, foi logo após o limite das raízes.

3.8.4. A área foliar (AF)

A área foliar (AF) foi obtida através da Equação proposta por (Benincasa 2003) (Matos, *et al*, 2015, multiplicando o comprimento e a largura da folha pelo fator de correção. O comprimento e largura foram medidas com base em uma fita métrica, graduada em mm/cm.

$$Af = C * L * f \quad (\text{Equação. 12})$$

Onde: AF - Área foliar, em cm;

C - Comprimento da folha, em cm;

L - Largura da folha, em cm; e

f - Fator de correção (0,57), adimensional.

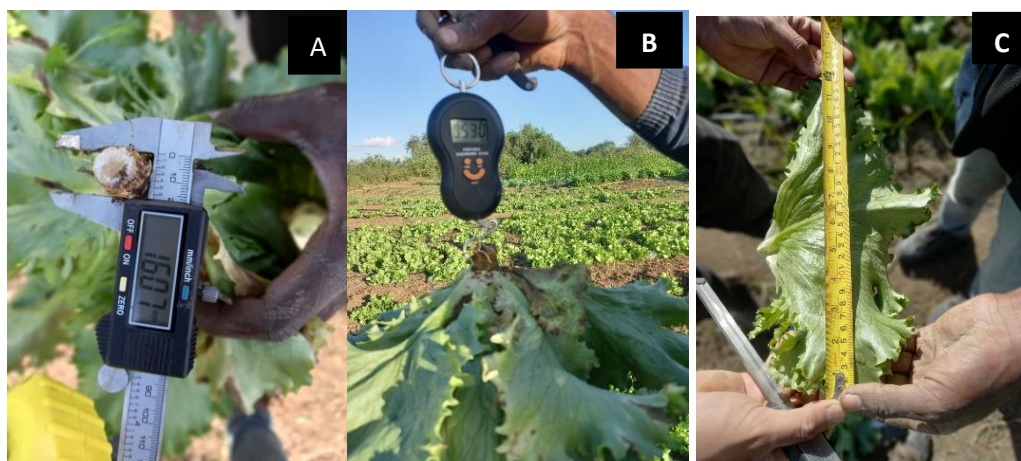


Figura 6: Medição dos parâmetros fenológicos da cultura de alface

A-Medição do diâmetro do caule;

B-Medição do peso;

C- Medição da largura da folha

IV. RESULTADOS E DISCURSÃO

4.1. Uniformidade de distribuição dos sistemas de irrigação

De acordo com os resultados do teste de ANOVA feito para os sistemas de rega por gota a gota intermitente e contínuo com base em volumes de água coletados em cada sistema, não houve diferença significativa a (nível de 5%) entre os Sistemas de rega 1 e 2 instalados. Esse resultado foi satisfatório visto que o experimento com o estudo visa avaliar e comparar os resultados da produção de alface produzidos em condições similares, (fita gotejadora autocompensante), diferindo apenas na forma de aplicação de água (aplicação por pulsos e contínua).

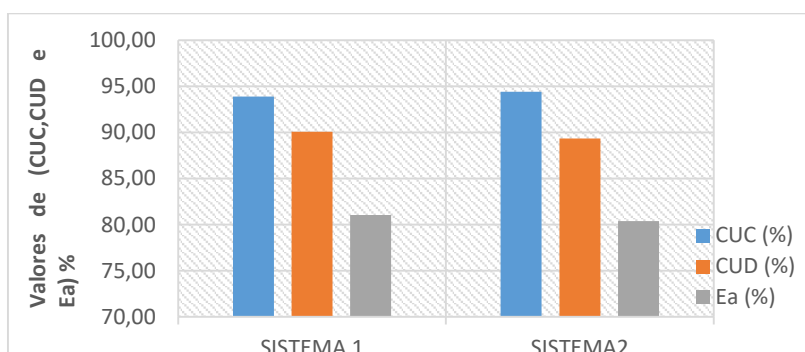


Figura 7: Valores dos CUC, CUD e Ea em função dos sistemas de irrigação avaliados.

De acordo com a figura 8, em consideração a classificação Bernardo, Soares e Mantovani (2008), os valores de CUC foram considerados excelentes para os sistemas 1 e 2, por apresentarem valores de 93,87 e 94,42% respectivamente. O CUD dos dois sistemas foi baixo em relação ao CUC uma vez que para sua determinação usam-se 25% dos valores mais baixos, o sistema 1 apresentou o CUD de 90,05% classificado como excelente e o sistema 2 apresentou um CUD de 89,33% considerado Bom, segundo classificação de (Ceolin, 2017). Esses resultados dos CUC e CUD são considerados excelentes, mas comparados com o estudo de (Mazoti, 2016), avaliando a uniformidade de irrigação por gotejamento que obteve valores médios para CUC de 98,85% e CUD de 98,21%, valores que não se conseguiu obter nesse estudo, o que para além das condições de declive pode dever-se à instalação de tanque de elevação, uma vez que nesse estudo a água foi derivada diretamente da captação para o sistema, sem nenhum reservatório.

Quanto a eficiência de aplicação dos sistemas, obteve-se 81,04% e 80,40% para os sistemas 1 e 2 respectivamente, não sendo uma classificação boa tratando-se de sistema de rega localizado, que segundo (Coelho & Silva, 2013), (tabela 3) para os sistemas localizados a eficiência de irrigação é de 85 a 95%.

Esse resultado de eficiência de aplicação abaixo de 85% para ambos sistemas, pode associar-se à configuração topográfica da área de instalação dos mesmos, pois não apresentava um nivelamento que garantisse uma declividade uniforme do terreno e conseqüentemente má uniformidade de distribuição de água na fita gotejadora e redução da eficiência na aplicação de água.

4.2. Eficiência do uso da água (EUA)

Como resultado do cálculo e determinação da Eficiência de Uso de Água pela cultura de alface irrigada pelo gotejamento contínuo e por pulsos, observou-se uma grande diferença entre os dois tratamentos, onde a irrigação por gotejamento por pulsos mostrou-se melhor com uma EUA de 42,62% maior que o gotejamento por contínuo com uma lâmina de água de 76,2mm. A EUA para o gotejamento contínuo foi de 22,42 kg/m³ e o gotejamento por pulsos foi de 39,07 kg/m³. Em um trabalho de (Lima, 2010), utilizando a irrigação por pulsos na produção de alface com uma lâmina de 74,53 mm, obteve uma eficiência de uso de água de 56,31 kg/m³, valor que aqui não foi obtido com quase mesma lamina de água, o que pode dever-se a factores como a variedade da cultura, tipo de solo, clima, e o tipo de emissor utilizado. Mas esses experimentos mostram que a implementação da irrigação em forma de pulsos, tem grande contribuição na conservação de humidade e distribuição uniforme da água na zona radicular, aumentando a capacidade e eficiência de absorção de água e nutrientes.

Tabela 3: eficiência de uso de água para a produtividade de alface em função de tipo de aplicação (contínua X por pulsos)

Tratamento	Lâmina (mm)	P (kg/m ²)	EUA (kg/m ³)
Rega Contínua	76,2	1,71	22,42
Rega por pulsos	76,2	2,98	39,07

4.3.Determinação do bulbo molhado

De acordo com a (tabela4) observa-se que todas as variáveis das dimensões do bulbo molhado (DS, DM e PM) apresentaram diferença significativa em relação aos tratamentos rega contínuo e por pulsos, observando maiores valores para a rega por pulsos as variáveis diâmetro superior (DS) e diâmetro médio (DM), entretanto a variável profundidade máxima (PM) apresenta maior média para a rega contínuo. Esse caso é similar ao estudo de (Almeida , 2012) na avaliação do Gotejamento por pulsos na formação do bulbo molhado e produtividade da alface americana, onde o gotejamento por pulsos proporcionou maior dimensão horizontal do bulbo tendendo a um formato retangular com mais concentração de água na zona superficial e

subsuperficial dando melhor distribuição horizontalmente na zona radicular da planta. Já o uso do gotejamento contínuo proporcionou concentração da água no centro do bulbo dando um formato eclíptico. Esse factor explica o facto das medias das variáveis DS e DM serem maiores no gotejamento por pulsos e a média da PM ser superior no gotejamento contínuo. Essa diferença entre a o gotejamento por pulsos e continuo pode ser explicado pelo facto dos pulsos da água reduzem a taxa de infiltração para um valor que coincide com a condutividade hidráulica do solo, fornecendo melhor distribuição de água (Almeida , 2012).

Um factor característico do local de estudo é a declividade não uniforme na superfície do solo com uma inclinação acentuada, o que pode ter contribuido na forma de distribuição de água no solo, alterando assim a formação do bulbo molhado e a dimensão das variáveis do mesmo.

Tabela 4: Síntese do quadro da análise de variância (ANOVA) das variáveis: diâmetro superficial (DS), diâmetro máximo (DM), profundidade máxima (PM) do perímetro molhado de rega por gotejamento contínuo e por pulsos

REGA	DS	DM	PM
	cm,	cm	Cm
Rega contínua	15,08 b	15,98 b	15,07 a
Rega por pulsos	17,32 a	19,11 a	14,09 b
F	*	*	*
DMS	0,51	1,03	0,67
CV (%)	4,37	8,12	6,39

Médias, seguidas de mesma letra, dentro de cada variável, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

CV= coeficiente de variação, DMS= diferença mínima significativa, F= estatística do teste, onde*= significativo ao nível de 5% de probabilidade.

4.4. Análise das variáveis de produção de alface

De acordo com a (Tabela 6), houve diferença significativa (a nível de 5%) entre os tratamentos rega por contínua e por pulsos sobre as variáveis Peso, número de folhas, diâmetro de caule e área foliar. Os valores médios encontrados para estas variáveis foram 23.7 g, 12.22 unidades, 7.84 mm, 363.21 cm² respetivamente, em um período de cultivo de 40 dias após o transplante.

Os resultados positivos obtidos nesse experimento de gotejamento por pulsos na produção de Alface assemelham-se aos efeitos positivos do gotejamento por pulsos encontrados por (Zamora, 2018) na produção da cultura de coentro, onde na aplicação por pulsos observou-se

superioridade em todas variáveis de produção em relação á rega contínua, pelo facto de bob condições de déficit hídrico, o manejo por pulsos ter garantido melhores condições de umidade para o desenvolvimento da planta.

O que não aconteceu no experimento feito por (Almeida, *et al.*, 2017), que ao compararem a irrigação por pulsos e contínua na produção de pimenta biquinho não se observou diferença significativa nas variáveis Diâmetro de caule e número de folhas. Para esse experimento as variáveis de produção avaliadas (Peso, número de folhas, diâmetro de caule e área foliar) da rega por pulso mostraram-se superiores comparativamente á rega contínua, esse facto pode estar relacionado com o perímetro molhado pelos emissores durante a rega, pois na rega por gotejamento de forma continua há perda de água por percolação profunda para além da zona radicular da planta por distribuir a água no solo em um formato eclíptico, no sentido vertical, não satisfazendo as necessidades de água exatas da planta,. Contrariamente da rega por pulsos que os pulsos de água poder reduzir a taxa média de irrigação para um valor que coincide com condutividade hidráulica do solo, apresentando uma distribuição mais horizontal e lenta, reduzindo a percolação profunda da água para além da zona radicular, o que garante que a cultura receba a água dimensionada para satisfazer as suas necessidades, aumentando a eficiência de aplicação do sistema por de rega gotejamento.

Com base na (tabela 5), constatou-se que o gotejamento por pulsos influenciou significativamente em todas variáveis de produção da cultura de alface analisadas nesse experimento, tendo apresentado médias superiores em relação á rega por gotejamento contínuo.

Tabela 5: Síntese da análise de variância para Peso, Número de folhas, Diâmetro de caule e Área foliar na produção de Alface.

REGA	Peso	N. Folhas	Diâmetro de Caule	Área Foliar
	g		mm	cm ²
Rega contínua	167,25 b	9,50 b	14,91 b	325,20 b
Rega por pulsos	328,5 a	11,25 a	16,63 a	401,21 a
F	*	*	*	*
DMS	39,64	1,5	0,82	21,13
CV (%)	23,7	15,22	7,84	8,76

Médias, seguidas de mesma letra, dentro de cada variável, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

CV= coeficiente de variação, DMS= diferença mínima significativa, F= estatística do teste, onde *= significativo ao nível de 5% de probabilidade.

V. CONCLUSÃO

Os dois sistemas analisados foram considerados excelentes e bons pelos valores coeficientes de uniformidade de CUC e CUD. Com valores de CUC (94.42 e 93.87%) e CUD (90.05 e 89.33% os tratamentos rega por pulsos e contínua respetivamente.

A irrigação gota a gota por pulsos melhora a uniformidade de distribuição de água na zona radicular da cultura, permitindo melhor absorção da água e influencia de forma significativamente nas variáveis de produção de cultura de alface.

O uso da irrigação por gotejamento na cultura de alface aplicado por pulsos aumenta a produtividade e a eficiência de uso de água em mais de 40% comparado com a irrigação de gotejamento contínuo.

VI. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se o uso de um intervalo de aplicação entre os pulsos maior que 60 min, tempo usado nesse estudo, para ver se podem obter-se melhores resultados do bulbo molhado e distribuição de humidade no solo.

É recomendado que fossem feitos outros estudos usando esses sistemas de irrigação com outras culturas diferentes da alface, que podem trazer mesmos resultados aqui alcançados ou resultados ainda melhores.

O uso da irrigação gota a gota intermitente pode ser feita em ambiente protegido ou em condições ambientais diferentes da zona de Macarretane, também pode se associar a irrigação intermitente com a cobertura vegetal do solo para maximizar a conservação de umidade no solo.

Recomenda-se que sejam feitos estudos similares em condições topográficas de diferentes percentagens de inclinação para aferir a influência das mesmas na formação do bolbo molhado.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Almeida, W. F., Santo, M. M., Jesus, A. R., Silva, J. S., S. Paz, V. ..., & Costa, J. A. *Crescimento Vegetativo Da Pimenta Biquinho Em Função Do Gotejamento Por Pulsos*. IV INOVAGRI International Meeting. 2017
2. ALMEIDA , W. F. *Gotejamento por pulsos e cobertura do solo na formação do bulbo molhado e produtividade da alface americana*. Lavras-MG. 2012
3. ALMEIDA W. F. de [et al.] . **Yield of green beans subjected to continuous and pulse drip irrigation with saline water** [Livro]. - 2018. .
4. ANDRADE M. G **Processo da irrigação localizada utilizando o controle estatístico de qualidade** [Livro]. - 2016.
5. BISCARO, G. A. *SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA*. UFGD. (2014).
6. CEOLIN , R. D.. *Uniformidade De Irrigação Por Gotejamento Em Diferentes Declividades* . PALOTINA-PR . 2017
7. COELHO, E. F., & Silva, A. J.). *Manejo, eficiência e uso da água em sistemas de irrigação*. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2013
8. Direção Nacional das Terras, **Plano Estratégico de Desenvolvimento do Distrito de Chòkwé** [Livro]. - 2012.
9. ELNESR M N, **Evaluating the effect of three water management techniques on tomato crop**. [Livro]. - [s.l.] : Plos One, 2015. .
10. Gomes e Sousa; **Produtividade da alface (Lactuca sativa l.) Em função dos valores de lâminas de água aplicados por gotejamento superficial e subsuperficial**, FCA/UNESP, Botucatu, SP,2002
11. Gaza Perfil do Distrito de Chpkwe provincia de [Livro]. - [s.l.] : Ministerio da Administração Estatal, 2005.
12. HENRIQUE A. G. S **Avaliação do desempenho de cultivares de alface em sistema hidropônico**. [Livro]. - 2020.
13. LIMA, j. J. *Efeito da irrigação sobre o rendimento prroductivo da alface americana em cultivo protegido*. Campina Grande: **Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental**. 2010.
14. LOZANO D e GAVILÁN P **Evalución en Campo de cintas de riego por goteo de diferentr caudal en cultivo de fresa** [Livro]. - [s.l.] : Agroinforme, 2014.

15. Macêdo c s **Ajuste de modelos de crescimento da alface (lactuca sativa l.) Cultivada em sistema hidropônico e estimativa da variação da condutividade elétrica da solução nutritiva** [livro]. - minas gerais – brasil : viçosa, 2004 .
16. MAIA C E e Levien S L. **A Estimativa de dimensões de bulbo molhado em irrigação por gotejamento superficial aplicando modelo de superfície de resposta** [Livro]. - Santa Maria : [s.n.], 2010.
17. Matos R M [et al.] **Características Foliaves E Índice De Colheita Do Rabanete Irrigado Com Água Residuária Em Ambiente Protegido** [Livro]. - 2015.
18. MOREIRA, C S [et al.] **Avaliação de sistema de irrigação por gotejamento para a produção de sementes agroecológicas no Sertão do Araripe – PE** [Livro]. - 2021.
19. Mazotti, E L; **Avaliação da Uniformidade da irrigação por gotejamento em diferentes pressões de trabalho**, PALOTINA, PR, 2016
20. Nascimento J M, Silva, C C; Diotto,A D; Lima L A, Oliveira M C ; **Irrigação por gotejamento subsuperficial e pulsos na produção de tomate de mesa** [Livro]. - Curitiba : [s.n.], 2020.
21. Santos, F. L., Delmond, j. G., Vidal, V. M., Cunha, F. N., Teixeira, M. B., Soares, F. a., Costa, R. **ADimensões de bulbo molhado em sistema de irrigação por gotejamento**. 4-5. . (2015).
22. Santos anna p r dos **Características agronômicas e qualidade da alface (lactuca sativa l.) Sob fertilização orgânica e mineral** [livro]. - brasília/df : [s.n.], 2016.
23. SUINAGA F. A [et al.] **Métodos de avaliação do florescimento precoce e identificação de fontes de tolerância ao calor em cultivares de alface do grupo varietal ‘crespa’** [Livro]. - 2013.
24. ZAMORA, V. R.. *Gotejamento por Pulsos Sob cinco laminas de fertirrigação na productividade de coentro*. Recife-PE. 2018

VIII. APÊNDICES

Tabela 6: Valores de evapotranspiração de referência e coeficiente da cultura, precipitação efetiva e evapotranspiração da cultura, para cada estágio do seu desenvolvimento, obtidos através de CROPWAT e cálculo manual.

Dias	Mês	ETo(mm/dia)	Kc	Etc(mm/dia)	Pef(mm/dia)	NAR (mm/dia)
21	Abril	3.55	0.3	1.07	0.47	0.6
31	Maio	3	0.58	1.03	0.45	1.38
23	Junho	2.24	0.47	1.72	0.11	1.61

Tabela 7: Determinação da necessidade de água de rega e tempo de aplicação

Dotação Líquida	Dotação Bruta	Dotação Bruta ajustada.	Tempo de Aplicação
$D_{net} = (CC - PEP) * z * D$			
$D_{net} = (180) * 0.05 * 0.25$	$D_{gs} = \frac{D_{netaj}}{E_f}$	$D_{gsAj} = \frac{D_{net} * TR}{E_f}$	$T_a = \frac{IRg * Ap}{Np * q}$
$D_{net} = 22.5mm$	$D_{grs} = \frac{4.83}{0.95}$	$D_{gsAj} = \frac{4.83 * 3}{0.95}$	$T_a = \frac{5.08 * 0.09}{1 * 1.1}$
			$T_a = 0.41564h$
	D_{grs}		
$D_{net Ajust} = 4.83mm/d$	$= 4.8mm/d$	$D_{grsAj} = 5.08mm/dia$	$T_a = 24.98 = 25min$

O cálculo do intervalo de rega pela fórmula abaixo, obteve-se um intervalo de 14 dias, o que não é aconselhável de acordo com bases literária, assim ajustou-se para um intervalo de rega de 3 dias.

$$IR = \frac{D_{net}}{NAR}$$

Intervalo de rega= 3 dias

NAR=1.61

Determinação da produção e eficiência de uso de água.

Dados

Área (m^2)=42

LL (mm/dia) =5.08

LL (mm/ciclo) =76,2

Massa fresca S2(Kg)=71.75

Massa fresca S1 (kg)=125.05

Produção da Cultura

$$p = \frac{\text{Massa fresca (Kg)}}{\text{área do campo (ha)}}$$

$$p1 = \frac{125.05(Kg)}{42(m^2)}$$

$$P1=2.98 \frac{(Kg)}{(m^2)}.$$

$$p2 = \frac{71,75(Kg)}{42(m^2)}$$

$$P2=1,71 \frac{(Kg)}{(m^2)}$$

Eficiência de Uso de Água

$$EUA = \frac{P}{L}$$

$$EUA_1 = \frac{2.98}{0.0762}$$

$$EUA_1 = 39.07 \frac{Kg}{m^3}$$

$$EUA_2 = \frac{1.71}{0.0762}$$

$$EUA_2 = 22.42 \frac{Kg}{m^3}$$

IX. ANEXOS

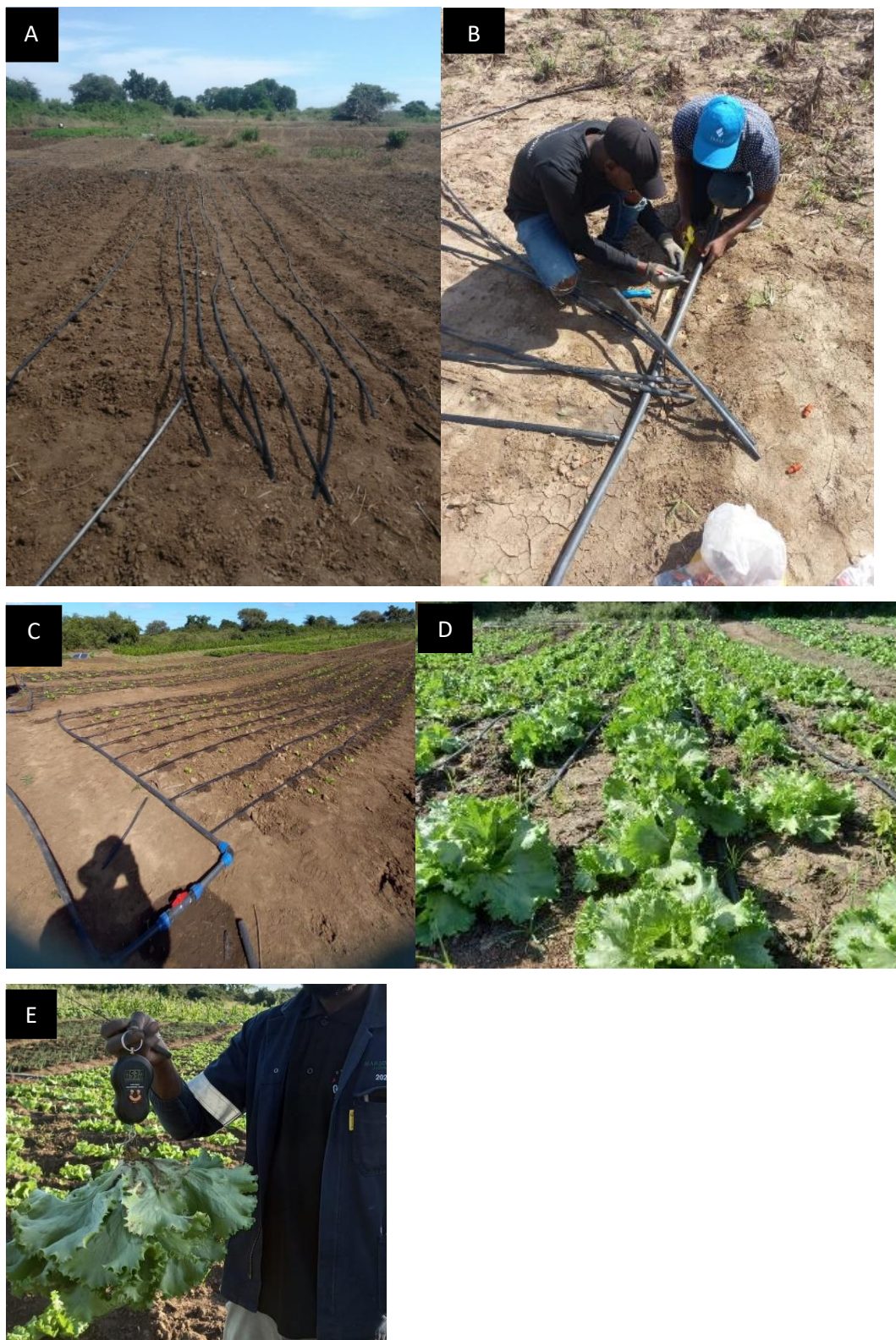


Figura 9: Fases da instalação do sistema e desenvolvimento da cultura.

A,B-Fase de Instalação

C,D,E-Fases de desenvolvimento e maturação de Cultura