



**Universidade Politécnica
A POLITÉCNICA**

Doutoramento em Estudos de Desenvolvimento

**Tecnologias adaptadas às mudanças climáticas: Uma alternativa de
Desenvolvimento no sector familiar na área da Agricultura**

Estudante: Florência Celeste Jonasse

Maputo, Janeiro de 2025



Doutoramento em Estudos de Desenvolvimento

Tecnologias adaptadas às mudanças climáticas: Uma alternativa de Desenvolvimento no sector familiar na área da Agricultura

Tese a ser apresentada ao Programa de Doutoramento na Universidade Politécnica em Maputo como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Estudos de Desenvolvimento

Estudante: Florência Celeste Jonasse

Supervisora: Prof^a Doutora Luísa Santos (UEM)

Co-Supervisor: Prof. Doutor Custódio Tacarindua (ISPG)

Maputo, Janeiro de 2025

Declaração de Honra

O presente trabalho de pesquisa foi por mim realizado na base dos recursos a que tive acesso e cujas fontes utilizadas são nele indicadas. É apresentado em cumprimento dos requisitos para obtenção do grau acadêmico de Doutor em Estudos de Desenvolvimento na Universidade Politécnica.

A Doutoranda

Florência Celeste Jonasse

Dedicatória

Em memória da minha mãe, Mariana Assunção Laquião.

Aos meus netos Ana Sofia Barbosa, Filipe Barbosa, Lucielle Nombora e Caio Nombora, a esperança do amanhã, ofereço!

Agradecimentos

Agradeço a Deus por guiar os meus passos, até à realização do meu sonho.

Um profundo agradecimento vai para os meus supervisores, Professora Doutora Luísa Santos e Professor Doutor Custódio Tacarindua, pela orientação e pelo acompanhamento incansável na realização deste trabalho.

À Direcção da Universidade Politécnica, em particular ao sector de Pós-Graduação, pela oportunidade concedida para que eu fizesse parte deste programa de Doutoramento. Aos professores agradeço o ensinamento.

Aos técnicos da Estação Agrária de Nhacoongo, em especial ao Engenheiro Hermenegildo, o meu agradecimento pelo apoio prestado durante a preparação e a realização dos ensaios.

Ao meu marido Rufino Nombora, aos meus filhos Odete, Aguiar e William Nombora, pelo apoio moral prestado ao longo dos meus estudos.

Finalmente, e bastante sensibilizada, agradeço aos meus colegas de turma, em especial aos colegas do meu grupo de estudo, Pascoal Ronda, Eusébio Tumuitikile e Francisca Manjate, pelo apoio e encorajamento para que eu terminasse o curso.

RESUMO

O Distrito de Inharrime, em Moçambique, enfrenta desafios crescentes devido à vulnerabilidade a calamidades naturais e aos impactos das mudanças climáticas, como aumento da temperatura, redução das precipitações e défice hídrico, que afectam a produtividade agrícola, empobrecem os solos e intensificam as pragas. Este estudo testou tecnologias agrícolas inovadoras com potencial para melhorar a eficiência no uso da água e do solo, promovendo resiliência climática e sustentabilidade no sector familiar. Para o efeito, conduzidos cinco ensaios no Instituto de Investigação Agrária em Nhacoongo, para avaliar tecnologias como hidroponia com recurso a bambu e Manipueira, irrigação por capilaridade sob cobertura plástica, Mulching sintético e orgânico no cultivo de milho, cultivo de cebola em bolsas com palha de coco, e o uso de extratos de moringa e eucalipto para o controlo de gorgulho (*Eucalyptus globulos*) no milho armazenado. Todos os ensaios foram conduzidos num delineamento de blocos completos casualizados (DBCC) em esquema factorial 2x2, excepto hidroponia e extratos de Moringa e Eucalipto, para os quais foi usado o delineamento completamente casualizado (DCC). Os dados de cada ensaio foram analisados com base no pacote estatístico R -Studio versão 2023.06.1 + 524 usando a ANOVA e posteriormente sujeitos a análise económica. O resultado da análise económica destacou maior benefício líquido para o Mulching com plástico (355.390 MT), seguido pela hidroponia (137.142,47 MT) e irrigação por capilaridade (148.825 MT). Em termos agronómicos, o rendimento do Mulching com plástico foi de 9,7 ton/ha, o da hidroponia foi de 33,2 ton/ha e o rendimento da irrigação por capilaridade com cobertura em plástico foi de 13,29 ton/ha. Essas tecnologias demonstraram viabilidade económica e eficácia no aumento da produção e produtividade, sendo fundamentais para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar em Inharrime.

Palavras-chave: Sector familiar, Mudanças climáticas, Tecnologias, Desenvolvimento, Agricultura

Abstract

This study tested innovative agricultural technologies with the potential to improve water and soil use efficiency, promoting climate resilience and sustainability in the family farming sector. Five trials were conducted at the Agricultural Research Institute in Nhacoongo to evaluate technologies such as hydroponics using bamboo and *manipueira* (cassava wastewater), capillary irrigation under plastic mulch, synthetic and organic mulching in maize cultivation, onion cultivation in bags with coconut coir, and the use of moringa and eucalyptus extracts for the control of maize weevil (*Eucalyptus globulos*) in stored maize. All trials were conducted using a randomised complete block design (RCBD) in a 2x2 factorial scheme, except for hydroponics and moringa and eucalyptus extracts, for which a completely randomised design (CRD) was applied. Data from each trial were analysed using the R Studio statistical package (version 2023.06.1 + 524) through ANOVA and subsequently subjected to economic analysis. The economic analysis results highlighted the highest net benefit for plastic mulching (355,390 MZN), followed by hydroponics (137,142.47 MZN) and capillary irrigation (148,825 MZN). In agronomic terms, the yield for plastic mulching was 9.7 tonnes/ha, hydroponics yielded 33.2 tonnes/ha, and capillary irrigation with plastic mulch yielded 13.29 tonnes/ha. These technologies demonstrated economic viability and effectiveness in increasing production and productivity, proving essential for the sustainable development of family farming in Inharrime.

Keywords: Family sector, Climate change, Technologies, Development, Agriculture.

Índice

Declaração de Honra	I
Dedicatória	i
Agradecimentos.....	ii
RESUMO.....	iii
Abstract	iv
LISTA DE ABREVIATURAS	xii
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização	1
1.1.1. A agricultura familiar em Moçambique e a sua Importância	2
1.1.2. Evolução das políticas de desenvolvimento rural em Moçambique.....	5
1.1.3. Situação do distrito de Inharrime	7
1.1.3.1. Situação Agrícola no Rendimento das culturas e projecções de necessidades de consumo para (2019 – 2029) no Distrito de Inharrime	9
1.2. Problema de estudo e sua justificativa	11
1.2.1. Constrangimentos na produção agrícola do sector familiar em Inharrime.....	11
1.2.2. Justificativa	14
1.3. Potenciais tecnologias para aumento da resiliência em Inharrime.....	15
1.4. Tecnologias testadas e os seus efeitos sobre as mudanças climáticas.....	16
1.5. Relevância do estudo.....	19
1.6. Objectivos.....	21
1.6.1. Objectivo geral.....	21
1.6.2. Objectivos específicos	21
1.7. Hipóteses	22

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1. Conceito de desenvolvimento	23
2.2. Desenvolvimento no contexto das mudanças climáticas e implicações na agricultura familiar	28
2.3. Desenvolvimento sustentável e tecnologia	30
2.4. Papel da agricultura no desenvolvimento socioeconómico das comunidades	32
2.5. Mudanças climáticas	35
2.5.1. Impacto das mudanças climáticas na agricultura.....	38
2.5.2. Adaptação às mudanças climáticas na agricultura.....	39
2.6. Tecnologias Agrícolas em Moçambique.....	41
2.6.1. Tecnologias adaptadas às mudanças climáticas	42
2.6.2. Tecnologias e sustentabilidade agrícola.....	44
2.7. Tecnologias testadas na zona de estudo	46
2.7.1. Sistema hidropónico.....	46
2.7.2. Tecnologia de Mulching	49
2.7.3. Irrigação por capilaridade	51
2.7.4. Uso de bolsas plásticas na produção de cebola	52
2.7.4.1. Características do material usado na produção em bolsas.....	55
2.7.4.2. Substrato usado na produção em bolsas.....	56
2.7.5. Uso de bioinsecticidas no controlo de gorgulho (<i>Sitophilus zeamais</i>) no milho (<i>Zea mays</i>) armazenado.....	57
2.7.5.1. Importância de Bioinsecticidas	58
2.8. Adubação Orgânica.....	59
2.8.1. Manipueira.....	61
2.8.2. Esterco galináceo	63
2.8.3. Substrato de Palha de coco.....	66

2.9.	Culturas usadas no experimento.....	68
2.9.1.	Origem e distribuição botânica da alface	68
2.9.1.1.	Condições de cultivo de alface.....	70
2.9.2.	Cultura de milho (<i>Zea mays</i>).....	72
2.9.2.1.	Condições de cultivo de milho	73
2.9.2.2	Necessidades nutricionais do milho	75
2.9.2.3	Produção do milho em Moçambique	76
2.9.2.4.	Constrangimentos na produção do milho	77
2.9.2.5.	Colheita	77
2.9.3.	Cultura da Cebola (<i>Allium cepa</i>).....	79
2.9.3.1.	Origem e distribuição botânica.....	79
2.9.3.2.	Condições de cultivo da cebola	80
3.	METODOLOGIA DE TRABALHO	83
3.1.	Caracterização da zona de estudo.....	83
3.2.	Procedimentos metodológicos.....	83
3.2.1.	Inquérito conduzido aos produtores	84
3.2.2.	Ensaio 1: Eficácia do sistema hidropónico caseiro na produção da alface (<i>Latuca sativa</i> L.)	85
3.2.2.1.	Delineamento experimental, instalação e condução do ensaio.....	85
3.2.2.2.	Preparação do substrato para hidroponia	86
3.2.2.3.	Parâmetros químicos	86
3.2.2.4.	Variáveis agronómicas	86
3.2.3.	Ensaio 2: Avaliação da Tecnologia de Mulching na produção de milho (<i>Zea mays</i>)..	88
3.2.3.1.	Delineamento experimental, Instalação e condução do ensaio	88
3.2.3.2.	Preparação do material.....	88
3.2.3.3.	Variáveis medidas.....	89

3.2.4. Ensaio 3: Efeito de extratos de folhas de Eucalipto (<i>Eucalyptus globulos</i>) e Moringa (<i>Moringa oleifera</i>) no controlo de gorgulho preto (<i>Sitophilus zeamais</i>) do Milho (<i>Zea mays</i>) armazenado no sector familiar	90
3.2.4.1. Delineamento experimental, instalação e condução do ensaio.....	90
3.2.4.2. Preparação das substâncias	91
3.2.4.3. Variáveis medidas.....	91
3.2.5. Ensaio 4: Efeito de bolsas na produção de cebola (<i>Allium cepa</i>) variedade Texas granos	92
3.2.5.1. Preparação do substrato	92
3.2.5.2. Transplante.....	92
3.2.5.3. Variáveis medidas.....	93
3.2.6. Ensaio 5: Efeito da rega por capilaridade no desempenho agronómico da cultura da alface (<i>Latuca sativa L.</i>) sob diferentes coberturas	94
3.2.6.1. Montagem do sistema de irrigação por capilaridade.....	94
3.2.6.2. Variáveis medidas.....	94
3.3. Análise estatística.....	95
3.4. Análise económica	95
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	98
4.1. Inquérito	98
4.1.1. Características demográficas dos agricultores inquiridos	98
4.1.2. Entendimento sobre as mudanças climáticas, seus efeitos e estratégias de adaptação....	100
4.1.3. Culturas cultivadas em Dongane-Inharrime, finalidade da produção e tipos de sistemas de produção mais usuais.....	102
4.1.4. Organização dos produtores de Dongane no cultivo de hortícolas e fonte de água para irrigação	104

4.1.5.	Conhecimento sobre adubação na base de Manipueira e palha de coco na produção de culturas e a vantagem da cobertura do solo.....	107
4.1.6.	Conhecimento sobre tecnologias (Hidroponia, Mulching, Capilaridade e Cultivo em Bolsas), vantagens do uso de tecnologias, hábitos de protecção de milho armazenado contra gorgulho	108
4.2.	Ensaio de Hidroponia.....	110
4.2.1.	Condutividade eléctrica e pH.....	110
4.2.2.	Valores de pH observados no experimento hidropónico em diferentes condutores sob nutrição Manipueira e Nutriplex	113
4.2.3.	Análise de variância.....	114
4.2.4.	Variáveis de crescimento	115
4.2.4.1.	Número de folhas e altura da planta em função do condutor e tipo de nutriente	115
4.2.4.2.	Comprimento da folha em função do condutor e tipo de nutriente	119
4.2.4.3.	Diâmetro da folha em função dos tratamentos.....	120
4.2.5.	Variáveis de Rendimento.....	121
4.2.5.1.	Peso por cabeça (PPC).....	121
4.2.5.2.	Rendimento em função do condutor e o tipo de nutriente.....	122
4.2.5.3.	Análise da viabilidade económica da hidroponia.....	126
4.3.	Ensaio de Mulching no cultivo de Milho	130
4.3.1.	Variáveis de crescimento	131
4.3.1.1.	Altura da planta, inserção da espiga, Número de folhas e diâmetro do colmo.....	131
4.3.1.2.	Altura da planta, inserção da espiga e diâmetro do colmo em função da época de produção e tipo de cobertura	132
4.3.2.	Variáveis de desempenho	136
4.3.2.1.	Comprimento da espiga em relação as épocas de produção e Tipo de cobertura.....	136
4.3.2.2.	Diâmetro da espiga em relação as épocas de produção e Tipo de cobertura.....	138
4.3.2.3.	Peso da espiga e Peso de mil sementes	140

4.3.2.4.	Desdobramento dos tratamentos na variável rendimento do milho	142
4.3.2.5.	Análise da viabilidade económica do sistema de cobertura do solo no cultivo de milho	144
4.4.	Ensaio sobre avaliação do efeito de extratos de folhas de Eucalipto (<i>Eucalyptus globulos</i>) e Moringa (<i>Moringa oleifera</i>) no controlo de gorgulho preto (<i>Sitophilus zeamais</i>) do Milho (<i>Zea mays</i>) armazenado no sector familiar	147
4.4.1.	Percentagem de infestação em função dos tratamentos	147
4.4.2.	Densidade da praga (Gorgulho preto) em função dos tratamentos	148
4.4.3.	Grau Médio de ataque.....	149
4.4.4.	Análise de Viabilidade económica do uso de extratos de Eucalipto e Moringa no controlo de gorgulho preto no milho armazenado.....	151
4.5.	Ensaio de cultivo de Cebola em bolsas	154
4.5.1.	Altura da planta.....	155
4.5.2.	Número de folhas.....	158
4.5.3.	Peso do bolbo.....	160
4.5.4.	Rendimento em função dos tratamentos	162
4.5.5.	Viabilidade económica da cebola em sistema de bolsas	164
4.6.	Ensaio de rega por Capilaridade no cultivo da alface	168
4.6.1.	Número de folhas e diâmetro da folha	169
4.6.2.	Altura média das plantas de alface em função dos tratamentos	171
4.6.3.	Rendimento.....	173
4.6.4.	Análise da viabilidade económica dos sistemas de irrigação (capilaridade e gravidade) sob cobertura do solo usando Mulching sintético na produção da alface.....	174
5.	CONCLUSÕES.....	178
6.	RECOMENDAÇÕES	182
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	184
ANEXOS	222

APÊNDICES 220

LISTA DE ABREVIATURAS

BBC - Benefícios Brutos de Campo

BL - Benefício Líquido

C. com plástico - Cobertura com plástico

CAP.C/Plástico - Capilaridade com solo e coberto com plástico

CFT- Custo fixo total

Ci - Custo de insumo

Cmo - Custo de mão-de-obra

CT- Custos totais

CVT- Custo variável total

DB-Diâmetro de bolbo

E.F.E - Extracto de folhas de Eucalipto

E.F.M.- Extracto de folhas de Moringa

Grav. C/plástico - Gravidade com solo coberto com plástico

Grav. S/C-Gravidade com solo sem cobertura

PB - Peso do bolbo

Pc- Preço de campo

QEdds - Quantidades

R²-Quadrado de Person

RL-Receita líquida

TRM -Taxa de retorno marginal

UNID – Unidades

ANOVA- Análise de variância

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Rendimentos anuais das culturas e estimativas de necessidades de consumo pela população de Inharrime distrito da Província de Inhambane, Moçambique (2019-2029)	10
Tabela 2: Problemas dos Agricultores versus tecnologias a testar [Elaboração própria com base em Silva, J., <i>et al.</i> (2022) e Oliveira, M., & Santos, R. (2020)]......	15
Tabela 3: Efeito das tecnologias em respostas às mudanças climáticas	16
Tabela 4: Propriedades físico-químicas de substrato na base de palha de coco	68
Tabela 5: Área, Produção de Milho em Moçambique, 2016/17,18-2019/20.....	76
Tabela 6: Rendimento por hectare em função das regiões agroecológicas.....	78
Tabela 7: Características demográficas dos agricultores inquiridos em Dongane.....	98
Tabela 8: Percepção dos agricultores inquiridos sobre conceito de mudanças climáticas, seus efeitos e estratégias de adaptação	101
Tabela 9: Culturas mais produzidas e seu propósito de produção em Dongane.....	103
Tabela 10: Cultivo de hortícolas, fonte de água de rega e organização dos produtores	105
Tabela 11: Adubação orgânica e a vantagem da protecção do solo.....	107
Tabela 12: Tecnologias e suas vantagens, hábitos de protecção de milho armazenado contra gorgulho	108
Tabela 13: Resumo da comparação de médias nos parâmetros avaliados no ensaio de hidroponia.	115
Tabela 14: Número de folhas em função do condutor e nutriente	116
Tabela 15: Altura da planta em função do condutor e tipo de nutriente	118
Tabela 16: Comprimento da folha em função do condutor e tipo de nutriente.....	119
Tabela 17: Diâmetro da folha em função do condutor e nutriente.....	120
Tabela 18: Peso médio da cabeça de alface em função do tipo de condutor e nutriente	122
Tabela 19: Médias do rendimento em função dos tratamentos (REND)	123
Tabela 20: Custos Fixos e Variáveis em função dos sistemas de hidroponia numa área de 120m ² . BM-Bambu e Manipueira; PVC-M- Pvc e Manipueira; PVC-SI- Pvc com substância inorgânica (Nutriplex; BSI-Bambu com substância inorgânica (Nutriplex).....	126

Tabela 21: Produção e Receitas em função dos sistemas de hidroponia numa área de 120m ² . BM-Bambu e Manipueira; PVCM- Pvc e Manipueira; PVCSI- Pvc com substância inorgânica (Nutriplex; BSI-Bambu com substância inorgânica (Nutriplex).	127
Tabela 22: Receita líquida e ROI em função dos sistemas de hidroponia numa área de 120m ² . BM-Bambu e Manipueira; PVCM- Pvc e Manipueira; PVCSI- Pvc com substância inorgânica (Nutriplex; BSI-Bambu com substância inorgânica (Nutriplex).	127
Tabela 23: Resumo de comparação de médias nas variáveis do milho	130
Tabela 24: Número de folhas (NF) em função das épocas de produção e Tipo de cobertura.....	131
Tabela 25: Altura da planta; inserção da espiga e diâmetro do colmo em função da cobertura e época de produção.	133
Tabela 26: Comprimento da espiga em função do tipo de cobertura e época de cultivo.....	136
Tabela 27: Diâmetro da espiga em função dos tratamentos.....	139
Tabela 28: Peso da espiga e de Mil sementes em função dos tratamentos.	141
Tabela 29: rendimento do milho em relação ao factor cobertura em diferentes épocas de produção	143
Tabela 30: Tabela de análise dos indicadores económicos dos sistemas de cobertura	145
Tabela 31: Percentagem de Infestação em função dos tratamentos	147
Tabela 32: Grau médio de ataque do milho por gorgulho preto	150
Tabela 33: Custos e Perda de Milho em função dos tratamentos.....	152
Tabela 34: Custo-Benefício e Retorno sobre Investimento (ROI).....	152
Tabela 35: Sustentabilidade e Viabilidade Económica a Longo Prazo.....	153
Tabela 36: Resumo de comparação de médias no desempenho da cultura da cebola	155
Tabela 37: Custos e Receitas em função dos Tratamentos	165
Tabela 38: Margens e Retorno sobre o Investimento.....	166
Tabela 39: Resumo de comparação de médias.....	169
Tabela 40: Diâmetro e número de folhas em função dos tratamentos	169
Tabela 41: Altura da planta em função do tipo de rega e cobertura do solo.....	171
Tabela 42:Efeito da irrigação capilar e gravidade sob rendimento da alface.....	173
Tabela 43: Análise económica da capilaridade sob cobertura do solo na produção de alface.....	175

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica do distrito de Inharrime (INE, 2023).....	8
Figura 2. A- Ilustração da imagem do bambu; B- de PVC usado na hidroponia (Adaptado, Autora, 2023).....	17
Figura 3. Tecnologia de hidroponia (Fonte, Autora, 2022)	46
Figura 4. Tecnologia de Mulching sintético (Fonte Autora, 2022).....	50
Figura 5. Características de bolsas plásticas usadas na produção agrícola (Fonte Autora, 2022)	56
Figura 6. A - folhas, ramos e frutos de eucalipto; B - plântula de eucalipto (Botton et al., 2005). ...	58
Figura 7. A- Aspecto da árvore da moringa; B- frutos, folhas e flores da Moringa oleífera (Lima et al., 2019).....	59
Figura 8. Ciclo de produção da Manipueira: A-Mandioca bruta e B-Manipueira da mandioca prensada (Takahashi, 2017).....	62
Figura 9. A- imagem de esterco de galinhas de corte; B-imagem de esterco de galinhas (Figuerola, et al., 2012).....	64
Figura 10. Aspecto da fibra da casca de coco processada (Fonte Autora, 2022).....	67
Figura 11. Aspecto da alface de folhas (Fonte: Autora, 2022)	69
Figura 12. Aspecto de plantas de milho. (Fonte: Autora, 2022)	73
Figura 13. A - cultura da cebola com folhas em campo; B-Bolbo de Cebola sem folhas. (Vilas Boas et al., 2012).....	79
Figura 14. Valores de conductibilidade eléctrica ao longo do crescimento da cultura. BM-Bambu e Manipueira; BN-Bambu e Nutriplex; PVCN- Pvc e Manipueira; PVCN- Pvc e Nutriplex.....	111
Figura 15. Valores de pH ao longo do desenvolvimento da cultura.	113
Figura 16. Densidade da praga do milho em relação aos tratamentos. R2 – quadrado de person ...	149
Figura 17. Efeito do sistema de produção em bolsas e solo natural sob adubação orgânica a base de palha de coco e esterco galináceo na variável altura da planta.*BE- Bolsa + esterco galinânceo, BP- Bolsa + palha, BSA- bolsa Sem adubação, SE- Solo + esterco, SP- Solo +palha, SSA- Solo sem adubação. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a nível de significância de 5% de probabilidade.....	156
Figura 18. Efeito do sistema de produção em bolsas e solo natural sob adubação orgânica a base de palha de coco e esterco galináceo na variável número de folhas.*BE- Bolsa + esterco galinânceo, BP- Bolsa + palha, BSA- bolsa Sem adubação, SE- Solo + esterco, SP- Solo +palha, SSA- Solo sem	

adubação. Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de significância. 158

Figura 19. Efeito do sistema de produção em bolsas e solo natural sob adubação orgânica à base de palha de coco e esterco galináceo na variável peso do bolbo. *BE- Bolsa + esterco galináceo, BP- Bolsa + palha, BSA- bolsa Sem adubação, SE- Solo + esterco, SP- Solo +palha, SSA- Solo sem adubação. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de tukey, a nível de significância de 5% de probabilidade..... 160

Figura 20. Rendimento da Cebola em função dos tratamentos. *BE- Bolsa + esterco galináceo, BP- Bolsa + palha, BSA- bolsa Sem adubação, SE- Solo + esterco, SP- Solo +palha, SSA- Solo sem adubação. Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de significância. 162

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

Moçambique possui um significativo potencial agro-ecológico, com aproximadamente 36 milhões de hectares de terra arável, vastas áreas férteis e 15 grandes bacias hidrográficas, conforme referido pelo Grupo do Banco Africano de Desenvolvimento (GAB, 2018). Apesar disso, a agricultura no país é maioritariamente praticada por agricultores familiares (95%), enquanto apenas 5% é comercial. Menos de 10% dos solos aráveis são explorados e menos de 3% são irrigados, resultando numa produção agrícola inferior à esperada (Thurlow e Wobst, 2023).

Nesse contexto, diversos estudiosos oferecem análises sobre os desafios e oportunidades no sector agrícola. Morrison (2022) destaca que a baixa exploração das terras aráveis e a falta de irrigação são obstáculos significativos que limitam o aumento da produtividade agrícola e, conseqüentemente, a segurança alimentar no país. Kassam *et al.*, (2022) argumentam que a adopção de práticas agroecológicas poderia otimizar o uso das terras disponíveis e promover uma produção mais eficiente, mesmo em áreas com irrigação limitada, contribuindo para a sustentabilidade da agricultura.

Desde a conquista da independência de Moçambique em 1975, o sector agrícola tem-se deparado com diversos desafios, como a queda nos rendimentos devido à produção em pequenas parcelas de menos de 1 hectare e ao uso generalizado de instrumentos rudimentares (Sitoe, 2014; Thurlow e Wobst, 2023). Moçambique possui condições agro-ecológicas ricas e diversificadas e as tecnologias agrícolas são vistas como estratégias resilientes para enfrentar os desafios naturais e transformar a agricultura no país. Essas tecnologias podem fortalecer os agricultores do sector familiar, permitindo-lhes produzir em quantidades suficientes para atender à demanda dos mercados nacional e internacional (Rosário, 2021).

Proclamada a independência nacional em Moçambique, diversas políticas agrícolas foram implementadas, incluindo a nacionalização do sector privado para promover o desenvolvimento rural e o cooperativismo, como um mecanismo estratégico para integrar os agricultores em actividades colectivas de produção, segundo o Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural (MADER, 2020). A agricultura foi considerada fundamental para o desenvolvimento do país, com o sector público desempenhando um papel central no gerenciamento de operações de produção e dando primazia à produção de alimentos (Jacinto; Gonzalez e Akinwumi, 2021).

As mudanças climáticas representam um desafio adicional, intensificando a vulnerabilidade do sector agrícola (Schmidhuber e Tubiello, 2020). A frequência crescente de eventos climáticos extremos, como secas, inundações e temperaturas elevadas, afecta a produção e compromete a segurança alimentar. A adopção de tecnologias agrícolas inovadoras é vista como essencial para aumentar a resiliência dos agricultores e possibilitar uma produção que atenda à demanda dos mercados nacionais e internacionais. Nelas se incluem tecnologias práticas de manejo sustentável, sistemas de produção eficientes e o uso de variedades de culturas adaptadas às novas condições climáticas (Gornott e Finger, 2018; OMR, 2022).

Dessa forma, a implementação dessas inovações é crucial para transformar a agricultura em Moçambique. O uso de tecnologias alternativas pelo sector familiar pode não incrementar apenas a produção, mas também ajudar a garantir a segurança alimentar, preservação do meio ambiente e manutenção da biodiversidade Altieri, (2018). Além disso, é fundamental que haja um esforço colaborativo entre o governo, as instituições de pesquisa e os próprios agricultores para enfrentar esses desafios e promover um sector agrícola mais resiliente e produtivo, sendo que a integração de tecnologias e práticas sustentáveis representa uma oportunidade significativa para melhorar a produtividade agrícola (BM, 2020).

1.1.1. A agricultura familiar em Moçambique e a sua Importância

Em Moçambique, a agricultura é um pilar essencial da economia, contribuindo com cerca de 25% do PIB e empregando mais de 80% da força de trabalho (Nijhoff, 2014). Esta actividade económica é a principal fonte de sobrevivência da população rural (Siteo, 2014). Proclamada a independência, várias políticas e estratégias foram desenvolvidas para o sector agrícola, muitas vezes adoptando uma abordagem autocrata que negligenciava os principais actores locais e regionais, as suas visões, aspirações e preocupações (Mosca, 2006). Ao longo dos anos, o país passou por diversas mudanças políticas, económicas e sociais, reflectidas nas transformações do sector agrícola (Libombo *et al.*, 2017).

Nos últimos cinco anos, a agricultura representou 23% do PIB e empregou aproximadamente 80% da força de trabalho nacional, predominando pequenos agricultores familiares com baixa produtividade devido à dependência da chuva para irrigação e ao uso de tecnologias tradicionais, como a enxada de cabo curto (Siteo, 2014). Embora a agricultura tenha um papel de destaque na economia de Moçambique, ela ainda não atende plenamente ao que é estipulado pela Constituição

da República de Moçambique e pelos diversos programas e estratégias do governo (Rosário, 2021). O país continua a importar uma grande quantidade de alimentos, não sendo ainda auto-suficiente em matérias-primas agrícolas, além de fragilidades na balança comercial.

A agricultura em Moçambique tem sido predominantemente caracterizada por pequenas propriedades agrícolas, com a maioria dos agricultores cultivando menos de 1 hectare, realizando as suas actividades agrícolas de maneira tradicional, sem mecanização, financiamento ou insumos agrícolas melhorados, o que compromete o desempenho dos agricultores familiares, que são a maior parte dos praticantes da agricultura [Observatório do Meio Rural (OMR, 2023)]. O desenvolvimento limitado de serviços e práticas agrícolas nos últimos anos indica que os esforços para apoiar a agricultura e melhorar os seus sistemas de produção ainda não produziram os resultados esperados e é improvável que essa situação mude sem medidas abrangentes e catalisadoras para o sector agrícola (Ribeiro *et al.*, 2021; OMR, 2023).

Vários factores contribuem para a baixa utilização de insumos agrícolas, incluindo o alto custo e a frequente variação de preços, a falta de apoio ao crédito financeiro, a ausência de conhecimento técnico entre os agricultores, uma rede de extensão agrária inadequada e a falta de rigor nas exigências dos consumidores, entre outras questões Jayne *et al.*, (2010). Aumentar a rentabilidade da produção implica uma maior demanda e disponibilidade de insumos e produtos, que, eventualmente, se tornam mais acessíveis para os produtores (Jasse, 2013).

O principal objectivo da Estratégia de Desenvolvimento Agrário em Moçambique é auxiliar na garantia da segurança alimentar e incremento da renda dos agricultores de forma competitiva e sustentável, garantindo a equidade social e de género Mazuze,(2016). Para alcançar este objectivo, uma das estratégias é expandir a cobertura nacional de assistência técnica rural por meio de provedores públicos e privados, conforme o Plano Estratégico para o Desenvolvimento do Sector Agrário, PEDSA (2010-2019).

A extensão rural é um campo de actuação que se dedica a promover o desenvolvimento sustentável, fornecendo educação formal e não formal contínua às comunidades rurais. O seu objectivo é apoiar e promover os processos de gestão, produção e comercialização dos serviços agropecuários, florestais e artesanais. Este é um processo educativo extra-escolar que visa aprimorar a qualidade de vida das famílias que vivem nas áreas rurais e, conseqüentemente, o bem-estar da sociedade como um todo. O acompanhamento técnico fornecido aos agricultores familiares

é crucial para a comunicação e disseminação de novas tecnologias desenvolvidas pela pesquisa, que são essenciais para o desenvolvimento rural num sentido amplo, incluindo todas as actividades agrárias, Alves *et al.*, (2013).

O sector agrário em Moçambique é considerado mais importante para o desenvolvimento socioeconómico, afectado, contudo, pelas mudanças climáticas, mais especificamente pela seca e pelas inundações. Prevê-se que as oscilações climáticas possam causar mudanças nos padrões de precipitação, contribuindo para escassez de água e ou inundações e resultando em impactos negativos na produção agrícola. Mabunda e Manhique, (2020). As técnicas podem reforçar as actividades tradicionais dos produtores rurais e as suas produções derivadas, bem como desempenhar um papel importante no reforço do desenvolvimento e na diversificação das actividades agrícolas. Por seu turno, a agricultura, ao promover o aumento dos níveis de produção e de comercialização de produtos no meio rural, passa de agricultura de subsistência para agricultura comercial, garantindo a sustentabilidade dos processos (Noguera *et al.*, 2017).

O desenvolvimento sustentável visa atender às necessidades da geração actual sem comprometer a capacidade de satisfazer as necessidades das gerações futuras. Essa definição foi formulada pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pelas Nações Unidas para discutir e propor maneiras de harmonizar dois objectivos: desenvolvimento económico e conservação ambiental. Na extensão rural é crucial estabelecer uma conexão entre a pesquisa e o sector produtivo, que, neste caso, é representado pelos agricultores (Capra, 1996)

O objectivo é proporcionar aos agricultores familiares desde conhecimentos básicos até conhecimentos técnicos em agricultura, incluindo o uso de tecnologias. Isso permitirá que o agricultor familiar administre a sua terra e renda, de forma independente, resolvendo problemas sem grandes dificuldades e sem depender constantemente de assistência técnica. Essa abordagem educativa visa melhorar a produção e a renda, e, conseqüentemente, a qualidade de vida das famílias do sector familiar PEDSA (2010-2019).

É importante destacar que a assistência técnica pode criar uma certa dependência nos pequenos agricultores, uma vez que ela se concentra na resolução de problemas imediatos de forma objectiva, mas não necessariamente na transferência de conhecimento para as famílias rurais. Embora utilize a tecnologia de maneira técnica, essa assistência tem um carácter individual (Noguera *et al.*, 2017).

1.1.2. Evolução das políticas de desenvolvimento rural em Moçambique

As políticas de desenvolvimento da agricultura em Moçambique são definidas e implementadas pelo Governo com o objectivo de promover o desenvolvimento sustentável do sector agrário no País. Após a conquista da independência nacional em 1975, houve um grande esforço para desenvolver o sector agrícola, tendo-se implementado uma política de nacionalização de terras para cooperativas agrícolas, com o objectivo de promover a produção agrícola em larga escala. A política de desenvolvimento na construção de uma sociedade sustentável não deve desprezar as relações que ditam o que é possível em face do que é desejável (Hanlon e Smart, 2008). A sustentabilidade implica múltiplas leituras, baseadas em distintas visões, objectivos, interesses e parceiros. O contexto actual suscita a elaboração de programas e a utilização de ferramentas que venham a mensurar as condições de sustentabilidade enquanto desafio prático, para tomada de decisão a partir da inclusão social enquanto perspectiva de gerenciamento local (Agyemang e Tutu; Noguera *et al.*, 2017).

Algumas das políticas e estratégias adoptadas em Moçambique que tentaram prover o sector agrário saudável com enfoque no apoio às comunidades rurais incluem:

1975-1980 - Implementação das políticas de nacionalização de terras, transferindo o controlo destas para cooperativas agrícolas, com o objectivo de promover a produção agrícola em larga escala. A adopção da política da reforma agrária, que tentava promover a agricultura familiar, permitiu aos agricultores maior autonomia sobre as terras e o desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis (Mosca, 2014; Borrás e Franco, 2020).

1982- Criado o Departamento de Desenvolvimento Rural (DDR), vários projectos ensaiados em modelos de extensão com objetivo de promover o desenvolvimento rural integrado, fortalecendo a segurança alimentar, a extensão agrícola e a participação comunitária para reduzir a pobreza e impulsionar a recuperação económica em Moçambique (Borges, 2008).

1986- A extensão rural que se fez sentir aquando da criação da Direcção Nacional de Extensão Rural para assistir ao sector familiar, onde foi adaptado o sistema de treinamento e visitas (Te V), financiado pelo Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola e com assistência técnica da FAO, tinha como objectivo de melhorar a organização da extensão, aumentar a cobertura efectiva da extensão, limitando o número de famílias a visitar por extensionista (FIDA e FAO, 2017).

1994-2004- Neste período em que houve várias metamorfoses no concernente aos modelos testados na agricultura e que coincide com a implementação da PROAGRI I e II, é adoptada a abordagem de escola na machamba do camponês (EMC). Esta incluía a aprendizagem empírica baseada na experiência e na observação, a qual visava disseminar conhecimento sobre o manejo integrado de pragas (FAO 2006; FIDA 2011).

O objectivo da EMC em Moçambique era capacitar os pequenos produtores com habilidades e ferramentas para identificar e resolver problemas nas suas actividades agrícolas. Isto incluía discutir e testar possíveis soluções, avaliar a sua viabilidade e aplicá-las para melhorar o manejo de culturas e sistemas de produção.

2006-2008- Foi implementada a política de atribuição de um montante de 7 milhões de meticais aos distritos, no esforço de garantir o seu desenvolvimento. Numa primeira fase designado como fundo de investimento local e mais tarde, em 2009, como fundo de desenvolvimento do distrito (FDD), tendo como objectivo criar emprego e auto-emprego, incremento da produção e da riqueza (Cunguara e Mussa, 2010; Afonso e Manjate, 2011).

2007-2010: Enquanto decorria a atribuição dos 7 milhões aos Distritos, surge, em 2007, a “Revolução Verde”, cujo objectivo era aumentar a produtividade, baseando-se no uso de técnicas modernas de cultivo e produção agrícola com recurso a tecnologias nas diferentes escalas produtivas. Este modelo não se fez sentir no sector familiar, devido a vários factores entre os quais, a guerra (Scoones, 2009; Moyo, 2011).

Em 2010 o Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar adoptou o programa integrado de transferência de tecnologias agrárias (PITTA), que tinha como foco a demonstração de tecnologias num ambiente de mudança na abordagem de extensão agrária. O modelo de extensão envolveu pesquisadores e extensionistas aplicando a metodologia de ensinar-fazendo, em que a cada extensionista era atribuída uma área de 1 hectare ou pavilhão, dependendo da actividade para aplicar pacotes tecnológicos melhorados, recomendados pelo investigador numa dada zona. Com este procedimento, muitos extensionistas enfrentavam dificuldades em conciliar a carreira, gestão do próprio negócio e a prestação de assistência técnica a 250 produtores. Isto evidencia a falta de preparação e apoio para lidar com as demandas da profissão (Katz e Sosa, 2018; Mucavele *et al.*, 2021).

De 2017 até ao presente: É lançado o “Sustenta”, implementado pela primeira vez nas províncias de Zambézia e Nampula, com a finalidade de integrar os pequenos agricultores e cadeias de valor de produção agrícola, visando produzir resultados que sejam vantajosos e assinaláveis. Esta integração pretende promover a inclusão social no sector agrícola. Contudo, em Inharrime, na Província de Inhambane, local onde foi desenvolvido este estudo, o sector familiar não conhece a existência deste projecto, daí que a sua difusão seja um desafio para o grupo responsável pela sua implementação (Chambers, 1983; Altieri, 2018).

Em 2020 o Ministério de Agricultura adoptou a política do pequeno agricultor comercial emergente (PACE), pressupondo-se que os pequenos agricultores seriam apoiados pelos emergentes. O modelo não foi funcional, pois a responsabilidade era acrescida e era difícil gerir um grupo de cerca de 200 produtores num raio com máximo de 5 km. Este grupo eleito tinha que fazer a distribuição dos *kits* de insumos ao grupo de pequenos agricultores. Para além da suposta sobrecarga, ocorre a falta de equidade na distribuição desses insumos e, mais uma vez, verifica-se uma lacuna no apoio aos agricultores familiares (Maredia e Nkonya, 2015 ; Chamberlin e Jayne, 2020).

1.1.3. Situação do distrito de Inharrime

O Distrito de Inharrime está situado na parte meridional da Província de Inhambane, sul de Moçambique. A sua sede é a Vila de Inharrime (Figura 1). Tem limites geográficos, a norte com os Distritos de Jangamo, Homoíne e Panda, a leste com o Oceano Índico e a sul e oeste com o Distrito de Zavala (INE, 2023).

O Distrito de Inharrime tem uma superfície de 2 149 Km² e uma população de 97 471, de acordo com os resultados preliminares do Censo de 2007, tendo como resultado uma densidade populacional de 45,4 habitantes/Km². A população recenseada em 2007 representa um aumento de 27,4% em relação aos 76 518 habitantes registados no Censo de 1997.

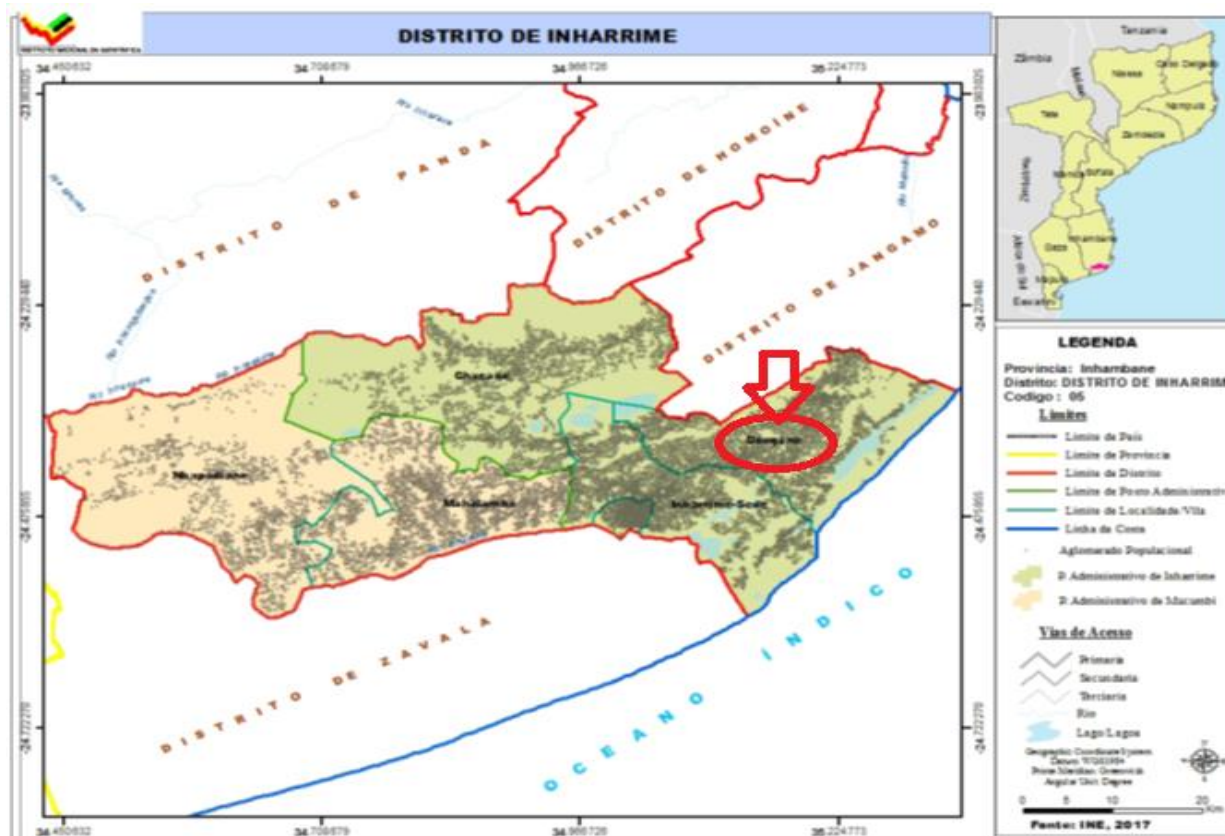


Figura 1. Localização geográfica do Distrito de Inharrime (INE, 2023).

O Distrito de Inharrime é constituído por dois postos administrativos: a) posto administrativo de Inharrime com três localidades (Chacane, Dongane e vila de Inharrime); b) posto administrativo de Mucumbe com duas localidades (Mahalamba e Nhepadiane). A Localidade de Dongane dista 5 km do posto agronómico de Nhacoongo, onde foram montados os ensaios, e da Vila sede de Inharrime até ao Posto Administrativo de Mucumbe são 80km (INE, 2023).

A economia local é baseada na agricultura e na pesca, com maior enfoque na produção de hortícolas (Jacob *et al.*, 2022), a qual é realizada principalmente em pequenas hortas familiares, com técnicas rudimentares de privacidade. A disponibilidade limitada de água para a produção e o acesso restrito aos mercados para venda dos produtos são problemas críticos, conforme destacado por Mazuze (2016). A produção de hortícolas, embora importante para a segurança alimentar, é vulnerável a variações sazonais e à falta de infraestrutura adequada para armazenamento e tráfego.

Além da agricultura e pecuária, a população de Inharrime está envolvida em diversas actividades de rendimento, como o comércio informal, a produção artesanal e a venda de

carvão vegetal, actividades essenciais para complementar a renda familiar, especialmente em períodos de baixa produção agrícola. Estudos mostram que o comércio de produtos agrícolas e outros bens no mercado local é uma fonte vital de renda, mas enfrenta barreiras, como o acesso limitado ao crédito (Nhantumbo e Salomão, 2015). O distrito possui recursos florestais, que a população local aproveita para o fabrico de utensílios domésticos e para a obtenção de lenha e carvão, pois muitas famílias dependem da madeira como principal fonte de combustível para cozinhar e aquecer as suas residências, enfrentando desta forma problemas de desflorestamento e erosão (Chavana, 2017).

Com as mudanças climáticas, Inharrime enfrenta longos períodos de seca seguidos de chuvas intensas e tempestades torrenciais, afectando a produção de alimentos, causando escassez de água e prejudicando a subsistência das comunidades locais. Um dos graves eventos climáticos que o distrito enfrenta decorre do aumento das temperaturas globais e consequente ascensão do nível do mar. À medida que as temperaturas globais sobem, ocorre uma expansão térmica dos oceanos o que leva ao crescimento do nível do mar, resultando em inundações costeiras mais frequentes e destrutivas não só a nível da cidade como também dos campos agrícolas, afectando a agricultura e pesca (Lemos e Boyd, 2010; Bindoff *et al.*, 2019 ; Jacob *et al*, 2022).

A comunidade de Inharrime luta para se adaptar às oscilações climáticas e mitigar os seus impactos. O governo local está a trabalhar no sentido de buscar estratégias de adaptação, fornecendo assistência técnica. No entanto, precisa-se ainda de muito esforço para lidar com os desafios impostos pelas mudanças climáticas. Numa primeira fase é necessário reduzir a emissão de gases de efeito de estufa e investir em energia limpa e sustentável e, além disso, deve-se garantir à comunidade o acesso aos recursos que a auxiliem a enfrentar aquelas oscilações, de modo autónomo (Smit e Wandel, 2006; Governo de Inharrime, 2011).

1.1.3.1. Situação Agrícola no Rendimento das culturas e projecções de necessidades de consumo para (2019 – 2029) no Distrito de Inharrime

No Distrito de Inharrime, província de Inhambane, a análise da produção de várias culturas em comparação com as necessidades de consumo para o período de 2019-2029 revela importantes lacunas e oportunidades, especialmente quando se considera o impacto das mudanças climáticas (POPA, 2017). A produção da alface, com apenas 10,72 toneladas contra uma necessidade de 1.229,42 toneladas, está muito abaixo do necessário (Tabela 1). Mudanças climáticas, como variações

extremas de temperatura e alterações nos padrões de precipitação, podem estar contribuindo para essa baixa produção, conforme destacado por Tigkas *et al.*, (2021) que indicam que essas condições adversas podem reduzir significativamente a produtividade de vegetais.

Tabela 1: Rendimentos anuais das culturas e estimativas de necessidades de consumo pela população de Inharrime distrito da Província de Inhambane, Moçambique (2019-2029)

Produto	Produção (ton/ha)	Estimativa de Necessidade de Consumo (ton/ha)
Alface	10.72	1,229.42
Milho	5,092.20	7,376.54
Cebola	20.10	1,229.42
Mandioca	133,182.80	22,129.62
Tomate	900.00	1,229.42
Batata-reno	1,310.10	11,064.81
Hortícolas	2,261.30	1,229.42

Fonte: POPA, (2017)

Para o milho, a produção de 5.092,20 toneladas não é suficiente para atender à demanda de 7.376,54 toneladas. Lobell *et al.* (2014) sugerem que as mudanças climáticas, incluindo aumento da temperatura e mudanças nos padrões de precipitação, têm impactos negativos sobre a produção de milho, levando a rendimentos reduzidos e potencialmente aumentando a necessidade de importações.

A cebola, com uma produção de 20,10 toneladas e uma demanda de 1.229,42 toneladas, também enfrenta uma grave lacuna. Muller *et al.* (2017) apontam que as mudanças climáticas, através de temperaturas extremas e eventos climáticos extremos, podem afectar a produção de cebola, resultando em menor qualidade e quantidade das colheitas.

Em contraste, a produção de mandioca, que atinge 133.182,80 toneladas contra uma necessidade de 22.129,62 toneladas, excede significativamente a demanda. El-Sharkawy (2007) observa que a mandioca é uma cultura bastante resistente às mudanças climáticas, como secas e solos pobres, o que explica a alta produção mesmo diante de variações climáticas.

Para o tomate, a produção de 900,00 toneladas está ligeiramente abaixo da demanda de 1.229,42 toneladas. Jones *et al.*, (2016) destacam que mudanças climáticas, como alterações na temperatura e humidade, podem afectar a produção de tomate, impactando a produtividade e a qualidade das colheitas.

A produção de batata-reno, com 1.310,10 toneladas, está bem abaixo da necessidade de 11.064,81 toneladas. Cooper *et al.*, (2019) indicam que as mudanças climáticas afectam a produção de batatas, resultando em rendimentos mais baixos e problemas de qualidade devido ao aumento da temperatura e mudanças no padrão de precipitação.

Finalmente, a produção de hortícolas, com 2.261,30 toneladas, excede a demanda de 1.229,42 toneladas. Howden *et al.*, (2007) apontam que um excedente pode ser vantajoso, pois permite a diversificação e a exportação, além de ajudar a adaptar-se às variações climáticas. Essas análises sublinham a importância de adotar estratégias adaptativas para mitigar os impactos das mudanças climáticas na agricultura e garantir a segurança alimentar na região.

1.2. Problema de estudo e sua justificativa

1.2.1. Constrangimentos na produção agrícola do sector familiar em Inharrime

Moçambique é afectado sistematicamente pelas calamidades naturais (estiagem, chuvas abundantes e ciclones) devido à sua localização geográfica na zona de convergência intertropical, sendo por isso necessário investir em tecnologias que promovam o aproveitamento de água para a irrigação como parte de uma estratégia de desenvolvimento no sector agrário, com maior enfoque nas comunidades rurais (Maluf e Rosa 2011; FAO 2018).

A resiliência das comunidades frente a eventos climáticos extremos, como cheias, secas e ciclones, é fundamental para a protecção dos ecossistemas e a sustentabilidade social e económica. Esses fenómenos, que vêm se tornando cada vez mais frequentes e destrutivos, são influenciados pelas mudanças climáticas, afectando o equilíbrio natural das comunidades. Estudos realizados por MICOA (2005); Maluf e Rosa (2011), destacam os impactos graves das inundações, que causam prejuízos significativos tanto em infraestruturas quanto na agricultura e segurança alimentar.

O efeito destas calamidades torna o sector familiar em Inharrime mais vulnerável, condiciona a insegurança alimentar, agravado pela debilidade de infraestruturas, falta de equidade na distribuição de insumos, fraco acesso aos mercados de insumos e frágil apoio financeiro ao sector

familiar. As temperaturas elevadas causam secas prolongadas, levando à escassez de água e à desertificação, afectando a biodiversidade. O baixo poder económico para aquisição de insumos agrícolas torna a vida desta comunidade muito difícil, com condições precárias de conservação da semente nos celeiros tradicionais, falta de tecnologias alternativas que se adequem à nova dinâmica de vida, face às mudanças climáticas, baixa cobertura de acompanhamento técnico e extensão rural aliada a poucos estudos divulgados sobre técnicas adaptativas de produção agrícola para mitigação da vulnerabilidade do sector familiar em Inharrime. Consequentemente, as mudanças climáticas impactam a capacidade das famílias de manter as suas fontes de renda, especialmente aquelas que dependem da agricultura (Altieri, 2018; Jacob *et al.*, 2022).

A dependência alimentar tem aumentado no sector familiar, pois os agricultores não possuem ferramentas tecnológicas para lidar com a situação de alterações climáticas que assolam a actividade agrícola no país. A Extensão Agrária é um dos programas do Governo de Moçambique, que visa reduzir a pobreza absoluta e, acima de tudo, impulsionar o Desenvolvimento através do combate à fome. Considerando os níveis de pobreza, a sua complexidade e as dificuldades económicas e financeiras que as comunidades enfrentam, avulta que a sustentabilidade da vida das populações seja remota (Mosca, 2014).

Sabendo-se que não existe Desenvolvimento sem tecnologia, a falta de tecnologias agrárias sustentáveis no sector familiar em Inharrime que se adequem à nova dinâmica de vida numa situação em que existem constantes mudanças climáticas no País é um constrangimento para o Desenvolvimento. O sector familiar, apesar de, desde tempos remotos, conhecer e desenvolver de modo empírico a actividade agrícola, hoje, com as mudanças climáticas, já não consegue definir a melhor época de cultivo, o que se reflete nos baixos rendimentos (Mazuze 2016; Altieri 2018).

Os agricultores de Inharrime, na Província de Inhambane, estão organizados em associações para o cultivo de hortícolas, mas têm dificuldades na aprendizagem e na apropriação de novas técnicas que melhorem a produtividade e garantam a existência de excedentes de produção, por várias razões: falta de condições dos extensionistas para se deslocarem aos locais e promoverem uma aprendizagem sólida, número exíguo de extensionistas para apoiar as comunidades nas suas zonas ou locais de trabalho, o que torna difícil a transmissão do conhecimento, pautando apenas por actividade na modalidade tradicional, que muitas vezes não obedece às regras básicas de uso de instrumentos e técnicas que garantam a sustentabilidade da actividade agrícola. Além disso, os

sistemas de produção usados pelo sector familiar são rotineiros, o que não ajuda muito, e não existe inovação tecnológica que possa ser difundida para os demais agricultores que não fazem parte das associações (FAO, 2012; Mazuze, 2016).

Neste distrito, as hortícolas são a fonte de rendimento no sector familiar e a garantia da sua sustentabilidade. Contudo, os níveis de produção e produtividade alcançados não são satisfatórios devido a vários factores: mudanças climáticas que dificultam as actividades no solo (caso de cheias e inundações), fraca organização dos produtores rurais, falta de financiamento, cobertura limitada das actividades de extensão, falta de água para a rega na época seca e fraca rede de comunicação nas zonas rurais (Cooper *et al.*, 2019).

No período em que é possível trabalhar a terra, depara-se com dificuldades de aquisição de insumos e de produtos químicos que possam auxiliar no controlo de pragas de campo e em produtos armazenados. Mesmo no caso em que haja uma boa produção, não se dispõe, muitas vezes, de um mecanismo ideal para a conservação dos grãos, o que culmina com a contaminação, tornando-os impróprios como semente (Jonasse e Tacarindua, 2022).

Os agricultores precisam de saber conservar e armazenar os seus produtos num bom local, isento de pragas, mas tem sido difícil, sobretudo quando se trata de grãos (ex: milho), que sofrem o ataque de pragas nos celeiros. No entanto, o sector familiar nem sempre dispõe de recursos financeiros para aquisição de insecticidas convencionais, o que torna difícil a protecção dos produtos, levando muitas vezes à sua deterioração e perda de qualidade, em particular no caso da semente (Mazuze, 2016).

Na nova dinâmica de crescimento da actividade agrícola, o sector familiar deve estar preparado para conduzir a agricultura nas condições actuais de oscilação das precipitações, ou seja, enfrentar com sucesso o desafio das mudanças climáticas constantes e, para tal, usar tecnologias e técnicas alternativas que permitam produzir e proteger as culturas em qualquer época do ano.

Em Moçambique existe um esforço considerável, embora não suficiente, de desenvolvimento de tecnologias voltadas para os agricultores familiares. Contudo e segundo Pedroso (2012), o baixo nível tecnológico dos produtores familiares não pode ser explicado apenas a partir de tecnologia adequada, pois, em alguns casos, mesmo quando a tecnologia está disponível, esta não se transforma em inovação devido à falta de capacidade e condições para a inovar. Também o sector familiar não

está em condições, pois a inovação ocorre quando a tecnologia é usada de forma original e produtiva para criar valor e impacto positivo.

Foram várias as tentativas de apoio ao sector familiar ao longo do tempo para restabelecer o equilíbrio produtivo. Perante este cenário, coloca-se a seguinte questão:

Que Tecnologias devem ser adoptadas na área da agricultura que possam garantir o Desenvolvimento sustentável no sector familiar em Inharrime face às mudanças climáticas?

1.2.2. Justificativa

Diante dos constrangimentos é fundamental que medidas de adaptação sejam implementadas em Inharrime para garantir a sustentabilidade das actividades económicas que incluem as práticas agrícolas sustentáveis e promoção de formas de mitigação de eventos climáticos extremos.

A estratégia tecnológica de progresso do sector familiar deve garantir que a aprendizagem seja um processo contínuo que possa promover a difusão e a adopção através de ensaios de demonstração com resultados capazes de munir os agricultores de capacidades e habilidades para se reinventar, sempre que necessário, quanto à produção e protecção de culturas, bem como capacitá-los a saberem conservar a água das chuvas em represas, pequenos diques, ou reservatórios, o que iria ajudar e garantir que, nas épocas em que as chuvas são deficitárias, possam produzir hortícolas que são a base do seu sustento na zona de estudo (Rogers, 2003; Klein *et al.*, 2007).

O uso de técnicas de manutenção da humidade e nutrientes no solo com vista a garantir o crescimento das culturas é uma mais-valia, pois garante a resiliência dos sistemas agrícolas com enfoque na produção de alimentos com qualidade. Se o produtor familiar aderir ao fomento de novas tecnologias agrícolas o seu estilo de vida quotidiana irá mudar. A produção nunca irá ter défice, não será necessário ficar à espera do extensionista, que pode não ter disponibilidade imediata de transporte para o local e ficarão resolvidos os entraves causados pela fome de modo autónomo (Speth, 2008).

Para a conservação de sementes, sobretudo no controlo do gorgulho preto (*Sitophilus zeamays*) no milho armazenado propôs-se o uso de substâncias naturais, como é o caso de folhas de eucalipto (*Eucalyptus globulos*) e moringa (*Moringa oleifera*) que garante a qualidade da semente por muito tempo.

1.3. Potenciais tecnologias para aumento da resiliência em Inharrime

Tabela 2: Problemas dos Agricultores versus tecnologias a testar [Elaboração própria com base em Silva, J., *et al.* (2022) e Oliveira, M., & Santos, R. (2020)].

Problema dos Agricultores do sector Familiar	Tecnologias a Testar
Baixa produtividade em virtude da falta de água causada por precipitações irregulares, secas frequentes e/ou inundações.	<p>Hidroponia como forma de utilização da água com maior eficiência e garantia de maior produtividade.</p> <p>Manipueira como nutriente: como nutriente orgânico acessível ao sector familiar</p> <p>O ambiente de cultivo pode oferecer uma maior resiliência às plantas em face de condições climáticas extremas, ajudando a garantir a segurança alimentar.</p> <p>Irrigação por capilaridade como forma de redução do desperdício de água, minimiza a perda de água por evaporação, garantindo que esta chegue directamente às raízes, onde é necessária, e com menor dependência de energia.</p>
Temperaturas elevadas, secas prolongadas	<p>Mulching e cultivo em bolsas para manutenção da humidade e nutrientes no solo.</p>
Perda de produção devido a ocorrência de pragas no armazém em cereais (Ex: Milho)	<p>Uso de pesticidas botânicos no controlo de gorgulho preto (<i>Sitophilus zea mays</i>) na base de Moringa (<i>Moringa oleifera</i>) e Eucalipto (<i>Eucalyptus globulos</i>).</p>

1.4. Tecnologias testadas e os seus efeitos sobre as mudanças climáticas

Tabela 3: Efeito das tecnologias em respostas às mudanças climáticas

Tecnologia	Efeito em Resposta às Mudanças Climáticas	Referências
Hidroponia	- Ajuda na conservação da água um recurso cada vez mais escasso;	Silva, J., <i>et al.</i> (2022).
	- Reduz a dependência do solo, minimizando os impactos de manipulação e desertificação causados pelas mudanças climáticas.	
	- Permite a produção controlada de alimentos em ambientes adversos, como secas e temperaturas extremas.	
Mulching Sintético	- Reduz a perda de água por evaporação, conservando a humidade do solo em períodos de seca prolongada.	Oliveira, M., & Santos, R. (2020).
	- Protege ação dos ventos e chuvas reduzindo a erosão e perda de nutrientes por lixiviação.	
	- Mitiga os efeitos de temperaturas extremas, protegendo o solo e as plantas.	
Cultivo em Bolsas	- Facilita a adaptação das plantas a diferentes microclimas, oferecendo flexibilidade em resposta às variações climáticas.	Costa, P., & Pereira, F. (2019).
	- permite a utilização de substratos específicos para melhorar a qualidade do solo e o desenvolvimento das raízes contribuindo para o aumento da resiliência no cultivo de hortícolas e garantia de uma produção mais sustentável e rentável.	
	- Reduz a necessidade de grandes áreas de solo fértil, que podem ser limitadas devido à erosão e manipulação provocadas pelas mudanças climáticas.	
Irrigação por Capilaridade	- Maximizar a eficiência do uso da água, crucial em áreas afetadas pela escassez hídrica.	Almeida, L., <i>et al.</i> (2021).
	- Diminui o impacto do estresse hídrico nas plantas, ajudando a manter a produtividade em condições climáticas instáveis.	
Pesticidas botânicos a base de Moringa (<i>Moringa oleifera</i>) e Eucalipto (<i>Eucalyptus globulos</i>) no controlo de gorgulho preto(<i>Sitophilus zea mays</i>)	- Reduz a necessidade de grandes áreas de solo fértil, que podem ser limitadas devido à erosão e manipulação provocadas pelas mudanças climáticas.	Rodrigues, H., & Lima, J. (2018).
	- Reduz a necessidade de pesticidas químicos, contribuindo para a sustentabilidade ambiental em um clima em mudança.	
	- Ajuda controlar pragas de armazém permitindo a preservação da vitalidade das sementes armazenadas.	
		Carvalho, G., & Oliveira, D. (2020).
		Fernandes, E., <i>et al.</i> (2022).
		Souza, C., <i>et al.</i> (2021).
		Souza, C., <i>et al.</i> (2021).

I. Hidroponia

A adoção do sistema hidropónico caseiro é uma solução tecnológica que poderá auxiliar numa situação em que as variações climáticas dificultam a produção no solo devido a cheias e ou inundações. Este sistema é mais rentável e garante produções limpas, desde que seja bem controlado em termos de limpeza da tubagem (Silva, *et al.*, 2022). Sem dúvida que o sistema é uma solução para o pequeno agricultor numa situação em que as oscilações climáticas criam dificuldades para a realização das actividades neste sector. O sistema hidropónico é uma tecnologia que vem crescendo substancialmente no mundo, constituindo uma alternativa viável quer por proporcionar maior rendimento e qualidade de produção, quer por economizar energia e água e reduzir a ocorrência de pragas, devido ao seu ciclo fenológico curto, usando como condutor o PVC, algo que não é acessível à comunidade de Inharrime.

É nessa vertente que se propõe o sistema hidropónico com recurso ao uso de Bambu em substituição do tubo PVC (Figura 2). O bambu é um material muito abundante e de fácil acesso em Inharrime, podendo responder também aos anseios do sector familiar por ser de baixo custo de produção. Além disso, sendo o bambu um material vegetal que, em contacto com uma solução nutritiva, apresenta tendência à decomposição pelas bactérias presentes na solução, fica facilitado a libertação de nutrientes de forma gradual, para o suprimento das necessidades nutricionais da planta e, conseqüentemente, o aumento da condutibilidade eléctrica (Madan e Patra, 2021).



Figura 2. A- Ilustração da imagem do bambu; B- de PVC usado na hidroponia (Adaptado, Autora, 2023)

Esta tecnologia envolve água, algo de que a comunidade de Inharrime dispõe, não só com recurso aos rios, mas também à água armazenada em cisternas. Neste processo, ao invés de se usar nutriente inorgânico, usa-se Manipueira que é uma mais-valia, pois apresenta mucelina (substância densa), com efeito tampão nos dois períodos (Verão e Inverno).

II. Mulching e cultivo em bolsas

Para garantir a manutenção da humidade no solo durante a época seca, pode-se recorrer à tecnologia de “Mulching” e ao cultivo em bolsas, tecnologias que garantem sustentabilidade, qualidade ambiental, conservação dos recursos naturais, redução do desperdício e interação homem-natureza. Estas tecnologias melhoram o crescimento e o desenvolvimento das plantas, reduzem o uso de herbicidas e sachas, para além de manter os nutrientes e a humidade por mais tempo, podendo-se colocar nova cultura, usando o mesmo substrato (Silva *et al.*, 2020).

O “Mulching” é habitualmente usado para o cultivo de hortícolas com recurso ao material vegetal (palha), na época seca (Almeida *et al.*, 2021). Contudo, Dongane, para além de ter as hortícolas como fonte de receita, tem o milho como base da alimentação, havendo dificuldade no seu cultivo na situação de oscilações climáticas, sobretudo na época seca. Mesmo havendo água em represas esta não é suficiente para milho irrigado, havendo necessidade de uma tecnologia para a manutenção de substâncias minerais e água no solo. O Mulching com recurso ao plástico polietileno é uma mais-valia para o cultivo de milho, pois mantém a humidade por mais tempo, evitando a transferência da água para a atmosfera, e tem uma função tampão, mantendo o microclima constante do solo (Carimo, 2012).

Ainda ligado às oscilações climáticas e à dificuldade de prover humidade em hortícolas, tal como no cultivo da cebola e numa condição em que o espaço físico é exíguo e/ou inexistente, o uso de bolsas e/ou sacos plásticos de açúcar ou de arroz para o cultivo é eficaz, pois permite a conservação da humidade, nutrientes por mais tempo e reduz as sachas e ocorrência de infestantes.

III. Rega por capilaridade

Na época seca, o produtor de Inharrime pode recorrer à rega por capilaridade, que é um sistema subsuperficial constituído por uma linha de emissores gota a gota, com a possibilidade de reduzir o desperdício de água por gravidade e facilitando deste modo a dispersão lateral, ganhando mais tempo para que a fibra capilar consiga absorver água debitada pelos emissores. Este sistema de rega garante que se use menos de 85% de água, reduz ainda até 30% a quantidade de fertilizantes necessários e aplica-se no subsolo evitando a perda por escoamento superficial. Além disso, o sistema garante um controlo eficaz de infestantes, levando em consideração que a água não chega ao solo onde se encontram as sementes (Katerji e Hoorn 2004; Pereira, *et al.*, 2017).

IV. Controlo alternativo do gorgulho no milho armazenado através do uso de folhas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) e moringa (*Moringa oleifera*)

Os produtos armazenados têm-se deteriorado devido à ocorrência de pragas, daí que se propõe o uso de folhas de eucalipto e moringa para controlar o gorgulho preto (*Sitophilus zeamais*) que tem provocado desperdício em milho (*Zea mays*) armazenado, substâncias que são de fácil acesso no Distrito de Inharrime. Além disso, o seu uso assegura o conhecimento sobre a importância das plantas nativas com poder insecticida, e fornece as bases de como prepará-las e aplicá-las em celeiros, protegendo os produtos armazenados que é um desafio para o sector familiar. É preciso conhecer as dosagens das substâncias a aplicar, avaliando a sua eficácia de modo autónomo. O uso de bioinsecticidas vai sem dúvida reduzir os custos totais variáveis no decorrer da produção (Souza *et al.*, 2021).

O uso de folhas secas nos celeiros auxilia no controlo do gorgulho para reduzir a infestação e a garantia do produto como semente. A eficácia destas folhas é devida as propriedades insecticidas que auxiliam no controlo de pragas. É uma alternativa natural e sustentável para o controlo de pragas em milho (*Zea mays*) armazenado. A presença de cineol ou eucaliptol e terpenos no eucalipto, bem como a presença de isotiocianatos, ácidos fenólicos e flavanóides nas folhas de moringa é que garantem essa eficácia (Kumar, 2020).

1.5. Relevância do estudo

Os resultados deste estudo contribuem para o desenvolvimento das comunidades, que, com a introdução de novas técnicas, ficarão dotadas de competências básicas para enfrentar a vida, no seu autossustento. Espera-se que o agricultor familiar conquiste autonomia, apropriando-se das novas técnicas que lhe garantam aumento de produtividade, redução do desperdício de recursos naturais, adaptabilidade às alterações climáticas, garantia de segurança alimentar e sustentabilidade ambiental e, por via disso, trocas comerciais, elevando a sua qualidade de vida.

Quanto à relevância sectorial, pode referir-se o facto de tanto o sector público como o privado procurarem formar técnicos em agropecuária, orientados para enfrentar, agir e inovar o sector agrícola, promovendo o desenvolvimento socioeconómico nas zonas rurais. Sublinha-se que o papel do governo no desenvolvimento económico está a ser alterado e orientado para a esfera reguladora de políticas e estratégias de desenvolvimento sustentável (Carvalho, 2017).

A agricultura desempenha igualmente um papel fundamental no desenvolvimento das comunidades rurais, porém, o foco central do plano de acção do governo está na difusão e adopção de novas técnicas de produção e protecção, visando contribuir efectivamente para a melhoria da qualidade de vida das famílias rurais e, por via disso, para o desenvolvimento sustentável. Aliado a este facto, está o crescimento populacional, o que exige uma evolução da produção e da produtividade agrícola. As mudanças climáticas também tornam este sector impossível de se desenvolver, carecendo de nova filosofia de produção e protecção de culturas para assegurar a sustentabilidade no que concerne à produção e à garantia de excedentes (MADER, 2015).

Acredita-se, ainda, que este trabalho poderá criar motivação junto à sociedade e auxiliar na disseminação de novas tecnologias de produção agrícola, estimulando também maior interacção entre as famílias de produtores rurais, para que compartilhem as suas experiências e as técnicas utilizadas nas suas actividades agrícolas (Batalha *et al.*, 2014).

O uso de tecnologias acessíveis permite dotar os agricultores de competências orientadas para a actividade prática, contribuindo grandemente para o desenvolvimento. Embora tenha falta de recursos técnicos e financeiros como alternativas para intervir na solução de um dado problema (Maússe, 2009). Neste contexto, é evidente que deve haver uma complementaridade entre o conhecimento empírico do agricultor familiar e o científico, nos seus pontos fortes, atendendo a que o agricultor não é tábua rasa, carece apenas da aprendizagem de novas técnicas de produção rumo ao desenvolvimento, com menores índices de danos e tendo em conta a preservação do meio ambiente (Rogers, 2003).

A promoção de tecnologias agrícolas irá garantir um desenvolvimento do sector familiar e que esteja em perfeita harmonia com o desenvolvimento ambiental, tendo em conta as mudanças climáticas, favorecendo, obviamente, o desenvolvimento económico e social das comunidades (Resh, 2019).

1.6. Objectivos

1.6.1. Objectivo geral

Desenvolver tecnologias de produção agrícola resilientes aos efeitos das mudanças climáticas, para o aumento da produtividade, geração de receita dos produtores e desenvolvimento do sector familiar no Distrito de Inharrime, província de Inhambane.

1.6.2. Objectivos específicos

- ✓ Identificar as actuais práticas produtivas em Inharrime que respondam às mudanças climáticas;
- ✓ Avaliar a eficácia do sistema hidropónico com recurso ao Bambu, usando nutrientes orgânicos (extracto de mandioca/manipueira);
- ✓ Verificar o efeito da irrigação por capilaridade no rendimento da alface (*Lactuca sativa*);
- ✓ Analisar a eficácia de Mulching na produção de milho (*Zea mays*) da variedade Matuba, combinada com adubação orgânica localizada, usando cinza de bagaço de cana e o cultivo em bolsas na cultura de cebola (*Allium sativum*), usando palha de coco e esterco galináceo;
- ✓ Testar a eficácia de pesticidas botânicos folhas de Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) e Moringa (*Moringa oleifera*) no controlo do gorgulho preto no milho armazenado;
- ✓ Estimar a viabilidade económica das tecnologias agrícolas em estudo.

1.7. Hipóteses

- ✓ O sistema hidropónico com uso de bambu e nutrientes orgânicos (manipueira), aliado à rega por capilaridade, pode melhorar a produção e o rendimento da alface (*Lactuca sativa*), ao mesmo tempo que pode contribuir para a adaptação às mudanças climáticas, porque otimiza o uso da água, reduz o impacto ambiental e dá resiliência em ambientes de produção vulnerável.
- ✓ O uso de mulching na base de plástico polietileno com adubação orgânica (cinza de bagaço de cana) e o cultivo em bolsas adubado com palha de coco e esterco galináceo podem aumentar a produtividade do milho (*Zea mays*) da variedade Matuba, e melhorar o desenvolvimento e o rendimento da cebola (*Allium sativum*) porque mantém a humidade e nutrientes no solo, o que poderá gerar novas oportunidades para os agricultores enfrentarem os desafios das mudanças climáticas, melhorando a eficácia, resiliência e sustentabilidade dos sistemas agrícolas.
- ✓ As aplicação de folhas de eucalipto e moringa pode controlar o gorgulho preto (*Sitophilus zeamais*) no milho armazenado devido à sua acção insecticida, reduzindo perdas e garantindo a qualidade do produto, o que fortalece a segurança alimentar e minimiza a dependência de pesticidas químicos, com menores riscos para a saúde.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Conceito de desenvolvimento

Desenvolvimento significa estágio económico, social e político de uma comunidade, caracterizado por altos índices de rendimento, recursos produtivos e naturais, incluindo capital e trabalho. As relações socioambientais de cada região ou localidade, reorganização comunitária, participação e envolvimento comunitário constituem condição básica para o desenvolvimento local sustentável, com possibilidades de transformações concretas. Essas condições devem estar sincronizadas com o fluxo contínuo na recepção e na adopção, renovação e conservação a partir dos anseios individuais e colectivos da comunidade (Ostrom, 1990; Mucavele, 2015).

Segundo Leff (2014), o desenvolvimento preconiza uma nova ética compatível com as necessidades das populações locais e garante o equilíbrio da vida das comunidades. Nesse sentido, a educação, a ciência e a tecnologia devem ser direccionadas a esta nova forma de conceber o processo da gestão local. Segundo Altieri (2018), a educação, ciência e técnica caminham em simultâneo, o que significa que não existe técnica sem uma lógica de uso numa sociedade hegemónica. O sector familiar deve encontrar solução para problemas concretos, garantindo estabilidade no contexto social através das tecnologias

Quanto maior for a simbiose resultante da acção participativa, menos desperdício e, por conseguinte, novos horizontes que impulsionam o desenvolvimento sustentável. A acção participativa pode ser percebida como intercâmbio de conhecimentos que resulta numa transformação de paradigmas teóricos dos saberes envolvidos, numa transformação de paradigmas teóricos de saberes locais e numa revolução dentro do seu objecto (Mignolo, 2011).

As perspectivas de (Mignolo, 2011; Leff, 2014; Mucavele, 2015) sobre sustentabilidade e participação comunitária têm grande relevância no contexto da agricultura familiar, onde a integração de saberes locais, inovação tecnológica e colaboração comunitária assume um papel fundamental. Eles enfatizam a importância das relações socioambientais e da participação comunitária para um desenvolvimento local sustentável, uma visão que é compartilhada por autores como Sachs (2007). Para este autor, o desenvolvimento sustentável integra não apenas aspectos económicos e ambientais, mas também o engajamento da comunidade em decisões que

moldam sua realidade. Isso é crucial na agricultura familiar, onde o manejo responsável dos recursos locais como água, solo e biodiversidade é essencial para a resiliência a longo prazo e a sustentabilidade económica das famílias agrícolas. Essa abordagem é também defendida por Altieri (2009), que argumenta que práticas agroecológicas, integradas ao conhecimento e às condições socioeconómicas locais, são essenciais para fortalecer o sector familiar.

Leff (2014), ao propor uma ética do desenvolvimento que atenda às necessidades das populações locais, sustenta as ideias de Sen (1999), para quem o desenvolvimento deve ser compreendido como uma ampliação das liberdades e capacidades das pessoas, indo além do crescimento económico. No sector agrícola familiar, isso significa que as tecnologias introduzidas precisam ser adaptadas e acessíveis para que os agricultores possam decidir como aplicá-las de acordo com suas condições específicas. O papel da educação e da ciência, segundo Leff, é fornecer ferramentas para que os agricultores compreendam e adaptem essas tecnologias em benefício próprio. Chambers (1983) reforça essa perspectiva ao argumentar que o desenvolvimento rural participativo valoriza o conhecimento local e capacita os agricultores para serem agentes activos de transformação.

O conceito de desenvolvimento segundo Mignolo (2011) está alinhado com a noção de Freire (1970) sobre a educação como um processo dialógico, onde a troca de saberes entre os técnicos e os agricultores cria novas soluções adaptadas ao contexto local. Essa perspectiva é essencial para o sector familiar, onde os agricultores possuem um conhecimento empírico vasto sobre práticas agrícolas, mas podem beneficiar da incorporação de tecnologias apropriadas que respeitem suas práticas culturais e promovam a sustentabilidade.

Portanto, no contexto da agricultura familiar, as ideias de Mucavele, Leff e Mignolo sugerem que o desenvolvimento sustentável é alcançado não apenas por meio da adopção de tecnologias, mas por uma integração cuidadosa entre conhecimento local, inovação tecnológica e uma ética de respeito às necessidades e aspirações das comunidades locais. Essa abordagem participativa e contextualizada permite que os agricultores familiares não apenas melhorem sua produtividade, mas também se fortaleçam como comunidades, com acesso a novas oportunidades económicas e sociais.

Este é amplamente discutido por diversos autores, cada um trazendo uma perspectiva distinta. Schumpeter (1942), em suas teorias, introduz a ideia de "destruição criativa", que sugere que o desenvolvimento económico é um processo dinâmico em que inovações e novos empreendimentos desafiam as estruturas existentes, promovendo um ciclo contínuo de crescimento. Já Sen (1999), propõe que o desenvolvimento deve ser visto como a ampliação das liberdades reais que as pessoas possuem, indo além do simples crescimento económico. Ele argumenta que a verdadeira avaliação do desenvolvimento deve incluir elementos como saúde, educação e a capacidade de participação social.

As teorias de Schumpeter e Sen sobre desenvolvimento oferecem perspectivas essenciais para entender o crescimento no sector agrícola familiar, especialmente em países em desenvolvimento, como é o caso de Moçambique. Ao discutir desenvolvimento, Schumpeter (1942) foca na "destruição criativa", onde a inovação é fundamental para o progresso económico, enquanto Sen (1999) vê o desenvolvimento como um processo de expansão das liberdades reais das pessoas. Esses conceitos são cruciais para o sector agrícola familiar, pois combinam a necessidade de inovação com a melhoria das condições de vida e liberdade dos agricultores.

Estes autores enfatizam que o crescimento ocorre quando novas ideias e tecnologias substituem práticas antigas, o que promove um ciclo contínuo de progresso. Esse conceito pode ser relacionado ao sector familiar, onde o uso de novas tecnologias e métodos de cultivo sustentável, como a hidroponia e irrigação por capilaridade, ajudam a transformar a produção. Essa abordagem também é apoiada por Rogers (2003), em sua teoria de difusão de inovações, onde a adopção de novas práticas agrícolas é vista como essencial para o aumento da produtividade e resiliência das pequenas propriedades familiares. Para Rogers, o processo de inovação no sector agrícola é impulsionado pela aceitação de novas tecnologias, que possibilitam maior produtividade e eficiência.

Por outro lado, Sen amplia o entendimento de desenvolvimento, ao sugerir que ele não deve ser medido apenas em termos económicos, mas também pela ampliação de oportunidades e capacidades. No contexto do sector familiar, essa abordagem é reforçada por autores como Altieri (2009), que defendem a agroecologia e a agricultura familiar como meios de promover a autonomia e a segurança alimentar, possibilitando que pequenos agricultores tenham maior controle sobre

suas práticas e formas de vida. Altieri destaca que a agricultura familiar sustentável não só melhora a produtividade como também preserva a biodiversidade e fortalece a resiliência comunitária.

Sen, também argumenta que políticas públicas devem priorizar a expansão das liberdades e igualdade de oportunidades, uma perspectiva que encontra sustento em autores como Chambers (1983), que defende o desenvolvimento rural participativo. Chambers argumenta que a inclusão dos pequenos agricultores nas decisões sobre políticas agrícolas é essencial para alcançar um desenvolvimento sustentável e equitativo. No sector familiar, políticas que promovam acesso a educação, saúde e assistência técnica aos agricultores, por exemplo, são essenciais para que esses indivíduos possam adoptar práticas inovadoras e prosperar. Isso está alinhado com o conceito de Sen de que o desenvolvimento ocorre quando as pessoas têm capacidade de escolha e de viver uma vida livre de privações.

Assim, ao integrar as ideias de Schumpeter sobre inovação e a de Sen sobre liberdades reais, observa-se que o desenvolvimento no sector familiar requer tanto a adopção de novas tecnologias e métodos como políticas que ampliem o acesso a recursos e oportunidades. Por meio de políticas inclusivas e apoio à inovação, é possível construir um sector agrícola familiar resiliente, capaz de promover o desenvolvimento económico e social das comunidades locais, especialmente em contextos vulneráveis às mudanças climáticas.

Carson (1962) foi uma das pioneiras a alertar sobre os impactos ambientais do uso excessivo de pesticidas, destacando a ligação entre o desenvolvimento económico e a saúde do meio ambiente, o que ajudou a fundamentar o movimento ambientalista, enquanto Hardin, (1968), discute a exploração irresponsável de recursos comuns, enfatizando a necessidade de gestão sustentável para evitar a degradação ambiental, ele reforça a ideia de que o desenvolvimento deve levar em conta a preservação dos recursos naturais.

Klein (2014) argumenta que o capitalismo, em sua forma actual, está intrinsecamente ligado às mudanças climáticas. Ela considera o modelo económico dominante, prioriza o crescimento e a exploração de recursos em detrimento da saúde ambiental, resultando em uma crise que ameaça a sobrevivência do planeta. Para Klein, a luta contra as mudanças climáticas não pode ser dissociada

de uma crítica ao sistema capitalista e é necessário promover práticas de desenvolvimento mais sustentáveis que desafiem as estruturas de poder existentes e priorizem a justiça social e ambiental.

Por outro lado, Sachs (2005) propõe uma abordagem integrada para erradicar a pobreza extrema por meio de um desenvolvimento sustentável que contempla investimentos em saúde, educação e infraestrutura. Ele defende que a erradicação da pobreza não é apenas uma questão moral, mas uma condição essencial para enfrentar desafios globais, incluindo as mudanças climáticas. Ele enfatiza a necessidade de mobilizar recursos e criar parcerias que impulsionem um desenvolvimento que respeite os limites do planeta e promova o bem-estar humano.

Na mesma perspectiva, Yunus (2003) apresenta a proposta inovadora do microcrédito como uma estratégia de inclusão financeira voltada para as comunidades mais carentes. Ele argumenta que garantir o acesso ao crédito e às oportunidades de empreendedorismo é crucial para elevar a qualidade de vida das pessoas em situação de vulnerabilidade. Essa abordagem transfere a responsabilidade do desenvolvimento econômico para as próprias comunidades, ressaltando que o empoderamento de indivíduos e grupos marginalizados é fundamental para construir um futuro mais justo e sustentável.

Juma (2016) analisa a resistência a novas tecnologias, destacando como essa oposição pode retardar o desenvolvimento agrícola. Ele enfatiza a importância da aceitação de inovações para o desenvolvimento sustentável, sugerindo que políticas públicas e educacionais adequadas podem facilitar essa adaptação. Enquanto Ashir *et al.*, (2022) exploram a aplicação da Internet das Coisas na agricultura inteligente, destacando como essa tecnologia pode otimizar o uso de recursos essenciais como água e fertilizantes, melhorar a produtividade e reduzir impactos ambientais. Afirma que este processo contribui para tornar as propriedades agrícolas mais resilientes e eficientes, promovendo práticas sustentáveis.

2.2.Desenvolvimento no contexto das mudanças climáticas e implicações na agricultura familiar

O desenvolvimento no contexto das mudanças climáticas é relevante, especialmente devido ao impacto significativo que elas exercem sobre a agricultura familiar. Nesse sentido, as comunidades agrícolas precisam ter acesso a recursos, informações e tecnologias que lhes permitam se adaptar às novas condições climáticas, sendo essencial para garantir a segurança alimentar e aumentar a resiliência (Sachs, 2005).

As teorias de desenvolvimento segundo Klein (2014), Schumacher (1973) e Meadows *et al.*, (1972) oferecem uma base sólida para discutir as mudanças climáticas no contexto da agricultura familiar, enfatizando o papel transformador dessa modalidade agrícola na promoção da resiliência e da sustentabilidade ambiental.

Klein (2014) argumenta que a crise climática é uma consequência directa do modelo económico actual, que prioriza o crescimento contínuo, a exploração de recursos e a maximização de lucros, levando à degradação ambiental e ao aumento das emissões de gases de efeito estufa. No contexto da agricultura familiar, essa teoria sugere a necessidade de romper com práticas convencionais que dependem de insumos químicos e monoculturas em larga escala, focando em práticas sustentáveis, como a agroecologia. Esse modelo propõe o uso de métodos agrícolas que respeitem os ciclos naturais e reduzam a emissão de carbono, ajudando a mitigar o impacto ambiental. Klein acredita que, ao adoptar a agroecologia e reduzir a dependência de insumos industrializados, a agricultura familiar pode se tornar uma aliada poderosa no combate às mudanças climáticas.

Schumacher (1973) propõe uma abordagem de desenvolvimento sustentável de pequena escala, onde a agricultura familiar se destaca por seu potencial em se adaptar e promover práticas ambientalmente saudáveis, usando recursos locais e práticas tradicionais. Ele enfatiza a necessidade de valorizar o conhecimento local e as soluções de escala humana, que promovem a resiliência e a biodiversidade. Essa visão é vital no contexto das mudanças climáticas, pois a agricultura familiar tem a flexibilidade para ajustar práticas de cultivo às condições locais, conservar a biodiversidade e evitar a degradação do solo. Schumacher argumenta que essas práticas

não apenas ajudam a mitigar o impacto das mudanças climáticas, mas também promovem a segurança alimentar e a preservação dos recursos naturais.

A obra de Meadows *et al.*, (1972) introduz o conceito de "limites do crescimento", que destaca a importância de respeitar os limites dos recursos naturais para evitar o colapso ambiental. No contexto das mudanças climáticas e da agricultura familiar, essa teoria sugere que práticas agrícolas devem ser adaptadas para reduzir a dependência de insumos externos, como fertilizantes e pesticidas sintéticos, e aumentar a resiliência a eventos climáticos extremos. A agricultura familiar, baseada no uso de recursos locais e na adaptação às condições específicas da região, está bem posicionada para implementar práticas sustentáveis que respeitem esses limites. Além disso, a inovação local é incentivada, com os agricultores criando soluções tecnológicas acessíveis e adaptadas ao seu contexto, promovendo um desenvolvimento sustentável que não depende de grandes investimentos externos, mas da criatividade e conhecimento local.

Altieri (2009) propõe a agroecologia como um caminho sustentável que valoriza o conhecimento tradicional dos agricultores familiares. Ele sugere que as práticas agroecológicas, como a rotação de culturas, o uso de adubos verdes e a integração de biodiversidade, não só aumentam a produtividade e a resiliência dos sistemas agrícolas, mas também ajudam a mitigar os impactos das mudanças climáticas. A agroecologia, segundo Altieri, oferece uma alternativa ao sistema agrícola convencional, promovendo a saúde do solo, a conservação da água e a biodiversidade, e reduzindo as emissões de carbono por meio de práticas ecológicas.

A teoria de difusão de inovações segundo Rogers (2003), sugere que inovações adaptadas às necessidades locais são mais bem-sucedidas. No contexto da agricultura familiar e mudanças climáticas, essa teoria enfatiza a importância de inovações simples e acessíveis, que os próprios agricultores podem adotar. O sector familiar, pode desenvolver ou modificar tecnologias, promovendo práticas que minimizam o impacto ambiental e fortalecem a resiliência climática, ao mesmo tempo que respeitam as especificidades locais.

Essas teorias convergem para afirmar que, frente às mudanças climáticas, a agricultura familiar deve se afastar das práticas convencionais e adotar abordagens sustentáveis que respeitem o ambiente e valorizem o conhecimento local. Práticas como a agroecologia, o uso eficiente de

recursos naturais, a inovação local e a implementação de soluções em escala humana são fundamentais para fortalecer a resiliência das famílias agrícolas e mitigar os impactos das mudanças climáticas.

Collier (2007), analisa os desafios enfrentados pelos países mais pobres, destacando que as mudanças climáticas agravam esses desafios. Assim, políticas e investimentos devem ser direccionados a apoiar pequenos agricultores na adaptação às mudanças climáticas, proporcionando acesso a tecnologias, mercados e financiamento que incentivem práticas agrícolas sustentáveis. O Banco Mundial (2013) no seu relatório enfatiza que as mudanças climáticas têm um impacto desproporcional sobre os pobres, especialmente aqueles que dependem da agricultura. e sugere que o desenvolvimento agrícola deve ser reorientado para ser mais resiliente às mudanças climáticas, destacando a importância de pesquisa, inovação e políticas que apoiem a agricultura familiar. As contribuições das teorias de desenvolvimento sustentável são multifacetadas e integradas, enfatizando a necessidade de promover práticas agrícolas sustentáveis, garantir a inclusão social, fomentar a inovação local e construir resiliência nas comunidades. Essas abordagens colectivamente moldam um caminho para um futuro mais sustentável, equilibrando as necessidades humanas com a preservação do meio ambiente.

Assim, esses autores ressaltam que, para promover um desenvolvimento sustentável diante das mudanças climáticas, é crucial adoptar práticas que fortaleçam a capacidade de adaptação da agricultura familiar. Isso envolve não apenas a implementação de técnicas agrícolas sustentáveis, mas também o fortalecimento das comunidades, o acesso a recursos e a inclusão dos agricultores na tomada de decisões políticas. A transição para uma agricultura mais sustentável pode, portanto, oferecer oportunidades não apenas para enfrentar os desafios climáticos, mas também para promover a justiça social e a segurança alimentar nas comunidades rurais.

2.3. Desenvolvimento sustentável e tecnologia

Uma comunidade desenvolve-se quando a capacidade criativa do homem é colocada ao serviço da superação das barreiras sociais e quando os vários segmentos da população conseguem participar na definição dos objectivos sociais, no controlo e na operacionalização dos objectivos e da superação dos limites dos benefícios trazidos pelo progresso social. O

reconhecimento da tradição e da perspectiva das acções passíveis de serem desenvolvidas nas e pelas comunidades faz com que, em determinado momento histórico, essas acções sejam valorizadas na teoria e na prática, surgindo daí a acção comunitária (Feder *et al.*, 2014).

Embora a maioria da população se dedique à agricultura, a falta de recursos (financeiros, humanos qualificados e acesso à tecnologia) cria constrangimentos pois o sector familiar continua utilizando técnicas rudimentares e depende das condições naturais do clima. A maior parte das vezes os rendimentos não chegam a compensar os recursos gastos no processo de produção, perpetuando a miséria, de tal modo que mesmo os considerados melhores não chegam a atingir rendimentos satisfatórios (EDR, 2007).

O desenvolvimento sustentável pressupõe desenvolvimento tecnológico. Segundo Brown (2003) é necessário perceber as relações que formam a diversidade de contextos humanos para que a sustentabilidade seja considerada. Para este cientista, na agricultura a prática de produzir alimentos deve garantir a conservação dos recursos naturais e a manutenção do equilíbrio ecológico ao longo das gerações. Isso inclui técnicas de cultivo que respeitam o meio ambiente, evitam o esgotamento dos solos e promovem a sustentabilidade da população. Falar de desenvolvimento é considerar a adjectivação desdobrada social, ambiental e economicamente sustentada no tempo.

Este desenvolvimento é dotado de atributos como: habilidade no maneo tradicional caracterizado pela capacidade da população dominar a diversidade de técnicas de maneo e produção de culturas e actividades pecuárias, participação colectiva familiar, relacionada com a capacidade da família, ser gestora da sua própria produção. Nesse contexto, o autossustento familiar, que possui uma relação directa com a capacidade de união da família frente às necessidades de superação, das adversidades produtivas e da dificuldade de acesso à água de qualidade está relacionado com a capacidade de gestão pública local de investir na melhoria da capacidade técnica para a captação e tratamento de recursos hídricos locais (Guanziroli *et al.*, 2015).

A relação entre desenvolvimento sustentável e tecnologias agrícolas é, portanto, vital para promover práticas que respeitem o meio ambiente e atendam às necessidades das comunidades rurais. Autores como Meadows (1972); Schumacher (1973); Rogers (2003); Altieri (2009) e

Klein (2014), enfatizam a importância de soluções adaptadas às condições locais, a preservação da biodiversidade e a justiça social. Ao integrar essas abordagens, a agricultura pode-se tornar mais resiliente às mudanças climáticas e garantir a segurança alimentar para as gerações futuras.

Em conexão com uma natural relutância inicial no que concerne à adoção de novas tecnologias pelo pequeno agricultor, surge o que se designa por perdas associadas às inovações tecnológicas, reflectindo-se numa menor capacidade de adaptação exigida pelas mudanças emergentes no sistema produtivo. Por seu turno, a aceitação de inovações tecnológicas está relacionada à capacidade da comunidade local em aderir a essas inovações, integrando-as no processo produtivo, melhorando progressivamente a condição de adaptabilidade e flexibilidade diante das mudanças impostas pelas condições climáticas actuais. Vários atributos indicam o desenvolvimento de uma comunidade, onde a participação comercial através de trocas comerciais em feiras é uma resultante da capacidade da população manter intercâmbios económicos. À medida que as interações comerciais se tornam mais intensas, também aumenta a possibilidade de fortalecimento das redes produtivas e de escoamento da produção (Teklewold *et al.*, 2012).

Nesse contexto, para que o desenvolvimento seja efectivo, é necessário que haja aumento de renda, seja por meio de produtos agregados ou aumento da produtividade. Não se pode falar, em desenvolvimento sem que a produção e a renda média cresçam.

2.4. Papel da agricultura no desenvolvimento socioeconómico das comunidades

No contexto global, a agricultura familiar destaca-se como pilar fundamental para a segurança alimentar e nutricional, além de promover o bem-estar das populações. Nessa área, dados comprovam um crescimento de 30% na produção e produtividade agrícola nos países desenvolvidos entre 2013 e 2017, com destaque para a cultura do arroz. Esse avanço impacta directamente na segurança alimentar das famílias e no rendimento da população que depende da produção agrícola (Carney, D. 2002; FAO, 2018).

Na África, a agricultura familiar possui um papel de destaque na economia, fornecendo emprego a grande parte da população e contribuindo para a receita dos governos por meio da exportação de produtos agrícolas (Cunguara *et al.*, 2012). Além de gerar renda, esse tipo de produção garante a segurança alimentar de dois terços dos africanos que trabalham na agricultura

e beneficia os mais necessitados nas áreas urbanas, que despendem mais de 60% do seu orçamento com alimentação (Vale *et al.*, 2017).

Um exemplo notável é Angola, onde a agricultura familiar responde por cerca de 80% da produção nacional, alimentando grande parte da população com o excedente da produção comercializado nos mercados. Em nações como Cabo Verde, Guiné-Bissau e São Tomé e Príncipe, essa modalidade é responsável por mais de 90% da produção agrícola, destinada principalmente ao consumo do produtor e da sua família (FAO, 2020).

No contexto moçambicano, a agricultura familiar assume um papel crucial na luta contra a pobreza, na geração de emprego no meio rural e na garantia da segurança alimentar em âmbito familiar, regional e nacional. Responsável por mais da metade dos alimentos consumidos no país, esse sector também contribui para a geração e distribuição de renda, além de combater o êxodo rural (Oram *et al.*, 2010). Numa perspectiva económica, a agricultura destaca-se como um dos principais motores da nação: representando cerca de 25% do PIB e 80% das exportações. Este sector emprega cerca de 2/3 da força laboral e ocupa aproximadamente 80% da população activa do país (MINAG, 2011). Para além da sua relevância social, a agricultura em Moçambique desempenha um papel importante no processo de desenvolvimento económico dinamizando a indústria, o comércio e os serviços através de importantes efeitos de encandeamento no resto da economia.

O crescimento urbano-industrial, por sua vez, também induz o desenvolvimento agrícola, ao gerar demanda por mão-de-obra, matérias-primas e alimentos. Nesse sentido, a agricultura em Moçambique exerce cinco funções básicas, conforme (MICOA, 2013):

- a. Liberação de mão-de-obra: A agricultura contribui para liberar mão-de-obra para ser empregue na indústria, evitando o aumento dos salários, a depressão da taxa de lucro e assegurando a acumulação contínua de capital.
- b. Fornecimento de insumos: O sector agrícola fornece alimentos e matérias-primas para o sector urbano-industrial, atendendo à crescente demanda impulsionada pelo desenvolvimento e pela intensificação da urbanização.

- c. Entrada de divisas: Através da exportação de produtos agrícolas, a agricultura gera divisas estrangeiras que são utilizadas para financiar o desenvolvimento, adquirir importações e amortizar a dívida externa.
- d. Transferência de poupanças: O sector agrícola transfere poupanças para investimentos na indústria e na implementação de infraestrutura básica, tanto económica quanto social.
- e. Criação de mercados: A agricultura constitui mercados para bens industriais, complementando os mercados urbanos e expandindo as oportunidades de negócios para o sector secundário.

Mosca (2014), no seu artigo, "Agricultura familiar em Moçambique: ideologias e políticas", argumenta que a agricultura familiar desempenha um papel crucial na garantia da segurança alimentar e no aumento da renda das famílias. Ele sugere que a agricultura familiar pode gerar excedentes de produção e economias que facilitam a transformação estrutural da agricultura e da economia em direcção à industrialização. Esta transformação implica a transferência de recursos do sector agrícola para a economia em geral e do campo para as cidades, com base no aumento da produtividade. Isso permite a transferência de trabalho e capital para os sectores mencionados sem causar crises alimentares e empobrecimento da agricultura rural.

Este autor afirma que além da contribuição económica, a agricultura familiar também oferece outros benefícios, como o fornecimento da dieta equilibrada, incremento da produção e produtividade agrícola com a participação de mais de 70% da população. Isso constitui a principal fonte de renda familiar e auxilia para a criação de riqueza numa base social ampla.

Por outro lado, a USAID (2019), em seu artigo sobre "Investimento privado no sector da agricultura em Moçambique", destaca que a agricultura no país desempenha um papel fundamental no combate à pobreza, na geração de empregos rurais e na garantia da segurança alimentar e nutricional das famílias. Este sector representa 25% do PIB e 80% das exportações. Além disso, aproximadamente 2/3 da força de trabalho do país estão engajados na agricultura, incluindo cerca de 90% das mulheres activas e 70% dos homens activos (Tschirley e Zulu, 2015).

O Plano Estratégico de Desenvolvimento do Sector Agrário (PEDSA, 2010-2019) trouxe uma nova perspectiva sobre o papel da agricultura no desenvolvimento socioeconómico. Esperava-

se que a agricultura nacional também servisse como uma fonte catalisadora para o crescimento do mercado competitivo, especialmente por meio do desenvolvimento de tecnologias que reduzam os custos de produção e aumentem a rentabilidade.

De acordo com o MINAG (2011), a estratégia do PEDSA visava um crescimento médio anual da agricultura de, pelo menos, 7%. As fontes de crescimento consistiriam em aumentar a produtividade por hectare, juntamente com a expansão da área cultivada, visando dobrar os rendimentos em culturas prioritárias e aumentar em 25% a área de cultivo de alimentos essenciais até 2020, assegurando a sustentabilidade de recursos naturais. Entretanto, a situação do país contradiz com essa aspiração, já que a capacidade agrícola não se traduz de forma eficaz na geração de renda e na oferta de empregos de forma concreta (Eduardo e Silva, 2020).

Portanto, é imprescindível reconhecer e apoiar a agricultura familiar como um motor de transformação social e económica, promovendo políticas que fortaleçam esse sector e que assegurem a equidade e impulsionem o desenvolvimento sustentável. O fortalecimento da agricultura familiar pode contribuir significativamente para o combate à fome, à pobreza e à desigualdade, garantindo um futuro mais próspero e sustentável para as comunidades.

2.5. Mudanças climáticas

As mudanças climáticas são definidas como alterações de longo prazo nos padrões climáticos, incluindo variações na temperatura média global e eventos climáticos extremos, causadas principalmente pela actividade humana e pela emissão de gases de efeito estufa (IPCC, 2014). Essas alterações são impulsionadas por actividades como a queima de combustíveis fósseis, desmatamento e práticas agrícolas insustentáveis, resultando em um aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera (Stern Review, 2006).

Os impactos das mudanças climáticas no meio ambiente são significativos, afectando ciclos naturais e a biodiversidade, levando a desequilíbrios nos ecossistemas e à diminuição de serviços ecossistémicos essenciais (Rockstrom *et al.*, 2009). Além disso, as mudanças climáticas têm consequências directas sobre a segurança alimentar e os meios de subsistência, especialmente em comunidades vulneráveis que dependem da agricultura (FAO, 2016). A necessidade de

desenvolver estratégias de adaptação é crucial, não apenas para mitigar as emissões de gases, mas também para enfrentar os impactos inevitáveis nas comunidades e ecossistemas (Houghton, 2009).

No contexto das mudanças climáticas, surgem os fenómenos La Niña e El Niño, que são eventos climáticos que ocorrem no Oceano Pacífico Equatorial e têm impactos globais significativos sobre o clima, afectando padrões de precipitação, temperatura e clima em várias partes do mundo. Apesar destes fenómenos serem do Oceano Pacífico, afectam também Moçambique (Glantz, M. H. 2001). As regiões centro e sul do nosso país tendem a sofrer com períodos de seca mais prolongados, levando à diminuição da produção agrícola, escassez de água e outros problemas relacionados à seca. Na região norte tem desencadeado chuvas acima da média, com inundações, destruição de infraestruturas entre outros problemas (UNDP, 2013).

Klein(2019) explorando o papel da justiça climática e da economia verde , defende que "não podemos combater as mudanças climáticas enquanto permanecemos dentro dos limites das regras económicas que agravaram essa crise" destacando a necessidade de políticas integradas que abordem a crise ambiental e as desigualdades sociais. Enquanto Kolbert (2021), discute as consequências não intencionais das intervenções humanas no clima: "É a interferência humana que tornou nosso planeta tão vulnerável; ainda assim, agora dependemos dessa interferência para sobreviver". Ela explora o paradoxo entre tecnologia e conservação como uma resposta aos desafios climáticos.

As mudanças climáticas também forçam a migração de espécies e alteram habitats, aumentando o risco de extinções e comprometendo a biodiversidade (Hannah *et al.*, 2002). A falta de acção frente a essas mudanças pode resultar em consequências irreversíveis, o que exige uma resposta urgente e integrada (Tundisi e Matsumura, 2008). Ademais, a definição de mudanças climáticas deve considerar não apenas os aspectos físicos, mas também as interações sociais e económicas, enfatizando a necessidade de uma abordagem multidisciplinar (Leal Filho, 2017).

As alterações climáticas são identificadas pela oscilação das variáveis como temperatura, precipitação e vento ao longo do período considerável. De acordo com Davis e Souza (2014), essas mudanças ocorrem naturalmente devido ao sistema climático regional e global, bem como em resposta às actividades humanas. Estas, são vistas como resultado da evolução do sistema

climático ao longo do tempo, pode ser influenciada tanto por dinâmicas internas quanto por factores externos, como fenómenos naturais, incluindo erupções vulcânicas e variações na actividade solar (Lenton *et al.*, 2008).

O acúmulo de gases presentes na atmosfera altera o equilíbrio energético do sistema climático, que é regulado pela energia recebida continuamente do Sol. Cerca de 30% da energia solar é refletida de volta para o espaço pelas nuvens e pela superfície terrestre, enquanto cerca de 70% é absorvida pelos oceanos, continentes e pela atmosfera. O calor retido é emitido como radiação infravermelha ou transferido através do fluxo de calor latente e sensível (Alley, 2000). Além disso, segundo IPCC (2021), a elevação da concentração de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono e o metano, intensifica o efeito estufa, elevando resultando em aumento da temperatura média global e em mudanças climáticas que afetam a frequência e a intensidade de eventos climáticos extremos.

O Índice de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas coloca Moçambique como o quinto país mais vulnerável do mundo devido a vários factores, como a exposição ao risco por estar localizado junto ao Oceano Índico (uma região propensa a ciclones tropicais) e às principais bacias hidrográficas da região (INGD, 2020). Como prova dessa vulnerabilidade, nos últimos anos, o país tem sido repetidamente atingido por desastres naturais como cheias, inundações, secas, ciclones tropicais (incluindo Idai, Kenneth, Eloise e Guambe) e pela elevação do nível do mar. Esses eventos aumentam a necessidade da sociedade se preocupar e prestar atenção aos problemas relacionadas com os fenómenos climáticos (Deutsche, 2021). Suas implicações podem se fazer sentir na agricultura familiar em Moçambique, afectando não apenas a produção, mas também a segurança alimentar e os meios de subsistência dos agricultores.

A vulnerabilidade dos agricultores familiares é acentuada pelas variações nos padrões de precipitação e temperatura, que podem resultar em reduções na produtividade das culturas (Fischer *et al.*, 2005). Isso leva à insegurança alimentar, especialmente em comunidades que já enfrentam desafios económicos. Além disso, os agricultores podem ser forçados a mudar suas práticas de cultivo, optando por variedades mais resistentes ou técnicas de conservação da água para se adaptar a condições climáticas em constante mudança (Mastrorillo *et al.*, 2016). No

entanto, a falta de recursos financeiros e técnicos limita a capacidade de muitos agricultores para implementar essas adaptações (Nhamo *et al.*, 2019).

A perda da biodiversidade, excessiva pelas mudanças climáticas, representa uma ameaça adicional, pois reduz a resiliência dos sistemas agrícolas e aumenta a vulnerabilidade a pragas e doenças (Matsumura-Tundisi *et al.*, 2015). Para enfrentar esses desafios, políticas que garantam acesso a recursos como crédito e tecnologia são fundamentais, visto que a falta de apoio institucional pode agravar a situação dos agricultores em áreas vulneráveis (Mafongoya *et al.*, 2006).

Além disso, as mudanças climáticas impactam a economia rural como um todo, com a agricultura familiar desempenhando um papel crucial na economia moçambicana. A diminuição da produtividade pode levar a uma redução da renda rural, elevando a pobreza e a migração para áreas urbanas (Kumwenda *et al.*, 2012). Assim, a introdução de tecnologias agrícolas sustentáveis e práticas inovadoras é essencial para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas e garantir a segurança alimentar (Zhao *et al.*, 2018).

2.5.1. Impacto das mudanças climáticas na agricultura

A agricultura é uma actividade amplamente dependente de factores climáticos, cujas alterações podem afectar a produtividade e o manejo das culturas. Por isso vários estudos vêm sendo desenvolvidos no Mundo e em Moçambique em particular, visando avaliar o efeito das alterações climáticas sobre a produção agrícola, uma vez que estas afectam a fisiologia das plantas, a disponibilidade de água, a fertilidade dos solos, a erosão, a dinâmica de pragas e doenças, a salinização dos solos, além de outros aspectos (MICOA, 2013).

Neste sentido haverá perdas no rendimento e pode haver migração de culturas de uma região para outra (BM, 2013). A redução da precipitação e aumento da temperatura estão a afectar os sectores de recursos agrícolas e naturais com implicações na produção de culturas alimentares, nos rendimentos e nos ecossistemas (alimentos, combustível lenhoso, medicamentos, madeira, fibra, recursos genéticos, regulação da água, regulação do clima, regulação de doenças, controlo da erosão, recreação e ecoturismo). As projecções também indicam que as alterações climáticas, se não forem controladas, reduzirão ainda mais a produtividade agrícola decorrente da deterioração

do ambiente de produção, colocando a maioria da população dos países em via do desenvolvimento em situação de insegurança alimentar (INGC, 2018).

A seca afecta a agricultura porque uma grande porção de terras agrícolas é irrigada pela chuva e com as mudanças climáticas a precipitação tem sido baixa, irregular e com início tardio e término precoce. As inundações e cheias afectam a agricultura porque uma porção significativa de terras está dentro das bacias hidrográficas internacionais partilhadas que são propensas às inundações, causando problemas humanitários imediatos como a perda de animais por afogamento assim como rendimento ou equipamentos e infraestruturas agrícolas, o que diminui o crescimento económico a longo prazo (Mosca, 2017). Os impactos na economia local e nacional incluem a redução do rendimento familiar, da geração de renda, da produção agrícola, elevado o índice de desemprego e o declínio do rendimento nacional (Recha e Chiulele, 2017).

2.5.2. Adaptação às mudanças climáticas na agricultura

Conforme o INE (2020), Moçambique conta com pouco mais de 25 milhões de habitantes, dos quais cerca de 80% fazem parte da população economicamente activa e estão envolvidos na agricultura. As mudanças climáticas impactam a prática agrícola e a segurança alimentar da população, devido a eventos extremos como secas, inundações e ciclones. Estes fenómenos resultam em escassez de alimentos, aumento dos preços e perda de colheitas, afectando negativamente os agricultores e as suas comunidades. São necessárias acções de ajuste visando assegurar a sustentabilidade da agricultura e o acesso adequado aos alimentos. Assim, é inegável que as oscilações climáticas têm prejudicado a agricultura, afectando especialmente os agricultores familiares rurais.

Apesar dos impactos adversos das oscilações climáticas na agricultura, há métodos para minimizar esses efeitos e promover a resiliência da actividade agrícola no sector familiar (MINAG, 2020). Nesse contexto, a adaptação inclui acções que visam preparar o sector agrícola para enfrentar os efeitos nefastos das alterações climáticas, reduzindo riscos e prejuízos com o menor custo possível. Isso implica, inicialmente, compreender como os agricultores se ajustarão e quais são as principais orientações desse processo (Cunguara *et al.*, 2012).

Aqueles agricultores rurais que estão conscientes dos impactos das mudanças climáticas têm maiores probabilidades de adoptar medidas adaptativas. Portanto, é crucial levar em conta a percepção, o conhecimento e as condições socioeconómicas das pessoas ao elaborar políticas públicas para lidar com esses efeitos (Pellegrino *et al.*, 2007). Nessa perspectiva, é essencial compreender os factores que implicam a resposta dos produtores às mudanças climáticas para formular políticas eficazes de combate ao problema (Carlos *et al.*, 2019).

Para Pellegrino *et al.*, (2007), as acções de ajuste aos impactos das oscilações climáticas, podem ser propostos novos sistemas produtivos incluindo a introdução de novas culturas em regiões onde se tornem aptas, desenvolvimento de estratégias de conservação da água, mudanças climáticas e nas datas de plantio e ou sementeira, adopção de métodos alternativos, de medidas eficazes para a redução das queimadas e desmatamentos de ecossistemas naturais e uso de novas tecnologias e sua combinação.

É fundamental a adopção de técnicas de produção baseadas no plantio directo e cultivo mínimo, com rotações de culturas em que se consideram espécies vegetais que promovam a protecção do solo e a alta produção de resíduos. O desenvolvimento de novas variedades resistentes a temperaturas mais altas provoca estresse hídrico e alagamento, contribuindo não somente para a redução das perdas, mas para a minimização dos efeitos das alterações climáticas (Alves *et al.*, 2008).

Segundo a FAO (2012) & INGC (2018) identificaram algumas acções destinadas à adaptação do sector agrícola à oscilação do clima, como, por exemplo:

- Formulação de mecanismos de apoio aos agricultores de modo a auxiliá-los a adaptarem-se à oscilação climática;
- Manutenção de uma ampla base genética para culturas e desenvolvimento de variedades de culturas e raças de animais mais tolerantes à seca;
- Melhoramento da resiliência de ecossistemas agrícolas pela promoção de práticas agroflorestais que utilizem e mantenham a diversidade biológica;
- Melhorar a eficiência de uso da água e recarga de água subterrânea pela agricultura conservacionista;

- Apoiar sistemas de pastagem e outros sistemas de produção animal, com actividades voltadas para a produção de suplementos alimentares, serviços veterinários, e de suprimento de água, entre outras medidas.

A gestão da humidade do solo nos campos agrícolas em sequeiro envolve investimentos em tecnologias acessíveis para apoiar os produtores no estabelecimento de um controle melhor e gestão de fornecimentos intermitentes da água, que podem ser cruciais durante períodos curtos de seca que ocorrem onde a precipitação é muito variável, e que resultam em perdas frequentes das colheitas (FAO, 2012). As técnicas envolvem a colheita de água “*in situ*” juntamente com a melhoria da capacidade de absorção de recursos hídricos do solo na zona radicular para lidar com défices temporários de água que ocorrem durante os períodos de crescimento. Estes investimentos devem ser acompanhados pela optimização do uso de fertilizantes, sementes e outros insumos essenciais aos ambientes em sequeiro de modo a maximizar os investimentos nas práticas de gestão de humidade do solo (INGC, 2018).

2.6. Tecnologias Agrícolas em Moçambique

As tecnologias agrícolas são um conjunto de técnicas destinadas a melhorar a eficiência da produção, garantindo o aumento da produtividade e a qualidade dos processos agrícolas. Em Moçambique, as tecnologias mais importantes para o sector familiar, que compõe a maioria dos produtores, e que incluem o uso de sementes e práticas culturais melhoradas, produtos químicos, técnicas de armazenamento no campo e métodos de irrigação de pequena escala são subutilizadas devido à baixa adopção por parte dos agricultores mesmo que haja potencial para melhorar a eficiência no uso da água. Questões como falta de acesso a informações e capacitação sobre essas tecnologias, custos elevados e limitações de infraestruturas contribuem para a limitação na prática da implementação desses métodos mais eficientes (Andrade, 2014).

A escolha do uso de determinada tecnologia está associada ao tamanho da machamba, ao acesso ao crédito e ao custo de insumos. Segundo BM (2013), usando dados de 300 produtores de milho em Sussundenga, província de Manica, estimam que a disponibilidade de financiamento aumenta a probabilidade da adopção e da quantidade usada de sementes melhoradas de milho em 15% e 8%, respectivamente.

Um dos factores que limita a demanda por sementes certificadas é a relação preço da semente/produto, que é muito alta, chegando a atingir 30 vezes, no caso do milho, em alguns distritos, desencorajando assim os agricultores a adquirir a semente certificada (MASA, 2020). O fraco crescimento do mercado de produtos contribui para um baixo preço do grão, que é a primeira opção para a sementeira. Além disso, há casos em que a semente chega aos produtores com baixo poder germinativo ou em variedades não adaptáveis às condições locais do agricultor, em comparação com as sementes tradicionais, apesar de existirem regulamentos claros sobre o assunto (Mucavele, 2015).

Além da fraca demanda por sementes melhoradas e, conseqüentemente, a sua baixa utilização, outras tecnologias aprimoradas também são pouco comuns. Moçambique apresenta uma das taxas médias de aplicação de fertilizantes mais baixas da África (Crawford *et al.*, 2009), apesar da sua economia ser predominantemente agrícola, sendo o uso de adubos químicos um factor determinante para a produtividade agrícola, especialmente entre os pequenos agricultores.

O uso de fertilizantes em Moçambique é fortemente afectado por preços elevados, infraestrutura rodoviária deficiente e escassez devido à insuficiente produção nacional. Algumas estratégias propostas para estimular o uso de fertilizantes incluem a disponibilização de crédito e a modificação das embalagens dos insumos. Na produção de culturas, são adoptadas tecnologias agrícolas para melhorar o desempenho, como a rega gota a gota, adubação, sombreamento, adubos químicos, sementes melhoradas e rotação de culturas, visando aprimorar os sistemas de produção (Jorge, 2013; Altieri, 2018).

Uma estratégia para elevar a produtividade agrícola em países em desenvolvimento é a adopção de tecnologias. Isso proporciona um impulso para melhorar a produção e, conseqüentemente, a qualidade de vida dos agricultores. A implementação de uma tecnologia influencia a transição de um estado para outro e é determinada por elementos que podem facilitar ou dificultar a adopção de um conjunto de tecnologias (Rogers, 2003; Cavane, 2013).

2.6.1. Tecnologias adaptadas às mudanças climáticas

Com as mudanças climáticas que causam variações na produção de culturas e baixos rendimentos, é crucial aumentar o uso de tecnologias para melhorar a produção e a produtividade.

Em Moçambique, existe um esforço significativo para desenvolver tecnologias voltadas para os agricultores familiares. Qualquer actividade rural, seja ela familiar ou não, deve ser bem gerida para garantir sua inserção no mercado e, assim, a sua sustentabilidade (FAO, 2016).

O baixo nível tecnológico dos agricultores familiares não pode ser explicado apenas pela falta de tecnologia adequada. Muitas vezes, mesmo quando a tecnologia está disponível, ela não se transforma em inovação devido à fraca capacidade e a condições para inovar. Segundo Pedroso (1999), a tecnologia pode ser analisada em três níveis: o nível macro, que examina os sistemas internacionais e nacionais; o nível meso, que analisa a tecnologia nos sectores industriais; e o nível micro, que estuda a tecnologia no contexto organizacional. Este autor classifica as tecnologias em cinco categorias: tecnologias de processos, materiais, produtos e serviços, informação e gestão. A tecnologia de gestão abrange as especificidades da agricultura familiar e a forma como ela pode se tornar competitiva no agronegócio (Altieri, 2018).

Embora a agricultura familiar opere dentro de lógicas produtivas locais, ela está sujeita a padrões competitivos globais. Portanto, independentemente dos mercados para os quais destina a sua produção ou dos canais de comercialização, ela deve dispor de ferramentas de apoio que sejam não apenas úteis, mas essenciais para a competitividade sustentável dos seus empreendimentos (Leal Filho, 2017).

A sustentabilidade é, para o sector familiar, um desafio à estabilização dos padrões de qualidade exigidos pelos mercados relevantes, que pressupõe a adopção de tecnologias e procedimentos que em muitos casos não são compatíveis, pelo menos a curto prazo. O progresso tecnológico deve aumentar imediatamente os lucros, diminuindo prejuízos no campo, onde os custos devem ser menores que o benefício. Pelo progresso tecnológico, a produção é aumentada usando os mesmos insumos ou, então, a mesma produção é obtida utilizando-se menos quantidade de recursos usuais, sendo que a mudança tecnológica é expressa como quantidade de produção por unidade do insumo total (Silva *et al.*, 2022).

O custo de uma tecnologia é influenciado por vários factores, dos quais, tipo de solos, estágio de desenvolvimento tecnológico, características de inovação, grau de complementaridade de inovações, custo e qualidade de insumos, mão-de-obra qualificada, obtenção de informações, do

aprendizado, riscos e incertezas. Muitos produtores nos países em via de desenvolvimento trabalham sob alguma forma de coacção, seja devido aos sistemas de posse da terra, e pelas condições de empréstimo. Numa perspectiva mais ampla, o custo dos insumos vai depender do estágio geral do desenvolvimento agrícola de uma dada região e do tipo de tecnologia adoptada e apresentando diferentes estágios, como desenvolvimento de pré-condições agrícolas e expansão da produção agrícola baseada nas técnicas que usam a mão-de-obra intensiva e poupam capitais, apelando às inovações tecnológicas (FAOSTAT, 2023).

Autores como Coleman, Katz e Menzel (1957) e Van den Bulte e Lilien (2001) discutem como a inovação se difunde e afecta a economia. Eles observam que a adopção de inovações, tanto biológicas quanto mecânicas, pode melhorar o desempenho económico ao aumentar a produção ou substituir trabalho por tecnologia. Essa substituição pode ser parcial (só reduzindo a necessidade de mão-de-obra) ou profunda, alterando os processos produtivos de forma que melhorem a saúde das plantas e a eficiência geral da produção.

Para compreender esses conceitos, vale explorar fontes que tratam de economia da inovação, como a obra de Tirole (2017) sobre economia do bem comum. Ele argumenta que o investimento em tecnologias sustentáveis e o alinhamento entre interesses económicos e sociais, como exemplificado no Acordo de Paris, são essenciais para o desenvolvimento sustentável e a inovação de longo prazo.

2.6.2. Tecnologias e sustentabilidade agrícola

Em 2010, a produtividade média no cultivo de grãos em Moçambique era baixa, registando 3.173 quilos por hectare. Contudo, até 2021, essa média aumentou significativamente para 5.932 quilos por hectare, representando um crescimento de 87% (Cunguara e Darnhofer, 2011). Esse avanço pode ser atribuído ao investimento em tecnologia agrícola, adopção de melhores práticas de gestão, melhoria da infraestrutura agrícola, acesso a sementes de qualidade e implementação de políticas agrícolas eficazes. Estes factores evidenciam o avanço do sector agrário em Moçambique. Com a melhoria, a agricultura moçambicana está apta a atender às demandas de uma população urbana em expansão, fornecendo alimentos mais acessíveis e económicos, o que contribui para reduzir pressões inflacionárias e aliviar as desigualdades sociais no país (FAOSTAT, 2023).

Apesar do avanço da inovação tecnológica na agricultura, é importante reconhecer que em Moçambique coexistem uma agricultura moderna e eficiente e outra ainda muito carente, à margem do mercado. Os pequenos agricultores do sector familiar necessitam urgentemente de acesso a informações, conhecimentos e inovações tecnológicas. As instituições de fomento, pesquisa e extensão devem agir de forma inteligente e coordenada para desenvolver soluções que melhorem o desempenho e a integração económica desse grupo, levando em consideração as diversidades regionais e culturais (England, 2016).

Os desafios que se apresentam para o futuro são consideráveis. Ainda é necessário desenvolver tecnologias mais eficazes para suprir as necessidades básicas de alimentos da sociedade e gerar excedentes para exportação, abrindo portas para oportunidades de negócios e cumprindo responsabilidades tanto a nível nacional quanto global (Godfray e Garnett, 2014). Ao mesmo tempo, essas tecnologias precisam incluir práticas que visam preservar os recursos naturais, como solo, água e biodiversidade. É fundamental também que contribuam para lidar com o desafio do aquecimento global e seus possíveis impactos na produção agrícola (Mosca e Dadá, 2016).

Segundo Mosca e Dadá (2016), avanços em tecnologia da informação e comunicação, sensoriamento remoto, instrumentação avançada, automação e robótica, como a hidroponia, sugerem que a agricultura de precisão se tornará comum nas propriedades agrícolas do futuro. Estas ferramentas e processos possibilitarão uma utilização mais otimizada e mais eficiente dos recursos naturais, garantindo maior produtividade, eficiência e sustentabilidade para a agricultura.

Apesar de a agricultura ser o sector que mais consome água, a irrigação tenderá a aumentar no futuro devido às mudanças climáticas e secas cada vez mais intensas. Um dos principais desafios será otimizar o uso da água na agricultura para reduzir a pressão sobre os recursos hídricos e disponibilizar água para outros fins. Inovações que visam racionalizar o uso da água e minimizar o seu desperdício serão cruciais para atender à crescente demanda por alimentos (FAO, 2017).

Com o decorrer do tempo, as mudanças climáticas vão exercer pressão sobre os agricultores familiares, aumentando o risco de insegurança alimentar. À medida que os custos de insumos como água, fertilizantes, sementes e energia aumentam, será necessário focar em tecnologias alternativas que se adaptem aos novos desafios. Portanto, os agricultores familiares precisarão de

novas opções de automação e tecnologias de precisão produtiva para lidar com questões como a redução das áreas agrícolas disponíveis, custos elevados de insumos e a necessidade de reduzir desperdícios, produzindo de maneira sustentável, eficiente e com qualidade (FAOSTAT, 2020).

2.7. Tecnologias testadas na zona de estudo

O Distrito de Inharrime é assolado pelas mudanças climáticas no que concerne a secas, temperaturas altas e inundações, o que dificulta a produção de hortícolas que são fonte de receita naquela zona de estudo e o milho como cereal fundamental para alimentação. Em virtude disto foram seleccionadas e experimentadas as seguintes tecnologias: hidroponia, capilaridade, produção em bolsas, uso de Mulching sintético para cobertura do solo e uso de extratos de Eucalipto (*Eucalyptus globulos*) e Moringa (*Moringa oleífera*) no controlo de gorgulho preto (*Sitophilus zeamais*) no milho armazenado.

2.7.1. Sistema hidropónico

A hidroponia foi descoberta no século XVIII, mas foi o americano William Gericke quem, em 1929, usou, pela primeira, vez o termo “hidroponia”. Esse termo deriva do grego "hidro" (água) e "ponos" (trabalho). No cultivo hidropónico, as plantas não necessitam de solo, apenas de substrato e água enriquecida com nutrientes (figura 3). Uma grande vantagem desse sistema é que as plantas recebem exactamente a quantidade de água de que precisam, e a água excedente pode ser colectada e reutilizada. Isso torna a hidroponia um método ideal para áreas secas, como Cabo Verde e Moçambique (Douglas *et al.*, 2015).



Figura 3. Tecnologia de hidroponia (Fonte, Autora, 2022)

O sistema hidropónico surge como uma solução efectiva para atenuar os efeitos das mudanças climáticas, da degradação ambiental e da extinção de espécies provocadas pela exploração excessiva e pelos cultivos intensivos. Adicionalmente, promove uma utilização mais eficiente da água, recurso cada vez mais escasso (Silva *et al.*, 2022).

Especificamente relevante para a produção de hortaliças, a hidroponia pode reduzir entre 50% e 70% da água necessária para as plantas, devido à significativa diminuição das taxas de evaporação, escoamento superficial e percolação. Essa técnica também contribui para a diminuição dos custos de transporte, ao permitir a produção próxima aos centros urbanos e durante todo o ano, independentemente das condições climáticas. Com uma utilização contínua de todo o espaço disponível, possibilita múltiplos ciclos de cultivo durante todo o ano (Resh, 2019; Bakker, 2012).

Entre as técnicas de produção agrícola, a hidroponia destaca-se por garantir produtos de alta qualidade e produtividade, com o mínimo desperdício de água e nutrientes. Este método de cultivo tem crescido substancialmente no mundo, sendo uma alternativa viável devido ao maior rendimento e qualidade de produção, economia de energia e redução de pragas e doenças, graças ao seu ciclo fenológico mais curto. As plantas hidropónicas são bem aceites no mercado e a alface ocupa um lugar de destaque (FAO, 2020).

Cabo Verde foi pioneiro em África a adoptar a hidroponia, embora a técnica nunca tenha sido explorada na sua totalidade no arquipélago por diversas razões. O precursor foi o engenheiro brasileiro Sérgio Roque, com filiação cabo-verdiana, que iniciou o seu negócio agrícola em São Domingos há quase duas décadas (Andrade, 2014).

Em Moçambique a hidroponia ainda se encontra na sua fase piloto onde se recorre a fertilizantes inorgânicos como substratos de crescimento, o que dificulta a sua aquisição pelo sector familiar. É uma tecnologia pouco usual neste sector, pois a empresa Moz Hydroponic que existe em Maputo desde 2018, é um fornecedor que presta assistência aos produtores comerciais, usando um sistema hidropónico comercial com equipamento oneroso e um conjunto de nutrientes inorgânicos. O sistema não é amplamente difundido no país e ainda não há uma alternativa acessível de hidroponia que utilize ingredientes orgânicos adequados para pequenos produtores, ou

tubos de PVC alternativos. Além disso, a solução nutritiva é essencial para o cultivo hidropônico, pois o desempenho das plantas depende de uma formulação adequada (Oliveira *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2020).

Segundo Carmello (2009), a condutividade eléctrica é um dos factores críticos para a qualidade da água, sendo importante considerar a quantidade total de sais presentes, sem identificar quais nutrientes estão em falta ou excesso na solução nutritiva. A absorção de nutrientes pelas plantas é proporcional à concentração na região das raízes, sendo influenciada por factores ambientais como salinidade, oxigenação, temperatura, pH da solução nutritiva, intensidade da luz, fotoperíodo e humidade do ar, após ciclos sucessivos de uso da solução de cationes e anions pelas plantas.

Os ensaios efectuados usando adubos orgânicos sob as mais diversas situações têm demonstrado uma considerável diversidade de comportamento. Nos compostos orgânicos, de maneira geral, variam as quantidades de nutrientes, em função de sua procedência e composição, sendo um ponto-chave para a recomendação da quantidade correcta a ser aplicada (Menezes Jr. *et al.*, 2016). A decomposição tem importante função na parte nutricional, na contribuição da reciclagem de nutrientes e na formação da matéria orgânica, dependendo de alguns factores, como composição dos organismos decompositores, ambiente, microclima do solo e qualidade dos resíduos acumulados; todos eles afectam os processos de decomposição, em termos qualitativos e esses factores, em conjunto, determinarão o tempo de permanência dos resíduos adicionados, bem como, a taxa de liberação de nutrientes (Zheng, *et al.*, 2021; Maltais-Landry, *et al.*, 2023).

A velocidade de decomposição do material orgânico depende da facilidade com que esse material pode ser decomposto, de suas características químicas e do pH do meio onde se encontra (Coelho *et al.*, 2012). Essa diferença na decomposição da matéria orgânica, no tempo, assegura um fluxo contínuo de nutrientes. Os adubos orgânicos são considerados de baixa concentração em nutrientes, porém, possuem uma variedade nutricional, podendo tornar-se excelentes fornecedores de todos os nutrientes necessários às plantas, como nitrogénio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes (Santos, 1999).

Da mesma maneira, o extrato de mandioca é um fertilizante orgânico pouco conhecido e utilizado em Moçambique, mesmo que a mandioca seja reconhecida como bandeira na província de Inhambane. Essa falta de uso limita o desenvolvimento da hidroponia nas comunidades. A hidroponia é uma técnica rentável, com resultados rápidos, especialmente ao usar biofertilizantes, servindo como uma alternativa para limitar o uso de adubos minerais e promovendo a sustentabilidade ambiental e agrícola. A mudança nos sistemas de produção de hortícolas diminui a necessidade de água para irrigação e o uso de produtos químicos, como fertilizantes e pesticidas. O cultivo hidropónico, utilizando soluções nutritivas orgânicas ou organominerais, está se tornando uma alternativa viável para o sector familiar (Ramos *et al.*, 2023; Freitas e Souza, 2023).

Para manter o sistema hidropónico é necessário repor a água no recipiente colector, mantendo os nutrientes dissolvidos e ajustando conforme a necessidade das plantas. As vantagens deste sistema incluem a redução de pragas, maior produção em áreas menores, melhor ergonomia para o trabalho, produção acelerada devido à nutrição balanceada, e alta rentabilidade em comparação com o cultivo no solo. Por exemplo, a alface pode ser colhida em 30 a 45 dias na hidroponia, enquanto no solo levaria de 60 a 70 dias. Na hidroponia, é possível cultivar diversos tipos de hortaliças, especialmente as de folhas (Fernanda *et al.*, 2013; Sandoya e Ahmed, 2021; Yilmaz, *et al.*, 2023).

2.7.2. Tecnologia de Mulching

O Mulching, uma técnica de agricultura sustentável, emergiu nos Estados Unidos na década de 1950, visando proteger o solo e suprimir o crescimento de ervas daninhas. Além de preservar o solo, essa prática contribui para a estética do jardim, conferindo-lhe um aspecto mais agradável e equilibrado. Existem diversos tipos de Mulching disponíveis, utilizados para regular a temperatura do solo, prevenir o surgimento de ervas daninhas, manter a humidade do solo e promover a decomposição da matéria orgânica. Essa técnica desempenha um papel crucial na conservação do solo, particularmente relevante em regiões agroecológicas (Almeida, 2021; Jia *et al.*, 2023).

Esta técnica, representa uma tecnologia de preservação do solo acessível ao sector familiar, garantindo a sustentabilidade agrícola (Figura 4). Dentro do contexto da agricultura familiar, há uma crescente importância na produção de hortícolas com elevados padrões de qualidade, livres de

resíduos de defensivos agrícolas e que preservem o ambiente agrícola (Vinha *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2021).



Figura 4. Tecnologia de Mulching sintético (Fonte Autora, 2022)

Kikas e Luik, (2011) afirmam que os plásticos começaram a ser usados como cobertura morta em canteiros de hortícolas e frutas desde 1980, substituindo materiais como capim seco ou serradura. Esses plásticos, conhecidos como Mulching sintético, demonstram eficácia na protecção do solo e do meio ambiente. Quando aplicados correctamente, os plásticos de baixa espessura oferecem diversas vantagens, como a manutenção da humidade do solo, o controlo de ervas daninhas e concorrentes por nutrientes sem a necessidade de aplicação de herbicidas, a melhoria da temperatura do solo tanto de dia quanto de noite, a preservação da estrutura do solo antes e durante as chuvas, evita o aparecimento de doenças da cultura decorrentes do contacto com o solo como fungos e bactérias.

O Mulching sintético contribui para a saúde das plantas e possibilita a redução do uso de defensivos agrícolas. Com a cobertura do solo, a colheita é facilitada, promovendo uma maior produtividade e favorecendo a comercialização dos produtos agrícolas. Flutuações de temperatura, pragas e outros problemas podem afectar negativamente o rendimento das culturas, por isso os produtores precisam de estar actualizados sobre novas técnicas e tecnologias para mitigar perdas significativas. O Mulching destaca-se como uma estratégia que envolve a cobertura do solo ao redor das plantas, proporcionando protecção adicional (Bharadwaj *et al.*, 2018).

O uso da cobertura do solo com recurso ao plástico polietileno protege a cultura e diminui a evapotranspiração e a irradiação solar, conseqüentemente redução de perdas de água e manutenção da temperatura do solo (Wang, *et al.*, 2021). A cobertura do solo permite maior controlo de

emergência de ervas daninhas e proliferação de insectos pragas. Trata-se de um subsistema de agricultura sustentável com menor impacto ao meio ambiente, evitando danos económicos às culturas agrícolas. Esta técnica permite maior redução do uso de herbicidas no controlo de ervas daninhas (Yuri e Costa, 2011).

Conforme descrito por Vinha *et al.*, (2011), os herbicidas têm o potencial de poluir as fontes de água, sendo que muitos deles contêm o princípio activo 2,4 D, classificado como altamente tóxico e capaz de causar deformações devido às substâncias nocivas liberadas. Nesse contexto, a técnica de Mulching não apenas resguarda o solo, mas também protege os nutrientes e as raízes das plantas, resultando em uma maior produtividade nas culturas.

2.7.3. Irrigação por capilaridade

A técnica de irrigação capilar oferece uma forma mais eficiente de utilizar os recursos hídricos na agricultura. A capilaridade refere-se à capacidade da água de se infiltrar e distribuir pelos espaços de ar até que sejam preenchidos. Dessa forma, as plantas podem absorver a quantidade precisa de água de que necessitam no momento exacto para promover o seu crescimento. Este sistema é bastante interessante, pois é um mecanismo que ajuda na redução do consumo de água quando empregado na rega de plantas, e vantajoso porque fornece a cada planta o que precisa para atender à sua demanda, economizando a água com ganhos significativos (Adegoke *et al.*, 2022 e Zeng *et al.*, 2023). Este método apresenta vantagens pois controla a humidade para que as plantas fiquem sempre em estoque, economiza água mesmo regando diariamente e as que requerem humidade constante como pimento, abacates e tomates beneficiam-se da irrigação por capilaridade.

Apesar desta virtude, esta técnica carece de muito cuidado para controlar a água, permitindo que faça a reposição da mesma, caso seja necessário, pois um pequeno descuido pode tornar o sistema não ideal porque as plantas que precisam de muita humidade podem murchar (Betton e Dermits, 2013). A irrigação por capilaridade tem-se mostrado uma técnica eficiente para a redução da infestação e disseminação de patógenos em produção de hortícolas. Teixeira *et al.*, (2009) afirmam que o uso da irrigação por capilaridade evita o humedecimento da parte aérea da planta que pode facilitar o estabelecimento de doenças fúngicas e bacterianas que são disseminadas pela água. O uso de sistemas autoirrigantes aparece como alternativa de grande importância para

minimizar o desperdício pelo cultivo de culturas em ambientes protegidos que vão desde sistemas muito simples até ao uso de mecanismos complexos.

As características dos sistemas de irrigação por capilaridade destacam-se em relação aos sistemas de irrigação por aspersão, especialmente quando se trata da irrigação de plantas em recipientes pequenos, nos quais a água é distribuída por toda a superfície, resultando em baixa eficiência de aplicação. Consequentemente, as perdas de água nestes sistemas estão directamente relacionadas com as áreas cobertas pelas bordas dos recipientes e pela área de suporte da bandeja. Embora haja conhecimento sobre a irrigação por capilaridade, ainda faltam métodos de teste e informações de segurança para os agricultores, que comprovem a verdadeira capacidade de ascensão vertical em relação ao substrato (Fernandes *et al.*, 2022).

2.7.4. Uso de bolsas plásticas na produção de cebola

Ao longo da história, a adopção de tecnologias para a produção de alimentos frescos em sistemas não tradicionais de agricultura ocorreu muitas vezes em momentos de dificuldades extremas e escassez (Lucena, 2016). Quando as colheitas falhavam, a sociedade enfrentava fome e morte, frequentemente resultando em conflitos. Esses eventos históricos destacam a interdependência entre culturas agrícolas e civilizações, onde a sobrevivência de uma dependia da outra.

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2012), a população global deve chegar a 9,5 bilhões até 2050. Para alimentar esta população crescente, seria necessário expandir a área de terra arável em uma escala equivalente à extensão territorial da América do Sul, aumentando a produção de alimentos em 70% em comparação com os níveis actuais. Diante desse desafio e com o objectivo de garantir a segurança alimentar global, têm surgido novas abordagens que integram agricultura, engenharia e arquitectura, visando desenvolver sistemas de agricultura vertical em áreas urbanas e rurais. Uma dessas soluções emergentes é a agricultura vertical (Despommier, 2010).

O cultivo em bolsas é uma técnica de agricultura vertical desenvolvida como uma abordagem racional para otimizar o uso de recursos como água, espaço, tempo, nutrientes e mão-de-obra. Diferentes variantes dessa técnica foram desenvolvidas, incluindo o cultivo com mobilização

reduzida e plantio directo em filmes plásticos do tipo NFT ("Nutrient Film Technique"), bem como o cultivo em substratos. No cultivo em substratos, recipientes preenchidos com material (substrato) servem como suporte para as plantas, permitindo que a solução nutritiva passe através do substrato e seja drenada pela parte inferior (Noguera e Schmukler, 2017).

O uso de substratos está relacionado ao uso de recipientes, a forma e o tamanho deste limitam o volume para o crescimento das raízes, quando comparados ao cultivo no campo, e influenciam na dinâmica da movimentação da água neste restrito volume (Savvas e Gruda, 2018). Neste caso, as características físicas do substrato como espaço poroso e densidade devem ser consideradas, uma vez que quanto menor a altura do recipiente, mais difícil será a drenagem. Portanto, em recipientes mais baixos, o substrato deve ser menos denso e mais poroso. A produção de hortícolas em substratos acondicionados em recipientes de tamanho reduzido, especialmente sob irrigação localizada, restringe o crescimento das raízes a um volume limitado de água, cujas condições de contorno são determinadas pelos limites físicos do recipiente, pela disponibilidade de substâncias nutritivas, pela salinidade e pela aeração do substrato (Resh, 2019).

Devido ao volume reduzido de raízes e à pequena quantidade de água armazenada no substrato, são necessárias irrigações frequentes e de baixo volume, tornando o manejo adequado da irrigação crucial para alcançar altos rendimentos e otimizar o uso de substâncias minerais e de água pelas plantas (Silva *et al.*, 2015). A absorção de nutrientes é afectada pela restrição do desenvolvimento das raízes, causada pelo tamanho do recipiente. A altura do recipiente limita a altura do substrato e, assim, a capacidade de recipiente, determinando o volume de macro poros ou espaço de aeração. Práticas de irrigação utilizadas são da mesma forma essenciais na definição das características de porosidade, assim como o manejo do material antes da colocação da planta ou semente, incluindo a compactação, o teor de humidade e a técnica de enchimento (Martins *et al.*, 2023).

Segundo Lucena (2018), o volume dos recipientes afecta a disponibilidade de nutrientes e água. Recipientes maiores promovem um melhor desenvolvimento do sistema radicular, semelhante ao das mudas plantadas directamente no solo. Contudo, recipientes grandes acarretam custos mais elevados de produção, transporte, distribuição e plantio. Este autor introduziu o conceito de "capacidade de recipiente", enfatizando a importância da altura do substrato na

determinação do volume de água retido após a irrigação. Ele explica que, mesmo com um dreno adequado, a gravidade actua na água livre apenas até atingir o equilíbrio estático. A capacidade do recipiente é a percentagem de volume de água retida pelo substrato em um recipiente de determinada altura, após a saturação (tensão hídrica zero) e drenagem na ausência de evapotranspiração, representando o limite máximo de água para aquele substrato e tipo de recipiente. Os factores que influenciam a nutrição das plantas em recipientes incluem:

- a. **Substratos:** Dependendo das necessidades de adubação, o substrato pode conter adubo inicial ou ser enriquecido, ou ainda ser um substrato sem adubo. A proporção do substrato pode afectar a disponibilidade de nutrientes. A capacidade de retenção de água do substrato é fundamental, pois a falta de humidade pode causar acúmulo de sais e toxicidade nas plantas, enquanto o excesso de humidade pode reduzir a aeração, acumular CO₂, prejudicar a respiração das raízes e diminuir a absorção de nutrientes.
- b. **pH do substrato:** O pH do meio pode influenciar a disponibilidade dos nutrientes, tornando-os mais ou menos acessíveis.
- c. **Capacidade de Troca Catiónica (CTC):** O substrato deve ter alta capacidade de troca catiónica, actuando como um reservatório de nutrientes.
- d. **Qualidade e quantidade de água:** A água usada para irrigação deve ser de alta qualidade, tanto química quanto física e biologicamente. A quantidade de água disponível também deve ser suficiente para atender às necessidades de irrigação durante todo o ciclo.
- e. **Outros factores:** A temperatura do substrato e do ar, a sombra, doenças, pragas, factores genéticos, os preços dos fertilizantes e o custo operacional da adubação são factores adicionais que devem ser considerados.

O cultivo em bolsas plásticas representa uma abordagem moderna e inovadora para cultivar uma variedade de plantas. Em muitos aspectos, é uma solução eficaz para contornar os desafios causados pela escassez de espaço nas áreas urbanas. Em países como Estados Unidos e Canadá, o cultivo em bolsas é amplamente adotado, possibilitando o cultivo de certas culturas que seriam inviáveis sem essa técnica. Essa prática foi desenvolvida como uma técnica agrícola para auxiliar as comunidades urbanas a aumentar a produção de alimentos, melhorar sua qualidade e reduzir a vulnerabilidade à escassez de alimentos (Mendoza *et al.*, 2021).

Esta técnica pode ser utilizada através das técnicas de plasticultura, onde o controlo sobre a plantação é muito grande, havendo nutrientes e humidade totalmente adequados para as plantas. É considerada ainda uma tecnologia moderna e avançada sendo até mesmo tida como medida ou índice do grau de tecnologia Agrícola disponível em uma região ou país. Esta técnica minimiza o crescimento das infestantes, ao restringir o espaço e ao mesmo tempo diminui a necessidade de mão-de-obra e previne o uso de herbicidas. Vale ressaltar ainda que essas práticas podem auxiliar na economia de água, diminuir as variações de temperatura até mesmo ajudar a controlar insectos ou pragas, visto que plásticos de cor preta impedem que as infestantes realizem fotossíntese diminuindo assim a propagação de pragas (Costa e Resende, 2007).

O cultivo de hortícolas em bolsas é uma opção atrativa tanto para produtores rurais quanto urbanos, oferecendo uma boa oportunidade de geração de renda, apesar de ser uma actividade com maiores riscos em comparação a outras, principalmente devido à maior vulnerabilidade a problemas fitossanitários, desordens fisiológicas e condições climáticas adversas. Além de impactar negativamente a produção, a qualidade dos produtos também pode ser afectada (Feng, 2018).

O uso de bolsas plásticas para a produção de hortícolas pode ser visto como um avanço na tendência de manipular o ambiente agroecossistémico para reduzir as condições estressantes que podem comprometer a produção agrícola. Além de melhorar o controlo sobre a disponibilidade de nutrientes e água e a prevenção de ataques de pragas, este método também oferece algum controlo sobre o microclima e a gestão do espaço. Uma das principais vantagens do cultivo em bolsas plásticas é permitir a produção de culturas, especialmente hortícolas, em períodos ou locais onde as condições climáticas não são favoráveis (Feng, 2018).

2.7.4.1. Características do material usado na produção em bolsas

O plástico agrícola é um material polímero de polietileno (PE) intransparente, com adição de sulfato de ferro para evitar endurecimento e racha causados por acção de raio ultravioleta solar. A espessura do plástico varia de acordo com o fabricante e a marca, desde 55 micra, 75 micra, até 150 micra (1 mm = 1000 micra) (figura 5). O custo da bolsa agrícola varia com a sua qualidade e tamanho (Canal Rural, 2021).



Figura 5. Características de bolsas plásticas usadas na produção agrícola (Fonte Autora, 2022)

A durabilidade da bolsa plástica, quando perfurada para não acumular água de rega no seu interior e bem manuseada durante a produção, é de 14 meses. A bolsa pode ser desmontada em períodos de pousio, embalado e armazenado após sete meses de uso no primeiro ano de cultivo e utilizados no ano seguinte por mais sete meses de uso, reduzindo então em 50% o custo da bolsa (Canal Rural, 2021). Somente as bolsas bem manuseadas podem ter durabilidade de 14 meses. As bolsas mal cuidadas durante a produção não duram mais de seis meses (Pereira e Silva 2020).

2.7.4.2. Substrato usado na produção em bolsas

A importância de qualquer substrato é produzir uma planta de qualidade, em curto espaço de tempo, com custos de produção baixos com a redução do substrato químico, uma vez que não deveriam provocar impactos ambientais de importância. O substrato com esterco bovino visa garantir o crescimento de plantas com bom vigor e com menores índices de danos. Grande parte de plantas tem o solo como meio natural para o crescimento do sistema radicular, encontrando nele o seu suporte, fonte de água, ar e minerais necessários para a sua alimentação e crescimento (Fonteno, 2015).

As técnicas de cultivo sem solo natural oferecem uma alternativa viável ao cultivo tradicional em solo, fornecendo condições ideais para o crescimento das plantas. Essas abordagens inovadoras representam um avanço significativo em relação aos métodos convencionais, proporcionando benefícios como uma gestão mais eficiente da água, a entrega precisa de nutrientes no momento

certo e na quantidade adequada, o que ajuda a minimizar problemas como a salinização da raiz e os ataques de pragas, resultando em uma melhoria directa no rendimento e na qualidade dos produtos colhidos. Além disso, a facilidade de implementação do sistema de produção a custos reduzidos e a alta disponibilidade são outras vantagens importantes destas práticas de cultivo. As características físico-químicas do substrato podem variar significativamente, dependendo da fonte e do processo de produção (Andriolo e Skrebsky, 2018).

Um substrato ideal deve apresentar diversas características, incluindo alta porosidade (acima de 85%), boa capacidade de aeração (entre 10% e 30%) e uma capacidade de retenção de água de 20% a 30%. As propriedades dos fertilizantes orgânicos conferem ao substrato uma qualidade superior, com uma alta proporção de lignina (35-45%) e celulose (23-43%), e uma baixa quantidade de hemicelulose (3-12%), que é a fracção mais susceptível à decomposição microbiana, garantindo assim uma maior durabilidade do substrato, tornando-o adequado para culturas de ciclo curto, como hortícolas. Portanto, é importante reconhecer que o cultivo de hortícolas não requer necessariamente solo natural (Noguera *et al.*, 2017).

2.7.5. Uso de bioinsecticidas no controlo de gorgulho (*Sitophilus zeamais*) no milho (*Zea mays*) armazenado

Insecticidas botânicos são feitos à base de plantas cujas substâncias activas delas extraídas têm uma acção repelente. Problemas sérios de resistência de pragas aos insecticidas e a contaminação da biosfera, associados em larga escala os insecticidas convencionais de largo espectro de acção, têm ditado a necessidade efectiva dos insecticidas biodegradáveis (insecticidas sensíveis a degradação por microrganismos) com grande selectividade. Um dos aspectos importantes é o uso de insecticidas botânicos, derivados de plantas com poder insecticida, localmente disponíveis, tais como Moringa (*Moringa oleifera*) e Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) (Joly, 1998).

Estes são de resistência curta e menos tóxicos para o homem em relação aos convencionais, não se devendo manter um intervalo relativamente longo entre as aplicações. Os fitoquímicos derivados de fontes vegetais podem agir como larvicidas, inibidores de crescimento e de desenvolvimento, repelentes e atrativos para ovoposição. As plantas podem ser fontes alternativas

como repelentes de insectos porque eles constituem uma fonte potencial de químicos bioactivos e livres de perigo ou prejuízo ambiental (Souza *et al.*, 2021).

2.7.5.1. Importância de Bioinsecticidas

O uso de insecticidas botânicos é considerado barato e seguro, além disso, são mais convenientes para o homem devido à sua baixa toxicidade e ao facto de não contaminarem o ambiente, o que permite o equilíbrio biológico. Pela disponibilidade dessas substâncias a nível local, apresentam-se como alternativa viável para o controlo de pragas do armazém no sector familiar (Botton *et al.*, 2005).

O Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) planta originária da Austrália é utilizado para diversos fins: indústria, produtos de limpeza, cosméticos e agricultura. Tem como princípio activo terpenos, limoneno, flavonóides, cetonas e taninos. As folhas usadas para a conservação dos grãos e sementes servem também para o controlo das pragas (figura 6).



Figura 6. A - folhas, ramos e frutos de eucalipto; B - plântula de eucalipto (Botton *et al.*, 2005).

Esta planta apresenta muitas vantagens, das quais rápido crescimento, manutenção da biodiversidade local, conservação da qualidade de água e solo e uma melhor qualidade de vida aos agricultores controlando as pragas. Contudo, o insecticida é rapidamente degradado pela luz solar, ar, humidade, chuva e enzimas desintoxicantes, o que implica que a sua aplicação seja feita um pouco antes da colheita. A sua acção é rápida, embora a morte dos insectos não ocorra em poucas horas ou dias. Eles podem parar de se alimentar quase que imediatamente após a aplicação do

insecticida botânico. No entanto, a sua acção em geral é mais lenta que a dos insecticidas sintéticos (Shala *et al.*, 2021).

A moringa (*Moringa oleifera* L.) é uma planta tropical de porte arbóreo, com 7 a 12 m de altura, pertencente às famílias *Moringaceae* (figura 7). Existem 14 espécies, incluindo a *oleifera*, originária do continente Asiático. É uma espécie perene com baixo custo de produção, sobrevive grandes períodos em solos pobres e com baixo teor de humidade. As folhas, frutos verdes, flores e sementes de moringa possuem valor alimentar devido à presença de quantidades representativas de cálcio, proteínas e também podem ser suplemento alimentar por apresentar potássio, vitaminas de complexo B e Cobre (Joly, 1998).



Figura 7. A- Aspecto da árvore da moringa; B- frutos, folhas e flores da *Moringa oleifera* (Lima *et al.*, 2019)

Esta planta apresenta potencial insecticida, todavia, o mecanismo de acção das substâncias presentes no óleo e em extratos obtidos das partes vegetais da planta, assim como a forma com que actuam no organismo dos insectos e ácaros ainda não foram identificados. Estudos preliminares com moringa mostram potencial no controlo de insectos em campo. O extrato aquoso de sementes apresenta uma acção larvicida e com capacidade de causar 100% de mortalidade em 24 horas de exposição (Costa *et al.*, 2021).

2.8. Adubação Orgânica

A adubação orgânica refere-se à prática de introduzir no solo, resíduos de origem orgânica, como esterco, urina, restos de animais, palha, capim, resíduos de colheita, “cama” de estábulo ou galinheiro, bagaço, farinha de ossos entre outros, os quais se degradam para formar húmus O

objectivo da Agroecologia é produzir alimentos saudáveis em solos férteis, preservando a saúde do agricultor (Figuerola, *et al.*, 2012).

O aumento dos custos dos adubos químicos tem levado os agricultores convencionais a buscar alternativas nos resíduos orgânicos, que podem ser usados como fertilizantes. Diante dessa conjuntura económica, agricultores e pesquisadores têm questionado o modelo agrícola baseado na produtividade imediata com o uso excessivo de pesticidas e fertilizantes, reconhecendo que a fertilidade do solo vai além do simples uso de calcário e NPK (Lima *et al.*, 2019).

Uma estratégia mais sustentável busca proteger o solo contra a erosão, ao adoptar práticas como a rotação e a diversificação de culturas. Isso inclui manter a matéria orgânica, promover a actividade biológica do solo e garantir o equilíbrio nutricional das plantas, diminuindo assim a dependência de insumos externos. A introdução de matéria orgânica no solo por meio de adubos orgânicos, dependendo do nível de decomposição dos resíduos, pode ter efeitos imediatos ou duradouros, através de um processo mais gradual de decomposição (Santos, 2017).

Fernanda *et al.*, (2013) afirmam que o uso de materiais orgânicos como fonte alternativa de matéria-prima para a produção de fertilizantes é uma medida estratégica do ponto de vista ambiental e pode ser uma alternativa viável para a produção de fertilizantes, desde que também seja economicamente viável.

Segundo Hoffmann *et al.*, (2019), dentre os recursos orgânicos aplicáveis na agricultura, destaca-se o esterco animal devido aos seus impactos positivos na infiltração e retenção de água, além do aumento da capacidade de troca catiónica no solo. A integração da técnica de adubação orgânica não só favorece a drenagem e aeração do solo, mas também amplia a retenção hídrica, os teores de nutrientes e a comunidade de microrganismos benéficos no solo e nas plantas, promovendo o desenvolvimento das raízes. O crescimento do uso de fertilizantes orgânicos em relação aos minerais contribui para a sustentabilidade do agroecossistema, melhorando os aspectos físicos, químicos e biológicos do solo e reduzindo os impactos ambientais negativos causados pelas práticas agrícolas intensivas (Oliveira *et al.*, 2014).

A matéria orgânica está ganhando importância crescente entre as técnicas utilizadas no cultivo de diversas hortícolas, envolvendo a mistura de diferentes substratos. Essa prática permite

a reutilização de resíduos que, de outra forma, seriam inutilizados da produção animal ou vegetal, incorporando essa matéria orgânica, rica em nutrientes no solo. Isso resulta em economia para os agricultores, pois representa o reaproveitamento de resíduos, além de ser uma prática sustentável, uma vez que otimiza o uso de matéria orgânica sem prejudicar o meio ambiente (Oliveira *et al.*, 2014).

Conforme destacado por Fernanda *et al.*, (2013), a introdução de uma quantidade adequada de esterco de qualidade no solo é capaz de suprir as exigências das plantas em relação aos macronutrientes, sendo o potássio especialmente favorecido devido ao seu uso frequente. Nas regiões semiáridas, o uso de esterco é uma prática bastante difundida para garantir a nutrição das plantas, especialmente em áreas de agricultura familiar. Nessas áreas, o emprego de fertilizantes inorgânicos é pouco usual devido às limitações financeiras dos agricultores de baixa renda, às dificuldades de acesso ao crédito agrícola e às variações significativas na quantidade de chuva (Ribeiro e Costa, 2018; Ferreira e Silva, 2015). Além disso, os autores ressaltam que o esterco tem sido uma opção viável para suprir as necessidades nutricionais, sobretudo de nitrogênio e fósforo, em várias regiões do país na agricultura familiar.

2.8.1. Manipueira

A Manipueira é um resíduo líquido obtido durante o processamento da mandioca para produção de farinha (figura 8), que, quando deitada fora de modo incorrecto, é considerada altamente prejudicial ao meio ambiente, pois possui elevada carga orgânica e linamarina (glicosídeo cianogénico de elevada toxicidade), os quais provocam sérios problemas ambientais. A composição química da Manipueira possibilita a aplicação deste resíduo como insumo agrícola, reduzindo a poluição ambiental e gerando benefícios agrícolas, pois a mesma detém elevado teor de cianeto, possibilitando ao agricultor usá-lo como herbicida, insecticida e nematicida, logo, promovendo controlo de ervas daninhas e parasitas (Campos *et al.*, 2008).

Assim, a Manipueira pode ser vista como um resíduo que, utilizado de forma responsável e sustentável, pode ser aproveitado para gerar benefícios tanto para a agricultura quanto para a preservação ambiental. A sua utilização incorrecta pode resultar em danos consideráveis ao meio ambiente.



Figura 8. Ciclo de produção da Manipueira: A-Mandioca bruta e B-Manipueira da mandioca prensada (Takahashi, 2017)

A Manipueira é rica em nutrientes como nitrogénio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco e manganês e a sua utilização como fertilizante é perfeitamente viável. O uso de Manipueira como biofertilizante evidenciou superioridade das plantas tratadas com Manipueira como adubo foliar em várias diluições nas culturas e encontraram respostas positivas para a utilização deste extrato líquido associado à adubação mineral na cultura da mandioca (*Manihot esculenta*) com aumento do comprimento e diâmetro das raízes e elevação da produtividade (Takahashi, 2017).

Conforme Furlanetto *et al.*, (2016), a Manipueira pode ser utilizada no manejo fitossanitário de pragas e doenças, substituindo o uso de agrotóxicos, e reduzindo danos causados por patógenos. Nesse contexto, o uso da Manipueira torna-se uma alternativa para produção agrícola, uma vez que é notório o crescimento e a aplicação de alternativas que sejam menos prejudiciais ao meio ambiente e economicamente acessíveis ao produtor. De acordo com Souza (2017), o uso do biofertilizante na agricultura beneficia o meio ambiente e o produtor rural, visto que este produto é rico em nutrientes essenciais (nitrogénio, fósforo e potássio) para o desenvolvimento das plantas. A utilização da Manipueira como fonte de adubação orgânica vem proporcionando aumento no rendimento de culturas e economia com fertilizantes minerais, devido ao seu expressivo teor de matéria orgânica.

O estudo de diferentes doses de Manipueira (0, 5, 15, 25, 45, 65 m³ ha⁻¹) no cultivo de alface (*Lactuca sativa*), em substituição da adubação mineral, mostrou que a aplicação de 45 m³/ha

propiciou maior ganho para as variáveis altura da planta, área foliar, e maior produção de matéria fresca e seca da parte aérea. As aplicações semanais de Manipueira (0, 300, 600, e 900 e 1.200 ml/m²) proporcionaram maior massa fresca, massa seca e número de folhas no cultivo da rúcula (*Eruca sativa*), principalmente com aplicação de 600 ml/m² (Magalhães *et al.*, 2014).

Bezerra e Oliveira, (2006) avaliaram o efeito das diferentes concentrações de Manipueira (0, 20, 40, 60 e 80 ml aplicada semanalmente nas covas) como fonte de adubação para o cultivo de pimento, e observaram que a dose 20 ml promoveu melhor rendimento para as variáveis comprimento e diâmetro do fruto. Lima, *et al.*, (2015), descrevem cinco formas distintas para o aproveitamento da Manipueira como fonte de adubação orgânica na cultura da mandioca, sendo elas: como adubo em dose única no covacho, em cobertura, quando houver urgência para começar o plantio, no processo de compostagem em substituição parcial da água que seria utilizada na irrigação das fileiras, na adubação foliar da mandioca e fertirrigação. Os autores registraram ainda o aumento na produção de mandioca com a aplicação da Manipueira pura e diluída, com acréscimo de 8,2 e 11,7 t ha⁻¹ de raízes, respectivamente, em relação ao tratamento adubado com fertilizantes minerais (7,1 t ha⁻¹ de raízes). O aumento progressivo das doses de Manipueira (200, 330 e 500 ml diluídas em 1.000 ml de água), aplicadas como adubo foliar, resulta em um aumento linear na produtividade da cultura.

Coelho *et al.*, (2012) analisaram o crescimento e a produtividade do milho (*Zea mays*) fertilizado via foliar com calda preparada com 1l de Manipueira e diferentes proporções de água (4, 3, 2 e 1l), e concluíram que a Manipueira pode ser utilizada como fonte de nutrientes para a cultura, sendo a proporção de 1:3 a que promoveu maior diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e massa seca na parte aérea, espigas e grãos.

2.8.2. Esterco galináceo

O esterco de galináceo é definido como o produto resultante dos excrementos das aves, resíduos alimentares, penas e material absorvente utilizado como substrato nos aviários (Figura 9). Os materiais comumente empregues como cama incluem palha de arroz e de amendoim, bagaço de cana e capim elefante (Figuroa, *et al.*, 2012). Esses materiais possuem a capacidade de evitar

a humidade e o frio, além de reduzirem a aderência dos excrementos e facilitarem a remoção do esterco ao final de cada ciclo de produção.



Figura 9. A- imagem de esterco de galinhas de corte; B- imagem de esterco de galinhas (Figuroa, *et al.*, 2012)

As características e a composição do esterco galináceo variam conforme o tipo de material, densidade de aves por metro quadrado, duração do ciclo, número de lotes criados, tempo de criação, além de factores de manejo ambiental e fisiológico que podem influenciar na produção e na composição físico-química da cama (Alves *et al.*, 2008). Uma tonelada de cama de frango, em média, contém 35 kg de nitrogénio, 30 kg de uma fonte de fósforo (P_2O_5), 30 kg de potássio (K_2O), equivalendo a uma formulação de 3,5-3-3 de NPK, além de 30 kg de cálcio (4,2% de CaO) e 6 kg de magnésio 1% de MgO (Silva *et al.*, 2015).

Devido à sua disponibilidade, a casca de arroz é o material mais comumente utilizado como cama de frango em regiões avícolas, segundo vários autores. Apesar de ter uma capacidade de absorção limitada, a casca de arroz tende a compactar -se devido ao uso frequente de nebulização e à prática de reutilização (Silva *et al.*, 2015).

Segundo Lima *et al.* (2015), o esterco galináceo é uma fonte rica em nitrogénio, um elemento crucial para o crescimento e produção das plantas. Geralmente, o esterco de aves é combinado com serradura de madeira, um material utilizado para formar uma cama para as aves. A maioria da palha decompõe-se durante o processo de fermentação, impulsionado pelo alto teor de nitrogénio. A compostagem é um processo essencial para a utilização eficaz da cama de aviário, que, além do esterco, contém outros componentes como penas, resíduos de ração, entre outros. Caso a cama de aviário não seja decomposta, isso pode resultar em danos às plantas e ao meio ambiente, incluindo

a alteração da temperatura do solo, danos às raízes, proliferação de agentes biológicos prejudiciais às culturas, infestação de moscas, contaminação química da água, entre outros problemas ambientais (Carvalho e Pereira, 2019).

Esse esterco através do processo de compostagem torna-se uma ótima opção de adubação para várias culturas e além de fornecer macro e microelementos para as plantas, também auxilia no aumento da matéria orgânica no solo. Os principais benefícios do uso de esterco ou cama de aviário incluem a capacidade de fornecer nutrientes como nitrogênio, cálcio, fósforo, magnésio, entre outros elementos químicos essenciais para as plantas. Além disso, a presença de matéria orgânica no solo melhora sua estrutura, aumentando a sua capacidade de retenção de água. Isso resulta em plantas mais resilientes a curtos períodos de seca e favorece o desenvolvimento de microorganismos benéficos e minhocas (Norris *et al.*, 2020).

O esterco de aves é uma significativa fonte de matéria orgânica, contendo teores significativos de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S), além de fornecer micronutrientes que beneficiam o solo. Existem diferentes tipos de estrume de aves, incluindo o de galinhas poedeiras e o de frango de postura, que podem ser enriquecidos com o uso de cama, a qual pode ser feita de palha de amendoim, palha de arroz e outros resíduos. Além disso, diversos compostos orgânicos podem estar presentes nesse material (Lima *et al.*, 2015).

A comparação directa entre os esterco de aves com os de outros animais, mostra que o das galinhas é mais rico em nutrientes, pois as aves são alimentadas com rações altamente concentradas, agregado a elevados teores de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), que potencializa o esterco das aves em relação aos dos mamíferos (Figuera, 2018). O esterco galináceo contém mais nitrogênio e fósforo em comparação com outros adubos orgânicos volumosos. Em média, o teor de nutrientes no esterco de galinha é de 3,03 % N, 2,63 % P_2O_5 e 1,4 % de K_2O (Ojeniyi *et al.*, 2019).

Com a aplicação de 5 toneladas de esterco galináceo por hectare, sozinho ou em combinação com NPK, NPK + Zn, Fe + NPK ou NPK + Zn + Fe, no trigo aumentou, significativamente, o rendimento de sementes e palha, quando comparado com o controlo (Figuera, 2018) obteve um rendimento na ordem de 5,39 e 6,92 toneladas para trigo e milho, por hectare, respectivamente,

com a aplicação de quatro toneladas, por hectare, de esterco galináceo sem fertilizantes, obtiveram 3,54 e 4,56 toneladas/ha (Sonmez *et al.*, 2018).

Singh *et al.*, (2004) constataram que a aplicação de 80 Kg N, por ha, de esterco galináceo no trigo resultou numa maior raiz, maior biomassa da parte aérea, maior número de plantas por metro de linha (62,73) e maior produtividade de sementes (1537Kg/ha) em relação ao controlo (49,37 e 1000 Kg/ha, respectivamente). Ponisca *et al.*, (2010), relataram que a aplicação de 12 toneladas, por ha, de cama de galinha melhorou o desempenho da colheita e aumentou a produção de sementes de milho, tendo apresentado melhores resultados, em comparação com esterco bovino e fertilizantes inorgânicos.

Chandrashekara *et al.*, (2012) observaram que a aplicação de 10 toneladas de cama de galinha por hectare originou plantas mais altas (187.5 cm), mais espigas (14,35 cm) de diâmetro maior (15,6 cm) e maior rendimento de grãos (5080 Kg/ha) em comparação com o controlo. Os mesmos autores na cultura de soja verificaram que, entre os três níveis de adubação (0, 20 ou 40 toneladas/ha) com esterco de frango, se observou maior produtividade de sementes com doses mais elevadas.

2.8.3. Substrato de Palha de coco

Em Moçambique, a produção e o consumo de coco estão a crescer, pois é um alimento amplamente consumido pela maioria da população. Entre os vários subprodutos agrícolas, a fibra de coco é abundante nas regiões do centro e sul do país. Nos últimos anos, tem havido um aumento nos estudos sobre o uso da fibra de coco em comparação com diversos subprodutos agrícolas.

Conforme destacado por Rosa e Matos (2019), em média, 65% do peso total do coco maduro são compostos pela polpa e pelo conteúdo interior, enquanto os restantes 35% correspondem à parte fibrosa. Houve um aumento recente na utilização dos resíduos de fibras de coco como substrato agrícola devido ao seu baixo custo, fácil acesso e aplicação.

Apesar de a casca de coco ser frequentemente rejeitada e deixada em lixeiras e às margens de estradas, na verdade, ela constitui uma excelente matéria orgânica para a produção agrícola, devido às suas propriedades físicas, (figura 10). Contudo, é uma matéria orgânica de decomposição lenta, daí a importância de utilizar cascas de coco processadas para acelerar esse processo. Segundo Rosa e Matos (2019), aproximadamente 80% a 85% do peso total do coco é considerado resíduo,

enquanto as suas fibras possuem grande potencial de aproveitamento, devido aos componentes químicos presentes na sua estrutura (Dias *et al.*, 2020).

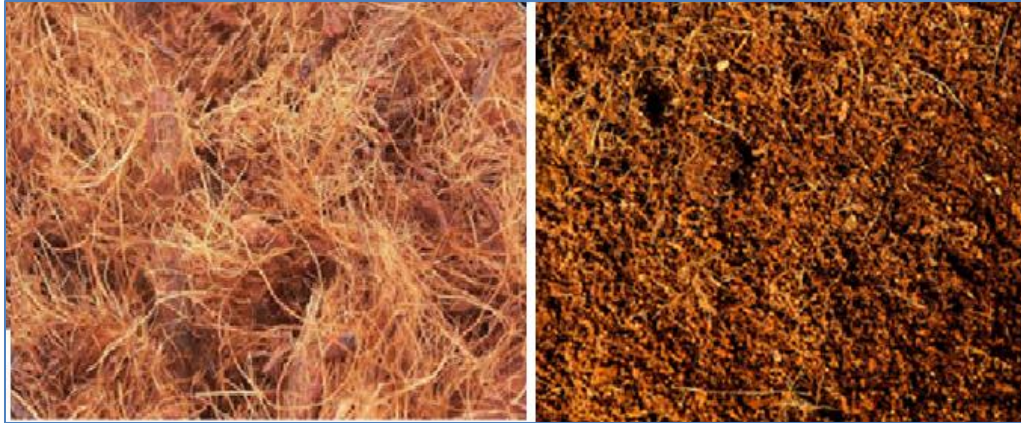


Figura 10. Aspecto da fibra da casca de coco processada (Fonte Autora, 2022)

A flexibilidade na produção, o custo acessível e a ampla disponibilidade são vantagens adicionais oferecidas pelo substrato de fibra de coco. Para obter a fibra e utilizá-la como substrato, a casca de coco passa por uma série de processos, como corte, desfibramento, secagem, trituração, lavagem e, quando necessário, compostagem. No entanto, o substrato derivado das fibras de coco não contém os nutrientes essenciais requeridos pelas plantas, sendo necessário fornecê-los conforme as demandas da espécie cultivada, quer adicionando adubos durante a preparação do solo quer, por meio de fertirrigação (Nunes, 2002).

As propriedades físico-químicas da fibra de coco, como descrito por Rosa *et al.* (2019), incluem um pH de 5,4; condutividade elétrica (CE) de 1,8 dS/m; capacidade de troca catiónica (CTC) de 92; relação C/N de 132; densidade de 70 g/L; porosidade total de 95,6%; retenção de água de 538 ml/L; capacidade de aeração de 45,5% e água facilmente assimilável de 19,8%. Um substrato ideal deve ter, entre outras características, uma porosidade acima de 85%, uma capacidade de aeração entre 10% e 30% e água facilmente assimilável entre 20% e 30% (Nascimento e Cardoso, 2017). Assim, as propriedades da fibra de coco conferem uma qualidade significativa ao seu substrato .

Com excelentes propriedades físicas e químicas, longa durabilidade sem alteração das características físicas, a capacidade de esterilização, a abundância da matéria-prima e o baixo custo

para o produtor, a fibra de coco emerge como um substrato difícil de ser superado por outros tipos de substratos minerais ou orgânicos no cultivo sem solo (Nunes, 2002; Oliveira e Ferreira, 2020).

Tabela 4: Propriedades físico-químicas de substrato na base de palha de coco

Propriedades	Valores
pH	5,4
Condutividade eléctrica	1,8 dS/m
Densidade	70g/L
Porosidade total	95,6%
Retenção de água	538 mL/L
Percentagem de lignina	35 a 45%
Percentagem de celulose	23 a 43%
Percentagem de hemicelulose	2 a 12%

(Fonte: Nunes, 2002)

No entanto, poucos estudos foram conduzidos para caracterizar e utilizar substratos à base de palha de coco para a produção no solo até que a cultura complete o ciclo vegetativo. Alguns estudos foram realizados para avaliar o desenvolvimento das mudas. As fibras de coco podem ser descritas como um material lignocelulósico, pois apresentam fibrilas de celulose coesas mantidas por uma matriz de lignina e hemicelulose, que são os principais componentes das fibras (Nunes, 2002).

2.9. Culturas usadas no experimento

2.9.1. Origem e distribuição botânica da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta herbácea anual, pertencente à família *Asteraceae*, anteriormente conhecida por *Compositae*, a maior família das dicotiledóneas. Comumente é designada como uma hortícola de folhas (Castro e Rodrigues, 2020). Segundo o autor tem como provável centro de origem o sul da Europa e o oeste da Ásia. Depois de ser difundida por toda a Europa, foi introduzida nas Américas, sendo difundida para outras regiões do mundo.

A sua domesticação ocorreu por volta de 2500 A.C. no antigo Egito, onde era cultivada para extração do óleo das sementes, mas foram os gregos e os romanos que a inseriram na sua dieta. A sua domesticação implicou diversas alterações ao nível da morfologia e fisiologia da alface silvestre, tal como aumento do tamanho das sementes, perda de pilosidade, aumento do número e da área das folhas, formação da cabeça e redução da acumulação de látex (Rubatzky e Yamaguchi, 2014). Actualmente a alface é a hortícola mais consumido em todo o mundo, principalmente em saladas, e é considerado um componente primordial nos produtos processados devido à riqueza em fibras, vitaminas (A e C), minerais e essencialmente água (Castro e Rodrigues, 2020).

A alface apresenta um sistema radicular aprumado, pouco ramificado e relativamente superficial. As raízes localizadas nos primeiros 30 centímetros de profundidade do solo são encarregadas de absorver água e nutrientes e a sua raiz principal pode atingir a profundidade de 60 cm. Em geral, apresenta um caule curto, excepto na variedade asparagina, com as folhas dispostas em roseta (figura 11), sendo estas inicialmente alongadas aumentando a sua área foliar aquando do início do crescimento vegetativo (Rubatzky e Yamaguchi, 2014).



Figura 11. Aspecto da alface de folhas (Fonte: Autora, 2022)

Durante o período reprodutivo, o caule estende-se e produz uma haste floral que se ramifica em cachos, as flores são hermafroditas e possuem pétalas amarelas. A polinização é predominantemente autogâmica e o fruto é um aquénio com 3 a 5 mm de comprimento (Lopes e Simões, 2015). A alface pode ser classificada de acordo com as variedades botânicas, os tipos de variedades, o aspecto e a cor das folhas (lisas ou frisadas, verdes ou vermelhas/roxas), a aptidão

para formar a cabeça, a adaptação à época de cultivo (inverno ou verão), a aptidão para sistema de cultura (ar livre ou estufa) e a susceptibilidade à necrose marginal e resistência a doenças.

O ciclo vegetativo da alface compreende 5 períodos que nomeadamente são a germinação e a emergência, formação da roseta de folhas, crescimento vegetativo ou fase de formação de repolho, espigamento e floração e maturação dos aquénios. No entanto o ciclo cultural termina no período inicial da formação de repolho. Este ciclo tem a duração de 6 a 8 semanas na época de verão e 10 a 12 semanas durante o período de inverno (Grangeiro *et al.*, 2017).

É de realçar que nas culturas intensivas, principalmente na Europa, se recorre usualmente à técnica da transplantação, onde a alface é “plantada” preferencialmente na fase final da emergência ou na fase inicial de formação da roseta. Esta técnica permite um encurtamento do ciclo da cultura em cerca de 2 a 3 semanas, em relação à sementeira directa. No entanto, de acordo com Almeida (2006), apresenta como inconvenientes o facto do sistema radicular explorar um volume de solo reduzido o que implica a existência de um período de *stress* (“crise da transplantação”).

2.9.1.1. Condições de cultivo de alface

A cultura da alface adapta-se a uma ampla gama de climas, embora seja preferencialmente de climas temperados e húmidos. Esta preferência permite que as diversas variedades da alface se adaptem facilmente às condições climáticas de vários países em qualquer época do ano (Maroto, 2012). Segundo Lopes e Simões (2015) as temperaturas médias ideais para a maioria das culturas da alface variam entre 15 à 20°C. Temperaturas médias inferiores a 7°C, afectam negativamente o crescimento foliar, condicionando as folhas de tamanho reduzido, e temperaturas muito elevadas promovem a existência de repolhos moles e a indução floral, prejudicando a qualidade da alface. Casos extremos de temperatura, superiores a 33°C, produzem-se metabolitos que tornam as folhas da alface amarga (Filgueira, 2008).

Maroto (2012) afirma que a alface pode ser cultivada com sucesso em qualquer tipo de solo, embora exista uma preferência por solos bem drenados e ricos em matéria orgânica, o que poderá justificar-se pelo facto de a cultura possuir um fraco desenvolvimento do sistema radicular e um rápido crescimento vegetativo, tendo necessidade de nutrientes facilmente disponíveis. De acordo com Hoffman *et al.*, (2019), a alface apresenta uma tolerância moderadamente sensível à

salinidade, máximo de 1,3 mS/cm e é considerada sensível à acidez do solo, estando o intervalo óptimo de pH para o seu desenvolvimento compreendido entre 6,5 e 7,2.

A alface é uma cultura que prefere climas temperados, adaptando-se melhor a temperaturas mais baixas do que a temperaturas elevadas. Geralmente, a temperatura máxima tolerada pela planta fica em torno de 30°C, enquanto a temperatura mínima situa-se em torno de 6°C para a maioria das variedades. A humidade relativa ideal para o bom crescimento da alface varia de 60% a 80%, porém em algumas etapas de seu ciclo, ela demonstra um desempenho superior com níveis abaixo de 60%. (Radin *et al.*, 2004).

O processo de acumulação de biomassa nas plantas ocorre principalmente através da captura e conversão da energia solar em energia química, transformando o carbono atmosférico em fotoassimilados. Somente uma parte da energia solar capturada pelas folhas, aproximadamente 20%, é transformada em energia química nas moléculas de açúcar, resultando em um potencial máximo de eficiência fotossintética de cerca de 4% (Maroto, 2012).

A quantidade de biomassa seca produzida pela cultura está relacionada à radiação fotossinteticamente activa e à eficiência com que essa radiação é convertida em biomassa seca. Essa eficiência pode ser uma variável usada em modelos de simulação para gerar a fotossíntese líquida de uma cultura (Dingkuhn e Laar, 2006). Em ambientes agrícolas com adopção de tecnologia, a disponibilidade adequada de água para a cultura é o principal factor limitante para o crescimento, que só pode ser suprida por meio da irrigação. Portanto, a inclusão de um factor que considere a limitação ao crescimento devido à deficiência hídrica é de extrema importância. A eficiência do uso da radiação absorvida na estimativa da quantidade de biomassa produzida deve ser avaliada com cuidado, pois a radiação solar é apenas um dos vários factores envolvidos no processo produtivo e, em condições de campo, raramente se apresenta como um factor limitante (Filguera, 2018).

As telas de polipropileno, mais conhecidas como sombrites, são usadas para diminuir a intensidade directa dos raios solares sobre espécies que demandam menor exposição à radiação (Bezerra *et al.*, 2006). A denominação do sombrite é expressa em percentagem e indica o grau de bloqueio de luz; por exemplo, um sombrite de 60% de sombreamento permite apenas 40% da

incidência dos raios solares. A aplicação de sombreamento em cultivos resulta numa melhor expressão do potencial genético das plantas. No caso específico da alface, a exposição excessiva à luz solar pode prejudicar o crescimento das plantas (Callegari, 2001).

O uso de sombreamento e a escolha de culturas adaptadas às condições de temperatura e luminosidade elevadas durante o desenvolvimento da alface podem ajudar a mitigar os efeitos adversos da radiação sobre características como tamanho foliar, comprimento das raízes e peso fresco das plantas inteiras. Além disso, o uso de telas é crucial na fase de produção de mudas para evitar problemas como a dormência secundária das sementes (Bezerra *et al.*, 2006).

De acordo com Schmidt *et al.* (2001), o sombreamento da alface resulta em plantas mais altas e maior produção de massa seca, tanto na fase de produção de mudas quanto no cultivo em campo. Cultivar alfaces em regiões com altas temperaturas e luminosidade, protegendo-as com telas de polipropileno, pode reduzir os efeitos nocivos da radiação, levando a um aumento na produtividade e na qualidade das folhas destinadas ao consumo.

2.9.2. Cultura de milho (*Zea mays*)

O milho (*Zea mays* L) é uma planta anual que pertence ao reino plantae, sub-reino Tracheobiota, divisão Mognoliophyta, subdivisão Spermatophyta, classe Liliopsida, subclasse Commelinidae, ordem Cyperales, família Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo Maydeae género *Zea* (figura 12). Tem uma grande adaptabilidade, sendo cultivado entre as latitudes 60° Norte e 40° Sul e altitudes desde o nível médio do mar até acima dos 3.300 metros (FAO, 2020). Devido à sua grande plasticidade e diversidade genética, a cultura do milho pode ser cultivada numa larga faixa do globo com grandes variações climáticas.



Figura 12. Aspecto de plantas de milho. (Fonte: Autora, 2022)

2.9.2.1. Condições de cultivo de milho

O milho pode ser cultivado numa larga diversidade de solos, mas desenvolve-se melhor em solos bem drenados, porosos, profundos e com teor adequado de matéria orgânica e nutrientes. A cultura do milho requer um pH de solo entre 5,0 e 8,0, sendo óptimo 6,0 e 7,0 (FAO, 2018).

A maior diferença no desenvolvimento da cultura entre as regiões tropicais e temperadas tem a ver com o período de crescimento que é limitado pelas temperaturas baixas do Inverno nas regiões temperadas e pelo início das chuvas nas regiões tropicais. A resposta do milho à temperatura varia com o estágio de desenvolvimento da cultura. O milho cresce favoravelmente nas regiões onde as temperaturas na floração variam de 18°C à 30°C, requerendo o óptimo para a germinação entre 18°C à 21°C e abaixo de 13°C a germinação não ocorre. A cultura do milho é prejudicada com temperaturas nocturnas inferiores a 13°C e temperaturas diurnas superiores a 35°C (FAO, 2020).

A actividade fotossintética depende, essencialmente, das temperaturas diurnas, enquanto a taxa de crescimento é influenciada pelas temperaturas nocturnas. De modo geral, as variedades precoces são adaptadas as zonas de baixa altitude (Jiang *et al.*, 2019). Estas variedades quando cultivadas nas zonas de altas altitudes, onde o período de crescimento é mais longo, tem um maior crescimento vegetativo. O período crítico na cultura de milho é entre a emergência e o aparecimento da inflorescência masculina, onde a temperatura óptima requerida deve ser 25°C e 30°C (Zhao *et al.*, 2022). A ocorrência de temperaturas muito elevadas, associada a deficiência de

humidade no solo pode causar pobre estabelecimento da cultura e quando aquelas ocorrem no período de floração afecta negativamente a floração, a fertilização e provoca maturação acelerada, o que resulta na redução do rendimento (Campos e Rafael., 2008).

No decurso da maturação, temperaturas elevadas, ex: 35°C, encurtam o período de migração dos carboidratos para o grão. Por outro lado, temperaturas abaixo dos 10°C reduzem a taxa de crescimento do grão. A temperatura do solo constitui um factor limitante da cultura nos trópicos, com excepção de temperaturas muito elevadas de certos solos arenosos em grandes altitudes que podem constituir limitantes no desenvolvimento da cultura. Para a cultura do milho, a precipitação mínima durante o período de crescimento é de 200mm. Nas regiões tropicais o milho cresce bem com precipitações de 600 à 900mm. Todavia devem ser bem distribuídas no período de crescimento máximo. A planta de milho é pouco tolerante ao défice de humidade após a emergência, embora o período crítico seja o da inflorescência (FAO, 2020).

A deficiência de humidade na fase de crescimento reduz o crescimento foliar, assim como a taxa de fotossíntese; causa a sincronização do intervalo da antese e da emissão do estilete, bem como a desidratação dos grãos do pólen, impedindo o desenvolvimento do tubo polínico e conseqüente redução do número de grãos na espiga. O milho não tolera o excesso de humidade no solo, especialmente na fase de plântula, logo após a emergência. Excessiva precipitação causa a lixiviação dos nutrientes do solo e aumenta a incidência de pragas e doenças (Coelho *et al.*, 2006).

De acordo com Cruz e Oliveira, (2015), o preparo de solo para sementeira deve ser feito com duas gradagens, dependendo das condições do mesmo. Recomenda-se começar a preparar o solo imediatamente após a colheita anterior, de modo que os resíduos da cultura anterior possam ser incorporados utilizando uma gradagem. A gradagem, quando necessária, deve ser feita dez dias antes da sementeira. A preparação do solo para a sementeira é feita para facilitar as condições de germinação, emergência e o estabelecimento das plantas. O processo envolve uma lavoura seguida por duas gradagens, com o objectivo de desagregar os torrões e nivelar o solo.

Segundo o MINAG (2010), a lavoura deve ser realizada após a colheita, utilizando charrua ou enxada para culturas de sequeiro, enquanto para sistemas de regadio, a lavoura deve ser feita 30 dias antes da sementeira. No entanto, o Ecole (2017) sugere que, para sistemas de regadio, a lavoura

seja feita duas semanas antes da sementeira. A primeira gradagem deve ser realizada 20 dias antes da sementeira (MINAG, 2020).

A época de sementeira é determinada em muitos lugares pela chegada das chuvas. Outros factores tais como temperatura, época de ocorrência de vectores e enfermidades devem também ser tomados em consideração. Devendo para o efeito fazer-se um trabalho de investigação para a determinação da época óptima para a sementeira. Em Moçambique o principal factor determinante é a disponibilidade de água (Cruz e Oliveira, 2015).

O compasso para o milho varia de 75-90 cm entre linhas x 50-60cm entre plantas na mesma linha com uma planta por covacho; alternativamente 75-90 x 50-60 cm duas sementes por covacho. Para variedades altas e com maior ângulo foliar, de folhas muito largas e abundantes adopta-se compasso mais largo. A taxa de sementeira é de cerca de 25kg/ha, dependendo do tipo de compasso usado e a ressementeira deve ser feita 3 dias após o início da germinação. A quantidade de semente a utilizar é de 18-25 kg/ha, com um poder germinativo igual ou superior a 90% dependendo do tipo de compasso usado (Cruz e Oliveira, 2015).

A densidade de sementeira também é muito importante pois afecta a quantidade de plantas quebradas, peso médio de grãos por espiga e conseqüentemente, o rendimento. Estipula-se 40.000 à 60.000 plantas por ha, recomendando 3-4 sementes por covacho num espaçamento de 0,8 cm entre linhas e 0,4 cm entre covachos, podendo se fazer o desbaste posteriormente. Deste modo, são necessários 20 a 25 kg de semente por hectare (Van *et al.*, 2012).

2.9.2.2 Necessidades nutricionais do milho

Na cultura do milho, dependendo do tipo de solo, os nutrientes a aplicar variam de 75-130kg/ha de N, 33-80kg/há de Peróxido de fósforo (P₂O₅) e 15-20kg/há de Oxido de cálcio (K₂O). Para além do estrume já tratado na preparação do solo, o milho é adubado na altura da sementeira com 100-300kg/ha de NPK 12-24-12. A adubação de cobertura é feita cerca de 30 dias depois da germinação, mais ou menos quando as plantas atingem a altura dos joelhos de uma pessoa de estatura normal, com cerca de 100-150kg/ha de Ureia. No entanto, quando se pretende fazer duas adubações de cobertura, a segunda é feita 15 a 30 dias depois da primeira, aplicando ½ da dosagem

da cobertura visto que a outra metade foi aplicada na primeira adubação de cobertura (MINAG, 2010).

O adubo deve ser bem tapado para evitar evaporação e para que rapidamente esteja disponível para as plantas. Depois da adubação de cobertura recomenda-se fazer a amontoa. A adubação orgânica com esterco curtido de animais e uso de Mulching é uma prática que jamais deve ser esquecida na adubação de fundo. Além de melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo, ela fornece macro e micronutrientes, que são importantes para aumentar a produtividade da cultura. A adubação orgânica é muito importante principalmente quando se utiliza a mesma área por vários anos seguidos (MINAG, 2020).

2.9.2.3 Produção do milho em Moçambique

Em relação à produção alimentar em geral, Moçambique é dividido em três áreas: Sul, Centro e Norte. A região Sul é identificada por ter um déficit na produção agrícola e confia nas regiões Centro e Norte para fornecer produtos essenciais, que, diferente do Sul, são consideradas áreas de excedente de produção, especialmente de milho e mandioca devido às suas condições agroecológicas favoráveis. (MINAG, 2020).

De 2,5 milhões de agregados familiares, 1,9 milhões, ou seja, mais de $\frac{3}{4}$ das famílias, cultivam este cereal tão essencial. Os dados existentes sobre as últimas cinco campanhas agrícolas 2008/09, 2016/17, 2018/19 e 2020 indicam que a produção do milho em Moçambique tem um incremento na ordem de 4,3% e 4,8%, respectivamente (USAID, 2019). Conforme ilustrado na tabela 5.

Tabela 5: Área, Produção de Milho em Moçambique, 2016/17,18-2019/20

Campanha	Área (Milhões de ha)	Produção (Milhões de ton)	Produtividade (ton ha)
2016	158.5	801.2	5.055
2017	157.4	819.4	5.206
2018	162.6	829.1	5.099
2019	168.5	876.7	5.203
2020	175.2	839	4.789

Fonte: (MINAG, 2020; USAID, 2019)

A tabela acima mostra que durante as campanhas agrícolas 2016/17, 2018/19 e 2020 houve um crescimento na produção de milho em Moçambique na ordem de 1.029.363 ton, 1.931.528 ton, 2.089.890 ton, 2.178.482 e 2.284.000 ton, respectivamente. Mostra ainda que este crescimento é acompanhado pelo crescimento na área ocupada por milho, na ordem de 1.198.008 ha, 1.299.912 ha, 1.378.042 ha, 1.812.717 ha e 1.903.333 ha respectivamente. Ainda de acordo com o MINAG (2020), em termos de contribuição da produção do milho por região, a zona centro de Moçambique apresenta-se destacada em primeiro lugar contribuindo com cerca de 48,8 % da produção total do país, seguida do norte com 42,7 % e a região sul com cerca de 8,5% (Ameyaw, 2022).

2.9.2.4. Constrangimentos na produção do milho

O milho é cultivado em todas as regiões, em monocultura ou consociação, pelo sector familiar ou em monocultura pelo sector privado, mas o rendimento tem sido muito baixo devido ao uso de variedades locais não melhoradas, bem como a incidência de pragas, doenças e infestantes, combinado com o efeito de “stress hídrico” durante o período de crescimento e baixa fertilidade dos solos, afectando deste modo a segurança alimentar das populações. Entre as pragas e doenças que causam danos na cultura de milho, as mais importantes são vírus de listrado (MSV) e *Chilopartellus* (MINAG, 2011).

A prática de cultivo sem aplicação de insumos como pesticidas e fertilizantes, sem rega e sem uso de variedades melhoradas nos países em via de desenvolvimento, mais concretamente em Moçambique, tem provocado um impacto negativo no desenvolvimento da cultura e, conseqüente, queda do rendimento (FAO, 2020). Além dos factores acima mencionados existem outros que também concorrem para a baixa produtividade do milho, como, por exemplo, a densidade de plantas e a data de sementeira.

2.9.2.5. Colheita

O milho deve ser colhido quando alcança a maturação fisiológica. Contudo, é aconselhável colher-se alguns dias depois. A maturação fisiológica pode ser reconhecida pela presença de uma capa preta no ponto da inserção do grão no cardo da maçaroca. A humidade adequada para a colheita é de 20 – 25%. De acordo com o MINAG (2020), dependendo da variedade, o ciclo de maturação do milho é de 95 a 150 dias. A mesma fonte, afirma que a colheita deve ser feita quando o grão atinge a maturidade fisiológica, ou melhor, quando no seu ponto de inserção de espiga, 50%

do grão apresentar a camada preta. A colheita pode ser feita de duas maneiras: de forma mecânica ou manual. Na colheita mecanizada, é essencial ajustar bem as máquinas para evitar perdas tanto quantitativas quanto qualitativas, como a perda de grãos e a redução da qualidade devido a danos como a quebra, além do risco de doenças. Já a colheita manual costuma causar menos danos às espigas, assim como na fase de debulha, resultando em perdas mínimas (FAOSTAT, 2020).

Conforme indicado pelos dados do FAOSTAT (2020), as regiões agroecológicas que experimentam precipitações elevadas e frequentes (R7, R8 e R9), localizadas no centro e norte do país, oferecem condições propícias para alcançar níveis satisfatórios de produção, com rendimentos médios de 945 e 734 kg/ha. Em contraste, as regiões agroecológicas no sul do país (R1, R2 e R3) tendem a registrar níveis mais modestos de produção, com rendimentos em torno de 400 kg/ha. Este estudo adota uma classificação administrativa, na qual a região norte engloba as províncias de Niassa, Cabo Delgado e Nampula, enquanto as províncias de Zambézia, Tete, Manica e Sofala estão localizadas na região do centro (Walker e Cunguara, 2017).

Tabela 6: Rendimento por hectare em função das regiões agroecológicas

Regiões	Rendimento (kg/ha)
Norte	734.2
Centro	945.0
Sul	413.4

Fonte: Calculado do FAOSTAT, 2020

De acordo com a tabela 6, observa-se que a maior parte dos campos que cultivam milho estão localizadas na região centro do país, constituindo aproximadamente 44% do total nacional. A região sul vem em seguida, com cerca de 32%. No que diz respeito à produção, a região centro está à frente, produzindo em torno de 750 mil toneladas de milho, seguida pelas regiões norte e sul, que produzem aproximadamente 284 mil e 100 mil toneladas, respectivamente. Ademais, esta região vende cerca de 16% de sua produção total, enquanto as regiões norte e sul vendem cerca de 17% e 3%, respectivamente (FAOSTAT, 2020).

No entanto, a zona sul do país é caracterizada por solos arenosos e um regime de precipitação irregular, condições que não favorecem o cultivo de milho, especialmente para culturas não

tolerantes à seca. Apesar dessas limitações, os agricultores da região sul continuam investindo na produção de milho, em parte como uma estratégia para reduzir os riscos e a insegurança alimentar. Portanto, é importante entender os motivos que levam esses agricultores a persistirem na produção de milho, mesmo diante dos baixos rendimentos observados (FAOSTAT, 2020).

2.9.3. Cultura da Cebola (*Allium cepa*)

2.9.3.1. Origem e distribuição botânica

A cebola tem uma história de mais de 5.000 anos como cultura e alimento, sendo cultivada e consumida por antigas civilizações como os hindus, egípcios, gregos e romanos. Originária da Ásia Central, especialmente do noroeste da Índia e do Afeganistão, a cebola pertence à família *Alliaceae*. Ela é conhecida pela sua diversidade, apresentando variações na cor e na cerosidade das folhas, no formato, tamanho e cor dos bolbos e na resposta ao comprimento do dia (Melo, 2014).

De acordo com a FAO (2018), China, Índia e Estados Unidos são os maiores produtores globais de cebola, contribuindo com mais da metade da produção mundial. Em Moçambique a produtividade básica da cebola varia de acordo com as práticas agrícolas adoptadas, condições climáticas e o acesso a recursos como sementes de qualidade, fertilizantes e irrigação. Em média a produtividade básica da cebola varia de 10 a 20 toneladas por hectare, dependendo do manejo e das técnicas utilizadas. Esses valores variam em diferentes regiões do País (INE, 2020). A cebola é uma planta herbácea que pode atingir cerca de 60 cm de altura, com folhas grandes dispostas alternadamente em duas fileiras, podendo variar na cerosidade (Figura 13).



Figura 13. A - cultura da cebola com folhas em campo; B-Bolbo de Cebola sem folhas. (Vilas Boas *et al.*, 2012)

O verdadeiro caule da cebola fica abaixo da superfície do solo, formando um disco compacto em formato cónico na base inferior do bolbo, de onde as raízes se originam. As folhas envolvem

esse caule, criando uma estrutura semelhante a um caule, sendo que a parte inferior desse pseudocaule é o próprio bolbo (Vinne, 2006). Graças às suas propriedades terapêuticas e características únicas de sabor, aroma e picância, a cebola é amplamente consumida em todos os continentes, fazendo parte de uma variedade de pratos da culinária mundial em diversas formas como fresca em saladas, desidratada, processada e transformada em produtos industriais, resultando em uma gama de itens empregados como temperos na dieta humana (Resend *et al.*, 2011).

Fisiologicamente, a cebola é uma planta que requer dias longos para formar o bolbo, ou seja, dias com mais de 10 horas de luz. Em condições de fotoperíodos mais longos do que o necessário para a cultivar, a formação deste é estimulada por temperaturas elevadas (Vinne, 2006). Além disso, a intensidade e o espectro de luz também influenciam no tamanho e no ciclo da cultura. Em fotoperíodos muito curtos, as plantas não apresentam sinais de formação de bolbos, mesmo após de um longo período de crescimento.

2.9.3.2. Condições de cultivo da cebola

As flutuações drásticas de temperatura no solo afectam adversamente a germinação, o crescimento das raízes e o desenvolvimento das plantas, bem como aumentam a incidência de doenças (Sánchez e Rodríguez, 2014). Por outro lado, a temperatura ambiente desempenha uma função vital no crescimento das plantas, uma vez que muitos processos bioquímicos e fisiológicos ocorrem dentro de uma faixa de temperatura de 0 a 40°C. Temperaturas acima de 35°C no início do crescimento podem levar a uma formação precoce e indesejável de bulbos, enquanto temperaturas abaixo de 10°C podem causar o florescimento prematuro, conhecido como "bolting", o que não é desejável para a produção comercial de bulbos (Resend *et al.*, 2011).

A relação entre temperatura e fotoperíodo favorece a formação de bulbos, sendo o fotoperíodo o factor mais influente, pois determina a adaptação das diferentes variedades. Condições quentes e secas facilitam a maturação adequada dos bulbos e a colheita. O efeito das baixas temperaturas no florescimento é predominante (Vinne, 2006).

A quantidade de chuva e a humidade do ar também afectam o desenvolvimento dos bulbos e a saúde das plantas, influenciando na qualidade após a colheita. Chuvas excessivas em qualquer

estágio do desenvolvimento, especialmente durante a maturação final da cebola, podem prejudicar a produção, resultando no apodrecimento dos bolbos. A humidade alta favorece o desenvolvimento de doenças foliares e pode aumentar os custos de produção, chegando até mesmo a inviabilizar completamente a produção. A cultura da cebola depende significativamente da disponibilidade de água, principalmente devido às raízes superficiais e pouco desenvolvidas que contêm aproximadamente 90% de água (Vilas Boas e Souza, 2012).

Segundo Koriem *et al.* (1999), a cebola requer irrigações regulares devido à maior parte da sua demanda por água ser absorvida nas camadas superficiais do solo, especialmente nos primeiros 30 cm, enquanto em profundidades superiores a 60 cm a absorção de água é mínima. Portanto, é essencial manter a humidade nessas camadas para promover o crescimento das raízes e garantir um suprimento adequado de água para as plantas. Eles destacam que uma gestão adequada da irrigação é fundamental para alcançar uma boa produtividade na cultura da cebola e que a falta de água, abaixo da capacidade de campo do solo, pode levar a uma redução na produtividade.

A prática da adubação verde é uma técnica agrícola conhecida há mais de 2.000 anos, utilizada por civilizações como a chinesa, grega e romana. O uso de adubos verdes que têm a capacidade de fixar nitrogénio biologicamente, pode trazer contribuições significativas para a economia e a sustentabilidade dos agroecossistemas, reduzindo assim a necessidade de fertilizantes químicos. Além de fornecer nitrogénio de forma natural, os adubos verdes também ajudam a prevenir a erosão do solo e desempenham um papel importante na reciclagem de nutrientes, incluindo aqueles provenientes de fertilizantes minerais não utilizados pelas culturas e da decomposição da matéria orgânica do solo e de resíduos vegetais (Shock *et al.*, 2013).

Estudos em sistemas de cultivo orgânico mostram que o uso de adubos orgânicos pode melhorar as propriedades químicas do solo, aumentar a população microbiana e promover um ambiente mais favorável para o crescimento das plantas. De acordo com Lee (2010), na sua pesquisa sobre diferentes métodos de aplicação de adubo orgânico no cultivo de cebolas orgânicas na República da Coreia, a aplicação de adubo orgânico resultou em plantas mais baixas, com menos folhas e bolbos mais leves, mas com maior absorção de nutrientes em comparação com a aplicação de fertilizantes químicos. Lee também observou que a adubação orgânica aumentou o teor de

sólidos solúveis sem afectar significativamente a produção quando comparada com o uso de fertilizantes químicos em condições de cobertura morta semelhantes.

Diversos estudos ressaltam os benefícios do uso de resíduos orgânicos no solo. Campos (2008) destaca que a aplicação de resíduos orgânicos pode melhorar a estrutura do solo, aumentar a retenção de água e os níveis de nitrogénio e fósforo disponíveis para as plantas. Leifeld e Kogel (2002) relatam que o uso de resíduos orgânicos pode aumentar a biomassa microbiana e reduzir a necessidade de controlo químico de doenças. Além disso, Lee (2010) menciona que os adubos verdes podem contribuir para a redução da lixiviação de nutrientes ao absorverem nutrientes do solo.

3. METODOLOGIA DE TRABALHO

3.1. Caracterização da zona de estudo

O estudo foi realizado no distrito de Inharrime, Localidade de Dongane, montados os ensaios no posto agronómico de Nhacoongo. Este distrito localiza-se na Província de Inhambane, sendo caracterizado por uma predominância de solos arenosos, que ocupam aproximadamente 71% de sua área total. Dentro dessa tipologia, os solos de dunas e os hidromórficos são os mais notáveis. Os primeiros são encontrados em regiões de elevação, enquanto os hidromórficos se localizam em áreas de depressão e ao redor de corpos d'água, apresentando desafios como drenagem inadequada e potenciais problemas de salinidade (MICOA, 2013). Ocorre ainda solos de Mananga, (29% da área) caracterizados por uma mistura de areia e argila. Essa composição, embora diversificada, resulta em limitações em termos de retenção de água e fertilidade, exigindo que os agricultores implementem práticas adaptativas para otimizar a produção agrícola. A fertilidade é em geral considerada baixa, especialmente nos solos arenosos, bem drenados mas menos férteis (OMR, 2023).

A topografia da região é caracterizada por planícies e encostas suaves, e o risco de erosão é relativamente baixo, conforme apontado em estudos ambientais realizados pelo MICOA (2013). Contudo, as condições do solo exigem uma abordagem estratégica por parte dos agricultores, que devem adotar culturas resistentes e técnicas de manejo sustentável para maximizar a eficiência e minimizar os impactos ambientais (Altieri, 2018).

3.2. Procedimentos metodológicos

A pesquisa foi feita na base de 5 ensaios, usando tecnologias alternativas acessíveis ao sector familiar, adaptadas às mudanças climáticas, desde a produção até a protecção de produtos armazenados junto dos produtores, onde foram observados os aspectos inerentes à condução dos ensaios acompanhados de um inquérito com o objectivo de colher sensibilidades em relação ao conhecimento de tecnologias e às suas vantagens pela comunidade, face às mudanças climáticas, bem como o conhecimento de tecnologias testadas no local de estudo, dificuldades que possam enfrentar e seu impacto no desenvolvimento das suas actividades nos campos agrícolas.

3.2.1. Inquérito conduzido aos produtores

No Distrito de Inharrime, a produção de hortícolas está concentrada na Localidade de Dongane, onde a água para irrigação é obtida de lagoas e riachos. Dongane conta com 11 associações legalmente constituídas, nomeadamente: Deficientes de Chichacha, Combatentes, Jacinto Nyusi, Samora Machel de Chilorane, Agropecuária, Cilialo Semane, Unido, Nhamuessa e Piripiri de Inhacoongo. Entre essas associações, foram selecionadas as que se dedicam à produção de hortícolas, formando uma macro-associação denominada "Boa Fé", com o objectivo de produzir hortícolas para venda no mercado local.

O inquérito visou identificar as práticas agrícolas actuais e como estas respondem às mudanças climáticas. Como estudo exploratório, o inquérito buscou compreender o conhecimento dos agricultores sobre mudanças climáticas e as formas de adaptação utilizadas. Foi selecionada uma amostra de 150 agricultores do sector familiar membros da associação Boa Fé Agrícola. Utilizou-se uma amostragem não probabilística (criteriosa, por conveniência e intencional), selecionando agricultores das associações, dada a relevância deste grupo para a coleta de dados no contexto comunitário.

O tamanho da amostra foi definido com base em critérios práticos considerando o tempo, os recursos disponíveis e relevância dos dados obtidos. Foi feito um questionário (Anexo 9) a cada um dos 150 produtores selecionados. As perguntas foram organizadas em um roteiro de questões fechadas, redigidas em língua portuguesa e traduzidas para as línguas locais chope e xitsua, com auxílio de técnicos extensionistas, facilitando a comunicação com os participantes.

Os dados coletados por meio da amostragem não probabilística por conveniência foram analisados de forma descritiva, utilizando medidas básicas, como média para descrever as características principais. A análise qualitativa complementou o estudo, explorando aspectos específicos por meio da categorização das respostas.

Conforme Farias (2008), é essencial que o pesquisador selecione elementos que se alinhem aos critérios da pesquisa. A opção pela amostragem por conveniência e intencional é justificada pela necessidade de compreender práticas agrícolas específicas, com os participantes escolhidos pela sua relevância para os objectivos do estudo. Stake (1995) também defende que esse tipo de amostragem é adequado quando se busca explorar experiências particulares em contextos específicos, ao invés de generalizar para uma população maior

Autores como Creswell e Charmaz (2014); Patton (2015); Saldana (2016) reforçam essa visão, destacando que a amostragem intencional é valiosa quando o objectivo é entender contextos e experiências específicas de indivíduos que possuem conhecimento ou vivência relevante sobre o tema de pesquisa. Creswell e Patton argumentam que essa abordagem facilita a coleta de dados mais ricos, enquanto Saldana e Charmaz destacam sua importância para uma análise interpretativa aprofundada e centrada nas experiências dos participantes.

Em geral, para os objectivos do estudo, a amostragem por conveniência e intencional é uma escolha metodológica eficaz para estudos qualitativos que buscam compreender fenómenos específicos em profundidade, com foco na relevância dos participantes.

O estudo concentrou-se nos produtores de hortícolas para o mercado e milho para o consumo, sendo que a maior parte deste tipo de produção se realiza na Localidade de Dongane, considerada assim representativa no contexto dos objectivos do estudo. Os ensaios foram instalados na Estação Experimental de IIAM de Inhacoongo em condições similares de Dongane, junto dos agricultores do sector familiar.

3.2.2. Ensaio 1: Eficácia do sistema hidropónico caseiro na produção da alface (*Latuca sativa* L.)

Foi conduzido um experimento em sistema hidropónico para a produção da alface (*Latuca sativa* L.), variedade Great Lucky, usando o tubo PVC e o Bambu em duas bancadas, uma com nutrientes inorgânicos (Nutriplex) e outra com nutrientes orgânicos (Extrato de mandioca-Manipueira).

3.2.2.1. Delineamento experimental, instalação e condução do ensaio

O ensaio foi conduzido num delineamento completo casualizado (DCC), em arranjo factorial, com dois factores 2x2 sendo: tipo de condutor (Tubo PVC e Bambu) e tipo de nutriente (inorgânico e orgânico), com 6 repetições resultando em 24 unidades experimentais. O nutriente orgânico consistiu no uso de Manipueira e o inorgânico o Nutriplex. Os tratamentos são quatro (4) resultantes da interacção entre condutor e nutriente, sendo: T1-BN1, T2- BN2, T3-PVCN1, T4- PVCN2. Sendo: T1-Bambu com nutriente 1, T2-Bambu com nutriente 2, T3-Tubo PVC com nutriente 1; T4- Tubo PVC com nutriente 2. O T significa tratamento, PVC e bambu são condutores e os nutrientes foram a Manipueira e o Nutriplex.

O alfofre foi preparado em bandeja de poliestireno expandido (isopor). Após 30 dias fez-se o transplante em células previamente preparadas na estrutura hidropônica, obedecendo ao espaçamento de 0,25 m entre plantas e 0,27m entre as linhas. A parcela experimental foi constituída por seis tubos de PVC e seis tubos de Bambu, totalizando 12 tubos, com comprimento de 1,3m e 0,1m de espessura, espaçadas entre si de 0,27m, onde cada tubo constituiu uma unidade experimental composta por 6 células contendo uma planta cada, totalizando 36 plantas. A área total da parcela foi de 4,2m². A manutenção foi periódica tendo em conta a necessidade das plantas.

3.2.2.2. Preparação do substrato para hidroponia

Foram diluídos 150gr de macronutrientes e 250gr de micronutrientes num recipiente com capacidade para 750 mm de água, na formulação de uma calda funcional, de seguida diluída na sua totalidade num tambor de 45 litros de água, na formulação de substrato final, que era monitorado diariamente no que concerne à conductibilidade eléctrica (ECUs/cm) e o (pH e com a respectiva correcção com uma solução de reajuste sempre que necessário.

Foi usado o aparelho de medição da conductibilidade eléctrica-EC (Us/cm) microsímetro, com vista a avaliar as necessidades nutricionais das plantas e a medição do pH com recurso ao milisímetro para avaliar o potencial de hidrogénio na eficácia da fotossíntese.

O extrato de mandioca foi preparado prensando a mandioca ralada e colectando o líquido leitoso num recipiente não corrosivo deixando em repouso durante 15 minutos, misturando-se em seguida com água numa proporção de 1litro de água por 1litro de extrato.

3.2.2.3. Parâmetros químicos

Conductibilidade eléctrica e pH

Diariamente era feito o monitoramento dos parâmetros de condutibilidade eléctrica e pH com base em aparelhos de medição, nomeadamente misímetro e milisímetro, e com a respectiva correcção com uma solução de ajuste, considerando valores de CE em torno de 1.5, 2.0 e 2.5dS/m e com o P^H no intervalo de 5.5 a 5.6 de acordo com o recomendado por Cometti *et al.*, (2006).

3.2.2.4. Variáveis agronómicas

As plantas foram colhidas quando atingiram o máximo de desenvolvimento vegetativo, antes de iniciar o processo de inflorescência aos 40 a 56 dias após o transplante. Em cada parcela

útil foram colectadas quatro (4) plantas centrais e repetidas em função dos tratamentos na unidade experimental para a determinação das variáveis de estudo num universo de seis (6) plantas de cada condutor, tomando duas como bordaduras.

i) Comprimento da folha

A medição do comprimento das folhas da alface foi feita com recurso a uma fita graduada (medida milimétrica), usando as 4 plantas de cada unidade experimental aos 56 dias após o transplante. Para o efeito, após a colheita foram retiradas as folhas que atingiram a senescência e usadas folhas sãs.

ii) Número de Folhas

Fez-se a contagem de unidades de folhas de cada planta, com excepção das folhas em senescência ou caducas, nas quatro amostras úteis de cada tratamento e determinada a sua média em função de número de cabeças em cada unidade experimental.

iii) Altura da planta

A altura da planta foi mensurada em centímetros (cm) a partir do nível do colo da planta assente na célula do condutor de soluções, para cada planta, no universo das quatro da unidade experimental e calculada a média de cada tratamento.

iv) Diâmetro da folha

Esta variável foi mensurada em milímetros com o auxílio da régua graduada, partindo de uma extremidade para outra, imitando o formato de uma circunferência, usando uma amostra de 4 plantas centrais, com o objectivo de ver a distância entre as margens opostas do disco foliar.

v) Peso por cabeça

A determinação do peso por cabeça foi feita por meio do peso total da parte aérea de cada planta, na área útil e, em função de cada tratamento, expressa em g/planta.

vi) Rendimento

A parte aérea de cada planta foi desmamada das raízes e pesada na balança digital. Porém, foram consideradas as folhas e caules, como habitualmente é comercializada. Retirando-se

apenas as folhas exteriores em processo de senescência. Ao contrário de outras variáveis, o conjunto de cabeças foi pesado a cada tratamento e determinada a média (Kg) em função das repetições. Determinado o peso das unidades este será convertido em função da área para toneladas por hectare, usando a fórmula abaixo:

$$\text{Rend (ton ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Área (m}^2\text{)}} \times 1000 \quad \text{(fórmula 1)}$$

3.2.3. Ensaio 2: Avaliação da Tecnologia de Mulching na produção de milho (*Zea mays*)

O ensaio foi montado com o objectivo de avaliar a eficácia da cobertura no cultivo de milho, variedade Matuba com recurso à cobertura com o plástico polietileno, cobertura com palha em que as parcelas foram adubadas com cinza de bagaço da cana.

3.2.3.1. Delineamento experimental, Instalação e condução do ensaio

O delineamento foi o de blocos completos casualizados (DBCC) com 3 tratamentos e 3 repetições. Os tratamentos foram: cobertura com plástico polietileno, cobertura com palha e sem cobertura.

A área total do ensaio foi de 180m² (20x9m). Cada unidade experimental teve 17,5 m² (2,5x 7m). A separação entre as parcelas no bloco foi de 1,0 m e entre blocos 2m, com uma densidade de 92 plantas por parcela e totalizando 552 plantas em todo o ensaio. O compasso foi de 0,6x 0,3m onde cada parcela era constituída por 4 linhas e em cada linha 23 plantas. A variedade usada foi Matuba, sendo a mais usada na zona de estudo.

3.2.3.2. Preparação do material

Depois da limpeza do terreno, o plástico polietileno foi esticado no solo após se terem feito aberturas das células, obedecendo ao compasso da cultura, onde se foi colocado a semente. Antes desta operação foi humedecido o solo e depois lançada a semente. A cinza de bagaço de cana foi preparada através dos restos de cana que foram queimados e, em seguida, triturados de modo a tornar a substância mais fina. A cobertura com palha tem um procedimento diferente: Primeiro foram colocadas as sementes em solo húmido e deixou-se que estas germinassem. Logo a seguir colocou-se a palha por cima. A razão da colocação da palha a posterior foi para evitar que as sementes ficassem sufocadas e ou impedir a quebra de dormência. Já na parcela controlo não foi montada nenhuma cobertura embora fosse adubada.

3.2.3.3. Variáveis medidas

Os componentes de produção foram obtidos através do material colhido na área útil de cada parcela experimental utilizando coordenadas aleatórias, com o objectivo de garantir que a amostra represente com precisão a variabilidade presente na área, para a determinação das variáveis previamente traçadas nos objectivos do trabalho, de seguida converteu-se em unidades de SI. (Sistema internacional), para o respectivo efeito. Assim sendo, foram avaliadas as seguintes variáveis:

i) Altura da planta e inserção da espiga de milho

Foi feita a medição da altura da planta e da inserção da espiga em 12 plantas escolhidas ao acaso dentro da parcela útil em forma de ziguezague, no campo, aos 110 dias após a sementeira (DAS). A altura da planta foi medida da superfície do colo até a extremidade superior da folha e a altura da inserção da espiga foi da superfície até ao nó.

ii) Número e comprimento da espiga

Em cada 12 plantas colhidas foram contabilizadas as espigas de cada unidade experimental e mediu-se o comprimento de cada espiga. Após a medição foi determinada a média do comprimento da espiga que é dada pelo somatório de todas as médias e divididas pelo total de espigas medidas. Com essa média tem-se o comprimento médio das espigas na amostra de plantas de milho.

iii) Diâmetro da espiga

A selecção foi aleatória de uma amostra de vinte maçarocas em cada parcela na área útil, ao longo da colheita, seguida da medição dos diâmetros de cada espiga com o uso de paquímetro (medida milimétrica).

iv) Número de grãos por espiga

Para a determinação do número de grãos foi necessário desmamar do sabugo de cada fruto de maçaroca, seguida de contagem directa, em função dos tratamentos e determinada a sua média de acordo com o número de repetições. Para o efeito foram seleccionadas aleatoriamente 12 plantas de milho com suas espigas em função dos tratamentos.

v) Peso da espiga sem palha

O fruto foi colhido e descascada a palha que envolve o sabugo da maçaroca em 12 plantas em função dos tratamentos, quando registou 14% da humidade, e foi colocado numa balança analítica, sendo a variável expressa em gramas/espiga.

vi) Peso das 1000 sementes

Após a secagem da maçaroca, os grãos de 12 espigas foram desmamados do sabugo em função das unidades experimentais, contabilizados e pesados numa balança electrónica (expresso em gramas) e consequente determinação da sua média.

vii) Rendimento de Milho

Para avaliação do rendimento foram colhidas as maçarocas das plantas centrais no fim do ciclo produtivo da cultura, com uma humidade de 15%. Foi necessário manter o milho nesta faixa de humidade para garantir a qualidade do produto. Os dados obtidos nas parcelas úteis, foram transformados em ton/ha, usando a seguinte fórmula:

$$\text{Rend (ton ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Área (m}^2\text{)}} \times 1000$$

3.2.4. Ensaio 3: Efeito de extratos de folhas de Eucalipto (*Eucalyptus globulos*) e Moringa (*Moringa oleifera*) no controlo de gorgulho preto (*Sitophilus zeamais*) do Milho (*Zea mays*) armazenado no sector familiar

Foi montado um ensaio em caixas, feitas de material local, com as seguintes medidas: 6cm de largura de cada peça, 1cm de espessura e 20cm de altura. Foram usadas 28 caixas cobertas de rede. As caixas permitiram que houvesse entrada de oxigénio e temperaturas equivalentes de 18°C a 23°C para conservação da semente do milho. Cada caixa teve 10 kg de semente. Esta experiência foi repetida em quatro (4) produtores nas condições de armazenamento de semente do sector familiar e em celeiros tradicionais.

3.2.4.1. Delineamento experimental, instalação e condução do ensaio

Foi usado o delineamento completamente casualizado (DCC), com 7 tratamentos, nomeadamente: extratos de folhas de eucalipto nas dosagens de 45, 30, 15 kg/ton, folhas de moringa a 45, 30 e 15 kg/ton e controlo e 4 repetições, totalizando 28 unidades experimentais.

O tratamento controlo foi realizado em caixas, tapadas por uma rede contendo grãos de milho livres de qualquer produto, procedendo-se apenas à infestação do gorgulho preto (*Sitophilus zeamais*). Para a efectivação do experimento foi usado o milho de variedade Matuba, colhido no campo do produtor familiar e seco até 14% de humidade do grão.

3.2.4.2. Preparação das substâncias

Na preparação de substâncias para o experimento, as folhas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) e a moringa (*Moringa oleifera*) foram colhidas e deixadas secar na sombra, trituradas e conservadas em sacos plásticos pretos. Foram depois colocadas nas caixas contendo milho para o controlo do gorgulho (*Sitophilus zeamais*).

As observações tiveram início logo após a colocação do grão de milho nas caixas, e antes da aplicação das substâncias, e repetidas semanalmente. De referir que as observações eram periódicas de 30 em 30 dias, durante 120 dias, de modo a avaliar a percentagem de infestação e densidade da praga.

3.2.4.3. Variáveis medidas

i) Infestação dos grãos

Foram observados os grãos infestados e a ocorrência do gorgulho (*Sitophilus zeamais*), sendo considerado infestado todo o grão que estivesse furado ou a mostrar sintomas de um organismo estranho em seu interior, em função dos tratamentos.

$P_i (\%) = n/N \cdot 100$ onde: n- número de sementes infestadas, N- número total de sementes observadas.

ii) Densidade da praga

Foram contados os gorgulhos presentes nos recipientes em função dos tratamentos, seguindo-se o cálculo, usando a seguinte fórmula.

$DP = n/N$ onde: n-número de organismos patogénicos, N- número total de grãos observados

iii) Peso do grão

Após os 120 dias, os grãos foram pesados com o auxílio de uma balança de precisão 0,01g, com o objectivo de avaliar a perda de peso da semente.

3.2.5. Ensaio 4: Efeito de bolsas na produção de cebola (*Allium cepa*) variedade Texas granos

O ensaio foi conduzido recorrendo ao Delineamento de blocos completamente causalizados (DBCC), disposto em factorial com 2 factores, sendo o primeiro sistema de produção com dois níveis (Bolsa e solo) e o segundo, tipo de adubo nas mesmas condições (esterco galináceo e palha de coco). Os tratamentos foram determinados pela interacção dos factores em esquema $2 \times 2 + 2$, com 2 repetições. Foram consideradas parcelas controlo, canteiros em cama alta e bolsas sem nenhuma adubação, resultando num total de 6 tratamentos e perfazendo 12 unidades experimentais.

O compasso a usar no transplante foi o de (0,2x 0,2m), entre plantas e entre linhas, correspondendo a uma densidade populacional de 250 mil plântulas por hectare. Sendo uma plântula por bolsa á semelhança do covacho no solo natural.

Cada parcela experimental foi constituída por 8 linhas de 1,6 m de comprimento, contendo 6 plântulas para cada linha e totalizando 48 plântulas para cada unidade experimental. As parcelas tiveram dimensões de 1,92 m² (1,6x1,2m), espaçadas entre si de 0,4 m e os blocos de 1m com área de 11,04 m² (9,2mx1,2m). A área total do experimento foi de 31, 28m² (9,2mx3,4m), com uma área útil de 23,04m².

3.2.5.1. Preparação do substrato

Para o efeito foram utilizadas bolsas plásticas enchidas com substrato obtido por meio de uma mistura do esterco galináceo na dosagem com solo, na proporção de 1:3, correspondente a 25% de esterco e 75% de solo que se mistura de forma homogénea, usando o mesmo procedimento para a palha de coco. Depois de feita a mistura seguiu-se o enchimento das bolsas até 80%, não enchendo as mesmas enquanto nas parcelas também foram adubados com o esterco galináceo e palha de coco, havendo parcela e bolsa testemunha que não foram adubados.

3.2.5.2. Transplante

Depois de 5 semanas após a sementeira em alfobres, foram retiradas as plântulas para o transplante nas bolsas e nos canteiros como campos definitivos. Trata-se do local onde as plantas completam o seu ciclo de vida. As plântulas foram transplantadas com características vigorosas, folhas sãs, caule grosso e flexível com uma altura de 15cm.

Durante o transplante, o colo da plântula foi colocado ao nível do substrato, seguido da compactação contra as raízes, evitando bolhas de ar entre elas e procedendo-se à rega localizada e controlada sem molhar as folhas para não comprometer a saúde das plantas, através de acumulação de humidade nas folhas, considerando a pubescência e o tamanho da planta. Após o processo de transplante para as bolsas, as plantas serão observadas durante um período de 15 dias a fim de detectar prováveis anomalias que possam surgir de modo a eliminar as plantas débeis ou com sintomas e sinais de ataque. A semelhança das bolsas, também será feita aos canteiros.

3.2.5.3. Variáveis medidas

Todas as variáveis foram mensuradas no momento da colheita em função dos tratamentos. Foram seleccionadas amostras das bolsas que se encontravam na área útil, correspondendo cada bolsa a uma planta de cebola.

i) Altura da planta

Para a medição da altura da planta (cm), foi usada uma fita métrica a partir do nível do solo até à extremidade da maior folha completamente desenvolvida.

ii) Número de folhas

Para o número de folhas, fez-se a sua contagem, excluindo as folhas velhas e secas.

iii) Diâmetro do pseudocaule

A medição do diâmetro do pseudocaule foi feita na base da bainha das folhas com o auxílio de um paquímetro.

iv) Diâmetro do bolbo

Com a ajuda do paquímetro fez-se a medição do diâmetro do bolbo na forma transversal.

v) Rendimento

Foram pesadas as plantas e os dados convertidos em ton/ha em função dos tratamentos, usando a seguinte fórmula:

$$\text{Rend (ton ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Área (m}^2\text{)}} \times 1000$$

3.2.6. Ensaio 5: Efeito da rega por capilaridade no desempenho agronómico da cultura da alface (*Latuca sativa L.*) sob diferentes coberturas

O ensaio foi conduzido através do delineamento de blocos casualizados (DBCC) em arranjo factorial com 2 factores, tipo de cobertura do solo (plástico polietileno, palha e sem cobertura), a água foi aplicada em 2 níveis (Capilaridade e gravidade). Com 3 blocos resultando num factorial 3x2. Os blocos foram tomados como repetições. A orientação dos blocos foi feita no sentido perpendicular, a fonte de variação (declive) no sentido Oeste-Leste, cada bloco composto por 6 parcelas, totalizando 18 unidades experimentais em toda a área de estudo.

Cada parcela teve 8 linhas separadas com o comprimento de 2m e largura de 1m, perfazendo uma área de 2m². As parcelas dentro do bloco foram separadas por uma distância de 1m e entre blocos também.

3.2.6.1. Montagem do sistema de irrigação por capilaridade

Foi feita a montagem do sistema de irrigação capilar através de material reciclável (garrafas de refresco de 1,5L). O mesmo foi cortado a aproximadamente 10cm da tampa, seguindo-se a abertura de um furo de 1cm na tampa, para a inserção do pano absorvente. Após o corte e a abertura do furo introduz-se o pano até aproximadamente 4-7cm dentro do vaso e é invertida a parte superior com o solo embutido. Após o sistema montado com água e o substrato humedecido homogeneamente foi feito um perfil para a sua introdução no solo (terreno definitivo) e seguiu-se a transferência de plântulas por unidade de sistema montado.

Quanto à fertilização, a aplicação de NPK foi feita de forma parcelada no substrato, de tal maneira que fossem reduzidos os riscos de salinização da superfície dos vasos em função da forma ascendente de translocação da água pelo processo capilar, sendo uma parte aplicada directamente no solo e outra parte fornecida via fertirrigação.

3.2.6.2. Variáveis medidas

Para a avaliação das variáveis foram consideradas como área útil das parcelas experimentais as 2 linhas centrais com 1,5 m de comprimento, desprezando-se as 2 linhas a título de bordadura nas extremidades de cada parcela, com uma população total de 12 plantas na área útil por parcela. Porém, 8 plantas de modo aleatório e em forma de ziguezague foram usadas como amostra correspondente a 26% do total da população. Neste ensaio todas as variáveis foram medidas na altura da colheita.

i) Altura da planta

Para medição desta variável usou-se uma fita métrica a partir do nível do solo onde a planta foi fixada até à extremidade da maior folha.

ii) Número de folhas

Para o número de folhas, fez-se uma contagem das folhas, excluindo as velhas e secas.

iii) Diâmetro das folhas

Foi feita a medição com recurso a fita métrica, depois da colheita.

iv) Rendimento

Depois da colheita na área útil, foram pesadas as plantas e depois determinado o rendimento usando a seguinte fórmula:

$$\text{Rend (ton ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Área (m}^2\text{)}} \times 1000$$

3.3. Análise estatística

Colhidos os dados experimentais foram organizados em tabelas, usando o programa Microsoft Excel, que também serviu para a construção de figuras.

A análise estatística serviu para validar os resultados obtidos. O efeito dos tratamentos sobre as variáveis em estudo foi avaliado com base no pacote estatístico R- Studio, versão 2023.06.1 + 524, considerando o nível significância de 5% para todos os testes estatísticos feitos. Antes da ANOVA, foi feito o teste de especificações para verificar a homogeneidade de variância com base no teste de Bartlett e a normalidade dos dados com o teste de Shapiro-Wilk. De seguida, foi realizado o teste de Duncan a 5% de significância para comparações múltiplas das médias dos tratamentos.

3.4. Análise económica

Foi feito para todos os ensaios, considerando os custos envolvidos tal como equipamentos, insumos e horas de trabalho da mão-de-obra, sementeira, aplicação de bioinsecticidas, colheita e armazenamento.

a) Benefícios Brutos do Campo (mt/ha)

Foram calculados os benefícios brutos do campo por cada tratamento, usando a seguinte fórmula:

$$\mathbf{BBC = Rend \times Pc}$$

Onde: BBC- Benefícios brutos do campo (mt/ha)

Rend- Rendimento agronômico médio (kg/ha)

Pc- Preço do produto no campo (mt/kg)

b) Custos Totais Variáveis (mt/ha)

Os custos totais variáveis foram vistos na base dos custos parciais dos diferentes factores usados em cada tratamento, que se ilustra pela seguinte fórmula:

$$\mathbf{CTV = Ci + Cmo}$$

Onde: Ci- Custo de insumo

Cmo- Custo de mão-de-obra

CTV- Custo total variável

c) Benefícios Líquidos (mt/ha)

Os benefícios líquidos foram calculados subtraindo os custos totais variáveis aos benefícios brutos de campo, usando a seguinte fórmula:

$$\mathbf{BL = BBC - CTV}$$

Onde: BL- Benefícios Líquidos

BBC- Benefícios Brutos do Campo

CTV- Custos Totais Variáveis

d) Análise Marginal

A análise marginal obedeceu a duas etapas, sendo: (i) análise de dominância dos tratamentos e (ii) cálculo da taxa de retorno marginal. Na análise de dominância dos tratamentos, estes foram, em primeiro lugar, ordenados por ordem crescente dos CTV, isto é, partindo do tratamento com menor CTV e terminando no que apresenta o maior CTV. Os tratamentos com os CTVs iguais foram ordenados com base nos respectivos benefícios líquidos, partindo do maior para o menor. No cálculo da taxa de retorno marginal, foram considerados

apenas os tratamentos não dominados segundo a ordem crescente dos CTVs, segundo Cimmy (2000).

A taxa foi calculada segundo a seguinte fórmula:

$$\text{TRM} = \Delta\text{BL} / \Delta\text{CTV} \times 100$$

Onde: TRM- Taxa de Retorno Marginal

ΔBL - Variação dos Benefícios Líquidos

ΔCTV - Variação dos Custos Totais Variáveis

e) Indicadores de Rentabilidade Económica

Lucro Operacional (LO) ou receita líquida (RL),

$$LO = RBT$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Inquérito

4.1.1. Características demográficas dos agricultores inquiridos

Os resultados apurados neste estudo mostram que a maior parte dos inquiridos tinham uma idade entre de 36 a 65 anos (cerca de 44%), seguida dos agricultores com mais de 65 anos, correspondentes a 42,7%. As mulheres são as que mais se destacam na actividade agrícola, com cerca de 65,3%, enquanto os Homens contribuem em 34,7 % na mesma actividade.

Quanto ao nível de escolaridade o ensino primário é o que se destacou com cerca de 48,7%; 32,7% não escolarizado e 18,7% corresponde aos agricultores com ensino secundário (Tabela 7)

Tabela 7: Características demográficas dos agricultores inquiridos em Dongane

Variável	Categoria	de Nº de Inquiridos	Percentagem (%)
Idade	18 a 35 anos	19	12,6
	36 a 65 anos	67	44,7
	Mais de 65 anos	64	42,7
Sexo	Feminino	98	65,3
	Masculino	52	34,7
Nível de escolaridade	Não escolarizado	49	32,7
	Primário	73	48,7
	Secundário	28	18,6
	Superior	0	0,0

Desta tabela pode-se notar que a situação das mulheres na actividade agrícola em Dongane é similar à que se verifica em todo o país e é desafiadora. Em áreas como Inharrime, essas limitações refletem a situação nacional, com predominância de pequenos agricultores familiares e mulheres assumindo papéis centrais na subsistência. Entretanto, as oportunidades económicas para as mulheres permanecem restritas devido à desigualdade de género e à fragilidade técnica da assistência, agravando a vulnerabilidade socioeconómica e alimentícia (ABBAS e Mosca, 2021).

Segundo FAO (2011), as mulheres representam cerca de 43%, que sustentam as suas famílias, por exemplo em África Subsaariana as mulheres representam força do trabalho agrícola em países em via de desenvolvimento como Moçambique. Em muitas partes do mundo

as mulheres desempenham papel fundamental na produção de alimentos e cerca de 60 a 80% da mão-de-obra agrícola, sendo responsáveis por plantio, colheita, processamento e comercialização dos alimentos (USAID, 2019).

Apesar das mulheres desempenharem um papel crucial na produção de alimentos e na economia do País, elas enfrentam inúmeras barreiras, como falta de acesso a terra, crédito, tecnologia e educação agrária. Além disso, as mulheres enfrentam discriminação de género em termos de acesso a recursos e participação em decisões relacionadas com a agricultura. É importante salientar que existem iniciativas locais no Distrito de Inharrime que visam melhorar a situação das mulheres na agricultura, mas que não são implementadas por falta de condições tecnológicas e financeiras (Agarwal, B. 2018; Jacob *et al.*, 2022).

A idade e o nível de escolaridade na agricultura são influenciados significativamente e podem variar de acordo com o contexto e a localização geográfica. Em muitas comunidades rurais a participação na agricultura é influenciada pela idade, pois hoje em dia com os mais jovens buscando oportunidades em zonas urbanas ou noutros sectores, faz com que os adultos trabalhem nos campos sozinhos (Alfonso *et al.*, 2021).

O nível de escolaridade também desempenha um papel importante, pois pode aumentar a capacidade de as pessoas adoptarem práticas agrícolas mais eficientes, utilizarem tecnologias modernas e acessarem a informações sobre mercados e a novas técnicas de cultivo. A relação entre a idade, nível de escolaridade e participação na agricultura é muito complexa e varia de acordo com o local e as circunstâncias específicas e, neste aspecto, Dongane não foge à regra (Rigg, J., e Salamanca, A. 2020).

Estudos feitos pelo MICOA (2013) mostram que pessoas com maior nível de escolaridade tendem a ter um entendimento mais abrangente e preciso sobre as causas, impactos e medidas de mitigação das mudanças climáticas. Isso ocorre porque a educação formal e o acesso a informações científicas contribuem para a compreensão dos fenómenos complexos relacionados com o clima e o meio ambiente. Além disso, indivíduos com maior nível de escolaridade geralmente têm maior capacidade de analisar criticamente as informações e de tomar decisões informadas sobre questões ambientais. Portanto, é importante investir na educação e na consciencialização das comunidades para promover um entendimento mais abrangente e a adopção de acções para combater as mudanças climáticas. (Lee *et al.*, 2015).

A idade e o sexo podem ter influência no entendimento das mudanças climáticas devido a diversos factores. Em relação à idade, estudos feitos pelos Serviços Distritais das Actividades Económicas de Inharrime em 2011, mostram que pessoas mais jovens tendem a estar mais conscientes e preocupadas com as questões ambientais, incluindo as mudanças climáticas, do que pessoas mais velhas. Isso pode ser devido ao facto de que os mais jovens cresceram num mundo onde a conscientização ambiental e as discussões sobre mudanças climáticas são mais frequentes (SDAE-Inharrime, 2011). Além disso, a educação desempenha um papel importante no entendimento das mudanças climáticas, e as pessoas mais jovens podem ter tido mais acesso a informações actualizadas sobre o assunto. Por outro lado, pessoas mais velhas podem ter sido expostas a uma educação diferente e podem ter diferentes perspectivas sobre as questões ambientais (Bush e Clayton, 2022).

Quanto ao sexo, estudos do censo agropecuário de 2018 mostram que a actividade básica das mulheres é a agricultura a qual é bastante assolada pelas mudanças climáticas, enquanto os homens têm a pecuária como principal actividade (Jacob *et al.*, 2022). Contudo, as mulheres muitas vezes têm um papel de cuidado e protecção da família e do lar, o que pode influenciar a sua percepção e preocupação com a preservação do meio ambiente para as próximas gerações.

Portanto, tanto a idade como o sexo podem ter influência no entendimento das mudanças climáticas, mas é importante notar que existem variações individuais e que outros factores, como educação, cultura e experiências pessoais, também desempenham um papel significativo (Carlos, *et al.*, 2019).

4.1.2. Entendimento sobre as mudanças climáticas, seus efeitos e estratégias de adaptação

Do estudo feito, constata-se que os agricultores de Dongane observam os efeitos das mudanças climáticas com um entendimento variado. A compreensão científica e os termos técnicos associados às mudanças climáticas variam de acordo com o nível de educação e consciência ambiental da população local (Tabela 8).

Tabela 8: Percepção dos agricultores inquiridos sobre conceito de mudanças climáticas, seus efeitos e estratégias de adaptação

Pergunta	Categoria de resposta	Nr. de Inquiridos respondentes a cada categoria	Percentagem (%)
O que entende sobre mudanças climáticas?	Impacto ambiental devido a actividades humanas	29	19,3
	Variações na temperatura e nos padrões de precipitação	69	46
	Não conhece	52	34,7
Quais os efeitos das mudanças climáticas na produção de culturas?	Alteração nas épocas de cultivo	41	27,3
	Aumento de pragas e doenças	21	14,1
	Escassez de água para irrigação	32	21,3
	Não tem conhecimento dos efeitos	56	37,3
Quais as estratégias adoptadas pelos produtores, face às mudanças climáticas?	Utilização de variedades resistentes	10	6,5
	Uso de sistemas de irrigação	12	8,2
	Nenhuma estratégia	128	85,3

Desta tabela pode-se notar que a maioria dos agricultores (46%) considera mudanças climáticas como variações de temperatura e nos padrões de precipitação e uma pequena percentagem (19,3%) considera as actividades humanas como a causa das mudanças climáticas. Embora as actividades humanas tenham influência na ocorrência de mudanças climáticas existem outros factores que a comunidade desconhece.

Esta percepção dos agricultores de Dongane sobre as mudanças climáticas revela um panorama preocupante em relação ao entendimento e à capacidade de adaptação a um ambiente em transformação. Um aspecto fundamental dessa discussão é a diversidade na compreensão do fenómeno, onde uma parte significativa dos agricultores não reconhece as causas e efeitos das mudanças climáticas. De acordo com Adger *et al.*, (2003), a falta de conhecimento pode limitar a capacidade de adaptação dos agricultores, levando-os a ignorar práticas que poderiam mitigar os impactos negativos. Essa falta de conscientização é corroborada por outros estudos, que mostram que as percepções sobre mudanças climáticas podem resultar em riscos iminentes (Olesen e Bindi, 2002; Mastrorillo *et al.*, 2016).

Outro ponto crítico é o impacto directo das mudanças climáticas na agricultura, onde muitos agricultores relatam não estarem cientes dos efeitos específicos que essas mudanças podem ter na produção. Estudos sugerem que a conscientização sobre esses impactos é vital

para a implementação de práticas agrícolas adaptativas. Por exemplo, O'Brien *et al.*, (2004) enfatizam que a compreensão dos riscos climáticos é essencial para que os agricultores adotem medidas de mitigação eficazes, como a diversificação de culturas e a utilização de variedades mais resistentes.

A escassez de estratégias de adaptação entre os agricultores de Dongane, onde 85,3% não adotam práticas adaptativas, reflete não apenas a falta de conhecimento, mas também barreiras financeiras e tecnológicas. Nyanga *et al.*, (2012) apontam que o suporte governamental e a assistência técnica são cruciais para ajudar os agricultores a superar essas barreiras e implementar tecnologias que promovam a resiliência. Além disso, a literatura sobre desenvolvimento sustentável, como o trabalho de Rockstrom *et al.*, (2009), defende que práticas agrícolas sustentáveis são fundamentais para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e garantir a segurança alimentar.

Todavia, para que os agricultores possam responder adequadamente às mudanças climáticas, é imperativo que haja um esforço coordenado que inclua educação, suporte financeiro e assistência técnica. FAO (2016) sugere que políticas voltadas para a capacitação dos agricultores e para a adoção de práticas sustentáveis podem não apenas aumentar a resiliência das comunidades rurais, mas também promover a segurança alimentar em um contexto de incertezas climáticas. Essa visão holística é fundamental para fortalecer a capacidade de adaptação dos agricultores, permitindo que eles se tornem mais resilientes às mudanças climáticas e assegurando a sustentabilidade das práticas agrícolas em longo prazo.

4.1.3. Culturas cultivadas em Dongane-Inharrime, finalidade da produção e tipos de sistemas de produção mais usuais

Os resultados do inquérito mostram que a maior parte da população de Dongane (cerca de 47%) cultiva hortícolas seguidas de mandioca (33%) e milho (20%). Quanto ao destino da produção, cerca de 64% dos produtores afirmam que as hortícolas se destinam a venda e que têm a mandioca e o milho para o consumo, sendo que 36% dos agricultores produzem culturas basicamente para o consumo. Quanto aos sistemas de produção 48,7% dos agricultores praticam agricultura em consociação, 26,7% usa sistemas de monocultura, 18% rotação de culturas e 6,6% usam todos sistemas de produção (Tabela 9).

Tabela 9: Culturas mais produzidas e seu propósito de produção em Dongane

Pergunta	Categoria de resposta	Nº de Inquiridos	Porcentagem (%)
Quais são as principais culturas cultivadas em Dongane?	Mandioca	50	33
	Hortícolas (alface, cebola e tomate)	70	47
	Milho	30	20
Qual é a finalidade da produção?	Alimentação	54	36
	Venda	96	64
Quais os tipos de sistemas de produção mais usuais?	Monocultura	40	26,7
	Consociação de culturas	73	48,7
	Rotação de culturas	27	18
	Ambos	10	6,6

Observando os resultados reflectidos na tabela 9, pode-se aferir que as culturas preferenciais em Dongane são hortícolas e que se destinam a venda, sendo que a mandioca é apenas usada para alimentação. Este comportamento dos agricultores de Dongane é uma mais-valia em diferentes vertentes no que concerne à importância do cultivo de hortícolas, pois estas apresentam um ciclo de cultivo curto, obtendo-se maior produtividade por ano e podem ser diversificadas no mesmo espaço na vertente consociação sem alterar os seus rendimentos o que permite maior índice de lucratividade, proporcionando assim ao agricultor maior poder económico.

De acordo com Lemaire *et al.* (2011), as culturas hortícolas, devido ao seu ciclo curto, permitem várias colheitas em um único ano, proporcionando um retorno financeiro mais rápido e aumentando a rentabilidade dos agricultores. Além disso, a possibilidade de consociação dessas culturas em um mesmo espaço não apenas maximiza o uso da terra, mas também contribui para a biodiversidade do agroecossistema, promovendo uma produção mais sustentável (Klein, 2007).

A combinação de diferentes hortícolas em um mesmo espaço pode resultar em um microclima favorável e reduzir a incidência de pragas e doenças, beneficiando ainda mais a produtividade (Nair, 2012). Essa prática também diversifica as fontes de renda, permitindo que os agricultores se adaptem melhor às flutuações do mercado e às mudanças climáticas, o que é crucial em contextos de incerteza ambiental.

Portanto, a ênfase em hortícolas em Dongane não apenas representa uma estratégia agrícola eficaz, mas também destaca a importância de cultivar produtos que maximizem os lucros e garantam a segurança alimentar das comunidades locais.

As hortícolas contribuem ainda para a sustentabilidade ambiental, pela sua diversidade e controlo de microclima. Destaca-se também a sua importância para a economia, uma vez que gera empregos nas áreas rurais, fortalece a agricultura local e contribui para abastecimento de mercados e feiras locais, além de ser fonte de renda para pequenos agricultores e empreendedores.

Estudos feitos por Ecolé (2017), indicam que o cultivo de hortícolas contribui para a segurança alimentar fornecendo alimentos frescos e nutritivos para as comunidades locais, reduzindo a dependência de alimentos importados e promovendo a autossuficiência alimentar, como papel essencial na saúde.

Em Dongane, uma região localizada em Inharrime, os sistemas de produção mais usuais são a agricultura de subsistência e a pesca. Diante das mudanças climáticas, é importante que esses sistemas de produção sejam adaptados para minimizar os impactos negativos e garantir a sustentabilidade das actividades (Jacob, *et al.*, 2022).

No caso da agricultura de subsistência, é essencial promover práticas agrícolas sustentáveis, como a utilização de técnicas de conservação do solo e a diversificação de culturas, que podem ajudar a reduzir a vulnerabilidade da produção agrícola às mudanças climáticas. Além disso, a promoção de técnicas de irrigação eficientes e o uso de sementes resistentes ao estresse hídrico e à seca também são medidas importantes para adaptar a agricultura às mudanças climáticas em Dongane. Desta forma, as tecnologias propostas neste estudo ganham relevância, pois vão ajudar a maximizar os recursos e promover a produtividade agrícola sustentável (Klein, 2007).

É essencial que os sistemas de produção em Dongane sejam adaptados para responder às mudanças climáticas, promovendo a sustentabilidade das actividades agrícolas e garantindo a segurança alimentar e o autossustento dos agricultores locais.

4.1.4. Organização dos produtores de Dongane no cultivo de hortícolas e fonte de água para irrigação

A análise da organização dos produtores de Dongane e suas práticas de irrigação revela informações importantes para o desenvolvimento agrícola local. A maioria dos agricultores, 79,3%, está organizada em associações agrícolas, enquanto apenas 20,7% actuam de forma independente. Essa predominância das associações demonstra a

relevância de estruturas colaborativas que facilitam o acesso a recursos, conhecimento técnico e otimização de práticas, especialmente em contextos de vulnerabilidade climática.

Quanto às fontes de água para irrigação, 60,7% dos produtores dependem de riachos, enquanto 39,3% utilizam a água das chuvas (Tabela 10).

Essa dependência dos riachos sugere uma relativa estabilidade no acesso à água, embora as inundações frequentes, especialmente durante períodos de oscilação climática, representem um desafio significativo às actividades agrícolas. Por outro lado, o uso da água das chuvas reflete a prática de agricultura de sequeiro, o que expõe os agricultores a riscos maiores diante das irregularidades do clima.

Esses dados evidenciam a necessidade de intervenções que reduzam a vulnerabilidade hídrica, como a implementação de sistemas de irrigação resilientes e tecnologias de captação e armazenamento de água. Apesar de a organização em associações ser uma vantagem para os produtores, a sustentabilidade do sistema agrícola depende de estratégias mais robustas para lidar com os impactos das mudanças climáticas.

Tabela 10: Cultivo de hortícolas, fonte de água de rega e organização dos produtores

Pergunta	Categoria de resposta	Nº de Inquiridos	Percentagem (%)
Como estão organizados os produtores de Dongane?	Produtores independentes	31	20,7
	Associação Agrícola	119	79,3
Qual é a fonte de água usada para irrigação de Hortícolas?	Riachos	91	60,7
	Água das chuvas	59	39,

Pode notar-se nesta tabela que a maioria dos agricultores está organizada em associações o que ajuda na distribuição de insumos por parte do distrito e torna a assistência técnica mais flexível. As associações desempenham um papel fundamental na representação e defesa dos interesses dos agricultores de uma determinada área. O seu objectivo é promover a união e a cooperação entre eles, fornecendo suporte e orientação para o desenvolvimento das suas actividades. Segundo SDAE (2011) afirma que o papel das associações é promover boas práticas e aperfeiçoamento técnico, proporcionando a troca de experiências e conhecimentos entre os seus membros, visando o aumento da produtividade, qualidade e competitividade no mercado.

Tengoua *et al.*, (2019) enfatizam que a formação de associações agrícolas pode proporcionar benefícios significativos, como o acesso a informações, assistência técnica e recursos financeiros. A colaboração entre os agricultores permite também a troca de experiências e a criação de um suporte comunitário, que é crucial em situações de estresse ambiental, como as mudanças climáticas (Makhura, 2001).

Em relação à irrigação, observa-se que 60,7% dos produtores utilizam riachos como fonte de água, enquanto 39% dependem da água das chuvas. O uso de fontes naturais para irrigação é comum em áreas rurais, onde a infraestrutura de irrigação pode ser limitada. A dependência de riachos pode ser vantajosa, pois esses corpos d'água frequentemente oferecem um suprimento constante, mas também pode apresentar riscos, como a escassez em períodos de seca ou a poluição das fontes hídricas (Kelley *et al.*, 2015). A utilização de água da chuva, embora sustentável, também é incerta, dependendo das variações climáticas e das condições meteorológicas.

O fortalecimento da gestão de recursos hídricos é, portanto, essencial para a sustentabilidade da produção agrícola em Dongane. A implementação de práticas de coleta e armazenamento de água, como cisternas e tanques de armazenamento, poderia reduzir a dependência das chuvas e dos riachos, melhorando a resiliência dos produtores frente a eventos climáticos extremos (Mastrorillo *et al.*, 2016). Assim, promover o acesso a fontes hídricas seguras e a capacitação para o uso eficiente da água é uma necessidade imperiosa para garantir a produtividade e a segurança alimentar na região.

A água proveniente de riachos e chuvas desempenha um papel crucial na produção de hortícolas, sendo indispensável para fornecer humidade, nutrientes e, no caso da água da chuva, um pH neutro, ideal para muitas culturas. Contudo, o excesso pode gerar impactos negativos, como enchentes que inundam as plantações, causando danos às culturas e perdas de produção. Além disso, o transbordo dos riachos pode levar ao encharcamento do solo, dificultando o crescimento das plantas e criando condições favoráveis para o desenvolvimento de doenças fúngicas, comprometendo a produção agrícola.

Portanto, é importante que os agricultores monitorem de perto o impacto das chuvas sobre os riachos na produção de hortícolas tomando medidas adequadas para evitar problemas decorrentes do excesso da água. Isso pode incluir a implementação de sistemas de drenagem eficientes, a escolha de culturas resistentes à humidade e a adoção de práticas de conservação do solo que minimizem os impactos das chuvas e dos riachos (Basso e Ritchie, 2015).

4.1.5. Conhecimento sobre adubação na base de Manipueira e palha de coco na produção de culturas e a vantagem da cobertura do solo

Deste estudo pode notar-se que poucos são os agricultores que conhecem a utilidade de mandioca e palha de coco como adubos, o que torna a vida também um pouco difícil, pois numa situação de pobreza de solos e sem condições de adquirir crédito é difícil restabelecer a fertilidade dos solos para prover produtividade (Tabela 11).

Tabela 11: Adubação orgânica e a vantagem da protecção do solo

Pergunta	Categoria de resposta	Nº de Inquiridos	Percentagem (%)
Tem conhecimento do adubo na base de mandioca e palha de coco?	Conhece	17	11,3
	Não conhece	133	88,7
Que utilidade tem a Manipueira e palha de coco na produção de hortícolas?	Garantia da fertilidade e aumento da produtividade	10	6,7
	Não conhece	140	93,3
Que vantagem tem a cobertura de solo na cultura de milho?	Conservação da humidade e nutrientes	16	10,7
	Controlo de ervas daninhas	20	13,3
	Não conhece	114	76,0

Na tabela em 11, é possível aferir que parte dos agricultores considera o controlo de ervas daninhas como o fundamental na cobertura do solo e reduz as sachas. A maioria dos agricultores, cerca de 76%, não tem conhecimento das vantagens da cobertura do solo na cultura do milho, pois segundo os inquiridos consideram que deixar o capim sobre a cultura do milho estimula o aparecimento de térmites que são inimigos da cultura, colocando a parte as vantagens da conservação da humidade e nutrientes no solo.

Yuri *et. al.*, (2011) na sua abordagem sobre vantagem da cobertura do solo, mostra que a cobertura do solo controla a erosão causada pela acção do vento e da água mantendo o solo no lugar e evitando a perda de nutrientes. Quanto à conservação da humidade, o mesmo autor afirma que a cobertura do solo ajuda a reter a humidade, reduzindo a evaporação e a necessidade de irrigação, o que contribui para a conservação da água. Na vertente conservação de nutrientes a palha usada na cobertura do solo decompõe-se ao longo do cultivo permitindo a libertação dos nutrientes e a melhoria da estrutura do solo, o que estimula o crescimento e o desenvolvimento das culturas.

Contudo, o desconhecimento das vantagens da cobertura do solo no cultivo de milho faz com que os agricultores de Dongane tenham dificuldades no desempenho das suas actividades durante períodos de secas prolongadas. A cobertura do solo ajuda ainda a controlar a temperatura do solo, protegendo raízes das plantas contra eventos extremos de calor ou frio.

4.1.6. Conhecimento sobre tecnologias (Hidroponia, Mulching, Capilaridade e Cultivo em Bolsas), vantagens do uso de tecnologias, hábitos de protecção de milho armazenado contra gorgulho

Dos agricultores inquiridos na localidade de Dongane no distrito de Inharrime cerca de 88,7% desconhecem as tecnologias propostas neste estudo (hidroponia, Mulching, capilaridade e cultivo em bolsas), assim como as suas vantagens (78,7%) e não está convicto dos benefícios que estas trazem face às mudanças climáticas. Em relação as formas de conservação de grãos, cerca de 48% da população usam fumaça e cinza de lenha em celeiros tradicionais, 52% não realiza conservação específica e nenhum inquirido (0%) tem conhecimento no uso de extratos de folhas de eucalipto e moringa. Quanto ao destino dos grãos armazenados cerca de 73,3% usa semente armazenada para lançar à terra na época seguinte, 14% para alimentação e 12,7% para venda no mercado local (Tabela 12).

Tabela 12: Tecnologias e suas vantagens, hábitos de protecção de milho armazenado contra gorgulho

Pergunta	Categoria de resposta	Nº de Inquiridos	Percentagem (%)
Tem Conhecimento de Tecnologias (hidroponia, Mulching, capilaridade e cultivo em bolsas)?	Conhece	17	11,3
	Não conhece	133	88,7
Que Vantagens tem o uso de tecnologias na produção, face às mudanças climáticas?	Aumento da resiliência das culturas	27	18
	Aumento da produtividade das culturas	5	3,3
	Não conhece	118	78,7
Quais são as formas de conservação de grãos de milho armazenado	Uso de fumaça e cinza de lenha em Celeiros tradicionais	70	48
	Uso de extratos de folhas, sementes de Eucalipto e extratos de folhas e sementes de Moringa	0	0
	Não realiza conservação específica	78	52
Que Destino dão os grãos armazenados?	Semente para próxima época produtiva	110	73,3
	Venda no mercado local	19	12,7

Na tabela 12, pode notar-se que a maioria dos grãos armazenados é para fins de sementeira e, no entanto, cerca de 73,3% da população desconhece os métodos de conservação a baixo custo. Os agricultores conservam e utilizam as sementes que adquirem por via de compra em mercados informais, em intercâmbios na comunidade e/ou do uso da sua colheita anterior. O uso de sementes não melhoradas por desconhecimento da forma de conservação a baixo custo, aliado à falta de valor monetário para aquisição em lojas credíveis, contribui para a baixa produtividade, pois as sementes usadas podem, além de possuir baixo poder germinativo, servir de veículo de pragas e doenças.

A análise dos dados sugere que a maioria dos agricultores de Dongane armazena grãos principalmente para a sementeira, mas enfrenta dificuldades com o controlo de pragas devido ao desconhecimento de técnicas de conservação eficazes e de baixo custo. Esta situação reflete um desafio comum em comunidades rurais de países em desenvolvimento, onde o armazenamento inadequado e o uso de sementes não tratadas ou infestadas reduzem o rendimento agrícola (Haggblade *et al.*, 2012; Douglas, 2015).

Os mercados informais e as trocas comunitárias são as principais fontes de sementes para os agricultores locais, o que aumenta o risco de infestação e a disseminação de pragas e doenças (Douglas, 2015). Sementes não melhoradas ou mal armazenadas têm baixo poder germinativo, e o uso contínuo dessas sementes compromete a produtividade, como observado por Abate *et al.* (2017). Essas práticas resultam em perdas não apenas quantitativas, mas também qualitativas, afectando a segurança alimentar e o valor nutricional dos alimentos, sobretudo em culturas básicas como o milho.

O desconhecimento de métodos eficazes de controlo de pragas, como o gorgulho do milho (*Sitophilus zeamais*), é um problema crítico. Segundo Haggblade *et al.*, (2012), as pragas de armazenamento causam grandes perdas de produção, especialmente em áreas rurais com acesso limitado a tecnologias modernas de controlo. Métodos tradicionais, como o uso de cinzas, óleos vegetais ou extratos de plantas, são alternativas de baixo custo, mas ainda são pouco difundidos entre agricultores familiares (Stathers *et al.*, 2020).

A ausência de conhecimento técnico também afecta a capacidade de preservar a qualidade dos grãos, com impactos económicos e de saúde pública, dado que grãos deteriorados podem

tornar-se impróprios para consumo (Abate *et al.*, 2017). Dessa forma, é essencial investir em programas de capacitação que ensinem práticas eficientes de armazenamento e controle de pragas, como o uso de insecticidas naturais e métodos de conservação hermética (Tefera *et al.*, 2011).

Douglas (2015), analisando a rede de comércio de sementes por parte da maioria de agricultores familiares, sobretudo em países em vias de desenvolvimento, constata que é feita dentro e fora da comunidade em mercados informais. É, provavelmente, por isso que o não conhecimento de substâncias alternativas para o controlo de grãos armazenados, culmina com o uso de sementes infestadas e provendo baixos rendimentos.

A percentagem elevada de pessoas que não conhecem nenhuma técnica de controlo do gorgulho no milho armazenado talvez seja o factor fundamental que condiciona que a localidade de Dongane apresente o milho sujeito a infestação por insectos o que leva à deterioração da qualidade do grão, resultando em perda de valor nutricional e alteração no sabor. Infestações resultantes de pragas do armazém resultam em perdas de produção, portanto, o desconhecimento das técnicas de controlo de pragas do armazém pode ter impactos negativos na qualidade do produto, na produção, na saúde pública, na economia e no meio ambiente. Desta forma, torna-se imperioso que os agricultores familiares na localidade de Dongane adquiram conhecimentos sobre as práticas de armazenamento e controlo de pragas para garantir a qualidade e a segurança do milho armazenado (Altieri, 2018).

4.2. Ensaio de Hidroponia

4.2.1. Condutividade eléctrica e pH

De acordo com o ilustrado na figura 13, pode-se notar que a condutividade eléctrica inicial de 1.4mS/cm na solução nutritiva foi ascendente ao longo do desenvolvimento da cultura de alface até quase a metade do ciclo (38 DAT), chegando a atingir valores que variam de 1.6 a 2.3mS/cm, e apresentou um comportamento Sigmoidal similar até aos 45 dias após o transplante em todos os tratamentos. Porém, na interacção entre o PVC+Nutriente mineral verificou-se que uma condutividade eléctrica ficou estacionária num período de 4 dias (38 a 42 DAT), e marcando um decréscimo ligeiramente linear de $R^2=0.89$ na CE₁ Bambu +Manipueira, $R^2=0.87$ na CE₂ Bambu + Nutriplex, $R^2= 0.91$ na CE₃ (PVC + Manipueira) e $R^2=0.93$ para a CE₄(PVC + Nutriplex) (Figura 13). O aumento da condutividade eléctrica registado no presente trabalho foi devido aos reajustes da água juntamente com a solução nutritiva. A estacionalidade

observada no período de 4 dias (38 a 42 DAT) na interação PVC + Nutriplex pode ser atribuída a ajustes e ao controlo eficaz dos factores externos e internos na mesa hidropónica, o que garantiu um fornecimento constante de nutrientes para a cultura durante a fase final do seu desenvolvimento. As condutividades eléctricas das soluções nutritivas de todas as interacções apresentaram valores tendentes a função quadrática, onde as curvas de níveis (r^2) foram estatisticamente significativas entre si ($r^2=1$) (figura 14).

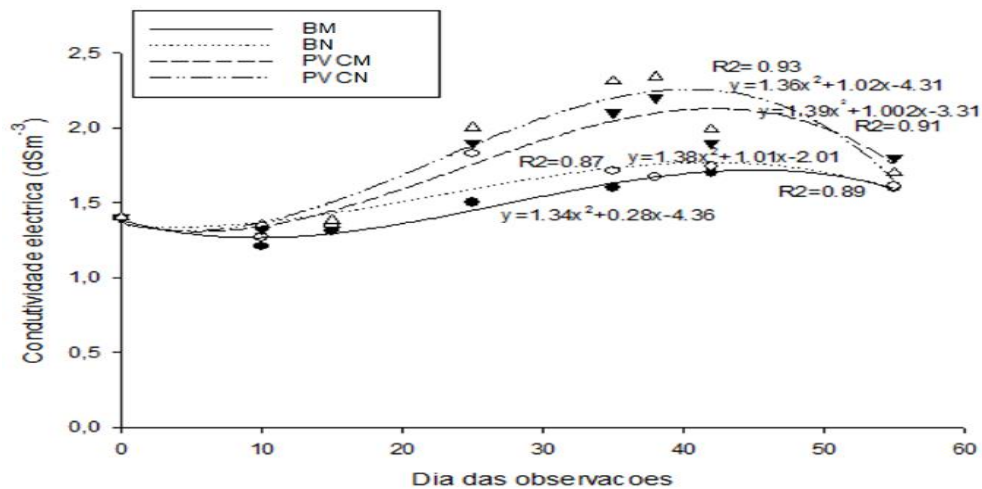


Figura 14. Valores de conductibilidade eléctrica ao longo do crescimento da cultura. BM-Bambu e Manipueira; BN-Bambu e Nutriplex; PVCN- Pvc e Manipueira; PVCN- Pvc e Nutriplex.

Os resultados apresentados indicam que os tratamentos com bambu como condutor (Bambu + Manipueira e Bambu + Nutriplex) apresentaram valores mais elevados de conductividade eléctrica (CE) (1.7425 mS/cm e 1.80875 mS/cm) em comparação com os tratamentos com PVC (1.24 mS/cm e 1.30 mS/cm). Essa diferença pode ser explicada por vários factores. O bambu, por ser um material natural, tem maior interação com os nutrientes da solução nutritiva, o que pode aumentar a concentração iónica e, conseqüentemente, a CE, como apontado por Resh (2012) e Al-Humairi *et al.*, (2020), que destacam que materiais orgânicos tendem a promover maior variação na CE em comparação com materiais inorgânicos, como o PVC, que é mais estático e homogéneo.

Os nutrientes orgânicos como a Manipueira liberam os nutrientes de forma mais lenta, mas com maior complexidade química, o que pode ter influenciado na variação da CE, como sugerido por Zhu *et al.*, (2018). Esse comportamento também é consistente com os resultados de Gruda (2012), que observou que materiais orgânicos, como o bambu, podem melhorar a eficiência da absorção de nutrientes pelas plantas, resultando em maior CE. Assim, os tratamentos com bambu e Manipueira mostraram-se mais eficazes na manutenção de uma

solução nutritiva com maior condutividade, refletindo uma interação mais complexa entre o material condutor e os nutrientes.

Analisando o comportamento neste experimento pode-se notar que a condutibilidade eléctrica teve uma influência no desempenho da cultura da alface, pois garantiu a disponibilidade adequada dos nutrientes para o crescimento saudável da cultura. Valores similares de condutibilidade eléctrica foram obtidos por Santos *et al.*, (2021) trabalhando com a mesma cultura em condições ambientais diferentes quanto aos factores climáticos, com CE de $2,5 \text{ d Sm}^{-1}$. Huett (1994), cultivando plantas de alface, em solução com baixa CE (0,4 mS/cm), observou deficiências de nitrogénio e potássio, e altos teores de cálcio em folhas novas, sendo que as deficiências diminuíram com o aumento da CE da solução nutritiva, fundamentando os resultados do presente estudo.

A diferença observada na condutividade eléctrica (CE) entre o tratamento **PVC + Nutriplex** (1,24 mS/cm) e **Bambu + Nutriplex** (1,80 mS/cm) pode ser atribuída a vários factores relacionados tanto à composição nutricional da solução como às propriedades dos materiais utilizados. A menor CE observada no tratamento com PVC pode indicar uma carência de nutrientes minerais, já que o PVC, por ser um material sintético, não interage significativamente com a solução nutritiva para liberar elementos adicionais que possam beneficiar o crescimento da planta. Segundo Resh (2012), materiais sintéticos como o PVC não apresentam uma dinâmica de liberação de nutrientes similar à observada em substratos naturais, o que pode resultar em uma solução nutritiva com menor disponibilidade de elementos essenciais.

Por outro lado, a maior condutividade eléctrica observada no tratamento com bambu pode estar relacionada às características biológicas do material. O bambu, sendo de origem vegetal, tende a decompor-se lentamente na solução nutritiva, o que pode favorecer a liberação gradual de nutrientes, melhorando a eficiência nutricional da planta. Zhu *et al.*, (2018) discutem como materiais orgânicos, como o bambu, liberam nutrientes de forma mais lenta e controlada, o que pode contribuir para um crescimento mais equilibrado das plantas ao longo do tempo. Além disso, a decomposição do bambu pode criar um ambiente propício à actividade microbiana, que também pode contribuir para a melhoria da condutividade eléctrica, facilitando o fornecimento constante de nutrientes às plantas.

Outrossim, o maior valor de condutividade eléctrica verificado no uso de Manipueira tem a ver com a característica do substrato que apresenta musselina, camada densa com efeito tampão durante o período de estudo (Inverno). Esta particularidade tem a ver com a presença

de bactérias com função decompositora, permitindo a produção de energia a nível do sistema radicular e no substrato em circulação. Contudo, a estabilidade da CE criada pela Manipueira está relacionada com a composição química, ao ser uma proteína constituída por partículas estáveis como conjunto de aminoácidos compostos por macronutrientes de grande importância no desenvolvimento das culturas como o O₂, H₂, C e N (Furlani *et al.*, 1999; Serralheiro e Duarte, 2008).

Segundo Pereira e Lima (2017), tratando-se de cultivos hidropónicos, a absorção de água e nutrientes pelas plantas é proporcional à concentração de nutrientes na solução próxima às raízes o que justifica a utilidade do extrato de mandioca neste estudo.

4.2.2. Valores de pH observados no experimento hidropónico em diferentes condutores sob nutrição Manipueira e Nutriplex

Na figura que se segue estão representados os valores de pH em função dos tipos de substratos usados no cultivo de alface hidropónico (figura 15).

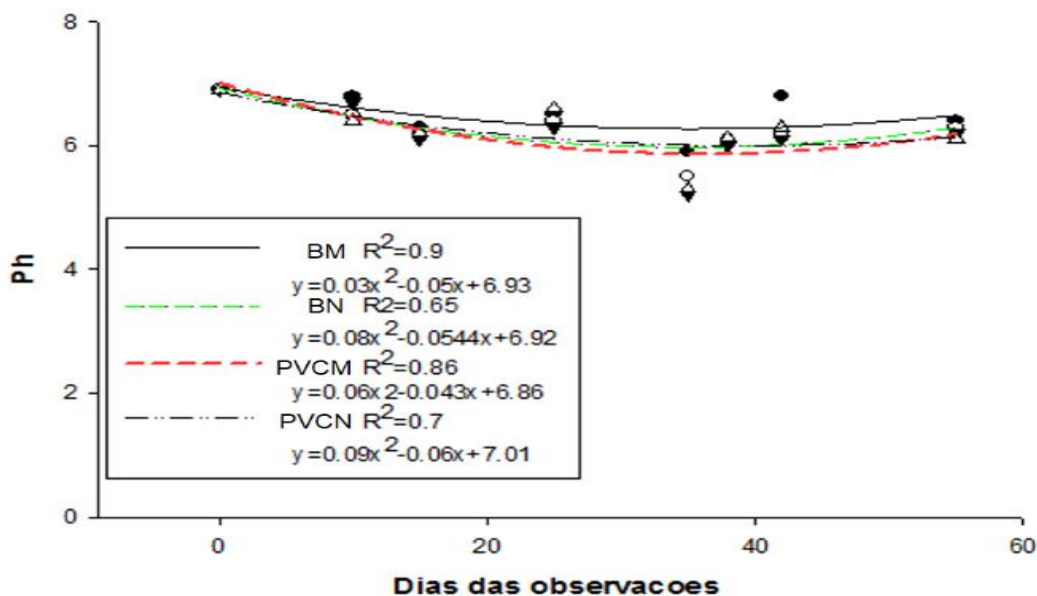


Figura 15. Valores de pH ao longo do desenvolvimento da cultura.

*BM-Bambu e Manipueira; BN-Bambu e Nutriplex; PVCN- Pvc e Manipueira; PVCN- Pvc e Nutriplex.

Os teores de pH no substrato em função dos condutores, no período de coleta de dados tiveram ajuste ao modelo quadrático, com coeficiente de determinação de 0,9 para fonte Bambu +Manipueira (Figura 15). Para a fonte Bambu +Nutriplex, os teores de pH no final do ciclo da cultura ajustaram-se ao modelo quadrático, com coeficiente de determinação de 0,65. O pH inicial do substrato era de 7.0 (neutro).

Ao final do ciclo, com a aplicação de fertilizante Nutriplex, o pH foi classificado como alcalino. Este aumento do pH no substrato pode ser atribuído a diversos factores, como o pH do fertilizante mineral, o aporte de reserva alcalina (catiões trocáveis e aniões) advindos do insumo e ao aumento do processo de desnitrificação no substrato, onde ocorre consumo de um mol de H⁺ para cada mol de NO₃⁻ desnitrificado (Friedel *et al.*, 2000). Deve -se considerar também que, em substratos alcalinos, existe maior perda de Nitrogénio por volatilização (Malavolta, 2011).

Estudos similares a este, foram feitos por Menezes *et al.*, (2016) que também verificaram aumento nos valores de pH em análises de amostras após a colheita de alface hidropónica nos tratamentos que receberam a aplicação de fertilizantes orgânicos em relação ao tratamento convencional que recebeu os minerais.

4.2.3. Análise de variância

A partir dos resultados do resumo da análise de variância (ANOVA) apresentados na Tabela 13, é possível notar que dos catorze (14) parâmetros avaliados, apenas nove foram significativos para o factor (parcela) Tipo de Conductor nomeadamente, número de folhas aos 15 e 30 dias após o transplante (NF15dat e NF30dat), altura da planta aos 30 dias após transplante (AP30dat), diâmetro da folha aos 15, 30 e 45 dias após o transplante (DF15dat, DF30dat e DF45dat), comprimento da folha aos 15 dias após o transplante (CF15dat), peso por cabeça (PPC) e rendimento (REND). Por outro lado, dez parâmetros foram significativos para o factor (subparcela) Tipo de nutriente, sendo número de folhas aos 15, 30 e 45 dias após o transplante (NF15dat, NF30dat e NF45dat), altura da planta aos 30 após o transplante (AP30dat), diâmetro da folha aos 15, 30 e 45 dias após o transplante (DF15dat, DF30dat e DF45dat), comprimento da folha aos 15 dias após o transplante (CF15dat), peso por cabeça (PPC) e rendimento (REND). Entretanto, não se verificou nenhuma significância na interacção tipo de condutor e tipo de nutriente. Todos os parâmetros foram avaliados a nível de 5% de significância pelo teste F.

Tabela 13: Resumo da comparação de médias nos parâmetros avaliados no ensaio de hidroponia.

FV	GL	Pr(>F _c)						
		NF15dat	NF30dat	NF45dat	AP15dat	AP30dat	AP45dat	DF15dat
TCo	1	0,025*	0,018*	0,326 ^{NS}	0,213 ^{NS}	0,034*	0,134 ^{NS}	0,017*
TN	1	0,00*	0,025*	0,001*	0,193 ^{NS}	0,002*	0,000*	0,003*
TCo×TN	1	0,071 ^{NS}	0,132 ^{NS}	0,138 ^{NS}	0,081 ^{NS}	0,861 ^{NS}	0,245 ^{NS}	0,383 ^{NS}
CV (TCo)		23,67	11,97	30,97	10,28	12,28	11,83	12,72
CV (TN)		9,59	12,96	15,53	6,66	9,56	9,23	7,11

FV	GL	Pr(>F _c)						
		DF30dat	DF45dat	CF15dat	CF30dat	CF45dat	PPC	REND
TCo	1	0,0002*	0,003*	0,001*	0,148 ^{NS}	0,000*	0,000*	0,000*
TN	1	0,011*	0,005*	0,001*	0,000*	0,000*	0,004*	0,003*
TCo×TN	1	0,963 ^{NS}	0,133 ^{NS}	0,188 ^{NS}	0,854 ^{NS}	0,079 ^{NS}	0,396 ^{NS}	0,371 ^{NS}
CV (TCo)		14,08	5,29	8,84	10,8	5,48	14,11	12,55
CV (TN)		13,78	7,78	2,69	14,04	9,68	21,71	18,05

* = Significativo a 5% de probabilidade, NS = não significativo, coeficiente de variação (CV), tipo de condutor (TCo), tipo de nutriente (TN), número de folhas aos 15 dias após o transplante (NF15dat).

4.2.4. Variáveis de crescimento

4.2.4.1. Número de folhas e altura da planta em função do condutor e tipo de nutriente

As tabelas 14 e 15, abaixo, representam os valores médios das variáveis número de folhas e altura da planta aos 15, 30 e 45 dias após o transplante. Sendo possível constatar diferenças significativas em todas as variáveis e em todos os períodos em que foram avaliadas, excepto AP15DAT e NF45DAT para a parcela Tipo de Condutor (Bambu e PVC), e AP15DAT para a subparcela Tipo de Nutriente (Manipueira e Nutriplex). Entretanto, o uso de Manipueira na solução nutritiva no sistema hidropónico tanto no condutor Bambu e PVC mostrou melhor desempenho.

Tabela 14: Número de folhas em função do condutor e nutriente

NF15DAT		NF30DAT		NF45DAT	
Tipo de Condutor		Tipo de Condutor		Tipo de Condutor	
Bambu	PVC	Bambu	PVC	Bambu	PVC
12.14a	9.41b	15.02a	13.07b	25.00a	21.93a
Tipo de Nutriente		Tipo de Nutriente		Tipo de Nutriente	
Manipueira	Nutriplex	Manipueira	Nutriplex	Manipueira	Nutriplex
11.69a	9.86b	15.02a	13.07b	28.63a	18.3b

PVC-Tubo polietileno; DAT- Dias após o transplante

Medias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de probabilidade para os factores tipo de condutor e tipo de nutriente em cada parâmetro.

Pode notar-se que na tabela 14 existem diferenças significativas quanto ao tipo de condutor (Bambu e PVC) e tipo de nutriente (Manipueira e Nutriplex) quanto ao nr de folhas em diferentes períodos do experimento. Isto deve-se provavelmente às características do bambu que é um material vegetal leve e poroso o que pode proporcionar uma certa vantagem em termos de circulação de oxigénio em torno das raízes das plantas, pode contribuir para um desenvolvimento mais saudável das plantas e, conseqüentemente, para um maior número de folhas. Além disso, o bambu pode ter uma interacção mais harmoniosa com o ambiente de cultivo o que pode criar condições favoráveis para o crescimento das plantas, o que já não acontece no PVC, embora este possa ser de fácil limpeza e oferecer uma estrutura mais estável de cultivo.

Quanto ao tipo de nutriente nota-se que a Manipueira é a que reage favoravelmente a ambos os condutores e à medida que o tempo passa esta tende a prover maior nr de folhas e com maior enfoque no condutor bambu. A Manipueira é um subproduto da extração do suco de mandioca e é rica em nutrientes, incluindo Potássio, Cálcio, Magnésio e outros compostos orgânicos que podem ter um impacto positivo no crescimento das plantas. O potássio, em particular, desempenha um papel fundamental no desenvolvimento das plantas estimulando a divisão celular, síntese de proteínas e fotossíntese. Além disso, o Cálcio e o Magnésio são essenciais para a formação da estrutura das folhas e síntese de clorofila.

Por outro lado, o Nutriplex é um fertilizante composto por nutrientes minerais, e embora tenha elementos essenciais para o crescimento, pode não oferecer a mesma variedade e complexidade dos compostos orgânicos e nutrientes secundários encontrados na Manipueira.

Desta forma, a Manipueira pode proporcionar maior nr de folhas em comparação com o Nutriplex, devido à variedade de nutrientes e compostos orgânicos presentes que podem actuar de forma mais abrangente no estímulo para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, resultando em um aumento na produção de folhas, tendo em conta também a luz e a temperatura que podem ter a sua influência no resultado.

Nesta tabela, os resultados mostram uma tendência crescente do número de folhas de alface activas do momento de transplante até à colheita em todos os tratamentos, variando de 12,14 a 25 no condutor bambu, 9,4 a 21,93 no PVC de amplitude no período e mostrando que, durante o ciclo, se foram emitindo novas folhas. Os tratamentos em PVC e bambu sob nutrição mineral, embora tenham registado um aumento gradativo de folhas nas três fases de crescimento (15; 30 e 45DAT) apresentaram valores mais baixos que os de bambu e PVC sob nutrição Manipueira. Este facto encontra-se em conformidade com Fayad *et al.*, (2018), referenciando que a redução do pH e consequente parte de nutrientes num substrato hidropónico resulta em redução de número de folhas. Após os 30 dias após o transplante houve um incremento da altura da planta, nos tratamentos Bambu+Manipueira e PVC+Nutriplex, respectivamente, em comparação com os resultados obtidos no uso de Bambu+Nutriplex e estes resultados corroboram com Bezerra e Oliveira., (2006), que descobriram que o número de plantas cultivadas no sistema hidropónico, usando substratos orgânicos, era duas vezes maior que o de hidroponia com recurso a adubação mineral.

Marschner (2012) e Epstein e Bloom (2005) evidenciam que o uso de substratos orgânicos, como a manipueira, e condutores favorecem a circulação de oxigénio, como o bambu, estão em melhores condições de proporcionar o desenvolvimento do número de folhas e altura das plantas, fornecendo uma nutrição mais rica e um ambiente mais arejado do que o PVC com nutrientes minerais. A combinação desses factores pode justificar os resultados observados e o melhor desempenho dos tratamentos com manipueira, encontrados neste estudo.

A diferença de valores entre os resultados do presente estudo e os obtidos por Bezerra e Oliveira (2006) pode estar relacionada com as diferenças genéticas das variedades usadas nos sistemas de cultivo. O número de folhas é uma característica típica (própria) de cada variedade, o que indica que cada variedade apresenta um número específico de folhas em relação às outras. O mesmo acontece com variável altura.

Tabela 15: Altura da planta em função do condutor e tipo de nutriente

AP15DAT (cm)		AP30DAT (cm)		AP45DAT (cm)	
Tipo de Condutor		Tipo de Condutor		Tipo de Condutor	
Bambu	PVC	Bambu	PVC	Bambu	PVC
16.27a	15.38a	23.95a	21.18b	31.82a	29.41b
Tipo de Nutriente		Tipo de Nutriente		Tipo de Nutriente	
Manipueira	Nutriplex	Manipueira	Nutriplex	Manipueira	Nutriplex
16.13a	15.53a	24.33a	20.79b	35.09a	26.13b

PVC-Tubo polietileno; DAT- Dias após o transplante

Medias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de probabilidade para os factores tipo de condutor e tipo de nutriente em cada parâmetro.

Analisando esta tabela 15 pode-se notar que a altura da planta aumenta ao longo do tempo, independentemente do tipo de condutor e do tipo de nutriente, embora o Bambu e a Manipueira tenham proporcionado maior altura em comparação com o PVC e Nutriplex. De um modo geral, o cultivo hidropónico da alface proporcionou condições favoráveis para a altura da planta em comparação com o cultivo em solo tradicional. A maior altura da alface em cultivos com bambu em comparação com PVC pode estar relacionada a vários factores incluindo a capacidade estrutural. O bambu tem uma estrutura mais flexível e resistente, o que pode permitir que as plantas cresçam de forma mais estável e vertical, enquanto o PVC pode oferecer menos suporte e restrição ao crescimento em altura. Além disso, o bambu pode proporcionar um ambiente mais natural e pode ajudar na altura das plantas.

O facto da Manipueira proporcionar maior altura da alface está relacionado com os nutrientes e substâncias neles presentes que são benéficos para o crescimento das plantas. Estas possuem microorganismos benéficos que contribuem para a saúde das raízes, promovendo assim uma maior altura das plantas da alface enquanto no caso do PVC, sendo material plástico, o seu efeito directo na altura das plantas é limitado.

O efeito do sistema de cultivo (Bamb+Manipueira, Bambu+Nutriplex, PVC+Manipueira e PVC+Nutriplex) nos valores da altura da planta e do número de folhas nos tratamentos Bambu+Manipueira e PVC+Manipueira foi significativamente maior do que os valores das plantas cultivadas em sistema com uso de Bambu+Nutriplex e PVC+Nutriplex aos 15, 30 e 45 dias após o transplante.

4.2.4.2. Comprimento da folha em função do condutor e tipo de nutriente

Do comprimento da folha em função dos tratamentos, podem-se aferir as diferenças significativas existentes entre os factores tipo de condutor e tipo de nutriente em todos os períodos avaliados (aos 15; 30 e 45 dias) após o transplante (Tabela 16).

Tabela 16: Comprimento da folha em função do condutor e tipo de nutriente

CF15DAT (cm)		CF30DAT (cm)		CF45DAT (cm)	
Tipo de Condutor		Tipo de Condutor		Tipo de Condutor	
Bambu	PVC	Bambu	PVC	Bambu	PVC
18.72a	15.63b	29.51a	27.53a	39.11a	32.76b
Tipo de Nutriente		Tipo de Nutriente		Tipo de Nutriente	
Manipueira	Nutriplex	Manipueira	Nutriplex	Manipueira	Nutriplex
18.06a	16.29b	33.83a	23.21b	41.63a	30.23b

PVC-Tubo polietileno; DAT- Dias após o transplante

Medias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de probabilidade para os factores tipo de condutor e tipo de nutriente em cada parâmetro.

Entretanto, não foram constatadas diferenças significativas no parâmetro comprimento da folha para o factor tipo de condutor aos 30 dias após o transplante. Contudo, importa salientar o desempenho do Bambu e da Manipueira nas duas variáveis em todos os períodos de avaliação, destacando os valores médios obtidos no comprimento da folha (29,1 cm bambu) em comparação com (25,2 cm PVC). Em relação ao tipo de nutriente temos em média 31,17cm para a Manipueira e 23,24 para o Nutriplex. Foi realizado o teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade no final do ciclo produtivo (45DAT), onde as plantas submetidas aos tratamentos diferiram estatisticamente entre si.

Os resultados encontrados no presente estudo sobre o maior comprimento da folha de alface usando Bambu e PVC com Manipueira como substrato em sistema hidropónico são fundamentados por Kano *et. al.*,(2012), pois segundo estes autores, a presença de potássio juntamente com nitrogénio constitui uma característica típica da Manipueira, sendo esses elementos mais exigidos pelas hortícolas de folhas, responsáveis pela elevação da ocorrência e desenvolvimento foliar, e na presença e disponibilidade destes nutrientes o diâmetro e comprimento da folha pode ultrapassar 30cm (Barros *et al.*, 2017).

4.2.4.3. Diâmetro da folha em função dos tratamentos

Na análise do diâmetro em função dos tratamentos notam-se diferenças significativas entre o tipo de condutor e de nutriente em todas as fases do experimento (Tabela 17).

Tabela 17: Diâmetro da folha em função do condutor e nutriente

DF15DAT (mm)		DF30DAT (mm)		DF45DAT (mm)	
Tipo de Condutor		Tipo de Condutor		Tipo de Condutor	
Bambu	PVC	Bambu	PVC	Bambu	PVC
15.88a	13.69b	28.67a	20.02b	34.65a	27.56b
Tipo de Nutriente		Tipo de Nutriente		Tipo de Nutriente	
Manipueira	Nutriplex	Manipueira	Nutriplex	Manipueira	Nutriplex
15.6a	13.98b	28.67a	23.57b	33.86a	28.38b

PVC-Tubo polietileno; DAT- Dias após o transplante

Medias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de probabilidade para os factores tipo de condutor e tipo de nutriente em cada parâmetro.

A tabela 17 mostra que o condutor bambu e Manipueira como nutriente são eficazes para proporcionar na planta melhor diâmetro. Pois, a resistência e a durabilidade do bambu permitem que possa suportar o crescimento da alface de forma vertical e também pode fornecer suporte ao redor da planta, isto significa que a alface pode crescer para cima, mas também de forma horizontal, expandindo-se para os lados, o que pode contribuir para um maior diâmetro da folha da alface. O suporte vertical fornecido pelo bambu pode permitir que a planta tenha uma estrutura robusta, o que permite um crescimento mais amplo e, por consequência, maior diâmetro.

Analisando os resultados em relação ao diâmetro das folhas nota-se que, nos tratamentos usando Bambu e PVC + Manipueira e Bambu + Nutriplex no final do ciclo da cultura (45 DAT), demonstraram valores aceitáveis de diâmetro. Estudos realizados por Oliveira, *et. al.*, (2014), analisando os efeitos do uso de sistemas de produção usando substratos orgânicos em plantas da alface da variedade Lisa, obtiveram crescimento linear do diâmetro da folha, alcançando valor 34,94 cm média .

O aumento dos valores de diâmetro médio obtido neste estudo demonstrou a influência significativa dos tratamentos com recurso ao bambu e Manipueira no sistema hidropónico. No

entanto, trabalhos realizados por Gensenhoff, *et al.*, (2016), estudando o efeito de sistema hidropônico sob fertilização orgânica com recurso a urina de vaca no cultivo da alface, verificaram que o factor nutriente (urina de vaca) exerceu influência significativa sobre o diâmetro médio tal como observado no presente estudo, o que demonstra inferências seguras sobre o efeito de fertilização orgânica em sistemas hidropônicos.

Mendes *et al.*, (2021) avaliando um sistema semelhante, constatou que a maior produção de número de folhas, diâmetro e comprimento da folha por planta foram observados nas parcelas onde se usou substratos orgânicos semelhantes aos obtidos com fertilizantes minerais. Por sua vez Almeida, (2006) sustenta que as hortícolas folhosas respondem muito bem à fertilização orgânica e à utilização de fertilizantes minerais e promovem dependência e redução na actividade biológica da água podendo afectar o desempenho produtivo das culturas. Santos *et al.*, (2020) analisaram a influência de diversos condutores na produção de hortícolas, encontrando que materiais, como o bambu, facilitam o crescimento das plantas, permitindo melhor circulação de ar e iluminação.

As contribuições de diversos autores nesta temática evidenciam a importância do uso de condutores naturais e fertilizantes orgânicos para otimizar o crescimento da alface, promovendo uma agricultura mais sustentável e ecologicamente responsável.

4.2.5. Variáveis de Rendimento

4.2.5.1. Peso por cabeça (PPC)

Avaliando-se o efeito do sistema hidropônico usando diferentes condutores (Bambu e PVC) e nutrientes (Manipueira e Nutriplex) nas variáveis peso por cabeça (g) após 45 dias do transplante e com base nos resultados de comparação de médias dos tratamentos (Bambu+Manipueira, Bambu+Nutriplex, PVC+Manipueira e PVC+Nutriplex), usando o teste de Duncan a 5% de probabilidade, verificou-se que a variável peso por cabeça apresentou diferenças significativas estatisticamente entre si. Mas o condutor Bambu e Manipueira como nutriente apresentaram valores maiores 233,33g e 230,12g (Tabela 18).

Tabela 18: Peso médio da cabeça de alface em função do tipo de condutor e nutriente

Peso por Cabeça (g)			
Tipo de Condutor		Tipo de Nutriente	
Bambu	PVC	Manipueira	Nutriplex
233.33 ^a	160.63 ^b	230.12 ^a	163.83 ^b

PVC-Tubo polietileno; DAT- Dias após o transplante

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de probabilidade para os factores tipo de condutor e tipo de nutriente em cada parâmetro.

Analisando os resultados reflectidos na tabela 18, pode se ver que a produtividade na variável peso por cabeça (gramas) foi maior nos tratamentos com Bambu e usando Manipueira como nutriente. Estes resultados podem provavelmente justificar-se pela pré-fermentação a que é submetida a Manipueira antes de ser aplicada no sistema, o que permite a libertação de nutrientes pelas bactérias presentes no substrato. Por outro lado, o maior desempenho verificado no tipo de condutor (Bambu) na variável peso por cabeça explica-se por ser de natureza vegetal. Segundo Silva (2017), durante o processo do funcionamento do sistema (ciclo da cultura) ocorre a decomposição interna do material e a consequente libertação de nutrientes importantes ao desenvolvimento da cultura, o que reforça a composição química do material envolvido.

O tubo PVC e o Nutriplex apresentaram valores estatisticamente menores do peso por cabeça da alface comparativamente com os demais tratamentos, em virtude da possível falta de aderência do material ao substrato nutritivo, o que leva à perda de nitrogénio (N). Estes resultados são explicados por Taíz e Zeiger, (2019) ao inferir que a baixa biomassa fresca em alface produzida em sistemas envolvendo o polietileno ou o PVC pode estar relacionada com a baixa disponibilidade de nutrientes na solução nutritiva aliada à periodicidade da bomba no fornecimento da solução no sistema radicular, o que possivelmente pode acarretar baixa disponibilidade de nitrogénio (N) que é um macronutriente fundamental para as plantas. O Nitrogénio possui uma função estrutural e contribui para a formação de aminoácidos, proteínas, enzimas, coenzimas, vitaminas e nos pigmentos presentes nas moléculas de clorofila, exercendo uma certa influência no crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura.

4.2.5.2. Rendimento em função do condutor e o tipo de nutriente

Dos resultados do rendimento na cultura da alface, pode-se notar diferenças estatisticamente significativas, ao nível de significância ($P < 0,05$), entre as médias nesta variável, tanto para o factor tipo de condutor e tipo de nutriente. Contudo, importa ressaltar o

desempenho alcançado no condutor Bambu e nutriente Manipueira, pois as médias mais elevadas foram alcançadas nestes tratamentos (Tabela 19).

Tabela 19: Médias do rendimento em função dos tratamentos (REND)

Rendimento (ton/ha)			
Tipo de Condutor		Tipo de Nutriente	
Bambu	PVC	Manipueira	Nutriplex
33.26 ^a	24b	32.64a	24.62b

PVC-Tubo polietileno; DAT- Dias após o transplante

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de probabilidade para os factores tipo de condutor e tipo de nutriente em cada parâmetro.

Com base nas informações apresentadas, os resultados de produtividade da alface obtidos neste estudo são considerados acima da média quando comparados com os do comércio regional. Isso indica que a técnica agrícola que utiliza bambu e biofertilizante à base de Manipueira é suficientemente produtiva.

O baixo valor de produtividade observado no experimento em que se usou PVC e Nutriplex quando comparado com outras técnicas envolvendo substrato orgânico e Manipueira pode ser atribuído à natureza do material não aderente e ao tempo de periodicidade da bomba o que limita o fornecimento de elementos da solução nutritiva às plantas, tendo em conta que as culturas de ciclo curto, como a alface, exigem nutrição mineral prontamente disponível (Dias, *et. al.*, 2014). A produtividade reduzida no tratamento com PVC e Nutriplex pode ser atribuída a uma combinação de factores, incluindo a falta de fósforo devido à redução no uso de fertilizantes minerais, e as diferenças nas propriedades físicas e térmicas dos materiais (bambu versus PVC). O bambu, com suas propriedades porosas e capacidade de dissipar calor, pode oferecer condições mais favoráveis para o crescimento das plantas em comparação com o PVC, que pode dificultar a circulação de água e nutrientes e reter mais calor, prejudicando as raízes das plantas.

A diferença de produtividade da alface entre os tratamentos com bambu e PVC em sistemas hidropónicos pode ser explicada por factores relacionados às propriedades físicas dos materiais e às condições que eles oferecem para o crescimento das plantas. O bambu, devido à sua porosidade, promove uma melhor circulação de água e nutrientes, facilitando a oxigenação das raízes, o que é crucial para a absorção eficiente de nutrientes (Pérez *et al.*, 2011). Além

disso, sua estrutura permite que o excesso de água seja drenado facilmente, evitando a saturação das raízes e proporcionando condições ideais para o desenvolvimento radicular.

Contrariamente, o PVC, por ser liso e impermeável, dificulta a circulação de água e nutrientes, o que pode resultar em condições anaeróbicas ao redor das raízes, prejudicando a absorção de oxigênio e afetando o crescimento das plantas (Raviv *et al.*, 2008). A retenção de calor no PVC também pode afetar negativamente a temperatura do ambiente radicular, causando estresse térmico, o que reduz a taxa de crescimento das plantas e a eficiência na absorção de nutrientes (Taiz e Zeiger, 2019). Além disso, a deficiência de fósforo, causada pela diminuição do uso de fertilizantes minerais, pode impactar a produtividade, já que esse nutriente é essencial para a respiração celular e a divisão celular, processos fundamentais para o crescimento das plantas (Bar-Tal *et al.*, 2014). Assim, o bambu, com suas propriedades de dissipação de calor e melhor oxigenação, oferece condições mais favoráveis para o crescimento das alfaces, enquanto o PVC pode dificultar o desenvolvimento saudável das plantas devido à sua baixa capacidade de promover essas condições ideais.

Os valores de rendimento encontrados no seu estudo, que superaram os encontrados por Dias *et al.*, (2014), com médias de 18 ton/ha e 24,35 ton/ha no cultivo hidropônico de alface, são consistentes com outras pesquisas que discutem a eficiência do sistema hidropônico na produção de hortícolas. O cultivo hidropônico tem sido cada vez mais reconhecido como uma prática agrícola sustentável, especialmente no contexto das mudanças climáticas, devido às suas várias vantagens, especialmente no uso eficiente dos recursos naturais.

Kloppenborg *et al.*, (2016) destacam que a hidroponia pode reduzir significativamente o consumo de água em comparação com a agricultura convencional, que utiliza até 70% da água disponível para irrigação. No entanto, o sistema hidropônico pode reduzir esse consumo em até 90%, recirculando a água utilizada no cultivo, o que é particularmente vantajoso em regiões onde a água é um recurso escasso, como resultado das mudanças climáticas. Esse benefício se reflete diretamente na sustentabilidade do cultivo de hortaliças, permitindo que os agricultores mantenham a produção em regiões afetadas por seca e outros fenômenos climáticos extremos.

Da mesma forma, Araújo *et al.*, (2018) reforçam que a hidroponia é uma resposta eficaz para garantir a segurança alimentar diante das mudanças climáticas. A possibilidade de controlar de forma precisa a quantidade de água e nutrientes que as plantas recebem não apenas melhora o desempenho das culturas, mas também minimiza o desperdício de recursos. O

sistema hidropónico, ao permitir a otimização do uso da água, pode ser uma solução viável para sustentar a produção agrícola em um cenário de alterações climáticas.

Zhao *et al.*, (2017) também corroboram a eficiência do cultivo hidropónico, observando que, ao controlar variáveis como pH, nutrientes e água, a produção de hortícolas pode ser significativamente aumentada, com rendimentos que superam os observados na agricultura tradicional. Os autores destacam que os sistemas hidropónicos permitem uma produção mais consistente e de maior qualidade, o que contribui para a produtividade das culturas, como foi observado no presente estudo, em que os rendimentos superaram as médias obtidas por Dias *et al.*, (2014). Além disso, Teng *et al.*, (2020) ressaltam a sustentabilidade do sistema hidropónico no uso de fertilizantes. A solução nutritiva, controlada no ambiente hidropónico, permite uma utilização mais eficiente dos fertilizantes, reduzindo o impacto ambiental causado pelo excesso de nutrientes, algo comum na agricultura convencional. Esse controlo preciso dos recursos torna a hidroponia uma prática não apenas mais produtiva, mas também ambientalmente responsável.

Portanto, o sistema hidropónico se apresenta como uma alternativa agrícola cada vez mais relevante diante dos desafios climáticos, contribuindo para o aumento da produtividade, a conservação de água e a redução dos impactos ambientais, como evidenciado tanto pelos estudos de Dias *et al.*, (2014) quanto por outros autores que discutem o potencial desta técnica como resposta às mudanças climáticas. Neste sistema, é possível ter um controlo rigoroso das condições atmosféricas, como temperatura, humidade e luminosidade. Isso pode auxiliar na adaptação da produção às mudanças climáticas e minimizar diversos impactos. Além disso, pode proporcionar resiliência a desastres naturais em caso de eventos climáticos extremos, como secas ou inundações.

A hidroponia pode ser superior à agricultura convencional, pois não depende do solo e é facilmente controlada em ambientes protegidos. Também reduz o impacto de gases de efeito estufa, pois tende a consumir menos energia e a emitir menos desses gases do que os métodos tradicionais usados pelo sector familiar, especialmente quando combinada com fontes de energia renovável. A resiliência climática na agricultura é um conceito que envolve a capacidade dos sistemas agrícolas de se adaptarem e recuperarem rapidamente diante de stress climático, como secas, inundações e variações de temperatura. Segundo Cardoso *et al.*, (2019), a adopção de sistemas hidropónicos, como o utilizado neste estudo, permite um controlo rigoroso das condições ambientais, ajudando na mitigação dos efeitos adversos das mudanças climáticas. O sistema hidropónico não apenas minimiza o uso de água, mas também maximiza

a eficiência no uso de nutrientes, essencial para culturas de ciclo curto como a alface (Santos *et al.*, 2020).

4.2.5.3. Análise da viabilidade económica da hidroponia

A análise económica dos diferentes sistemas de hidroponia em uma área de 120m² revela que os sistemas baseados em Bambu e Manipueira (BM) e Bambu com Substância Inorgânica (BSI) são significativamente mais económicos e rentáveis do que aqueles que utilizam PVC. Os custos fixos e variáveis dos sistemas BM e BSI são consideravelmente menores, tornando-os mais acessíveis. O sistema BM se destaca por apresentar o maior rendimento em termos de produção e o maior benefício bruto após seis colheitas, seguido pelo sistema BSI. Em termos de receita líquida, tanto BM quanto BSI geram retornos positivos, com BM sendo o mais lucrativo. Ao contrário, os sistemas que utilizam PVC (PVC M e PVC SI) apresentam receitas líquidas negativas, indicando inviabilidade económica devido aos altos custos e menor rendimento de produção (Tabelas 20, 21 e 22). Portanto, a escolha dos sistemas BM e BSI se mostra a mais vantajosa sob a óptica económica, garantindo melhor retorno sobre o investimento.

Tabela 20: Custos Fixos e Variáveis em função dos sistemas de hidroponia numa área de 120m². BM-Bambu e Manipueira; PVC M- Pvc e Manipueira; PVC SI- Pvc com substância inorgânica (Nutriplex; BSI-Bambu com substância inorgânica (Nutriplex).

Descrição	PVC M (Mt)	BM (Mt)	PVC SI (Mt)	BSI (Mt)
Custos Fixos (A)				
Estufa para uma área de 120 m ²	166.215,00	35.607,00	166.215,00	35.607,00
10 Bancadas para uma área de 120 m ²	108.405,00	25.927,00	108.405,00	25.927,00
Componentes eletrónicos para 10 bancadas	30.500,00	30.500,00	30.500,00	30.500,00
Custos Variáveis (B)				
Insumos (nutrientes, sementes e energia)	5.450,00	3.500,00	5.450,00	5.450,00
Custo Total (A + B)				
Total	310.570,00	95.534,00	310.570,00	97.484,00

Tabela 21: Produção e Receitas em função dos sistemas de hidroponia numa área de 120m². BM-Bambu e Manipueira; PVCMM- Pvc e Manipueira; PVCSI- Pvc com substância inorgânica (Nutriplex; BSI-Bambu com substância inorgânica (Nutriplex).

Descrição	PVCM (Mt)	BM (Mt)	PVCSI (Mt)	BSI (Mt)
Rendimento em kgs numa área de 120m ²	939,2	1.299,2	747,2	1.262,4
Preço de venda (Mt/kg)	40	40	40	40
Benefício total da colheita (Mt)	37.568,00	51.968,00	29.888,00	50.496,00
Benefício bruto de 6 colheitas anuais (Mt)	168.203,32	232.676,47	119.817,62	226.085,87

Tabela 22: Receita líquida e ROI em função dos sistemas de hidroponia numa área de 120m². BM-Bambu e Manipueira; PVCMM- Pvc e Manipueira; PVCSI- Pvc com substância inorgânica (Nutriplex; BSI-Bambu com substância inorgânica (Nutriplex).

Sistema	Receita Líquida (Mt)	Custo Total (Mt)	Receita Bruta (6 colheitas) (Mt)	ROI (%)
PVCM	-142.366,68	310.570,00	168.203,32	-45,8%
BM	137.142,47	95.534,00	232.676,47	143,7%
PVCSI	-176.753,00	310.570,00	119.817,62	-56,9%
BSI	128.601,87	97.484,00	226.085,87	132,0%

Observando os resultados de análise económica dos sistemas de hidroponia do presente estudo em todas as tabelas, pode se aferir uma distinção significativa entre o uso de materiais alternativos, como bambu, e os materiais sintéticos tradicionais, como PVC. Esta distinção não apenas influencia os custos iniciais, mas também afecta directamente a viabilidade económica a longo prazo e o retorno sobre o investimento. Todavia, os sistemas que utilizam bambu, como o BM (Bambu e Manipueira) e o BSI (Bambu com Substância Inorgânica), demonstram uma vantagem em termos de custo-benefício. A pesquisa de Gomez, (2014) sugere que materiais naturais, além de serem mais sustentáveis, podem reduzir significativamente os custos fixos. Este estudo confirma essa observação, mostrando que o sistema BM, por exemplo, não só possui custos de instalação mais baixos, mas também proporciona um retorno económico positivo após seis colheitas. Da mesma forma, Silva *et al.*, (2017) reforçam a ideia de que o uso

de substratos orgânicos em hidroponia pode equilibrar custos com produção, algo que é refletido nos resultados positivos observados no sistema BSI.

Os sistemas que utilizam PVC, como o PVCM e o PVCSI, apresentam sérias desvantagens económicas. Embora o PVC seja conhecido por sua durabilidade e facilidade de uso, o estudo actual revela que os altos custos de instalação e manutenção tornam esses sistemas economicamente inviáveis em contextos de pequena escala. Carvalho (2016) já havia alertado para essa questão, destacando que o retorno financeiro nesses sistemas pode não justificar o investimento inicial. Os resultados da análise actual confirmam essa preocupação, mostrando receitas líquidas negativas para ambos os sistemas de PVC após seis colheitas.

Além disso, o estudo de Pereira *et al.*, (2018) sugere que materiais sintéticos como o PVC podem ser menos eficientes em termos de custo-benefício quando comparados a alternativas naturais ou recicladas tal como verificado no presente estudo. Isso ocorre porque, apesar de algumas vantagens operacionais, os custos fixos elevados e a necessidade de manutenção frequente acabam comprometendo o retorno financeiro, algo que é evidente nos resultados com PVCM e PVCSI.

No que concerne ao retorno sobre o investimento, os sistemas BM e BSI apresentam resultados altamente positivos, com ROI que superam os padrões de referência (benchmarks) e as recomendações dos autores Mauboussin (2009) e Greenblatt (2005), indicando que são investimentos bem-sucedidos. Ao contrário de PVCM e PVCSI apresentam ROI negativo, indicando perdas significativas e desempenho abaixo dos padrões aceites. A análise sugere que BM e BSI são as opções mais atraentes e rentáveis, enquanto PVCM e PVCSI necessitam de uma reavaliação detalhada para melhorar a viabilidade e a eficiência dos investimentos.

O impacto na produtividade também é uma consideração importante. Estudos feitos por Martins (2015) mostraram que, embora a aplicação de soluções inorgânicas possa aumentar a produção em sistemas hidropónicos, os custos adicionais nem sempre justificam esse aumento. No caso do presente estudo o PVCSI, apesar do uso de substâncias inorgânicas, o rendimento foi insuficiente para compensar os altos custos, resultando em uma receita líquida negativa. Isso sugere que a escolha de materiais e técnicas deve equilibrar não apenas a produtividade, mas também a viabilidade económica e a sustentabilidade.

Com relação a sustentabilidade a longo prazo, os sistemas baseados em bambu também oferecem benefícios adicionais em termos de sustentabilidade ambiental, um factor cada vez

mais importante na agricultura moderna. O bambu é um recurso renovável, de rápido crescimento e com baixo impacto ambiental, o que o torna uma escolha ideal para sistemas de cultivo sustentáveis (Silva, 2017). O mesmo autor aponta que em termos de longo prazo, esses sistemas não apenas oferecem um retorno financeiro positivo, mas também contribuem para práticas agrícolas mais ecológicas.

Quanto a resiliência às mudanças climáticas, os sistemas hidropônicos que utilizam materiais naturais, como bambu e manipueira, não apenas oferecem vantagens econômicas, mas também demonstram maior resiliência às mudanças climáticas. O bambu, sendo uma planta altamente adaptável, é ideal para regiões onde as condições climáticas são imprevisíveis ou extremas, o que o torna uma escolha sustentável e duradoura, conforme observado por Gómez (2014) e Silva (2017). Estes sistemas, como BM e BSI, dependem menos de recursos sintéticos, tornando-os menos susceptíveis a interrupções nas cadeias de suprimento durante eventos climáticos adversos, permitindo-lhes operar de maneira eficiente e garantir um retorno econômico positivo.

Por outro lado, os sistemas que utilizam PVC, como PVCM e PVCSI, enfrentam desafios significativos quanto à resiliência climática. Embora o PVC seja consistente, sua produção e manutenção dependem de cadeias de suprimento vulneráveis a condições climáticas adversas, conforme destacado por Carvalho (2016) e Pereira (2018). Além disso, esses sistemas tendem a ser menos eficientes no uso de recursos críticos como água e energia, o que os torna menos viáveis economicamente em cenários de mudanças climáticas, como evidenciado pela receita líquida negativa na análise.

Além disso, Martins (2015), Santos *et al.*, (2017) e Fernandes *et al.*, (2019) ressaltou que a produtividade dos sistemas hidropônicos pode ser afetada por variações climáticas, especialmente na disponibilidade de água e nutrientes. Os sistemas baseados em bambu são mais sustentáveis e resilientes, adaptando-se melhor às mudanças climáticas, o que lhes permite manter a produtividade e viabilidade econômica. O bambu também contribui para a redução da perda de carbono, absorvendo o dióxido de carbono (CO₂), o que ajuda a mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

Em termos de resiliência a longo prazo, os sistemas hidropônicos que utilizam bambu e manipueira não apenas geram retornos financeiros positivos, mas também demonstram uma capacidade superior de adaptação a condições climáticas variáveis. Os sistemas baseados em

PVC, com sua baixa adaptabilidade e receitas líquidas negativas, estão menos preparados para enfrentar os desafios das mudanças climáticas, comprometendo sua sustentabilidade econômica a longo prazo.

4.3. Ensaio de Mulching no cultivo de Milho

Conforme o resumo de análise (ANOVA) na Tabela 23, nota-se que das dez (10) variáveis estudadas cinco foram significativas para época de produção ($P < 0,05$) (diâmetro de espiga, peso de mil sementes, altura de inserção da espiga, diâmetro do colmo e rendimento) excepto (NGE, PE, NF, CE e AP) que não foram significativos ($P > 0,05$). Para o Bloco, apenas os parâmetros peso de mil sementes e diâmetro do colmo é que foram significativos e oito parâmetros foram significativos para o Tipo de Cobertura, sendo o diâmetro de espiga e peso de mil sementes os parâmetros não significativos para este factor. Entretanto, apenas o diâmetro da espiga é que foi significativo para a interação época e tipo de cobertura. Todos os parâmetros foram avaliados a nível de 5% de significância pelo teste F (Fisher) (Tabela 23).

Tabela 23: Resumo de comparação de médias nas variáveis do milho

Fonte de Variação	GL	Pr(>F _c)				
		CE	DE	NGE	PE	PMS
Época (E)	1	0.074 ^{NS}	0.012*	0.073 ^{NS}	0.360 ^{NS}	0.014*
Bloco	2	0.120 ^{NS}	0.699 ^{NS}	0.285 ^{NS}	0.255 ^{NS}	0.010*
Tipo de Cobertura (TCo)	2	0.000*	1 ^{NS}	0.001*	0.001*	0.402 ^{NS}
E×TCo	2	0.642 ^{NS}	0.004*	0.176 ^{NS}	0.725 ^{NS}	0.178 ^{NS}
CV (Época)		11.82	18.16	32.94	15.49	4.35
CV (Tipo de cobertura)		12.03	6.012	9.97	10.47	11.35

Fonte de Variação	GL	Pr(>F _c)				
		AP	AIE	DC	NF	REND
Época (E)	1	0.072 ^{NS}	0.047*	0.034*	0.144 ^{NS}	0.031*
Bloco	2	0.092 ^{NS}	0.065 ^{NS}	0.028*	0.308 ^{NS}	0.123 ^{NS}
Tipo de Cobertura (TCo)	1	0.000*	0.000*	0.000*	0.001*	0.000*
E×TCo	1	0.456 ^{NS}	0.761 ^{NS}	0.423 ^{NS}	0.902 ^{NS}	0.090 ^{NS}
CV (Época)		11.75	8.56	6,15	18.92	11.07
CV (Tipo de cobertura)		12.37	7.83	5.96	6.85	10.52

* = Significativo a 5% de probabilidade, NS = não significativo, coeficiente de variação (CV), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de grãos por espiga (NGE), peso da espiga (PE), peso de mil sementes (PMS), altura de inserção da espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC) e número de folhas (NF).

4.3.1. Variáveis de crescimento

4.3.1.1. Altura da planta, inserção da espiga, Número de folhas e diâmetro do colmo

Destes resultados nota-se que existem diferenças significativas na variável em estudo número de folhas e, conforme os resultados, nesta variável não foi verificada nenhuma diferença entre plástico e palha. Entretanto a mais elevada foi verificada na produção em cobertura com plástico no período de Verão (Tabela 24).

Tabela 24: Número de folhas (NF) em função das épocas de produção e Tipo de cobertura

Época de Produção		Tipo de Cobertura		
Inverno	Verão	Plástico	Palha	Sem Cobertura
15.67a	19.32a	20.17a	18.75a	18.62b

Medias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de probabilidade para os factores época de produção e tipo de cobertura

Em relação aos resultados inerentes ao número de folhas na tabela 23, nota-se, que não houve diferenças estatisticamente significativas em quase todos os tratamentos, excepto nos tratamentos sem cobertura do solo em ambos períodos de estudo (Inverno e Verão) quanto ao número de folhas por planta. Maiores valores absolutos de número de folhas foram observados nos tratamentos com uso de palha e plástico nos dois períodos Inverno e Verão.

O uso de plástico como cobertura no cultivo de milho tem sido aprimorado nos últimos tempos devido aos seus efeitos positivos sobre o crescimento das plantas, especialmente no que se refere à protecção contra condições climáticas adversas e à melhoria das condições do solo. No verão, o plástico proporciona um ambiente mais controlado, mantendo a humidade e os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas, e também ajuda a proteger contra ventos fortes e chuvas excessivas, como observado em estudos de González *et al.*, (2020), que abordam os benefícios da cobertura plástica na produtividade de culturas como o milho, ao proporcionar um ambiente mais estável e seguro para o crescimento.

A cobertura com plástico favorece o desenvolvimento das espigas, protegendo-as de danos causados por ventos e pragas, o que é corroborado por Wang *et al.*, (2017), que destacam a importância das barreiras físicas para o controlo de pragas e para o aumento da produtividade de espigas de milho. A protecção adicional contra as condições climáticas adversas, como chuvas excessivas, é um dos principais benefícios, pois impede a destruição das espigas em desenvolvimento, aumentando assim o número de espigas e a produtividade geral.

No inverno, o efeito isolante do plástico ajuda a manter o solo mais quente, o que é um factor determinante para o crescimento das plantas em regiões com invernos rigorosos, como discutido por Jones *et al.*, (2015). Eles observam que o aumento da temperatura do solo durante o inverno contribui significativamente para o crescimento de culturas como o milho, especialmente em condições de clima frio, devido à retenção do calor e à redução da perda de humidade do solo. El-Zeiny *et al.*, (2019) também destacam que o uso de plástico como cobertura tem efeitos positivos no aumento da humidade do solo, ajudando a mitigar os efeitos da seca no inverno, especialmente em regiões com baixa precipitação.

Entretanto, Beverley *et al.*, (2016) discutem as possíveis desvantagens do uso do plástico, como a redução da permeabilidade do solo, que pode dificultar a circulação do ar e afectar a saúde do solo a longo prazo. Essa questão de impermeabilidade pode ser um desafio para o desenvolvimento de um sistema radicular saudável, uma vez que o ar não circula adequadamente no solo coberto com plástico.

Segundo Valicheski *et al.*, (2012), a quantidade de folhas por planta apresenta pouca variação em relação aos sistemas de produção, uma vez que é uma característica intrínseca à variedade. Eles não observaram diferenças na quantidade de folhas por planta em relação à cobertura do solo para a variedade Matuba, semelhante ao que foi encontrado neste estudo. No entanto, os dados deste estudo sobre a quantidade de folhas por planta mostraram um resultado superior ao encontrado por Araújo (2007) para a mesma variedade (Matuba), que registou uma média inferior a 15,4 folhas por planta na sua pesquisa. Foi observado que a maior quantidade de folhas por planta ocorreu com valores de cobertura do solo semelhantes, o que destaca a importância desta variável para o aumento da produtividade.

4.3.1.2. Altura da planta, inserção da espiga e diâmetro do colmo em função da época de produção e tipo de cobertura

Com base nos resultados de comparação de médias dos tratamentos usando teste de Duncan a 5% de probabilidade, quando utilizada à cobertura do solo com recurso a palha e plástico, verificou-se no Verão maior altura da planta de milho em 2,21 m/planta. Os tratamentos usando palha e plástico e sem cobertura apresentaram diferenças significativas. Olhando para a altura de inserção da espiga, e diâmetro do colmo notam-se diferenças significativas nos dois períodos e em diferentes tipos de cobertura (Tabela 25).

Tabela 25: Altura da planta; inserção da espiga e diâmetro do colmo em função da cobertura e época de produção.

Altura da Planta (m)				
Época de Produção		Tipo de Cobertura		
Inverno	Verão	Plástico	Palha	Sem Cobertura
1.82a	2.21a	2.64a	2.08b	1.32c
Altura de Inserção da Espiga (cm)				
Época de Produção		Tipo de Cobertura		
Inverno	Verão	Plástico	Palha	Sem Cobertura
80.39b	96.14a	109.13a	93.67b	62c
Diâmetro do Colmo (mm)				
Época de Produção		Tipo de Cobertura		
Inverno	Verão	Plástico	Palha	Sem Cobertura
50.54b	58.92a	70.39a	62.84b	30.98c

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de significância.

A diferença entre os períodos de produção e o tipo de cobertura em relação à altura da planta, inserção da espiga e diâmetro do colmo, provavelmente deve-se ao facto de que, durante o Verão, e a cobertura com plástico podem influenciar a altura da planta de milho, a altura de inserção da espiga e o diâmetro do colmo, por várias razões:

A utilização de plásticos para cobertura do solo tem mostrado efeitos significativos no crescimento e desenvolvimento do milho, especialmente ao influenciar a temperatura e a humidade do solo. Durante o Verão, a cobertura plástica aumenta a temperatura do solo, o que pode acelerar o crescimento das plantas, estimular a fotossíntese e favorecer o desenvolvimento da estrutura do colmo e da espiga. Como fundamentado por Singh *et al.*, (2016), o aumento da temperatura do solo pode melhorar a realização das reacções fotossintéticas, resultando em maior produção de assimilados, o que é essencial para o bom enchimento da espiga e a formação dos grãos. No entanto, Bari *et al.*, (2017) observam que, embora o aumento da temperatura favoreça a taxa de fotossíntese, temperaturas excessivamente altas podem prejudicar o desempenho da planta, comprometendo a produção de fotoassimilados e reduzindo a produtividade.

Além de regular a temperatura, o plástico também desempenha um papel importante na preservação da humidade do solo, especialmente durante os períodos secos. A cobertura plástica retém a água no solo, favorecendo o crescimento do milho, o que é sustentado por Mahajan *et al.*, (2018), ao afirmarem que a retenção de humidade melhora o desenvolvimento da planta, incluindo maior altura e diâmetro do colmo, além de favorecer o bom desenvolvimento da espiga. A humidade do solo é um factor crucial no crescimento do milho, como mencionado por Ali *et al.*, (2020), que afirmam que solos mais húmidos favorecem o crescimento saudável da planta. No entanto, como alerta Guerra *et al.*, (2021), a humidade excessiva pode causar crescimento exagerado das plantas e afectar negativamente o desenvolvimento da espiga, principalmente se o solo se tornar encharcado, afectando a altura da inserção da espiga e o diâmetro do colmo.

Durante o Inverno, as plantas de milho enfrentam condições menos favoráveis ao seu crescimento. A redução da intensidade solar e os dias mais curtos limitam a fotossíntese, o que reduz a eficiência das reacções metabólicas das plantas, como observado por Hosseini *et al.*, (2019). As plantas de milho são particularmente sensíveis ao frio, o que pode reduzir a actividade enzimática e comprometer o crescimento. Além disso, Yin *et al.*, (2020) relatam que a baixa temperatura limita a capacidade das plantas de realizar fotossíntese de maneira eficiente, afectando directamente o seu desenvolvimento.

A disponibilidade reduzida de água durante o Inverno, condicionada por secas prolongadas, como apontado por Tiwari *et al.*, (2021), também é um factor limitante. A falta de água prejudica o transporte de nutrientes e compromete a regulação da temperatura interna da planta, afectando negativamente o seu crescimento e a translocação de nutrientes. Isso pode resultar em uma menor formação de grãos e redução da produtividade, impactando directamente na produção do milho.

De um modo geral pode se referir que a reacção das plantas de milho cultivadas sob cobertura de plástico no Inverno foi menos eficiente devido à menor intensidade da luz solar, temperaturas mais baixas, menor disponibilidade de água, menor actividade biológica do solo e condições climáticas adversas o que condicionou um crescimento lento e potencialmente uma produção menor. Enquanto comparando a cobertura com palha e sem cobertura nota-se uma diferença substancial em termos dos valores da altura da planta, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo, pois a cobertura com palha proporcionou estímulo no crescimento das plantas, uniformidade na altura da inserção da espiga e um diâmetro de colmo aceitável, resultando em plantas robustas e produtivas. Apesar desta virtude da cobertura com palha ela

apresenta algumas perdas o que a torna menos eficaz comparada com a cobertura de plástico. Nas parcelas sem cobertura do solo notou-se que o caule do milho ficou estiolado e as plantas tiveram menor vigor em todas épocas de cultivo (Verão e Inverno) em relação aos demais tratamentos, demonstrando fraca capacidade de competitividade com as infestantes.

Esses resultados são fundamentados por Carimo, (2012) ao referir que a maior competição pela Luz, entre a planta de milho e as infestantes provoca maior crescimento em altura em detrimento do crescimento radial do colmo, facto observado no presente estudo (Wang *et al.*, 2022). Motter e Almeida, (2015) no seu trabalho avaliando o efeito de diferentes materiais de cobertura do solo no desempenho da alface, observaram maior altura das plantas com uso de cobertura do solo com plástico preto e palha de capim *Chenycyrus ciliares*. Souza, (2017) trabalhando com os mesmos factores do presente estudo, encontraram valores distintos em função da fertilidade do solo, mostrando que as culturas respondem aos diferentes estímulos. As diferenças observadas neste experimento em comparação com o encontrado por Souza, (2017) podem ser explicadas pelo facto de ter sido realizada adubação mineral para expressar a máxima capacidade de rendimento das culturas.

Quanto à altura de inserção de espiga ela deve ser considerada, sobretudo, aquando da escolha do sistema de cultivo. Dessa forma, em sistemas integrados, por exemplo, as espigas situadas em menores alturas dificultam as operações de colheita. Sendo que, os resultados reflectidos na tabela 24 ilustram que a época de produção e o tipo de cobertura nos níveis Verão e plástico, é que proporcionou melhor desempenho nas variáveis altura de inserção da espiga. Resultados similares foram observados por Cruz e Oliveira (2015), em diferentes regiões de Moçambique, usando também a variedade Matuba.

Quanto aos valores de diâmetro do colmo encontrados no presente estudo, pode ver-se que nos tratamentos usando cobertura do solo à base de palha e plástico nas duas épocas (Inverno e Verão) de cultivo no final do ciclo da cultura (110 DAS), apresentaram médias superiores na cobertura com plástico e palha, (62,84 e 70,39mm) e respectivamente quando comparadas às plantas produzidas sem cobertura, com cerca de 30,98 mm. Porém, o aumento dos valores de diâmetro de colmo também foi demonstrado, em trabalhos realizados por Oliveira *et al.*, (2019), analisando os efeitos da cobertura do solo obtiveram médias superiores à obtida no tratamento controlo (sem cobertura). O mesmo, reforça a pertinência de maior volume do colmo explicando que o mesmo não possui apenas função de suporte de folhas e inflorescência, mas principalmente, actua como uma estrutura destinada ao armazenamento de sólidos solúveis que são utilizados posteriormente na formação e enchimento dos grãos,

demonstrando que a cobertura do solo com recurso plástico ou palha constitui potencial tecnológico para o alcance de melhor produtividade no sector familiar.

4.3.2. Variáveis de desempenho

4.3.2.1. Comprimento da espiga em relação as épocas de produção e Tipo de cobertura

Os resultados mostram que não existe diferenças significativas quanto ao comprimento da espiga nas duas épocas de cultivo (Verão e Inverno), na cobertura com palha e plástico. Contudo existe diferença nas parcelas sem cobertura (Tabela 26).

Tabela 26: Comprimento da espiga em função do tipo de cobertura e época de cultivo.

Comprimento da Espiga (cm)				
Época de Produção		Tipo de Cobertura		
Inverno	Verão	Plástico	Palha	Sem Cobertura
33.5a	40.64a	45.59a	40.83a	24.79b

Medias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de probabilidade para os factores tipo de condutor e tipo de nutriente em cada parâmetro.

Estes resultados mostram que as épocas de produção (Verão e Inverno) bem com o tipo de cobertura (plástico e palha) não alteram o comprimento da espiga o que significa que qualquer época e em qualquer tipo de cobertura poderá se obter o mesmo comprimento da espiga. Isso deve-se às características da variedade usada para este experimento (Matuba) com características específicas, é conhecida como variedade de ciclo curto com maturação precoce o que torna adequada para o cultivo em diferentes condições climáticas e em diferentes regiões. Embora no Verão, a variedade matuba possa apresentar um crescimento mais rápido devido às condições mais quentes e maior período de luz solar e isso pode resultar em uma altura mais elevada da planta e conseqüentemente um aumento no comprimento da espiga.

O comprimento da espiga de milho pode ser influenciado por diversos factores, incluindo as condições de crescimento, a disponibilidade de água e nutrientes, e as coberturas utilizadas no solo. As coberturas com plásticos e palha desempenham um papel fundamental na manutenção da humidade e nutrientes do solo, o que impacta directamente no crescimento e desenvolvimento do milho. Singh *et al.*, (2018) destacam que o uso de cobertura com plástico ajuda a reter a humidade no solo, proporcionando condições ideais para o desenvolvimento das raízes e o crescimento da planta, o que pode refletir em maiores comprimentos de espiga. A capacidade das coberturas de plástico em reduzir a evaporação da água também é um factor

crítico para evitar o estresse hídrico, que, segundo Ali *et al.*, (2020) pode retardar o crescimento das plantas e diminuir o comprimento da espiga, especialmente em períodos de alta temperatura, como no Verão. Isso ocorre porque o estresse hídrico afecta directamente a fotossíntese e o transporte de nutrientes para as partes da planta responsáveis pelo crescimento das espigas.

Em comparação com as parcelas sem cobertura, a exposição directa ao sol e o aumento da evaporação da água no Verão, como observado por Mahajan *et al.*, (2018) levam a uma maior perda de água no solo, resultando em estresse hídrico nas plantas. Esse estresse pode desacelerar o crescimento das plantas e reduzir o comprimento das espigas, o que é corroborado por Bari *et al.*, (2017) que relatam que a falta de cobertura aumenta a susceptibilidade das plantas às variações climáticas extremas, como altas temperaturas e secas. No Inverno, as baixas temperaturas nas parcelas sem cobertura podem afectar a taxa de crescimento, já que o frio excessivo diminui a actividade metabólica das plantas, o que pode resultar em espigas de menor comprimento devido ao atraso na maturação e ao comprometimento do desenvolvimento da planta.

De modo geral, os tratamentos com cobertura do solo, tanto com plástico quanto com palha, demonstraram um desempenho superior em relação ao comprimento da espiga, tanto no Verão quanto no Inverno. Isso está associado à capacidade dessas coberturas de manter a humidade do solo, reduzir a competição com ervas daninhas e melhorar a disponibilidade de nutrientes, o que contribui para um crescimento mais robusto das plantas e maior desenvolvimento das espigas. Guerra *et al.*, (2021) indicam que o uso de coberturas de solo também pode aumentar a capacidade de troca catiónica do solo, o que favorece a absorção de nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, contribuindo assim para maiores valores de comprimento de espiga.

Os maiores valores de comprimento da espiga do milho encontrados no presente estudo nos tratamentos em que se usou a cobertura do solo no nível época, também foram demonstrados em trabalhos realizados por Castro, (2011), analisando os efeitos da cobertura do solo no desempenho agronómico do milho, obtiveram valores semelhantes do comprimento da espiga, alcançando valores médios em torno de 34,6cm e 46,12cm superiores aos obtidos em parcelas sem cobertura.

O efeito de diferentes tipos de cobertura (plástico, palha e solo descoberto) em diversas condições climáticas, nota-se que o comprimento da espiga é maior nas parcelas com cobertura

de plástico, pois essa cobertura favoreceu um microclima mais estável e uma maior retenção de nutrientes. No entanto, Martins *et al.*, (2018) apontaram que o efeito é mais pronunciado em condições de alta temperatura e baixa precipitação, indicando que a cobertura com plástico pode ser particularmente vantajosa em períodos de seca.

Lopes e Ferreira (2019), observaram na sua experiência que todos os tipos de cobertura promoveram aumentos no comprimento da espiga e na produtividade total em comparação ao solo exposto. A retenção de humidade e a melhoria na estrutura do solo foram mencionadas como factores decisivos para o melhor desempenho das plantas. Eles, ao analisarem a influência da cobertura de solo no cultivo de milho em regiões semiáridas verificaram que o uso de palha aumentou significativamente o comprimento da espiga, especialmente quando combinado com uma irrigação controlada. Segundo Oliveira e Silva (2020), a palha ajudou a conservar a humidade por mais tempo e a reduzir a competição com ervas daninhas, criando um ambiente de crescimento mais favorável. Além da retenção de humidade, a cobertura do solo também desempenha um papel importante na redução de variações bruscas de temperatura ao longo do dia, especialmente em condições de clima mais quente (Costa *et al.*, (2021).

Analisando as práticas de cobertura do solo em sistemas de produção sustentáveis, pode se confirmar que o uso de cobertura com palha ou material orgânico é benéfico para o cultivo de milho, pois melhora a infiltração de água e mantém a temperatura do solo mais estável, factores que promovem um crescimento mais uniforme e espigas de maior comprimento, isso mostra a importância de combinar cobertura de solo com técnicas de manejo de água para obter os melhores resultados em termos de desenvolvimento e produtividade.

4.3.2.2. Diâmetro da espiga em relação as épocas de produção e Tipo de cobertura

Dos resultados obtidos pode se notar que existe diferenças significativas entre as épocas de cultivo e tipos de cobertura quanto ao diâmetro da espiga. No entanto a interação época de produção e tipo de cobertura no Inverno não existe diferenças estatisticamente significativas com excepção das parcelas sem cobertura que apresentam diferenças. Já no Verão a interação época de produção e tipo de cobertura mostra diferenças significativas quanto ao diâmetro da espiga (Tabela 27).

Tabela 27: Diâmetro da espiga em função dos tratamentos.

Diâmetro da Espiga (mm)			
Época de Produção	Tipo de Cobertura		
	Plástico	Palha	Sem Cobertura
Inverno	7.09Ba	7.06Ba	3.52Bb
Verão	14.27Aa	15.83Ab	9.13Ac

Medias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de significância.

Analisando os efeitos das diferentes coberturas sobre o diâmetro da espiga indicam que o factor cobertura teve efeito diferenciado em função do nível época de produção (Inverno e Verão). A interacção de cobertura usando plástico e palha com nível época Verão foi a que obteve melhor desempenho do diâmetro da espiga com valores médios de 14,27 mm e 15,83 mm respectivamente. No Inverno usando a cobertura com palha ou plástico produzem o mesmo efeito quanto ao diâmetro da espiga, o que já não acontece com as parcelas sem cobertura.

Os resultados indicam ainda que a interacção da cobertura usando plástico e palha com nível época Inverno, embora, não tendo apresentado diferenças estatisticamente significativas entre si, obteve valores baixos (7,09 e 7,06 mm) comparativamente com os tratamentos conduzidos no Verão. Essas diferenças de desempenho na variável diâmetro da espiga, nos tratamentos em função da época, devem-se provavelmente a flutuações periódicas que influenciam nos processos metabólicos que ocorrem no interior da planta. No Verão o diâmetro da espiga tende a ser maior em comparação com o Inverno, independentemente da cobertura de plástico ou palha. Isso ocorre devido às condições mais favoráveis de temperatura e humidade no Verão, que promovem um maior desenvolvimento das plantas e na formação da espiga.

Por outro lado, no Inverno, as parcelas sem cobertura, por estarem sujeitas a temperaturas mais baixas, são afectadas no crescimento, sofrem atraso na maturação das espigas, baixa produção de fotoassimilados, resultando daí um menor comprimento da espiga. Em geral, no Inverno, as plantas podem ter um crescimento mais lento e uma senescência acelerada devido as condições de luz e temperatura reduzidas. Isso pode ter sido a razão da redução do diâmetro da espiga, neste experimento, com algumas plantas produzindo espigas menores e outras podendo ter um desenvolvimento normal.

Estudos feitos por Santos *et al.*, (2021) referem que a cultura de milho sofre efeito da temperatura, pois, nos momentos em que a mesma é mais elevada, o processo metabólico é mais acelerado e nos períodos mais frios o metabolismo tende a diminuir. As temperaturas mais baixas no Inverno, causam diminuição do rendimento de grãos e provocam senescência precoce dos atributos do desempenho como é o caso do diâmetro da espiga.

Estudos sobre o impacto das temperaturas baixas no desenvolvimento do milho indicam que o crescimento da planta e o rendimento das espigas são significativamente afetados em condições climáticas frias. Segundo Zhou *et al.*, (2017) as baixas temperaturas no inverno, especialmente nas fases iniciais de desenvolvimento, reduzem o crescimento vegetativo e comprometem a fotossíntese, diminuindo a produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, resultando em espigas de menor diâmetro. Da mesma forma, Chen *et al.*, (2019) destacam que, com a queda de temperatura, há uma desaceleração no desenvolvimento e na maturação das espigas, o que limita o comprimento e o diâmetro das mesmas, já que a produção de nutrientes é menor nesses períodos.

Adicionalmente, Wang e Zhang (2020) analisaram as respostas do milho às variações sazonais e concluíram que temperaturas frias provocam um atraso geral no crescimento e aceleram a senescência, diminuindo o rendimento da planta, incluindo o tamanho e o peso das espigas. Sustentando essa visão, Ding *et al.*, (2016) enfatizam que, em temperaturas mais baixas, o metabolismo do milho reduz-se consideravelmente, impactando o desenvolvimento de espigas completas e saudáveis. Assim, a literatura evidencia que o estresse térmico em climas frios interfere no desempenho agrônomico do milho, especialmente no que se refere ao desenvolvimento e rendimento das espigas.

4.3.2.3. Peso da espiga e Peso de mil sementes

Dos resultados obtidos nota-se não haver diferenças significativas entre a época de produção e tipo de cobertura quanto ao peso da espiga. Já em relação ao peso de mil sementes nota-se o contrário pois que, em relação a época de produção (Inverno e Verão), houve diferenças significativas enquanto no tipo de cobertura não houve diferenças estatisticamente significativas. As parcelas sem cobertura mostraram diferenças significativas em ambos os casos em relação ao peso da espiga e peso de mil sementes (Tabela 28).

Tabela 28: Peso da espiga e de Mil sementes em função dos tratamentos.

Peso da Espiga (g)				
Época de Produção		Tipo de Cobertura		
Inverno	Verão	Plástico	Palha	Sem Cobertura
601.26a	655.20a	754.78a	709.75a	420.15b
Peso de Mil Sementes (g)				
Época de Produção		Tipo de Cobertura		
Inverno	Verão	Plástico	Palha	Sem Cobertura
461.06b	546.02a	639.73a	580.92a	289.97b

Medias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de probabilidade para os factores tipo de condutor e tipo de nutriente em cada parâmetro.

O peso de grãos por espiga e o peso de 1000 sementes não foram influenciados pelo factor cobertura (plástico e palha), significando que os tipos de cobertura, qualquer um deles podem condicionar o mesmo peso da espiga e de 1000 sementes. Também não há diferenças significativas quanto ao factor época de produção para a variável peso da espiga. O que significa que produzindo no Verão ou no Inverno produz-se uma espiga com mesmo peso. Quanto ao peso de 1000 sementes as épocas de produção apresentaram diferenças estatisticamente significativas, o que significa que cada época (Verão ou Inverno), pode obter diferente peso das sementes. As parcelas sem cobertura apresentaram diferenças significativas quanto as variáveis peso da espiga e de mil sementes em relação as épocas de produção, o que significa que a não cobertura do solo condicionou baixo peso da espiga e de mil sementes.

O peso da espiga e o peso de mil sementes pode ser afectado por uma série de factores durante o Verão e Inverno. No Verão com maior radiação solar e temperaturas altas as plantas tendem a ter um crescimento mais rápido e robusto produzindo muitos fotoassimilados e isso pode resultar em espigas com maior peso e no Inverno as condições são menos favoráveis resultando na redução do peso da espiga devido ao crescimento mais lento das plantas porque as reacções metabólicas são lentas. Além disso as condições do Inverno também podem influenciar a maturação das plantas, afectando a acumulação de reservas nas sementes e isso por sua vez pode criar impacto no peso da espiga e das mil sementes.

O uso de cobertura plástica e palha pode ter condicionado óptimas temperaturas, humidade do solo e disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, influenciar no óptimo

crescimento e desenvolvimento das plantas de milho, condicionando a formação das espigas e sementes. Embora o efeito da cobertura com palha e plástico possa variar, dependendo das condições específicas do local, como clima, tipo de solo e as práticas de cultivo, pode notar-se que, neste experimento, no Verão, a cobertura com palha ajudou a reter a humidade do solo, reduziu a temperatura do solo e controlou o crescimento das ervas daninhas o que resultou num melhor desenvolvimento da espiga e de mil sementes. Por outro lado, a cobertura com plástico condicionou ainda mais a retenção da humidade e calor, o que também foi benéfico tendo em conta as condições climáticas locais. Já no Inverno a cobertura com palha e plástico auxiliaram na protecção das plantas contra o frio, proporcionando isolamento térmico, o que condicionou uma temperatura e humidade ideal para o desenvolvimento da cultura e consequentemente maior peso da espiga e de mil sementes.

Os valores do peso da espiga e de mil sementes nas parcelas sem cobertura são menores em comparação com as parcelas cobertas, provavelmente devido a exposição directa das plantas a condições adversas, tais como estresse hídrico, competição com as ervas daninhas, perda de nutrientes, o que condicionou menor produtividade e qualidade das espigas e sementes.

Estudos realizados por Takasu, *et. al.*, (2014), mostram a influência dos sistemas de cobertura sobre as variáveis peso da espiga e mil sementes, considerando que essas são variáveis fortemente dependentes uma da outra. Entretanto, divergem dos apresentados por Silva, (2011), os quais comentam que o factor cobertura do solo não influencia o peso de grãos, apenas a temperatura é que exerce algum efeito sobre as variáveis.

Resultados do presente estudo são explicados por Costa *et. al.*, (2012); Thomazine *et. al.*, (2019), ao concluir em seu estudo que no período de enchimento dos grãos, a temperatura é o elemento do ambiente que mais afecta o seu rendimento, devido ao efeito dela na taxa de acúmulo de massa seca nos grãos. Por outro lado, segundo os autores quando a acumulação de massa seca nos grãos ocorre com temperaturas em declínio, ou seja, em sementeiras muito tardias, a taxa de crescimento efectiva é menor. Magalhães *et. al.*, (2015) reforça explicando que a diminuição progressiva da temperatura após a formação da espiga aumenta o período efectivo de crescimento dos grãos, reduzindo sua taxa de crescimento e o seu peso final tal como observado no presente estudo em sementeiras do período de Inverno.

4.3.2.4. Desdobramento dos tratamentos na variável rendimento do milho

O rendimento é um aspecto muito importante na avaliação da produtividade no cultivo das culturas agrícolas, indicando a quantidade que foi produzida por unidade de área cultivada.

Neste experimento, foram observadas diferenças significativas em relação ao rendimento em função da época de produção e tipo de cobertura (Tabela 29).

Tabela 29: rendimento do milho em relação ao factor cobertura em diferentes épocas de produção

Rendimento (ton/ha)				
Época de Produção		Tipo de Cobertura		
Inverno	Verão	Plástico	Palha	Sem Cobertura
6.33b	8.44a	9.70a	8.30a	4.15b

Medias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de significância.

O rendimento do milho, como mostrado no presente estudo, é altamente influenciado por factores como a época de cultivo e o tipo de cobertura do solo. O Verão, com altas temperaturas e radiação solar, oferece condições ideais para o crescimento e desenvolvimento do milho, favorecendo um bom rendimento, como observado por Magalhães *et al.*, (2015), que também verificaram um aumento no rendimento do milho tanto no Inverno quanto no Verão devido ao uso de cobertura do solo, similar aos resultados deste estudo. O aumento da temperatura do solo, proporcionado pela cobertura com plástico, pode melhorar o desenvolvimento das plantas e resultar em um rendimento superior, corroborando com resultados encontrados por Souza (2015), que relatou ganhos de produtividade em sistemas com cobertura do solo.

Além disso, a cobertura com palha também foi eficiente, pois ajudou a manter a humidade do solo, inibiu o crescimento das ervas daninhas e melhorou a fertilidade do solo, o que tem um impacto positivo no desenvolvimento das plantas e na produtividade do milho, conforme descrito por Marassiro *et al.*, (2021). A protecção contra a acção do vento e a redução da erosão também são benefícios importantes do mulching, especialmente em regiões como Inharrime, que são susceptíveis a secas e períodos de estiagem mais frequentes, condicionados pelas mudanças climáticas. García *et al.*, (2016) discutem como o mulching pode ajudar na captura de carbono, promovendo a decomposição da matéria orgânica no solo, o que também pode contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa, além de melhorar a qualidade do solo.

A ausência de cobertura do solo, resultou em baixo rendimento, com a ocorrência de ervas daninhas e a falta de um sistema de regulação de temperatura e humidade, como observado também por Cunguara *et al.*, (2011), que relataram rendimentos mais baixos em sistemas sem

cobertura, com valores em torno de 2,615 a 2,721 ton/ha. Isso reflete a importância das coberturas para proteger as plantas das condições climáticas extremas, como o calor excessivo no Verão ou o frio no Inverno, e para garantir a disponibilidade de água e nutrientes essenciais ao crescimento da cultura, como discutido por Kappes *et al.*, (2014).

O peso dos grãos por espiga, como também observado neste estudo, teve uma correlação positiva com o rendimento foi influenciado pela época e tipo de cobertura. Mortate *et al.*, (2018) destacam que o peso de grãos por espiga é uma variável crucial para mensurar o rendimento do milho, com uma forte relação com a qualidade final da planta. O uso de mulching, além de suas vantagens em termos de conservação do solo e adaptação às mudanças climáticas, é uma estratégia viável para melhorar a qualidade do solo, aumentar a capacidade de retenção de água e garantir um bom rendimento, especialmente em regiões vulneráveis às mudanças climáticas, como Inharrime.

Dessa forma, a sincronização de coberturas do solo, especialmente no Verão, é crucial para maximizar o rendimento do milho, enquanto as coberturas de plástico e palha demonstram benefícios significativos em termos de conservação da água, controlo de ervas daninhas, e promoção de um ambiente favorável ao crescimento das plantas, corroborando os estudos de García-Orenes *et al.*, (2016) e Singh *et al.*, (2018).

4.3.2.5. Análise da viabilidade económica do sistema de cobertura do solo no cultivo de milho

A análise dos diferentes sistemas de cobertura na produção de milho sob a perspectiva da viabilidade económica a longo prazo, custo-benefício, retorno do investimento, impacto na produtividade, sustentabilidade e resiliência às mudanças climáticas revela importantes considerações para a tomada de decisão agrícola.

A análise económica dos sistemas de cobertura na produção de milho apresentada na tabela 29, revela que a cobertura com plástico é a opção mais lucrativa e eficiente. Apesar de ter custos mais elevados (26.110 MT), ela gera a maior receita (381.500 MT) e o maior lucro (355.390 MT), com uma margem bruta de 93.1%. O índice benefício-custo (BC) de 14.6 indica que cada unidade monetária investida retorna 14.6 vezes o valor investido, enquanto a taxa de retorno do investimento (TRI) de 13.6% confirma a alta eficácia deste sistema.

A cobertura com palha também é rentável, embora menos eficiente que o plástico. Com custos ligeiramente superiores (27.950 MT), ela gera uma receita de 322.000 MT e um lucro de 294.050 MT. A margem bruta de 91.3% e o índice BC de 11.5 refletem uma boa rentabilidade, mas inferior à da cobertura plástica. A TRI de 10.5% sugere que este sistema oferece um retorno menor (Tabela 30).

Por outro lado, o sistema sem cobertura, apesar de ter os menores custos (21. 200 MT), apresenta os piores resultados económicos. Com uma receita de 161.000 MT e um lucro de 139.800 MT, ele tem a menor margem bruta (86.8%), BC (7.6) e TRI (6.6%), demonstrando ser a opção menos eficiente e menos lucrativa, (Tabela 30).

Tabela 30: Tabela de análise dos indicadores económicos dos sistemas de cobertura

S. de produção	Custos Mt	Receita Mt	LucroMt	MB (%)	BC (Mt)	TRI (%)
C. com plástico	26110	381500	355390	93.1	14.6	13.6
C. com palha	27950	322000	294050	91.3	11.5	10.5
Sem Cobertura	21200	161000	139800	86.8	7.6	6.6

A análise da viabilidade económica e da sustentabilidade de diferentes sistemas de cobertura do solo revela diferenças significativas entre o uso de plástico, palha e a ausência de cobertura. Conforme Silva *et al.*, (2017), o plástico destaca-se por sua capacidade de conservar a humidade, estabilizar a produção e proteger o solo contra variações climáticas extremas. Isso resulta em índices elevados de custo-benefício (BC) e retorno do investimento (TRI), com valores de 14.6 e 13.6%, respectivamente, refletindo sua alta eficiência económica e rápida recuperação do investimento. Lentz e Ippolito (2012) complementam esses resultados, enfatizando a durabilidade do plástico e sua capacidade de reduzir a compactação do solo, promovendo melhores condições para o crescimento radicular e maior resiliência às mudanças climáticas.

A cobertura com palha, embora menos eficiente que o plástico, apresenta viabilidade económica, especialmente em regiões onde esse material é acessível e de baixo custo. Com BC de 11.5 e TRI de 10.5%, conforme Pereira e Santos (2015, 2019), esse sistema melhora a estrutura e fertilidade do solo, contribuindo para a retenção de água e a redução da erosão. Borges *et al.*, (2014) reforçam a eficácia da palha em áreas susceptíveis à erosão, mas ressaltam que a necessidade de reposição contínua pode ser um desafio operacional. Ainda assim, a palha é uma alternativa sustentável, particularmente em contextos de agricultura familiar.

Por outro lado, o sistema sem cobertura apresenta o menor desempenho económico e ambiental. Ferreira *et al.*, (2013) apontam que a exposição do solo às intempéries resulta em erosão, perda de nutrientes e baixa retenção de humidade, impactando negativamente a produtividade e a lucratividade. Com BC de 7.6 e TRI de 6.6%, a recuperação dos investimentos é lenta, limitando a competitividade deste sistema. Altieri e Nicholls (2020) destacam que a ausência de cobertura torna as culturas mais vulneráveis às mudanças climáticas, resultando em flutuações de produtividade e receita.

Em termos de impacto na produtividade, o plástico lidera, pois regula o microclima e reduz as necessidades de irrigação, conforme Souza *et al.*, (2015); Silva *et al.*, (2017). A palha também contribui para aumentos de produtividade, melhorando a infiltração de água e protegendo o solo, como descrito por Borges *et al.*, (2014). No entanto, sua eficácia é limitada pela decomposição, especialmente em climas húmidos. A ausência de cobertura resulta na menor produtividade entre os sistemas avaliados, devido ao impacto negativo da exposição directa do solo, conforme Ferreira *et al.*, (2013) e Mortate *et al.*, (2018).

Quanto à resiliência climática, a cobertura com plástico oferece maior protecção contra eventos extremos, mantendo a humidade do solo e reduzindo a volatilização de nutrientes (Lentz e Ippolito, 2012; Silva *et al.*, 2017). A palha também contribui para a adaptação climática, regulando a temperatura do solo e promovendo a fertilidade (Pereira e Santos, 2019). Ao contrário, a ausência de cobertura agrava os efeitos de secas e chuvas intensas, comprometendo a sustentabilidade a longo prazo (Altieri & Nicholls, 2020).

Contudo, o sistema de cobertura com plástico é o mais eficiente em termos económicos e produtivos, embora questões ambientais associadas ao uso de materiais sintéticos precisem ser consideradas. A cobertura com palha surge como uma alternativa sustentável, viável para pequenos agricultores. Já o sistema sem cobertura enfrenta desafios significativos para garantir viabilidade e resiliência, especialmente em contextos de mudanças climáticas. A adopção de práticas adaptativas e tecnológicas é fundamental para fortalecer a produção agrícola em longo prazo.

4.4. Ensaio sobre avaliação do efeito de extratos de folhas de Eucalipto (*Eucalyptus globulos*) e Moringa (*Moringa oleifera*) no controlo de gorgulho preto (*Sitophilus zeamais*) do Milho (*Zea mays*) armazenado no sector familiar

No experimento, antes das observações verificou-se no intervalo entre a introdução do grão do milho e aparecimento do gorgulho preto nas caixas de madeira dentro de celeiros tradicionais, tendo-se constatado a presença de 11 gorgulhos no décimo quarto (14) dia. Contudo, após a verificação da presença do gorgulho foram introduzidas as substâncias de controlo em função das dosagens e de acordo com o propósito do ensaio.

4.4.1. Percentagem de infestação em função dos tratamentos

Após a introdução de substâncias de controlo, foi possível notar que a infestação variou em diferentes tratamentos, tendo-se mostrado eficazes, na redução da infestação, os extratos de folhas de Eucalipto e Moringa, em cada 30 dias até aos 120 dias (Tabela 31).

Tabela 31: Percentagem de Infestação em função dos tratamentos

Tratamento	Percentagem de infestação (%)			
	30 Dias	60 Dias	90 Dias	120 Dias
E. F.E. 45 kg/ton	12.25 a	30.2 a	25.78 a	22.93 b
E. F.E. 30Kg/ton	15.41ab	33.49 ab	30.1a	21.32ab
E. F.E. 15Kg/ton	18.47 b	37.14 abc	34.25 c	37.04 a
E. F.M. 45Kg/ton	9.65ab	31.4b	28.1a	29.45ab
E. F.M. 30Kg/ton	14.24 a	36.2 b	31.41 ab	35.45 a
E. F.M. 15Kg/ton	17.31 a	39.95bc	33.75bc	35.61 b
Controlo	24.03 b	51.03 d	64.51 d	82.7 c
P>F	0.00	0.00	0.00	0.00
CV	14.61	48.11	28.19	19.01

Cv - coeficiente de variação, **E.F.E.**- extrato de folha com eucalipto, **E. F.M.**- extrato de folha de moringa. Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os resultados da tabela 31, revelam que a percentagem de infestação varia de 9.65 a 82.7%, onde se observou uma tendência decrescente no decorrer das avaliações. Não foi observado efeito significativo dos tratamentos na primeira observação ($p = 0.7716$). O

tratamento controlo apresentou significativamente maior percentagem de infestação quando comparado com os outros tratamentos.

A baixa percentagem de infestação observada no extrato de eucalipto na dose de 30 e 45 Kg/ton, e no extrato da moringa na mesma dose, está relacionada com a baixa densidade populacional da praga observada nos mesmos tratamentos e o elevado nível de infestação verificado no tratamento controlo (sem aplicação) é consequência da alta densidade de insectos verificada neste tratamento durante o experimento. Estes resultados entram em concordância com os obtidos por Melo, (2014), que usaram doses diferentes de produto de extrato de eucalipto, 100g de feijão e observaram uma variação em termos de percentagem de infestação de 15 e 8% com aplicação de 3 e 6 g, respectivamente.

Estudos feitos por Silva *et. al.*, (2010), avaliando o efeito de extrato de folhas de eucalipto na dosagem acima de 40g no controlo de *P. truncatus* no grão de feijão nhemba observaram um nível de infestação de 20%. Estes resultados entram em concordância com os resultados do presente estudo, embora não tenha sido usado o grão de feijão nhemba.

4.4.2. Densidade da praga (Gorgulho preto) em função dos tratamentos

Os resultados da densidade da praga em função dos tratamentos mostraram que o uso de extrato de eucalipto e moringa na dose de 30 e 45 Kg/ton, respectivamente, não diferiram estatisticamente entre si (figura 15), na segunda avaliação aos 60 dias de armazenamento. Resultados encontrados justificam-se provavelmente pela composição entre os princípios activos, que são responsáveis por promover a repelência da praga, demonstrando eficiência no controlo da mesma. Por outro lado, a lectina, proteína encontrada na moringa é responsável por impedir o processo de digestão e absorção dos alimentos dos insectos promovendo a desnutrição e a morte (Cardoso *et. al.*, 2012).

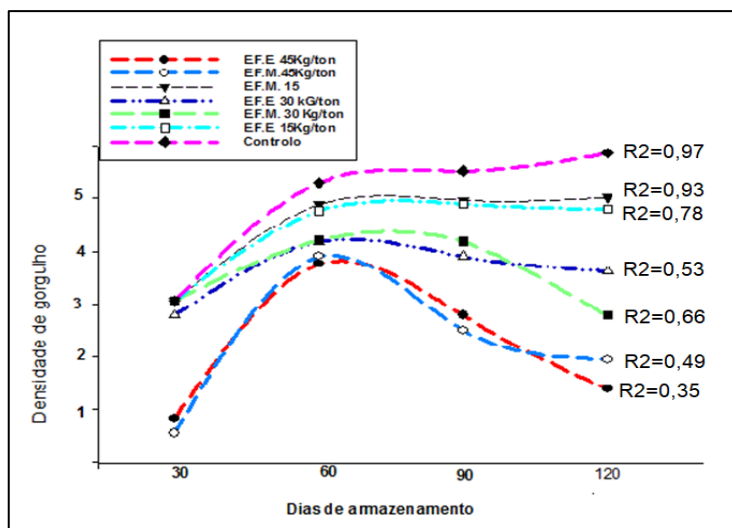


Figura 16. Densidade da praga do milho em relação aos tratamentos. R2 – quadrado de person

Viana, *et. al.* (2006), ao estudarem os efeitos de extratos das folhas de eucalipto, no controlo do gorgulho do feijão nhemba, constataram uma redução da densidade de indivíduos de 20 para 4 quando usado 75g para cada 2 kgs de feijão nhemba. Isto mostra que, quanto maior for a dose aplicada, maior será o controlo das pragas, porém, foram observados resultados similares na presente pesquisa.

Os métodos alternativos de controlo de pragas têm se tornado cada vez mais comuns, devido à necessidade de práticas mais sustentáveis e que causem menor impacto ambiental. Segundo Lorini (2018), essas alternativas ajudam a minimizar o uso de produtos químicos, reduzindo a exposição humana a substâncias tóxicas e retardando o surgimento de resistência das pragas aos insecticidas convencionais. Lopes (2000) demonstrou que o uso de folhas de eucalipto em pó e folhas moídas de moringa como insecticidas naturais foi eficaz no controlo de pragas em sementes de feijão nhemba armazenado, preservando sua qualidade física e fisiológica. Já Nwankwo *et al.*, (2018) enfatizam que os bioinsecticidas desempenham um papel crucial no manejo integrado de pragas, garantindo a protecção da qualidade de grãos armazenados e promovendo a sustentabilidade nos sistemas produtivos.

4.4.3. Grau Médio de ataque

Dos resultados encontrados, pode se notar que o grau médio de ataque varia de 0.03 á 4.2 em função dos dias de observação (30 a 120 dias), sendo que, a medida que o tempo avança, as sementes se mostravam mais atacadas por gorgulho preto (*Sitophilus zeamais*) com maior ênfase nas sementes não tratadas (Tabela 32).

A acção dos insecticidas naturais, segundo Silva *et al.* (2015), justificou a redução do grau de ataque do milho por gorgulho, o que foi observado no presente estudo. Resultados encontrados neste estudo são fundamentados por Oliveira, *et al.*, (2019). Ao afirmarem que os extratos de Eucalipto apresentam substâncias capazes de interromper as funções do sistema nervoso dos insectos, interferindo nos receptores de octapamina, alterando os movimentos, comportamento e metabolismo dos insectos, e Isman (2006), define octopamia como um neurotransmissor excitatório que tem função similar à da adrenalina em vertebrados.

Tabela 32: Grau médio de ataque do milho por gorgulho preto

Tratamento	Grau médio de ataque			
	30 Dias	60 Dias	90 Dias	120 Dias
E.F.E. 45kg/ton	0,03 a	0.735 a	0,7 a	1,025 a
E.F.E. 30Kg/ton	0,06 a	1.025 ab	1,75 ab	1,95 ab
E.F.E. 15Kg/ton	0,11 a	1.725 bc	1,9 ab	2,47 b
E.F.M. 45Kg/ton	0,05 a	1.04 ab	1,75 ab	1,1 a
E.F.M. 30kg/ton	0,16 a	1.225 abc	2,2 ab	2,425b
E.F.M. 15kg/ton	0,18 a	2.15 c	2,65 b	2,075ab
Controlo	0,33 a	3.125 d	2,85 b	4,2 c
Prob>F	0,0845	0.00190	0,1387	0,0001
Cv	26,64	46.77	47,76	28,72

Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

CV- coeficiente de variação, **E.F.E.** extrato de folha com eucalipto, **E. F.M.**- extrato de folha de moringa.

Analisando os resultados reflectidos na tabela 32, nota-se que, nos primeiros trinta (30) dias de armazenamento não houve sinal de ataque em todos aos tratamentos; aos 30 dias de armazenamento o milho não tratado mostrou-se com sinais ligeiros de ataque; aos 60 e 90 dias o mesmo (milho não tratado) apresentou -se deformado nas estruturas da semente (ataque severo) enquanto o milho tratado com extratos de folhas de eucalipto e moringa, apresentou sinais ligeiros de ataque. Aos 90 e 120 dias, o milho não tratado apresentou-se totalmente

atacado (severo) quando comparado com o milho tratado com folhas de eucalipto e moringa nas doses de 30 e 45g/ton.

Segundo Antunes, *et al.*, (2011), a mortalidade dos insectos também pode ser explicada pela asfixia, quando a substância activa nela contida obstrui os espiráculos corroborando com o encontrado neste estudo. Outro possível evento fundamentado explica que a mortalidade do *S. Zea mays* observada nesse trabalho esteja relacionada com a estrutura química e actividade física e biológica dos compostos presentes nos extratos das folhas de eucalipto e moringa.

De um modo geral a conservação de sementes armazenados usando bioinsecticidas na base de extratos de moringa e eucalipto podem ajudar na adaptação às mudanças climáticas. Ambas são conhecidas como plantas com propriedades antimicrobianas e antioxidantes, o que pode ajudar a preservar a qualidade e viabilidade das sementes durante o armazenamento. Além disso essas plantas têm propriedades que podem ajudar a proteger as sementes contra insectos e fungos, que são problemas comuns durante o armazenamento a longo prazo. Em termos de adaptação às mudanças climáticas, a conservação de sementes adaptadas localmente é crucial o uso de técnicas de conservação eficaz que pode garantir que essas sementes permaneçam disponíveis para os agricultores para sementeira na campanha seguinte (Jonasse e Tacarindua, 2022).

Além disso a moringa e eucalipto podem crescer bem em condições climáticas variadas o que significa que podem ser utilizadas sempre que necessário para a conservação de sementes em diferentes ambientes e épocas. Em suma, a conservação de sementes usando estas plantas pode contribuir para a adaptação das comunidades às mudanças climáticas garantindo uma boa qualidade do grão como semente.

4.4.4. Análise de Viabilidade económica do uso de extratos de Eucalipto e Moringa no controlo de gorgulho preto no milho armazenado

A análise económica dos métodos de controlo do gorgulho preto (*Sitophilus zeamais*) no milho armazenado revela eficácia dos métodos avaliados. O grupo controlo, que não utiliza nenhuma estratégia de controlo, apresenta um custo total de apenas 200,00mt. No entanto, a falta de controlo resulta em uma perda de 2.000 kg de milho, com um valor total de perda de 2.000,00mt (tabela 32). Esse cenário destaca a baixa viabilidade económica e sustentabilidade a longo prazo, uma vez que a elevada perda compromete significativamente a rentabilidade (tabela 33).

Em comparação, o uso de extrato de eucalipto tem um custo total de 1.500,00mt, sendo 1.000,00mt para coleta e processamento e 500,00mt para aplicação. Este método reduz a perda de milho para 500 kg, diminuindo o valor da perda para 500,00mt. Embora o custo total seja mais alto, o benefício total gerado pela redução da perda é de 1.500,00mt. Isso resulta em um índice de custo-benefício (BC) de 1,00, indicando que o retorno obtido é equivalente ao custo (tabela 32). O retorno sobre o investimento (ROI) é de 0,00%, o que sugere que não há lucro adicional após cobrir os custos. A sustentabilidade do uso de eucalipto a longo prazo é considerada moderada, pois, apesar da redução das perdas, o alto custo e as possíveis questões ambientais relacionadas ao uso de extratos sintéticos afectam a viabilidade económica, levando a uma avaliação neutra (tabela 34).

Por outro lado, o uso de extrato de moringa apresenta um custo total menor de 1.200,00mt, com 800,00mt destinados à coleta e processamento e 400,00mt para aplicação. Este método também reduz a perda de milho para 500 kg, mantendo o valor da perda em 500,00mt. Com um benefício total de 1.500,00mt, o índice de custo-benefício (BC) é de 1,25, indicando um retorno mais favorável sobre o investimento. O retorno sobre o investimento (ROI) é de 25,00%, mostrando um lucro adicional de 25% sobre o investimento (tabela 34). A moringa é considerada altamente sustentável a longo prazo, pois pode proporcionar benefícios adicionais para o solo e é um recurso renovável. Além disso, a viabilidade económica do uso de moringa é positiva, oferecendo um bom retorno económico com custos relativamente menores em comparação ao eucalipto.

Tabela 33: Custos e Perda de Milho em função dos tratamentos

Método de Controlo	Custo de Coleta e Processamento (mt)	Custo de Aplicação (mt)	Custo Total (mt)	Perda Sem Controlo (kg)	Perda com Controlo (kg)	Valor da Perda com Controlo (R\$)
Grupo Controlo	-	-	200,00	2.000	-	2.000,00
Eucalipto	1.000,00	500,00	1.500,00	2.000	500	500,00
Moringa	800,00	400,00	1.200,00	2.000	500	500,00

Tabela 34: Custo-Benefício e Retorno sobre Investimento (ROI)

Método de Controlo	Benefício Total (mt)	Custo-Benefício (BC)	Lucro Líquido (mt)	ROI (%)
Grupo Controlo	-	-	-	-
Eucalipto	1.500,00	1,00	0,00	0,00
Moringa	1.500,00	1,25	300,00	25,00

Tabela 35: Sustentabilidade e Viabilidade Econômica a Longo Prazo

Método de Controlo	Sustentabilidade a Longo Prazo	Viabilidade Econômica a Longo Prazo
Grupo Controlo	Baixa	Baixa
Eucalipto	Moderada	Neutra
Moringa	Alta	Positiva

A análise económica dos métodos de controlo do gorgulho preto (*Sitophilus zeamais*) no milho armazenado revela importantes considerações sobre a viabilidade, custo-benefício e sustentabilidade dos métodos utilizados. A comparação dos métodos de controlo - grupo controlo, extrato de eucalipto e extrato de moringa é fundamentada em evidências de estudos anteriores. Porém, os resultados indicam que a falta de controlo resulta em grandes perdas de milho, com um custo total de 200,00mt e uma perda de 2.000 kg, traduzida em um valor de perda de 2.000,00mt. Esse cenário reflete a baixa viabilidade económica do grupo controlo, corroborando com Ferreira *et al.*, (2018) que apontam para a significativa perda de rendimento quando não são adotadas medidas de controlo.

Lima *et al.*, (2015) destacam que a ausência de estratégias de manejo pode levar a perdas económicas substanciais, comprometendo a rentabilidade e a sustentabilidade das práticas agrícolas. Ferreira *et al.*, (2018) confirmam que a inatividade no controlo de pragas pode ser extremamente prejudicial, resultando em perdas que superam os benefícios de qualquer abordagem de manejo.

O uso de extrato de eucalipto, com um custo total de 1.500,00mt e redução de perda de milho para 500 kg, mostra uma abordagem moderadamente eficaz. O índice de custo-benefício (BC) de 1,00 indica que o retorno gerado é equivalente ao custo, enquanto o retorno sobre o investimento (ROI) de 0,00% sugere que não há lucro adicional após cobrir os custos. Silva *et al.*, (2017) relatam que o eucalipto tem eficácia na redução de perdas de grãos, mas o alto custo de aplicação pode limitar sua viabilidade económica. Além disso, Oliveira e Souza (2019) discutem que, embora o eucalipto seja eficaz, suas preocupações ambientais e custos elevados afectam a sustentabilidade a longo prazo. A dependência de extratos sintéticos pode levantar questões sobre o impacto ambiental e a durabilidade do método, o que pode comprometer sua eficácia a longo prazo.

O extrato de moringa apresenta um custo total menor de 1.200,00mt e uma redução das perdas de milho para 500 kg, com um índice de custo-benefício (BC) de 1,25 e um ROI de 25,00%. Esses indicadores sugerem que o extrato de moringa é mais económico e oferece um

retorno sobre o investimento mais alto. Estudos de Pereira e Santos (2015) mostram que a moringa é altamente eficaz para controlo de pragas e oferece um custo-benefício superior, refletindo sua maior eficiência económica e sustentabilidade. Costa *et al.*, (2021) afirmam que a moringa não só protege os grãos, mas também traz benefícios adicionais para o solo e é um recurso renovável, o que aumenta sua sustentabilidade a longo prazo. A moringa se destaca por suas propriedades naturais e custo relativamente baixo, o que a torna uma solução viável e sustentável para o controlo de pragas.

A comparação entre os métodos revela que a abordagem mais sustentável e económica é o uso do extrato de moringa, alinhando-se com a literatura que enfatiza os benefícios económicos e ambientais dos recursos naturais. A análise mostra que, apesar de o extrato de eucalipto ser eficaz na redução de perdas, seus altos custos e preocupações ambientais limitam sua viabilidade económica a longo prazo. A moringa, por outro lado, oferece um equilíbrio favorável entre custo e benefício, com um melhor retorno sobre o investimento e maior sustentabilidade.

De acordo com Pereira e Santos (2015), a moringa é uma planta não apenas eficiente em termos de controlo de pragas, mas também proporciona vantagens adicionais como a melhoria da saúde do solo. Costa *et al.*, (2021) confirmam que a moringa é uma escolha superior devido a seus benefícios adicionais e menor impacto ambiental. Os estudos de Silva *et al.*, (2017) e Oliveira & Souza (2019) apontam para a necessidade de uma análise crítica dos métodos baseados em extratos sintéticos como o eucalipto, devido aos altos custos e impactos ambientais.

Portanto, os resultados sugerem que, para maximizar a viabilidade económica e a sustentabilidade a longo prazo, a adopção do extrato de moringa é a melhor prática. O grupo controlo mostra-se ineficaz e insustentável, enquanto o extrato de eucalipto, apesar de sua eficácia, não oferece as melhores perspectivas económicas e ambientais. A moringa proporciona um balanço ideal entre custo, benefício e impacto ambiental, evidenciando seu valor como uma solução económica e sustentável para o controlo do gorgulho preto.

4.5. Ensaio de cultivo de Cebola em bolsas

De acordo com o resumo de análise de variância (ANOVA) a 5% de significância pelo teste F, observa-se todas as variáveis estudadas que produziram efeitos significativos ($p < 0.05$), excepto peso do bolbo (PB) para o factor bloco e diâmetro do bolbo para interacção (sistema de produção e tipo de adubo), que não tiveram efeitos significativos ($p > 0.05$). Estes resultados

sugerem que há evidências científicas para afirmar que os diferentes sistemas de produção analisados proporcionaram desempenhos diferenciados nas variáveis peso e diâmetro do bolbo. Os coeficientes de variação (CV) nas variáveis estudadas, variaram de 0,61 a 29,30 para o factor sistema de produção e 0,90 a 13,36 para o factor tipo de adubo, sendo a variável rendimento com menor valor absoluto (0,61) para sistema de produção e maior valor (13,23) para o factor tipo de adubo (Tabela 36).

Tabela 36: Resumo de comparação de médias no desempenho da cultura da cebola

FV	GL	Pr(>F _c)				
		AP	NF	DB	PB	REND
Sistema de produção (SP)	1	0,024*	0,001*	0,043*	0,018*	0,005*
Bloco	1	0,031*	0,012*	0,003*	0,069 ^{NS}	0,008*
Tipo de adubo (TA)	2	0,000*	0,005*	0,000*	0,002*	0,034*
SP×TA	2	0,013*	0,048*	0,790 ^{NS}	0,027*	0,000*
CV (SP)		13,88	5,98	8,72	29,30	0,61
CV (TA)		0,90	13,36	4,58	7,12	13,23

* = Significativo a 5% de probabilidade, NS = não significativo, coeficiente de variação (CV), altura da planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do bolbo (DB), peso do bolbo (PB) e rendimento (REND).

O coeficiente de variação (CV) é uma medida estatística de dispersão relativa em relação à média, expressa em percentagem. Na tabela acima (Tabela 35), o CV é apresentado para duas situações diferentes: CV (SP) e CV (TA), que se referem ao sistema de produção e ao tipo de adubo, respectivamente. Em ambos os casos, um valor de CV mais baixo indica uma maior consistência nos dados entre os diferentes sistemas de produção ou tipos de adubo, enquanto um valor mais alto indica uma maior variabilidade nos resultados entre os diferentes sistemas de produção ou tipos de adubo. Isso pode indicar que o sistema de produção ou tipo de adubo tem um impacto significativo nas medidas de crescimento das plantas.

4.5.1. Altura da planta

A figura 17 apresenta as médias da variável altura da planta em função dos tratamentos. Contudo, com base nos resultados de comparação das médias dos tratamentos usando teste de Tukey a 5% de significância, foi possível apurar que o sistema de produção em bolsas e solo natural sob adubação orgânica a base de palha de coco e esterco galináceo, proporcionou maior altura da cebola com variação decrescente em torno de 58,9 a 53,7 cm/planta respectivamente, não tendo apresentado diferenças estatisticamente significativas entre si. Já em relação ao solo natural, as fontes de adubação orgânica (palha de coco e esterco galináceo) não apresentaram

diferenças estatísticas entre si. Porém, maior altura foi alcançada com aplicação de palha de coco (52,2cm) seguido de esterco galináceo com 46,8cm de altura por planta. Os valores mais baixos foram obtidos pelo sistema de produção em bolsas sem adubação (41,3cm/planta) e uso do solo natural com 38,5cm/planta. Estes resultados indicam que a palha de coco em interação com sistema de produção exerce maior efeito sobre o desempenho da cultura à semelhança do esterco galináceo.

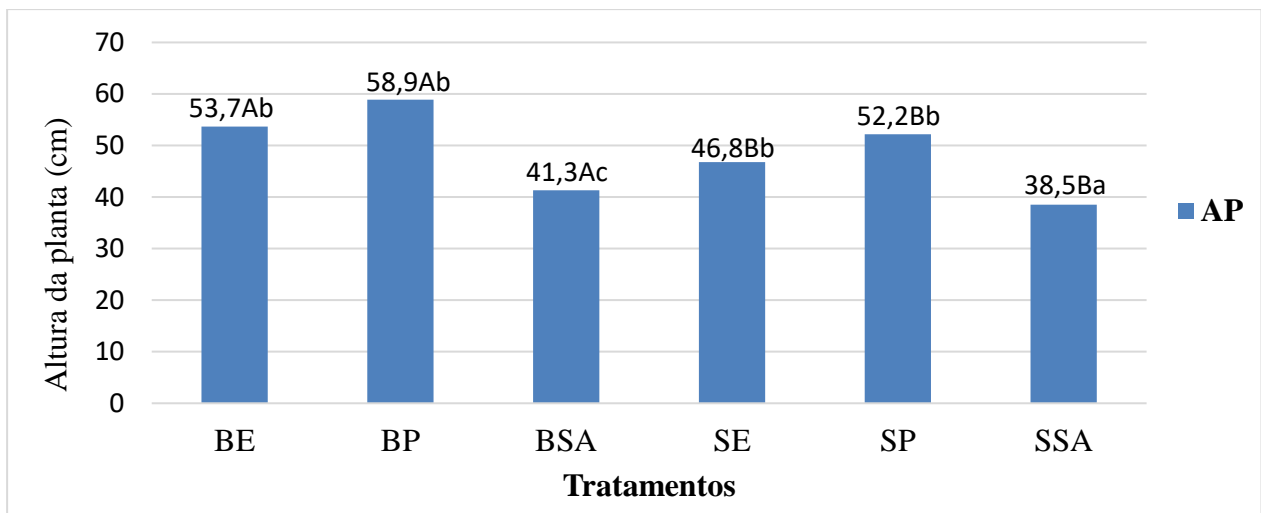


Figura 17. Efeito do sistema de produção em bolsas e solo natural sob adubação orgânica a base de palha de coco e esterco galináceo na variável altura da planta. *BE- Bolsa + esterco galináceo, BP- Bolsa + palha, BSA- bolsa Sem adubação, SE- Solo + esterco, SP- Solo +palha, SSA- Solo sem adubação. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, a nível de significância de 5% de probabilidade.

Analisando os resultados reflectidos na figura 17, é possível inferir que existe diferenças estatisticamente significativas entre cultivo da cebola na bolsa e solo sob adubação com recurso a esterco galináceo e palha de coco quanto a altura da planta. Porém, maior altura foi alcançada no uso da bolsa assim como solo natural sob adubação com palha de coco, o que permite afirmar que independentemente do sistema de produção a palha de coco exerce um efeito significativo no crescimento da cultura.

No experimento é possível notar ainda que o solo adubado com palha de coco reagiu melhor comparado ao solo adubado com esterco e sem adubação na variável altura da planta em todos sistemas de produção. Isto significa que produzindo cebola na bolsa e adubando com palha de coco, obtém-se maior altura da planta quando comparado à adubação com recurso ao esterco galináceo no mesmo sistema de produção, o mesmo acontece com relação ao cultivo no solo, adubado com palha e sem adubação.

Os resultados diferenciados na altura de plantas nos tratamentos da interação bolsa+palha de coco, bolsa+esterco galináceo, solo + palha de coco e esterco galináceo podem ser explicados

pelo tipo de sistema de produção e efeito biofertilizante. O sistema de produção em bolsas (vasos plásticos) proporciona maior gestão de recursos hídricos, nutrientes e evita a competição intra e interespecífica entre as plantas. O que significa que cada planta explora o seu espaço vital sem interferência de outras plantas.

Segundo Carvalho *et. al.*, (2017) o uso do sistema em bolsa independentemente de galináceo ou palha de coco, permite maior disponibilidade de nutrientes para planta durante o seu ciclo fenológico através da libertação paulatina e contínua de substâncias minerais úteis para o desenvolvimento da planta. Por outro lado, em função da composição química entre os dois fertilizantes (palha de coco e esterco galináceo) justifica-se pela palha de coco ser constituído por elementos químicos indispensáveis e facilmente disponíveis como é o caso do ferro, carbono, nitrogénio, cálcio, fósforo, oxigénio e hidrogénio que são requeridos em grandes quantidades pelas plantas à semelhança do esterco galináceo, mas com diferença na forma em que os elementos químicos são disponibilizados às culturas, pois neste adubo primeiro deve passar pelo processo de decomposição pelos microorganismos e posterior libertação o que em parte leva tempo (Gupta e Bhandari, 2017; Sharma e Prasad, 2018).

De forma semelhante, Arruda, *et. al.*, (2016) trabalhando com desenvolvimento do alho comum (*Allium sativum* L.) submetido a diferentes substratos orgânicos, observou efeitos positivos do uso do biofertilizante para a variável altura da planta. Os autores verificaram que a planta atingiu a altura máxima de 59,1cm à semelhança do presente estudo.

Betton e Dermitas (2013) no seu estudo obtiveram 71,78cm de altura média por planta superior aos observados neste trabalho. Uma explicação para menores valores de altura de plantas obtidos no presente estudo quando comparados aos de outros autores é que, este experimento foi conduzido em ambiente aberto susceptível às variações da temperatura, o que pode ter afectado o crescimento da cebola.

Outro factor que pode justificar esta diferença de resultados é que a aplicação dos fertilizantes no solo no presente estudo não teve observância de análise química, o que pode provavelmente ter aumentado o nível de fertilidade e conseqüentemente ocasionada uma absorção de nutrientes em excesso pela planta, ocorrendo um consumo excessivo, que segundo Almeida, (2006) quando a planta absorve nutrientes numa quantidade acima da necessária, não responde em crescimento.

4.5.2. Número de folhas

De acordo com análise de variância para o número de folhas foram observadas diferenças significativas em todos os tratamentos (Sistema de produção em bolsas e solo natural sob adubação orgânica a base de palha de coco e esterco galináceo) (Figura 18). Porém, maior número de folhas foram obtidos nos tratamentos usando bolsas sob adubação com palha de coco (15,1) e solo natural sob mesma adubação com 13,7. Os tratamentos que apresentaram menor número de folhas são os sistemas de produção em solo natural e bolsa sem adubação com variação de 6,9 a 7,5 seguidos de solo e bolsa adubados com esterco galináceo com variação de 9,9 a 11,9, respectivamente.

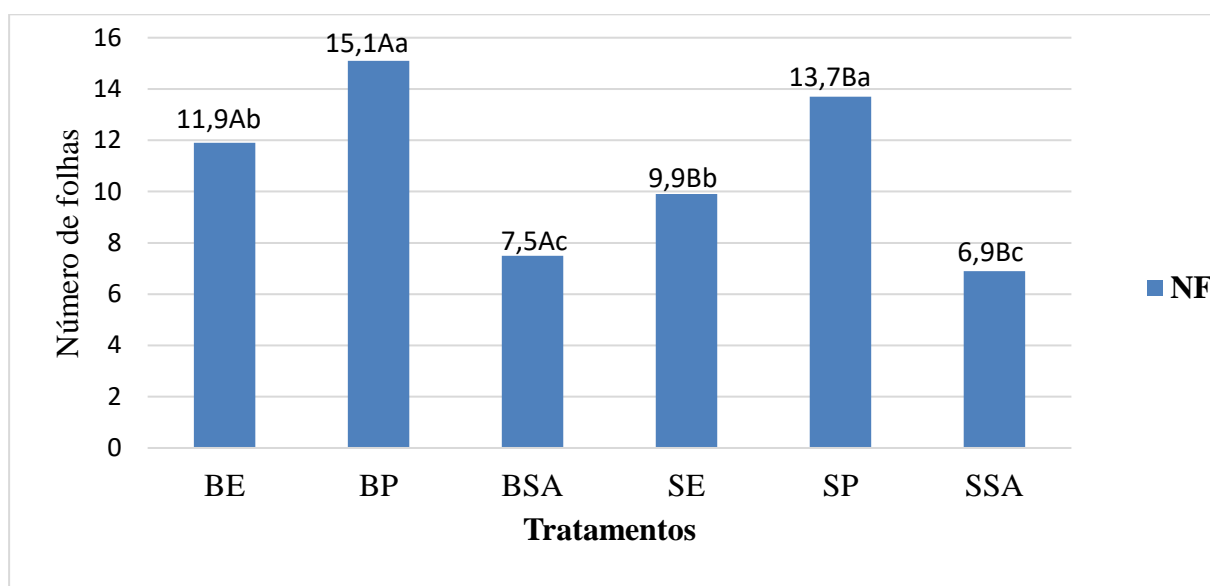


Figura 18. Efeito do sistema de produção em bolsas e solo natural sob adubação orgânica a base de palha de coco e esterco galináceo na variável número de folhas. *BE- Bolsa + esterco galináceo, BP- Bolsa + palha, BSA- bolsa Sem adubação, SE- Solo + esterco, SP- Solo + palha, SSA- Solo sem adubação. Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de significância.

Analisando os resultados obtidos no presente estudo sobre os baixos valores de número de folhas nos tratamentos em que se usou solo natural, bolsa sem adubação e uso de esterco galináceo aqueles podem estar aliados ao fotoperiodismo e às temperaturas vigentes no período de experimento. Esses resultados são fundamentados por Antunes *et al.*, (2011) que, no seu estudo sobre diferentes fertilizantes orgânicos no desempenho da alface na variável número de folhas, observaram que o menor número médio obtido nas parcelas experimentais pode estar relacionado com a temperatura e a luminosidade elevadas no período do experimento, o que resulta também em menor ciclo vegetativo, à semelhança do encontrado no presente estudo, tendo em conta o período do ensaio (Verão).

Por outro lado, os baixos valores de número de folhas obtidos nos tratamentos usando solo natural e bolsa sem ou com adubação à base de esterco galináceo, provavelmente está relacionado a lenta mineralização da matéria orgânica o que fez com que os nutrientes não estivessem facilmente disponíveis para serem absorvidos pelas plantas. Segundo Kano *et al.* (2012), a cultura da cebola é considerada de baixa adaptação aos solos pobres e com baixa disponibilidade de nutrientes, pois é exigente aos elementos como potássio, ferro e nitrogénio.

De acordo com Figueroa (2012), o potássio é o elemento mais exigido pelas hortícolas, juntamente com o nitrogénio, responsáveis pela elevação da ocorrência e desenvolvimento foliar, e na presença e disponibilidade deste nutriente o número de folhas por planta pode ultrapassar 30, o que não foi verificado no presente estudo.

A adubação do solo com esterco galináceo ou em cultivo em bolsas não diferem em termos da eficácia em si. O esterco tal como o nitrogénio, o fósforo e o potássio são uma fonte de nutrientes orgânicos valiosos que podem beneficiar as plantas de forma semelhante, independentemente do método de aplicação. No entanto, a diferença pode estar na eficiência de aplicação. Enquanto a adubação no solo permite que os nutrientes do esterco se misturem e se decomponham no solo, fornecendo às plantas um suprimento constante de nutrientes ao longo do tempo, a adubação em cultivo de bolsas pode exigir uma aplicação mais cuidadosa para garantir que o esterco seja distribuído de maneira uniforme e que as raízes das plantas tenham acesso aos diferentes nutrientes da palha de coco.

He *et al.*, (2000) e Akter *et al.*, (2018) destacam que o uso de esterco no solo melhora a estrutura do solo, aumenta a retenção de humidade e estimula a actividade microbiana, beneficiando a absorção dos nutrientes pela planta. De acordo com Medina *et al.*, (2018), para garantir que o esterco ou outros nutrientes sejam devidamente aproveitados nesse tipo de sistema, é necessário aplicar doses específicas e homogéneas de nutrientes para evitar a lixiviação e garantir uma nutrição adequada das raízes.

Além disso, a adubação em cultivo em bolsas pode exigir uma quantidade menor de esterco, uma vez que o espaço é limitado. Embora os benefícios sejam semelhantes aos do solo a forma como o adubo é aplicado pode ter influência tanto num como noutro método. Em geral a adubação com palha de coco pode beneficiar tanto o solo como a planta, independentemente do método de aplicação. Ela pode ajudar a melhorar a qualidade do solo, promover o crescimento saudável das plantas e fornecer nutrientes essenciais, sendo viável para a maioria dos agricultores.

Maior número de folhas nos tratamentos em que se usou bolsas sob adubação com base de palha de coco pode ter a ver com o suprimento dos nutrientes, permitindo um bom desenvolvimento da cultura. Estes resultados assemelham-se aos encontrados por Betton e Dermitas, (2013), utilizando composto orgânico à base de guano de morcego e plantio em vasos, tendo obtido uma variação do número de folhas de 6,3 a 12,7.

Contudo, o cultivo em bolsas pode ser uma alternativa viável e adaptável em resposta às mudanças climáticas no sector familiar. Esta técnica de cultivo permite que o sector familiar utilize pequenas áreas de terra e recursos limitados para produzir alimentos de forma eficiente. Além disso, as bolsas são móveis e podem ser deslocadas para evitar variações climáticas extremas como secas ou inundações. É especialmente importante para os agricultores familiares que muitas vezes têm acesso limitado a terras aráveis e a recursos financeiros. Com esta técnica de cultivo, os agricultores familiares podem produzir alimentos de forma mais eficiente, maximizando o uso de recursos escassos e minimizando o impacto das mudanças climáticas. Além disso, o cultivo em bolsas permite a utilização de técnicas de irrigação mais eficazes, como o sistema gota a gota que economiza água e reduz a dependência de chuvas regulares.

4.5.3. Peso do bolbo

O peso do bolbo e o rendimento são aspectos muito importantes para avaliar a eficácia de práticas agrícolas e condições de crescimento. Nesta perspectiva nota-se na tabela abaixo diferenças significativas entre os sistemas de produção e tipos de adubo (Figura 19).

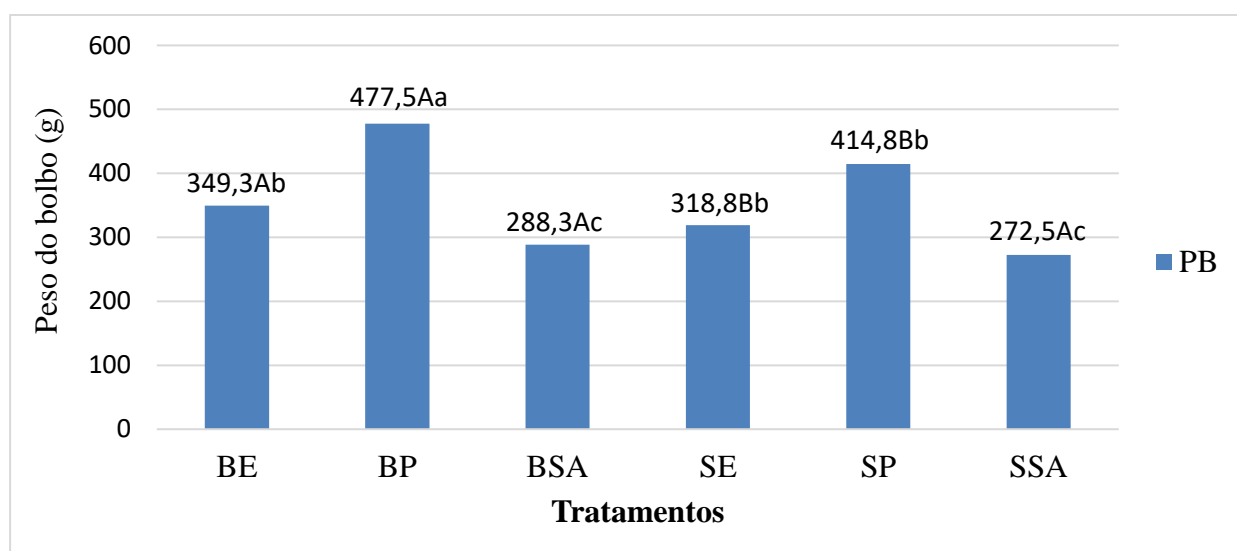


Figura 19. Efeito do sistema de produção em bolsas e solo natural sob adubação orgânica à base de palha de coco e esterco galináceo na variável peso do bolbo. *BE- Bolsa + esterco galináceo, BP- Bolsa + palha, BSA- bolsa Sem adubação, SE- Solo + esterco, SP- Solo +palha, SSA- Solo sem adubação. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de tukey, a nível de significância de 5% de probabilidade.

Analisando os resultados da figura 19 pode-se aferir que o peso de bolbo é maior no cultivo em bolsas seguido do solo natural, usando a palha de coco como adubo com valores que variam de 477,5 a 414,8g por bolbo, respectivamente. Os maiores valores de peso do bolbo obtidos a partir da bolsa e adubo de palha do coco deve-se provavelmente ao facto de ser o biofertilizante mais rico em substâncias minerais, que conseqüentemente com a sua aplicação ao solo são disponibilizados principalmente o potássio que participa em todas reacções bioquímicas do crescimento da planta da cebola. Outra razão que pode justificar os resultados do presente estudo em relação à variável peso de bolbo é que o sistema de cultivo em bolsas, associado à aplicação de substratos de difícil lixiviação melhora a estrutura do solo, permitindo assim uma libertação paulatina dos nutrientes e, conseqüentemente, altos índices de produtividade.

De acordo com Chanda *et al.*, (2021), o uso de substratos que oferecem lenta liberação de nutrientes reduz a lixiviação, o que facilita o acesso das plantas a nutrientes essenciais durante o ciclo prolongado de crescimento. Este efeito contribui para um desenvolvimento uniforme e consistente dos bolbos, pois os nutrientes ficam disponíveis por mais tempo na zona radicular, favorecendo o aproveitamento pelas raízes das cebolas.

O cultivo em bolsas é muito vantajoso pois oferece uma opção versátil e conveniente para o cultivo das cebolas, porque pode ser usado num ambiente com espaço limitado e/ou em condições de secas e inundações. As bolsas facilitam o transporte e a relocação das plantas, permitindo que elas sejam movidas para receber luz solar ideal ou protecção contra condições climáticas adversas. Ao produzir em bolsas evita-se a ocorrência de pragas do solo, ajudando a proteger a cultura da cebola. Garante ainda a economia da água através do controlo eficaz de rega, reduzindo o desperdício da mesma (Rodrigues *et al.*, 2019). Além disso, o cultivo em bolsas com substratos específicos permite o controle das condições do meio, como aeração e drenagem, factores que também influenciam diretamente o peso e o desenvolvimento do bolbo. Costa e Oliveira (2020) observaram que substratos como a fibra de coco contribuem para uma maior retenção de água e um ambiente radicular mais estável, o que evita o estresse hídrico e promove um crescimento mais robusto dos bolbos.

O esterco galináceo apesar de ser uma fonte rica de nutrientes orgânicos essenciais, como nitrogénio, fosforo e potássio, ele fornece os nutrientes em pouco tempo e não indo de acordo com o ciclo da cultura, enquanto, adubar com a palha de coco no cultivo da cebola em bolsas ajuda a reter a humidade o que é importante para o desenvolvimento saudável das raízes da

cebola. Além disso a palha de coco actua como um substrato natural, fornecendo nutrientes essenciais para o crescimento da planta, auxiliando na protecção do solo. Portanto, adubar com palha de coco no cultivo de cebola, em bolsas, promove um crescimento saudável das plantas, fornecendo nutrientes de forma natural.

Os resultados encontrados no presente estudo, embora as parcelas testemunhas (bolsa e solo sem adubação) apresentem valores baixos em relação aos restantes tratamentos, foram superiores aos obtidos por Lima *et al.*, (2015) que encontraram 83,6g por bolbo, não sendo críticos ao tomar como base a classificação de Souza *et al.*, (2015), em que os valores de peso de bolbo entre 80 e 100g são de maior preferência para o comércio e consumo.

4.5.4. Rendimento em função dos tratamentos

O rendimento é importante para avaliar a eficácia de práticas agrícolas e condições de crescimento. Nesta perspectiva, pode observar-se na figura 20, os resultados médios dos tratamentos, onde foram encontradas diferenças significativas entre os mesmos, isto é, quase todos os tratamentos apresentaram desempenho diferenciado neste parâmetro. Entretanto, as médias mais elevadas foram observadas na interacção entre o sistema de produção em bolsas com o factor tipo de adubo palha de coco com 27,8 ton/ha (Figura 20).

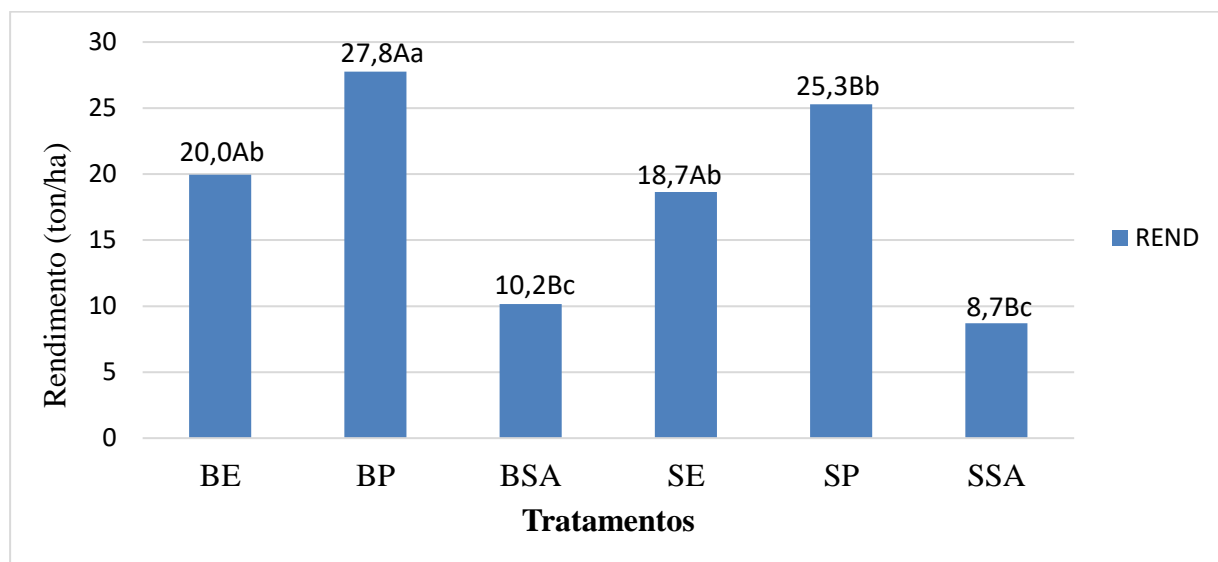


Figura 20. Rendimento da Cebola em função dos tratamentos. *BE- Bolsa + esterco galináceo, BP- Bolsa + palha, BSA- bolsa Sem adubação, SE- Solo + esterco, SP- Solo +palha, SSA- Solo sem adubação. Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de significância.

O rendimento observado na figura 20 foi significativamente maior nos tratamentos em associação Bolsa + palha de coco, Bolsa + esterco bovino seguidas de solo natural com palha de coco comparativamente aos tratamentos solo + esterco galináceo, solo sem adubação e bolsa

sem adubação, pois, na produção em bolsas, as plantas sofrem menos os efeitos de competição intra-específica e, por isso, produzem bolbos maiores, ao contrário de plantas sob produção directa em solo natural.

Os baixos valores de rendimentos registados nos tratamentos em associação solo e bolsa sem adubação (8,7 a 10,2ton/ha) pode estar aliado, para além de concorrência intra-específica, à deficiência do solo em nutrientes que teria sido um factor que contribuiu para a redução de fito- assimilados nas folhas e, conseqüentemente, no produto final (bolbo), pelo que as plantas fracas e mal desenvolvidas dificilmente criam enchimento do bolbo.

Segundo Tavira (2018), o rendimento da cebola (bolbo) aumenta com o nível de implementação de tecnologias que impulsionam o ganho do peso do bolbo da cebola por unidade de área, até alcançar um rendimento máximo, o que está de acordo com os dados obtidos no presente estudo, que mostram o máximo rendimento do bolbo com uso da bolsa e solo sob biofertilizante a base de palha de coco.

Ribeiro (2021), afirma que o rendimento da cebola da variedade “Texas grano” ronda entre 10 a 13 toneladas de bolbo por hectare. Porém, os resultados de produtividade obtidos no presente estudo, apresentam-se altos, em virtude dos seguintes factores: colheita tardia (4 meses); uso de técnica de bolsas com substrato previamente preparado (fertilizado), implicando maior retenção de nutrientes e humidade e maior vigor fisiológico das plantas durante o desenvolvimento fenológico.

Pereira *et al.*, (2020) fundamenta os resultados obtidos no presente estudo, afirmando que a implementação de tecnologias aumenta os rendimentos da cultura, mas os sistemas de plantio directo em solo não protegido cria decréscimo dos rendimentos.

Neste estudo, o aumento do rendimento referenciado verifica-se a partir do uso de tecnologias de bolsas e solo associadas ao factor biofertilizante, para atingir valores mais altos. Ao contrário, no plantio directo (solo natural) sem uso de adubos, o tamanho do bolbo é geralmente pequeno e, conseqüentemente, o rendimento é baixo, encontrando-se inferior aos valores defendidos por Ribeiro (2021) de 10 a 13 ton/ha. As razões do baixo rendimento no uso da técnica de plantio directo no solo sem fertilização não se desassociam das apresentadas em relação ao fraco rendimento fundamentado por Carvalho (2017), acrescido ao grau de susceptibilidade do solo a lixiviação dos nutrientes, instabilidade do microclima, perda de humidade e competição entre plantas.

Portanto, o cultivo em bolsas pode ser uma prática promissora para enfrentar alguns dos desafios impostos pelas mudanças climáticas, oferecendo soluções adaptativas e sustentáveis para a produção de alimentos. Em regiões afectadas por mudanças climáticas, o cultivo em bolsas pode oferecer flexibilidade e mobilidade para promover as plantas e protege-las de condições climáticas extremas como, seca, inundações e temperaturas não favoráveis. Em áreas sujeitas a escassez de água devido às mudanças climáticas, o cultivo em bolsas permite uma gestão mais eficiente de água, reduzindo o consumo e minimizando o desperdício (Altieri, 2018).

Com os impactos das mudanças climáticas nas áreas rurais, o cultivo em bolsas pode oferecer uma alternativa viável para agricultura urbana, possibilitando o cultivo de alimentos em espaços limitados não só nas zonas rurais como também nas cidades. Esta técnica permite a redução de desperdícios, possibilitando o controlo mais precioso dos recursos como, solo, água e nutrientes, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis e que respondem as mudanças climáticas (FAO, 2019).

4.5.5. Viabilidade económica da cebola em sistema de bolsas

De acordo com os resultados de análise de viabilidade económica refletidos na tabela 36, pode se notar que, o tratamento Solo Natural + Palha de Coco apresenta o menor custo de produção (1,600 mt) e uma boa produção da cebola (25.3 ton/ha), resultando em uma receita relativamente alta de 50,600mt. Por outro lado, o tratamento Bolsa + Palha de Coco tem o custo mais elevado (3,500 mt) e a maior produção (27.8 ton/ha), gerando a maior receita total de 55,600mt. Já o tratamento Bolsa + Esterco de Galináceo apresenta um custo de produção de 3,900mt e uma produção de 20.0 ton/ha, resultando em uma receita total de 40,000mt. O tratamento Solo Natural + Esterco de Galináceo possui um custo de produção de 2,000 mt e uma produção de 18.7 ton/ha da cebola, gerando uma receita total de 37,400mt (tabela 37).

Em termos de margens, o tratamento Solo Natural + Palha de Coco se destaca com a maior margem bruta e líquida percentual de 96.8%, indicando uma alta eficiência em relação ao custo de produção. O tratamento Bolsa + Palha de Coco também apresenta margens elevadas de 93.7%, mas o custo mais alto reduz um pouco a margem em comparação com outros tratamentos. O tratamento Solo Natural + Esterco de Galináceo possui uma margem bruta e líquida de 95.6%, enquanto o Bolsa + Esterco de Galináceo tem margens de 90.5% (tabela 38).

Quanto ao Retorno sobre o Investimento (ROI), o tratamento Solo Natural + Palha de Coco oferece o ROI mais alto de 3,063%, sugerindo o melhor retorno financeiro sobre o

investimento. O tratamento Bolsa + Palha de Coco também apresenta um ROI elevado de 1,487%, mas não tão alto quanto o tratamento com Solo Natural + Palha de Coco. Os tratamentos com esterco de galináceo, embora também apresentem ROIs positivos e altos, são menores em comparação aos tratamentos com palha de coco (tabela 37).

Tabela 37: Custos e Receitas em função dos Tratamentos

Item	Bolsa + Palha de Coco	Bolsa + Esterco de Galináceo	Solo Natural + Palha de Coco	Solo Natural + Esterco de Galináceo
Custos Fixos:				
- Bolsas (mt)	1,500	1,500	-	-
Custos Variáveis:				
- Esterco Galináceo (mt)	-	600	-	600
- Palha de Coco (mt)	300	-	300	-
- Sementes (mt)	200	200	200	200
- Água (mt)	100	100	100	100
Custos Fixos e Variáveis Operacionais:				
- Mão de Obra (mt)	1,000	1,000	800	800
- Manutenção (mt)	200	200	100	100
- Transporte (mt)	200	200	100	100
Total de Custos de Produção (mt)	3,500	3,900	1,600	2,000
Produção Total (ton/ha):	27.8	20.0	25.3	18.7
Preço de Venda (mt/kg):	2	2	2	2
Receita Total (mt):	55,600	40,000	50,600	37,400

Tabela 38: Margens e Retorno sobre o Investimento

Item	Bolsa + Palha de Coco	Bolsa + Esterco de Galináceo	Solo Natural + Palha de Coco	Solo Natural + Esterco de Galináceo
Margem Bruta (mt):	52,100	36,100	49,000	35,400
Margem Bruta (%)	93.7%	90.5%	96.8%	95.6%
Margem Líquida (mt):	52,100	36,100	49,000	35,400
Margem Líquida (%)	93.7%	90.5%	96.8%	95.6%
Retorno sobre o Investimento (ROI %):	1,487%	925%	3,063%	1,770%

A análise económica dos tratamentos de produção de cebola revela que o tratamento Solo Natural + Palha de Coco se destaca como o mais eficiente em termos de custo-benefício, com o menor custo de produção e a maior produção, resultando em uma receita significativa de 50,600mt. Este tratamento também apresenta a maior margem líquida e o melhor Retorno sobre o Investimento (ROI) de 3,063%.

Esses resultados estão alinhados com o estudo de Bharadwaj *et al.*, (2018), que demonstrou que o uso de palha de coco pode reduzir os custos de produção e melhorar a produtividade. Os mesmos observaram ainda que a palha de coco, como material orgânico, pode diminuir a necessidade de fertilizantes químicos e melhorar a retenção de humidade no solo, contribuindo para uma produção mais económica.

O tratamento Bolsa + Palha de Coco também mostrou uma boa performance, mas com um custo de produção mais alto e um ROI de 1,487%. Embora tenha uma produção alta, o custo elevado reduz sua margem líquida e ROI em comparação ao Solo Natural + Palha de Coco. Esses achados são corroborados por Singh *et al.*, (2017), que identificaram que práticas de manejo utilizando recursos naturais e orgânicos frequentemente resultam em maiores margens de lucro e retornos mais altos sobre o investimento, mas ressaltam que o custo pode impactar a rentabilidade.

Por outro lado, os tratamentos que utilizam esterco de galináceo, como bolsa + esterco de galináceo e solo natural + esterco de galináceo, apresentam um custo de produção mais alto e

um ROI menor. Este resultado é consistente com a pesquisa de Kumar *et al.*, (2020), que observou que, apesar dos benefícios do esterco de galináceo para a fertilidade do solo, o custo e o manejo adicional podem impactar negativamente a rentabilidade, especialmente em comparação com métodos que utilizam insumos mais económicos.

Contudo, o tratamento Solo Natural + Palha de Coco oferece a melhor relação custo-benefício e retorno financeiro, alinhando-se com Kumar *et al.*, (2020) que valoriza o uso de materiais orgânicos para otimizar a produção. Por outro lado, tratamentos com esterco de galináceo, apesar de seus benefícios agronômicos, têm um custo mais elevado que pode reduzir a rentabilidade. Esses resultados fornecem uma base valiosa para otimizar a produção de cebola e tomar decisões práticas para melhorar a eficiência e a lucratividade na agricultura.

Outrossim, a análise dos diferentes tratamentos de produção de cebola revela variações significativas em termos de produtividade e resiliência às mudanças climáticas. O tratamento Bolsa + Palha de Coco destacou-se com a maior produtividade, alcançando 27,8 toneladas por hectare, enquanto o Solo Natural + Palha de Coco também apresentou resultados positivos, com 25,3 toneladas por hectare. Esses resultados sugerem que a utilização de palha de coco, tanto em solo natural quanto em bolsas, é altamente eficaz para aumentar a produtividade. A palha de coco tem sido associada à melhoria na retenção de humidade, controlo da temperatura do solo e redução da evapotranspiração, criando um ambiente de crescimento mais favorável para as plantas. Sharma *et al.*, (2019); Alves *et al.*, (2020) e Costa *et al.*, (2021) corroboram essa visão, destacando que o uso de coberturas orgânicas, como a palha de coco, pode aumentar a produtividade em até 30%, especialmente em regiões de altas temperaturas e baixa disponibilidade de água.

No contexto das mudanças climáticas, a resiliência das práticas agrícolas é crucial. Os tratamentos que utilizam palha de coco demonstram potencial para aumentar a resiliência da cebola às variações climáticas. A capacidade da palha de coco de moderar as temperaturas do solo e reter humidade é essencial em um cenário de mudanças climáticas, onde o calor extremo e a seca se tornam mais frequentes. Choudhary *et al.*, (2020) enfatizam que práticas que melhoram a retenção de humidade e protegem o solo contra a erosão são fundamentais para aumentar a resiliência das culturas, e a palha de coco desempenha um papel significativo nesse processo. O uso de bolsas no tratamento Bolsa + Palha de Coco oferece benefícios adicionais, como maior controlo sobre o ambiente de cultivo e redução dos riscos associados à variabilidade climática, conforme observado por Rajendran *et al.*, (2019). Contudo, o custo

mais elevado das bolsas deve ser considerado em relação aos benefícios obtidos em termos de produtividade e resiliência.

Em comparação, os tratamentos com esterco de galináceo, como Bolsa + Esterco de Galináceo e Solo Natural + Esterco de Galináceo, apresentaram menor produtividade. Embora o esterco de galináceo seja um fertilizante eficaz para melhorar a fertilidade do solo, ele não oferece os mesmos benefícios em termos de retenção de humidade e controlo de temperatura proporcionados pela palha de coco. Kumar *et al.*, (2020) apontam que, apesar dos benefícios para a fertilidade do solo, o esterco de galináceo não é tão eficaz na mitigação dos impactos climáticos quanto a palha de coco.

Contudo, o uso da palha de coco nos tratamentos de produção de cebola não só melhora a produtividade, mas também aumenta a resiliência às mudanças climáticas, tornando-se uma prática recomendável em face da crescente incerteza climática. Por outro lado, o esterco de galináceo, embora benéfico para o solo, não oferece o mesmo nível de proteção contra os desafios climáticos que a palha de coco proporciona. Essas premissas são sustentadas por diversos estudos que destacam a importância de práticas agrícolas sustentáveis e resilientes diante das mudanças climáticas.

4.6. Ensaio de rega por Capilaridade no cultivo da alface

Conforme o resumo de análise de variância (ANOVA) na Tabela 39, para o factor (parcela) Época nas variáveis estudadas (altura da planta, número de folha, diâmetro da folha e rendimento) somente o parâmetro número de folha (NF) é que mostrou significância. Entretanto, para o factor (subparcela) Tipo de Cobertura todas as variáveis foram estatisticamente significativas, facto não verificado para o bloco e para a interacção época tipo de cobertura, pois nenhuma variável foi significativa. Todos os parâmetros foram avaliados pelo teste F a nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Tabela 39: Resumo de comparação de médias

Fonte de Variação	GL	Pr(>F _c)			
		AP	NF	DF	REND
Tipo de Rega (TR)	1	0,395 ^{NS}	0,094 ^{NS}	0,031*	0,458 ^{NS}
Bloco	2	0,810 ^{NS}	0,813 ^{NS}	0,131 ^{NS}	0,085 ^{NS}
Tipo de Cobertura (TCo)	1	0,013*	0,003*	0,000*	0,001*
TR×Tco	1	0,802 ^{NS}	0,388 ^{NS}	0,127 ^{NS}	0,403 ^{NS}
CV1 (%)		29,02	12,63	6,24	18,29
CV2 (%)		10,46	13,73	5,45	9,87

* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, NS = não significativo, coeficiente de variação (CV), altura da planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro da folha (DF) e rendimento (REND).

4.6.1. Número de folhas e diâmetro da folha

Os resultados obtidos no ensaio mostraram haver diferenças significativas nos dois tipos de rega (capilaridade e gravidade) quanto ao diâmetro da folha e o mesmo acontece em relação ao tipo de cobertura. Quanto ao número de folhas nota-se que não houve diferenças estatisticamente significativas em relação ao tipo de rega e tipo de cobertura, com exceção da parcela sem cobertura (Tabela 40).

Tabela 40: Diâmetro e número de folhas em função dos tratamentos

Diâmetro da Folha (cm)				
Tipo de Rega		Tipo de Cobertura		
Capilaridade	Gravidade	Plástico	Palha	Sem Cobertura
20.08a	17.06b	21.50a	19.83b	14.37c
Número de Folhas				
Tipo de Rega		Tipo de Cobertura		
Capilaridade	Gravidade	Plástico	Palha	Sem Cobertura
20.87a	17.42a	21.96a	20.70 ^a	14.78b

Medias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de probabilidade para os factores tipo de condutor e tipo de nutriente em cada parâmetro.

Os resultados obtidos indicam que o método de irrigação influencia directamente o diâmetro das folhas de alface, enquanto o número de folhas por planta não apresenta variações significativas relacionadas ao tipo de rega. Observou-se que a irrigação por capilaridade e gravidade, associada a diferentes coberturas do solo, impacta o desenvolvimento da alface, especialmente no diâmetro das folhas, sugerindo efeitos sobre o crescimento e a qualidade da cultura.

A irrigação por capilaridade mostrou-se eficiente na promoção de um sistema radicular saudável, garantindo uma distribuição uniforme da água no solo e melhorando a disponibilidade de nutrientes. Isso resultou em um diâmetro foliar aceitável, conforme corroborado por Mantovani *et al.*, (2020), que destacam o potencial desse método em promover crescimento uniforme e aumento do diâmetro foliar devido à eficiente distribuição de água e nutrientes. Altieri (2018) também aponta que a estabilidade térmica do solo proporcionada por este método de irrigação é um fator crucial para o crescimento das folhas.

Por outro lado, a irrigação por gravidade, embora menos eficiente na distribuição da água, apresentou resultados favoráveis, proporcionando uma humidade moderada e contínua que beneficiou o diâmetro das folhas e o número de folhas. Isso indica que, mesmo sendo um método tradicional, ainda possui potencial de aplicação em condições específicas de cultivo.

No que diz respeito às coberturas do solo, a palha apresentou limitações no contexto da irrigação por capilaridade, resultando em um menor diâmetro foliar (19,83 cm), quando comparada à cobertura com plástico. Essa limitação pode ser atribuída à barreira física imposta pela palha, que dificulta a ascensão capilar da água e dos nutrientes para as raízes da alface. Além disso, a decomposição da palha pode competir com as plantas por nutrientes essenciais, impactando negativamente o crescimento e o diâmetro das folhas. Andrade e Klar (1997) relataram que coberturas orgânicas, como bagaço de cana-de-açúcar e palha de arroz, promoveram maiores ganhos no número de folhas em comparação a solos descobertos ou cobertos com plástico.

Por outro lado, a cobertura plástica demonstrou ser mais eficaz na retenção de humidade e na estabilização da temperatura do solo, proporcionando condições favoráveis para o desenvolvimento do diâmetro foliar e a protecção contra variações climáticas adversas. No entanto, os dados obtidos indicam que o número de folhas por planta não foi significativamente influenciado pelo tipo de cobertura, diferentemente do observado por Santana *et al.*, (2012),

que reportaram maior número de folhas em alfaces cultivadas com cobertura morta, devido ao sombreamento proporcionado às plantas infestantes.

Comparando os resultados do presente estudo com os de Fayad *et al.*, (2018), o número de folhas obtido (14,37 a 14,78 por planta) foi superior aos valores relatados por esses autores (12,7 a 13,4 folhas por planta), reforçando a relevância das condições específicas de cultivo e manejo adoptadas. Severino *et al.*, (2014) destacam que a área foliar está directamente ligada à capacidade fotossintética das plantas, a qual é influenciada por factores como nutrição e fornecimento de água. Nesse contexto, Peixoto *et al.*, (2018) enfatizam que folhas de maior diâmetro desempenham um papel crucial no controlo cultural, cobrindo o solo e inibindo a germinação de plantas infestantes, ao mesmo tempo que auxiliam na retenção de humidade no solo.

4.6.2. Altura média das plantas de alface em função dos tratamentos

De acordo com os resultados obtidos neste experimento, pode-se notar que não houve diferenças significativas entre os tipos de rega (capilaridade e gravidade), quanto à altura da planta, havendo diferenças estatisticamente entre os tipos de cobertura, embora o plástico tenha reagido melhor em termos da altura da planta, cerca de 24,36 cm o que já não aconteceu com a cobertura com palha que se assemelha a parcela não coberta (Tabela 41).

Tabela 41: Altura da planta em função do tipo de rega e cobertura do solo

Altura da Planta (cm)				
Tipo de Rega		Tipo de Cobertura		
Capilaridade	Gravidade	Plástico	Palha	Sem Cobertura
23.41a	20.20a	24.36a	21.87b	19.18b

Medias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de probabilidade para os factores tipo de condutor e tipo de nutriente em cada parâmetro.

Apesar de a rega por gravidade apresentar um valor da altura da planta (23,41) superior ao da gravidade, tudo indica que qualquer um dos tipos de rega pode proporcionar a mesma altura da planta, isto do ponto de vista estatístico. A rega por capilaridade e gravidade proporcionou, neste experimento, a mesma altura da planta no cultivo da alface, devido à forma como a água foi distribuída e absorvida pelas raízes das plantas. Na rega por capilaridade a água é distribuída de baixo para cima movendo-se através dos poros do solo, sendo absorvida pela raiz da planta. Este processo permitiu o fornecimento da água de modo uniforme e constante, deixando que as plantas

absorvessem a quantidade necessária de água e nutrientes para o seu crescimento, resultando em um desenvolvimento uniforme das plantas de alface, incluindo a altura da planta.

Segundo Bouman *et al.*, (2007), sistemas baseados em capilaridade garantem uma distribuição uniforme de água no solo, o que resulta em um fornecimento contínuo e eficiente de água para as plantas, sem picos de estresse hídrico. Esse processo é benéfico para o crescimento vegetativo, promovendo uma altura constante e saudável, como observado nas plantas de alface deste experimento. Já o Hillel (2004) argumenta que, quando bem controlada, a irrigação por gravidade pode permitir uma distribuição gradual da água, o que facilita a absorção pelas raízes, principalmente em solos com boa drenagem.

Isso é consistente com os resultados deste experimento, onde as plantas apresentaram uma altura semelhante às aquelas irrigadas por capilaridade. A gravidade também assegura que a água se move de maneira uniforme, desde que o fluxo seja adequado e não ocorra escoamento excessivo.

Do mesmo modo, na rega por gravidade, a água é aplicada directamente sobre o solo, permitindo que ela fosse absorvida pelas raízes das plantas à medida que se deslocasse para baixo, o que permitiu que as plantas recebessem uma quantidade necessária de água, o que pode ter auxiliado no crescimento uniforme, incluindo na altura das plantas. No entanto, a cobertura da palha na rega por capilaridade no cultivo da alface teve uma semelhança com parcelas não cobertas, pois, provavelmente, a palha actuou como barreira física, retardando a evaporação da humidade, reduzindo a perda de água e mantendo a humidade do solo por mais tempo o que pode ter ajudado a manter o suplemento da água para as plantas de forma mais constante. No entanto no sistema de rega por capilaridade a água é redistribuída através do solo de forma ascendente, de modo que a palha possa afectar a uniformidade dessa distribuição, especialmente se a palha for densa ou estiver compactada, pode resultar em algumas áreas com acesso limitado a água, levando a uma menor eficiência na rega e, conseqüentemente, a uma semelhança com áreas não cobertas.

Os altos valores de altura da planta, obtidos neste estudo demonstram a influência significativa da associação dos sistemas de cobertura com irrigação capilar. No entanto, trabalhos realizados por Barreto *et al.*, (2019) na sua pesquisa, ao avaliar os impactos de nível de irrigação e cobertura do solo, obtiveram resultados similares aos do presente estudo. Batista *et al.*, (2015) trabalhando em solos argilosos observaram resultados contrários aos do presente estudo, o melhor desempenho na altura da planta foi num solo coberto com plástico. As características do solo podem ter contribuído para a diferença dos resultados.

Resultados similares são fundamentados por Ferreira, (2016), no seu estudo sobre o efeito de irrigação por capilaridade tendo constatado que a cultura respondeu positivamente às

variáveis de crescimento. Com isso pode-se afirmar que a irrigação por capilaridade minimiza as perdas de água por evaporação, é mais eficiente, pois, possibilita a reutilização de nutrientes, em termos operativos, a tecnologia é simplificada determinando desta forma baixo custo de produção.

Batista *et. al.* (2015) ao avaliar o efeito da cobertura do solo e irrigação da cultura da alface, em condições de campo, usando duas condições de cobertura (com e sem plástico), concluíram que o solo descoberto proporcionou maior desempenho em todas as variáveis analisadas quando comparado ao solo coberto por plástico, o que vem a secundar os resultados do presente estudo.

Ferreira (2016) afirma que a disponibilidade de água a dotação óptima é o factor indispensável na produtividade das culturas, pois, favorece o desenvolvimento da planta, em todos componentes de crescimento, dado que este é um dos factores que afecta a fotossíntese. Jensen (2014) ressalta ainda que um manejo adequado de água proporciona a maximização da produtividade das culturas.

4.6.3. Rendimento

Os resultados médios do rendimento mostraram diferenças estatisticamente significativas para o factor tipo de rega e quanto ao tipo de cobertura de solo foram verificadas diferenças estatisticamente significativas, com melhor desempenho obtido na cobertura com plástico cerca de 13,29 ton/ha (Tabela 42).

Tabela 42: Efeito da irrigação capilar e gravidade sob rendimento da alface

Rendimento (ton/ha)				
Tipo de Rega		Tipo de Cobertura		
Capilaridade	Gravidade	Plástico	Palha	Sem Cobertura
12.27a	11.34a	13.29a	12.64 ^a	9.48b

Medias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a nível de 5% de significância.

A tabela 41, ilustra uma similaridade do ponto de vista estatístico entre o tipo de rega (Capilaridade e gravidade) bem como a cobertura com plástico e palha para a variável rendimento. O que significa que apenas a parcela sem cobertura é que proporcionou um rendimento diferente cerca de 9,48 ton/ha. A rega por capilaridade e gravidade bem como a cobertura com plástico e palha influenciaram no rendimento da cultura da alface, pois estas técnicas promovem uma

distribuição mais eficiente da água, favorecem a absorção de nutrientes e proporciona condições favoráveis para o crescimento saudável das plantas e consequente rendimento aceitável.

Os resultados obtidos neste experimento são sustentados por Gardé, (2015) ao afirmarem que a utilização da cobertura morta, para além de proteger a cultura e o próprio solo contra a acção das oscilações climáticas, aumenta a actividade biológica e, conseqüentemente, a liberação de nutrientes. Severino *et. al.*, (2014) ressalta que a matéria orgânica e os nutrientes presentes nos resíduos podem incrementar a produção agrícola.

Segundo Barreto *et. al.*, (2019), o fornecimento de água por capilaridade afecta o acúmulo de biomassa e a eficácia produtiva das culturas e permite um maior aproveitamento pelas plantas. O resultado do presente estudo sugere que a alface é mais produtiva quando o solo é coberto por plástico polietileno, não importando o sistema de irrigação aplicado. Anais, (2014), num estudo, usando a cultura de tomate em solos cobertos por plástico, encontrou resultados similares aos do presente estudo, quanto ao rendimento.

Quanto a importância deste estudo em resposta às mudanças climáticas, pode-se afirmar que a técnica de rega por capilaridade, pode ser uma técnica de adaptação muito eficaz para o sector familiar em áreas afectadas, pois permite que as plantas absorvam a água de forma mais eficiente, reduzindo o desperdício e a necessidade de rega frequente. Além disso a rega por capilaridade, ajuda a reter a humidade no solo, o que é importante em regiões sujeitas a secas ou mudanças na distribuição de chuvas. Para os agricultores familiares, a rega por capilaridade pode ajudar a garantir o fornecimento de água necessária para a produção de alimentos, mesmo em condições de escassez hídrica. Isso pode contribuir para a segurança alimentar e resiliência das comunidades rurais diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas. Portanto, a rega por capilaridade é uma técnica que pode ser muito relevante e útil para o sector familiar como uma estratégia de adaptação às mudanças climáticas.

4.6.4. Análise da viabilidade económica dos sistemas de irrigação (capilaridade e gravidade) sob cobertura do solo usando Mulching sintético na produção da alface

Os resultados de análise económica dos tratamentos de capilaridade sob cobertura do solo na produção de alface revelam diferenças marcantes nos custos, benefícios e retornos sobre o investimento (ROI). Observa-se que os custos totais variam substancialmente entre os tratamentos: a Capilaridade com Plástico apresenta um custo total de 56.625 Mts, enquanto a

Capilaridade sem Plástico é mais econômica, com 33.225 Mts (tabela 42). O tratamento de Gravidade com Plástico é o mais caro, atingindo 68.700 Mts, seguido pela Gravidade sem Plástico com 54.700 Mts. Esses custos refletem os investimentos necessários em itens como plástico de cobertura, sistemas de rega e preparação do solo (tabela 42).

Quanto ao benefício líquido, que é a diferença entre o benefício bruto e o custo total, a Capilaridade com Plástico se destaca, gerando 148.825 Mts, enquanto a Capilaridade sem Plástico segue com 96.675 Mts. A Gravidade com Plástico proporciona 108.550 Mts, e a Gravidade sem Plástico resulta no menor benefício líquido, 71.800 Mts (tabela 42). Esses resultados indicam que, apesar dos maiores custos, os tratamentos com plástico geralmente proporcionam um retorno financeiro maior devido ao aumento na produtividade.

O Retorno sobre o Investimento (ROI) é uma métrica fundamental para avaliar a eficiência econômica de cada tratamento. A Capilaridade sem Plástico tem o maior ROI, 290,8%, sugerindo que para cada metical investido, há um retorno de 2,91 meticais (tabela 42). Isso se deve ao menor custo total, o que aumenta a eficiência do retorno. A Capilaridade com Plástico também apresenta um ROI elevado, 262,8%, indicando um bom equilíbrio entre o investimento e o rendimento (tabela 43). Por outro lado, a Gravidade com Plástico tem um ROI de 158,0%, e a Gravidade sem Plástico o menor, 131,2%, o que sugere uma menor eficiência no retorno por unidade de investimento.

Tabela 43: Análise econômica da capilaridade sob cobertura do solo na produção de alface

Custos fixos e variáveis totais	Tratamentos					
	Qtdds	Preço Unt.(mts)	Cap.C/plástico	Cap.S/C	Grav.C/plástico	Grav.S/C
Plástico de cobertura	500m	50	25000	0	25000	0
Sistema de rega		100-1000	3000	3000	12000	12000
Preparação do solo	4hrs	1300	17200	17200	17200	17200
CFT			45200	20200	54200	29200
Semente (gr)	100gr	2000	2000	2000	2000	2000
Adubo (kg)	1kg	1500	3000	3000	3000	6000
Mão-de-obra	4pess	4000	8000	12000	8000	16000
Água(litros)	1L	0,5	25	25	2500	7500
Sacha	4Un.	500	500	2000	1000	4000
Custo alternativo		6000	6000	6000	6000	6000
CVT		0	11525	13025	14500	25500
CT			56625	33225	68700	54700

Rendimento (Kg/há)		14230	9460	12350	9500
Preço mts/kg	15	15	15	15	15
Benefício bruto (mts)		213450	141900	185250	142500
Benefício Líquido		148825mt	96675mt	108550mt	71800mt
ROI (%)		262.8%	290.8%	158.0%	131.2%

Qtdds-Quantidades; Cap.C/plástico-Capilaridade sob cobertura do plástico; Cap.S/C-Capilaridade sem cobertura do solo; Grav.C/plástico-Gravidade sob cobertura do plástico; Grav.S/C-Gravidade sem cobertura do solo; CFT-Custos fixos totais; CVT-Custos totais variáveis; CT-Custos totais.

Os resultados deste estudo indicam que a Capilaridade com Plástico apresenta um elevado benefício líquido, o que é fundamentado por Silva *et al.*, (2020), que demonstram que o uso de plástico de cobertura pode aumentar significativamente a produtividade em culturas como a alface, justificando o investimento adicional devido ao retorno económico superior. No entanto, Almeida (2018) observa que, embora o plástico de cobertura aumente os custos iniciais, em regiões de alta incidência solar, o benefício supera o custo, especialmente em áreas com escassez de água, onde a capilaridade controlada pelo plástico reduz a evaporação.

Por outro lado, a Capilaridade sem Plástico se destaca pelo seu alto ROI (290,8%), sugerindo uma excelente eficácia para agricultores com recursos financeiros limitados. Ferreira e Souza (2018) também encontraram um alto ROI em sistemas de irrigação simplificados, enfatizando a importância de estratégias de baixo custo que ainda proporcionam retornos substanciais.

A comparação do ROI dos tratamentos deste estudo com os de outras pesquisas revela coerência com os achados de Santos e Oliveira (2019), que documentam ROIs elevados em sistemas de produção simplificados, como a irrigação por capilaridade, especialmente quando não há cobertura plástica. No entanto, Martins *et al.*, (2021) sugerem que o uso de plástico, apesar de inicialmente mais caro, pode ser justificado em termos de ROI a médio e longo prazo, devido à melhoria da qualidade e do tamanho das colheitas.

Em relação ao impacto na produtividade, os resultados indicam que os tratamentos com plástico (tanto na capilaridade quanto na gravidade) resultaram em maiores rendimentos de alface. Gomes e Lima (2019) confirmam que a cobertura plástica pode aumentar a produtividade em até 30%, pois protege o solo da erosão e mantém uma humidade constante, factores que são críticos em climas com variação acentuada de temperatura e precipitação. Contudo, Carvalho (2018) aponta que a eficácia do plástico de cobertura pode depender do tipo de solo e da cultura específica, destacando que em alguns casos, a melhoria na produtividade

pode ser menos pronunciada, especialmente em solos já bem estruturados e ricos em matéria orgânica.

No que concerne a resiliência às mudanças climáticas, os resultados deste estudo, que mostram maior produtividade e benefícios líquidos nos tratamentos com plástico, são consistentes com as conclusões de Rodrigues *et al.*, (2020), que destacam o uso de plásticos de cobertura como uma estratégia eficaz para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, como secas e chuvas irregulares. Gonçalves (2018) também enfatiza que a irrigação por capilaridade, especialmente quando combinada com plástico de cobertura, pode ajudar a manter a umidade do solo durante períodos secos, aumentando assim a resiliência das culturas às variações climáticas.

5. CONCLUSÕES

A agricultura em Moçambique possui um potencial significativo, graças às suas vastas terras aráveis e recursos hídricos abundantes. No entanto, esse potencial está subaproveitado devido a factores como a baixa exploração das terras, dependência de práticas tradicionais, uso limitado de irrigação e desafios impostos pelas mudanças climáticas. Apesar da predominância da agricultura familiar, que representa 95% do sector, a produtividade permanece baixa, comprometendo a segurança alimentar e a autossuficiência do país. Políticas agrícolas implementadas desde a independência de Moçambique em 1975 têm buscado fortalecer o sector, mas os resultados têm sido limitados, especialmente devido à falta de apoio técnico, financeiro e ao uso de tecnologias agrícolas inovadoras.

A adopção de práticas agroecológicas e tecnologias agrícolas sustentáveis, como sistemas de manejo eficiente e variedades de culturas adaptadas às condições climáticas, surge como uma solução estratégica para aumentar a resiliência e produtividade. Além disso, a expansão de serviços de extensão rural pode ser um mecanismo eficaz para transferir conhecimento técnico e promover práticas agrícolas modernas, ajudando os agricultores a transformar a agricultura de subsistência em uma actividade comercial. É fundamental que o governo, instituições de pesquisa e agricultores trabalhem juntos para superar os desafios existentes.

Por fim, a integração de abordagens sustentáveis e inovadoras é essencial para garantir a segurança alimentar, o desenvolvimento socioeconómico e a conservação ambiental. Essa transformação depende de um esforço colectivo para enfrentar as barreiras estruturais e climáticas, promovendo um sector agrícola mais produtivo, resiliente e capaz de atender às necessidades actuais e futuras da população.

5.1. Objectivos e suas conclusões

O estudo teve como objectivo principal desenvolver tecnologias de produção agrícola resilientes aos efeitos das mudanças climáticas, visando o aumento da produtividade, a geração de receita e o desenvolvimento do sector familiar no distrito de Inharrime, província de Inhambane. Com base nos resultados obtidos, as conclusões demonstram a importância e a viabilidade de implementar tecnologias adaptativas para enfrentar os desafios climáticos e melhorar as condições de vida das comunidades rurais.

- a) Identificar as actuais práticas produtivas em Inharrime que respondam às mudanças climáticas.

As práticas actuais demonstram limitações em termos de produtividade e sustentabilidade, devido à dependência de métodos tradicionais, pouca inovação tecnológica e escassez de recursos financeiros. Foi identificado que, embora os agricultores possuam conhecimentos empíricos sobre técnicas agrícolas, falta acesso a tecnologias adaptativas que maximizem a eficiência do uso da água, melhorem a conservação do solo e aumentem a resiliência às mudanças climáticas.

- b) Avaliar a eficácia do sistema hidropónico com recurso ao bambu, usando nutrientes orgânicos (extrato de mandioca/manipueira). O sistema hidropónico com uso de bambu demonstrou ser uma alternativa viável e sustentável para o cultivo de hortícolas, especialmente da alface (*Lactuca sativa*), pois:

- Maximiza o uso eficiente de recursos hídricos, sendo uma solução para áreas vulneráveis à seca.
- A manipueira, como fonte de nutrientes orgânicos, mostrou-se eficaz na melhoria do desenvolvimento da cultura, contribuindo para a redução do impacto ambiental associado ao uso de fertilizantes químicos.
- Esse sistema responde à hipótese de que a hidroponia com bambu e manipueira pode aumentar a produtividade e a resiliência dos sistemas agrícolas.

- c) Verificar o efeito da irrigação por capilaridade no rendimento da alface (*Lactuca sativa*). A técnica de irrigação por capilaridade demonstrou ser eficiente na manutenção da humidade ideal do substrato e na redução do consumo de água. Os resultados indicaram:

- Melhor uniformidade no crescimento das plantas.
- Maior rendimento da produção, comprovando que a combinação da irrigação por capilaridade com sistemas hidropónicos pode ser uma solução adaptativa às mudanças climáticas.

- d) Analisar a eficácia de mulching na produção de milho (*Zea mays*) da variedade Matuba, combinado com adubação orgânica localizada, usando cinza de bagaço de cana e o cultivo em bolsas na cultura de cebola (*Allium sativum*), com palha de coco e esterco galináceo.

- O uso de mulching à base de plástico polietileno combinado com cinza de bagaço de cana proporcionou maior retenção de humidade no solo, aumento da temperatura do solo e melhoria da fertilidade, resultando em maior produtividade do milho da variedade Matuba.
- O cultivo de cebola em bolsas, utilizando palha de coco e esterco galináceo, mostrou-se eficaz no controle de ervas daninhas, na retenção de nutrientes e na promoção do desenvolvimento saudável da planta.

Esses resultados validam a hipótese de que essas práticas tecnológicas aumentam a produtividade de ambas as culturas e contribuem para a resiliência climática.

e) Testar a eficácia de insecticidas botânicos com folhas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) e moringa (*Moringa oleifera*) no controle do gorgulho preto (*Sitophilus zeamais*) no milho armazenado.

- Os bioinsecticidas produzidos com folhas de eucalipto e moringa mostraram-se eficazes na redução das infestações do gorgulho preto (*Sitophilus zeamais*) em grãos de milho armazenados.
- Os resultados indicaram que esses métodos naturais são viáveis, sustentáveis e de baixo custo para agricultores familiares, especialmente aqueles sem acesso a insecticidas químicos.

f) Estimar a viabilidade económica das tecnologias agrícolas em estudo.

- As análises económicas indicaram que as tecnologias propostas são financeiramente viáveis, com benefícios claros em termos de retorno sobre o investimento (ROI).
- O uso da manipueira na hidroponia, do mulching e dos bioinsecticidas naturais, resultou em custos operacionais reduzidos e maior rentabilidade para os agricultores, demonstrando que essas práticas podem melhorar a sustentabilidade económica do sector familiar.

5.2.Hipóteses e suas Conclusões

- a) **Hipótese 1:** O sistema hidropónico com uso de bambu e nutrientes orgânicos (manipueira), aliado à rega por capilaridade, pode melhorar a produção e o rendimento da alface (*Lactuca sativa*), ao mesmo tempo que pode contribuir para a adaptação às mudanças climáticas, porque otimiza o uso da água, reduz o impacto ambiental e dá resiliência em ambientes de produção vulnerável.

Conclusão: Confirmando a hipótese, combinação da hidropónica com bambu e rega por capilaridade optimizou o uso da água, reduziu os custos com insumos e aumentou a produtividade da alface, provando ser uma tecnologia promissora para condições climáticas adversas.

- b) **Hipótese 2:** O uso de mulching na base de plástico polietileno com adubação orgânica (cinza de bagaço de cana) e o cultivo em bolsas adubado com palha de coco e esterco galináceo podem aumentar a produtividade do milho (*Zea mays*) da variedade Matuba e melhorar o desenvolvimento e o rendimento da cebola (*Allium sativum*).

Conclusão: Validando a hipótese, Práticas aplicadas resultaram em aumentos significativos de produtividade e qualidade das culturas estudadas, mostrando-se adequadas para a agricultura familiar em Inharrime.

- c) **Hipótese 3:** Os pesticidas botânicos produzidos com folhas de eucalipto e moringa podem controlar o gorgulho preto no milho armazenado de forma eficiente e económica, garantindo a qualidade das sementes e a segurança alimentar.

Conclusão: comprovando a hipótese, os insecticidas botânicos apresentaram eficácia, oferecendo uma solução acessível e ambientalmente sustentável.

6. RECOMENDAÇÕES

Com base nas conclusões do estudo, sugerem as seguintes recomendações são sugeridas para Promover a adoção de tecnologias agrícolas adaptativas e resilientes às mudanças climáticas, visando o aumento da produtividade e o fortalecimento do sector familiar em Inharrime:

Promoção da inovação tecnológica: É essencial incentivar o uso de tecnologias adaptativas, como o sistema hidropónico com bambu e nutrientes orgânicos como manipueira, e a irrigação por capilaridade. Programas de extensão rural devem ser implementados para treinar os agricultores nestas tecnologias, destacando seus benefícios, como a eficiência no uso da água e a sustentabilidade ambiental.

Capacitação em práticas agrícolas sustentáveis: A implementação de mulching e adubação orgânica deve ser incentivada, especialmente em regiões vulneráveis à seca. É necessário promover a adoção dessas técnicas entre os agricultores do sector familiar, dado formação sobre o uso de materiais como plástico polietileno, cinza de bagaço de cana, palha de coco e esterco galináceo para melhorar a fertilidade do solo e a retenção de humidade.

Incentivo à utilização de pesticidas botânicos: A produção e o uso de pesticidas botânicos à base de folhas de eucalipto e moringa devem ser amplamente divulgados, como alternativas económicas e sustentáveis. Além disso, devem ser realizados treinamentos sobre a produção caseira desses bioinseticidas, oferecendo uma solução viável para o controle de pragas, especialmente no armazenamento de grãos.

Apoio à viabilidade económica das tecnologias: Para garantir a adoção generalizada das tecnologias propostas, é necessário fornecer apoio financeiro e incentivos fiscais para os agricultores que implementarem essas práticas. A criação de parcerias entre o governo, ONGs e instituições financeiras pode ajudar a reduzir os custos iniciais e a promover o acesso a recursos.

Fortalecimento da rede de apoio técnico: A formação de uma rede de extensionistas agrícolas que possam fornecer suporte contínuo aos agricultores familiares é crucial. Além disso, a implementação de centros de pesquisa e demonstração de tecnologias pode facilitar a disseminação do conhecimento e estimular a inovação entre os agricultores.

Fomento à diversificação da produção: Incentivar a diversificação de culturas como milho, cebola e hortícolas, além de promover a integração de tecnologias adaptativas, pode reduzir a vulnerabilidade dos agricultores às mudanças climáticas e aumentar a estabilidade das fontes de renda.

Acompanhamento contínuo dos impactos: A realização de estudos de longo prazo sobre os impactos económicos, sociais e ambientais das tecnologias adoptadas é fundamental para ajustar e melhorar continuamente as práticas agrícolas e garantir sua eficácia em diferentes contextos.

Essas recomendações visam não apenas aumentar a produtividade, mas também promover a sustentabilidade e a resiliência das comunidades rurais, ajudando a enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas e contribuindo para o desenvolvimento do sector familiar em Inharrime.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livros

ABBAS, M., & Mosca, J. (2021) Análise ao Inquérito Agrário Integrado - IAI 2020. Observatório do Meio Rural (OMR).

Abate, T., *et al.* (2017) *Pest management strategies for smallholder maize production in Africa*. Agricultural Systems.

Adger, W. N., Arnell, N. W., & Tompkins, E. L. (2003) *Adaptation to climate change in developing countries*. Global Environmental Change.

Adegoke, K. S., & Ogunjimi, L. A. (2022) *Capillary irrigation: A sustainable approach for improving water use efficiency in crop production*. Agricultural Water Management.

Agarwal, B. (2018) *Gender and Green Governance: The Political Economy of Women's Presence Within and Beyond Community Forestry*. Oxford University Press.

Afonso, S., & Manjate, A. (2011) *O fundo de desenvolvimento distrital (FDD) e seus efeitos na criação de emprego e aumento da produção em Moçambique*. Maputo: Centro de Pesquisa para o Desenvolvimento Rural.

Al-Humairi, A. M., Al-Mukhtar, M. R., & Al-Rawi, A. H. (2020) Influence of substrates and materials on the performance of hydroponic systems. Agricultural Systems,

Almeida, D. (2006) *Manual de culturas hortícolas*. Lisboa: Editorial Presença.

Almeida, L., *et al.*, (2021) *Mitigação de temperaturas extremas através do uso de cobertura morta*. EUA ou Reino Unido: Agricultural Engineering Research.

Alves, B., & Lima, M. (2008) *Desafios, Consequências e Respostas à Mudança Climática na Agricultura e nos Solos Agrícolas: uma Análise em São Paulo, Brasil*: UFRPE (Universidade Federal Rural de Pernambuco).

Alley, R. B. (2000) *The science of climate change: A review of the IPCC Third Assessment Report*. Geological Society of America Bulletin.

Altieri, M. A. (2009) *Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável*. São Paulo: Expressão Popular.

- Altieri, M. A. (2018) *Agroecology: The science of sustainable agriculture*. CRC Press.
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2020). *Agroecology: Science and politics*. Routledge.
- Ameyaw, D. S. (2022) *Agriculture for Africa: Changing the narrative*. Accra: African Agriculture Knowledge Transfer Network.
- Anais, C. (2014) *Plant growth analysis*. London, Inglaterra: Edward Arnold.
- Andrade, J. G. (2014) *Introdução à administração rural*. Lavras, Minas Gerais, Brasil:
- Antunes, L. (2011) *Efeito da quantidade e período de exposição ao solo do inseticida sobre o Tribolium castaneum*. Porto Alegre, Brasil: Grãos de Milho Armazenados (Col. *Tenebrionidae*), Unesp (Universidade Estadual Paulista).
- Basso, B., & Ritchie, J. T. (2015) *Modelling water balance in agricultural systems: A review of the approaches and applications*. Agricultural Systems.
- Banco Mundial. (2013) *Relatório sobre o Desenvolvimento Mundial: Visão geral, Mudanças Climáticas para o Desenvolvimento*. Washington, D.C., EUA: Banco Mundial.
- Bar-Tal, A., Gorzalczany, S., & Yermiyahu, U. (2014) *Phosphorus management in hydroponic systems*. Horticultural Reviews.
- Bari, M. A. *et al.* (2017) Influence of plastic mulching on crop growth and yield. Agricultural Systems.
- Borges, S. (2008) *Políticas de desenvolvimento rural e a extensão agrícola em Moçambique: Uma análise histórica e institucional*. Maputo: Instituto de Investigação Agrária de Moçambique.
- Bindoff, N. L., Cheung, W. W. L., Kairo, J. G., Arístegui, J., Guinder, V. A., Hallberg, R., & Williamson, P. (2019) *Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities*.
- Barreto, C., Testezlaf, R., & Salvador, C. (2019) *Ascensão capilar de água em substratos de coco e de pinus*. Bragantia, Campinas, São Paulo, Brasil: Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).

- Batalha, M., Buainain, A., & Souza Filho, H. (2014) *Tecnologia de gestão e agricultura familiar. Em: M. Batalha, Gestão do agronegócio, textos selecionados*. São Carlos, São Paulo, Brasil (SP): Edufscar.
- Banco Mundial. (2020) *Desenvolvimento Agrícola em Moçambique: Oportunidades e Desafios*. URL.
- Bakker, M. (2012) *Hydroponics for the home gardener*. Timber Press.
- Bouman, B. A. M., Kropff, M. J., van Laar, H. H., & Skidmore, A. K. (2007) *The application of crop modelling to improve water use efficiency in irrigated rice systems*. Field Crops Research.
- Borras, S. M., & Franco, J. C. (2020) *Political dynamics of transnational agrarian movements*. Routledge.
- Bush, M., & Clayton, S. (2022) *Gender differences in climate change concern: A global perspective*. Global Environmental Change.
- Botton, M., Lorini, I., Loeck, A., & Afonso, A. P. (2005) *O gorgulho do milho Sitophilus zeamais (Coleoptera: Curculionidae) como praga em frutíferas de clima temperado*. Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil: Embrapa Uva e Vinho.
- Brown, L. R. (2003) *Plan B: Rescuing a planet under stress and a civilization in trouble*. W. W. Norton & Company.
- Carson, R. (1962) *Silent Spring*. editora Houghton Mifflin Harcourt.
- Callegari, O., Santos, H., & Scapim, C. (2001) *Variações do ambiente e de práticas culturais na formação de mudas e na produtividade da alface (Lactuca sativa L. cv. Elisa)*. Maringá, Paraná, Brasil: Acta Scientiarum, UFSM (Universidade Federal de Santa Maria).
- Campos, R. (2008) *Agricultura Familiar e Políticas Públicas. Avaliação do Programa Nacional de Alimentação Escolar, PNAE*. Campina da Lagoa, Paraná, Brasil: EDUFPR (Editora da Universidade Federal do Paraná).
- Canal Rural. (2021) *Embrapa aposta em fazendas verticais que podem beneficiar a produção de alimentos*. Brasil.

- Carlos, R. R., Ramos, J. A., & Silva, F. M. (2019) *Factors influencing farmers' adaptive responses to climate change in Mozambique*. Environmental Science & Policy.
- Carvalho, J. E. (2017) *Sistemas de produção agrícola: teoria e prática*. Editora UFV.
- Carvalho, J. A. (2018) *Análise da eficiência do uso de plásticos na agricultura: factores que influenciam a produtividade*. Agricultural Systems.
- Carvalho. (2017) *Produção e distribuição de hortícolas em Moçambique*. Boane: Estação Agrária de Umbeluzi, IIAM.
- Capra, F. (1996) *The web of life: A new scientific understanding of living systems*. Anchor Books.
- Calestres Juma. (2016) *Innovation and its enemies: Why people resist new technologies*. Oxford University Press.
- Castro, C., e Domingues, L. (2020) *Produção de Hortícolas em modo de Produção Biológico*. Brasil: Fichas de Cultura, EDUFBA (Universidade Federal da Bahia).
- Castro, R. (2011) *Produtividade de Grãos de Diferentes Variedades de Milho para Consumo como Milho Verde*. Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil: Dissertação de Doutorado em Agronomia. Universidade Federal Rural do Semiárido.
- Cavane, E., Cunguara, B., e Jorge, A. (2013) *Adopção de tecnologias agrárias em Moçambique: revisão, interpretação e síntese de estudos feitos*. Papel apresentado na conferência do Observatório do Meio Rural sobre transformação estrutural e competitividade do sector agrário Maputo, Moçambique: Canal Rural.
- Carney, D. (2002) *Sustainable rural livelihoods: What contribution can we make?* Department for International Development (DFID).
- Chen, X., Li, J., Sun, Z., & Yu, Y. (2019) Influence of low temperatures on maize growth and grain yield during winter. *Journal of Agronomy and Crop Science*.
- Chamberlin, J., & Jayne, T. S. (2020). Moving beyond smallholder participation in value chains: Inclusive agribusiness development in sub-Saharan Africa. *Development Policy Review*.
- Chambers, R. (1983) *Rural Development: Putting the Last First*. New York: Longman.

Chanda, M., Patel, R., & Kumar, S. (2021) *Slow-release nutrients in hydroponic and bag culture systems: Effects on vegetable productivity*. Agricultural Advances.

Chavana, E. (2017) *Impacto da Exploração de Recursos Naturais na Degradação Ambiental: Inhambane. Inhambane, Moçambique: Estudo de Caso de Inharrime*. Dissertação de Mestrado em Engenharia agrónómica, Universidade Eduardo Mondlane (UEM).

Choudhary, A., Yadav, R., & Sharma, V. (2020) *Agricultural Adaptation Strategies to Climate Change: Role of Organic Mulching*. EUA, Reino Unido: Climate Change and Agriculture, CABI Publishing.

Creswell, J. W. (2014) *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.

Coleman, J. S., Katz, E., & Menzel, H. (1957) *The diffusion of an innovation among physicians*. Sociometry.

Coelho, G., Costa, C., Lima, E., e Souza, R. (2012) *Impacto de diferentes doses de potássio e frequência de irrigação na produção de alface americana em ambiente protegido*. Brasil: Engenharia Agrícola.

Cooper, M., et al. (2019) *Effects of Climate Change on Potato Production and Quality. Potato Research*. EUA, Reino Unido: Wiley-Blackwell.

Collier, P. (2007) *The Bottom Billion: Why the Poorest Countries Are Failing and What Can Be Done About It*. Oxford University Press. Oxford, UK.

Costa, J. P., & Oliveira, M. T. (2020) *Substratos orgânicos e suas contribuições para a produtividade agrícola*. Ciência e Tecnologia Agrícola.

Costa, J., Zanella, F., Mota, J., e Lima, A., (2012) *Cobertura morta do solo no cultivo de alface cv. Regina, em Ji-Paraná-RO*. Lavras, Minas Gerais, Brasil: Ciência e agrotecnologia.

Costa, N., e Resende, G. (2007) *Sistemas de Produção: Cultivo da cebola no Nordeste*. Petrolina, Pernambuco, Brasil: Embrapa Semiárido.

Crawford, E. e Jayne, V. (2009) *Abordagens Alternativas para Promover o Uso de Fertilizantes na África*. Washington, D.C., EUA: The World Bank.

Creswell, J. W. (2014) *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.

Cimmyt, (2000) *Programa de economia. Manual Metodológico de avaliação económica. Traduzido por Angela Remane. Departamento de análises de políticas. Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural. Direcção de Economía.*

Cruz, J., e Oliveira. L. (2015) *Aspectos do mercado atacadista do milho verde na CEASA. Niterói, Rio de Janeiro, Brasil: Comunicado Técnico, PESAGRO-RIO.*

Cunguara, B., Mabiso, A., e Hanlon, J. (2011) *Tendências na segurança alimentar em Moçambique rural, 1996-2008. Washington, D.C., EUA: Manuscrito submetido ao Food Policy, Banco Mundial.*

Cunguara, B., & Darnhofer, I. (2011) *Assessing the impact of improved agricultural technologies on household income in rural Mozambique. Food Policy.*

Cunguara, B. et al. (2011) Impactos do uso de cobertura do solo na produtividade de milho em Moçambique. *Agricultural Economics.*

Davis, E., e Souza, A. (2014) *Estudo sobre o Rendimento da Alface (Lactuca sativa L.) em Resposta a Diferentes Quantidades de Água Aplicadas através de Irrigação Superficial e Subsuperficial. Brasil: DUFBA (Universidade Federal da Bahia).*

Despommier, D. (2010) *The Vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century. New York: Thomas Dunne Books.*

Ding, Y., Wang, H., & Guo, P. (2016) *The effects of temperature on maize metabolism and development in cold climates. Crop Science.*

Dingkuhn, M., & Laar, H. H. V. (2006) Simulation of radiation use efficiency and crop yield under water-limited conditions: Models and applications. *Field Crops Research.*

Deutsche Welle. (2021) *Moçambique o mais vulnerável do mundo às mudanças climáticas. Alemanha: Banco Mundial.*

Dewan, S., Islam, M. S., Alam, M. J., Rahman, M. M., & Islam, M. S. (2022) *Environmental and agronomic benefits of integrating green manures and biochar in farming systems: A review. Agronomy.*

Douglas, J. (2015) *Seed trade networks in rural economies: Impacts on smallholder agriculture. Journal of Development Studies.*

Douglas, J. S. (2015) *Hidroponia-cultura sem terra.* São Paulo: Editora Nobel.

Ecole, J. (2017) *Manual de cultivo para sistemas de regadio: Práticas recomendadas.* Editora Agropecuária.

EDR, (2007) *Estratégia de Desenvolvimento Rural.* Moçambique: Canal rural.

Eduardo, A., & Silva, F. (2020) *Sustentabilidade no desenvolvimento agrário: Desafios e perspectivas no contexto de Moçambique.* Webartigos.

England, E., Beigler, M., e Kende, A. (2016) *Insecticidal action of terpenes and phenols to cockroaches: effect on octopamine receptors.* In: Proceedings of the International Symposium on Plant Protection. México: Mundi-Prensa.

Epstein, E., & Bloom, A. J. (2005) *Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives.* Sinauer Associates.

El-Sharkawy, M. A. (2007) *Cassava Biology, Production, and Utilization.* EUA, Reino Unido: Field Crops Research.

El-Zeiny, M. E. *et al.*, (2019) Effect of mulching materials on soil moisture retention and crop growth. Agricultural Research.

FAO. (2006) *World agriculture: Towards 2030/2050.*

FAO. (2011) *O estado da alimentação e da agricultura 2010-2011: Mulheres na agricultura: Fechando a lacuna de gênero para o desenvolvimento .* Alimentação e agricultura

FAO. (2012) *Adaptação às Mudanças Climáticas em Ambientes Semiáridos: Experiências e Lições de Moçambique.* Maputo.

FAO. (2016) *The State of Food and Agriculture: Climate Change, Agriculture and Food Security.* Food and Agriculture Organization.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2017) *The future of food and agriculture – Trends and challenges.*

FAO. (2018) *Guia de Estatísticas Anuais e Seleção de Indicadores para Agricultura e Alimentação*. Roma, Itália.

FAO. (2020) *Estatísticas de rendimento, área cultivada e produção de couve em nível mundial e na África*. Roma, Itália: Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAOSTAT.

FAOSTAT. (2020) *Crops and livestock products*. Roma, Itália: FAO Statistical Databases e Data-Sets.

FAOSTAT. (2023) *World Food and Agriculture*. Roma, Itália: FAO Statistical Yearbook.

FIDA. (2011) *Relatório Anual 2011: O apoio do FIDA a Moçambique no setor agrícola e de desenvolvimento rural*. Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA).

Fischer, G., Shah, M., & van Velthuisen, H. (2005) *Climate change and agricultural vulnerability*. International Institute for Applied Systems Analysis.

Farias, A., Soares, J., e César, C. (2008) *Introdução à estatística*. Rio de Janeiro, Brasil: UFRPE (Universidade Federal Rural de Pernambuco).

Fayad, J., Comin, J., Kurtz, C., e Mafra, A. (2018) *Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH): Cultivo da cebola*. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil: Boletim Didático da Epagri. SC: Epagri.

Feder, J., et al., (2014) *Administração de sistemas de Agricultura de Conservação de hortaliças*. Em: A. Kassam. (Ed.). *Avanços na Agricultura de Conservação: Sistemas e Ciência*. Cambridge, Reino Unido: Burleigh Dodds Science Publishing.

Fernandes, E., et al. (2022) *Manutenção da produtividade agrícola em condições climáticas instáveis*. EUA, Reino Unido: Climate Adaptation Studies, Palgrave Macmillan.

Ferreira, L. A., & Silva, J. F. (2015) *Uso de adubos orgânicos no semiárido: Potencial e desafios*. *Agroecologia Brasileira*.

Feng, Y. (2018) The challenges and opportunities of bag culture in vegetable production: A review. *Horticultural Science*.

Filgueira, F. (2018) Nova compilação sobre olericultura: *Tecnologia atualizada para o cultivo de vegetais*. Minas Gerais, Brasil: Unicamp (Universidade Estadual de Campinas).

- Freire, P. (1970). *Pedagogy of the Oppressed*. New York: Herder and Herder.
- Filgueira, F. A. R. (2008) *Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Editora UFV.
- Friedel, J. K., & Götz, K. W. (2000) *Effects of fertilization on soil pH and the uptake of nutrients by crops*. In *Soil Biology & Biochemistry*.
- Fonteno, H. (2015) *A importância dos estudos ecológicos nos programas de produção de hortícolas*. Campinas, Brasil: O Biológico.
- Furlaneto, E., et al. (2016) *Milho, Caracterização e Desafios Tecnológicos*. Brasil: Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).
- Furlani, P., et al. (1999) *Hidroponia: Cultivo de Plantas sem Solo*. Campinas, Brasil: Instituto Agronômico de Campinas (IAC).
- Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA) & Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). (2017) *Relatório sobre a assistência ao setor familiar em Moçambique: sistema de treinamento e visitas (TeV) na extensão rural*. Roma: FIDA e FAO.
- GAB (2018) *Avaliação dos avanços, obstáculos e desafios do programa agrário "Sustenta" em Moçambique*. Moçambique: Grupo do Banco Africano de Desenvolvimento (GAB).
- García-Orenes, F., Morugán-Coronado, A., Zornoza, R., & Scow, K. (2016) *Conservation agriculture based on the use of organic amendments and mulches: Effects on soil quality*. Soil and Tillage Research.
- Gardê, A. P. (2015) *Agricultura sustentável e inovação tecnológica: Desafios e perspectivas para o futuro*. Editora Senac.
- Geisenhoff, L., et al. (2016) *Long-term feasibility of reduced tillage in organic farming*. EUA, Reino: Unido Banco Mundial.
- Godfray, H. C. J., & Garnett, T. (2014) *Food security and sustainable intensification*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*.
- Gonçalves, M. A. (2018) *Capilaridade e resiliência climática: Uma análise da irrigação em pequenos produtores*. Brasil: Ciência Rural.

- González, S., *et al.* (2020). *Effects of plastic mulching on the growth and productivity of maize in arid regions*. Agricultural Water Management.
- Gonzalez, C., & Akinwumi, J. (2021) *The role of agriculture in Mozambique's economic transformation*. World Bank Group.
- Gornott, C., & Finger, R. (2018) Climate change impacts on agriculture: A review of the evidence from the literature. *Environmental Science & Policy*.
- Governo do Distrito de Inharrime, (2011) *Relatório Anual do Serviço Distrital de Actividades Económicas*. Inharrime, Moçambique: Governo do Distrito de Inharrime.
- Grangeiro, L., *et al.* (2017) *Acúmulo de nutrientes por três variedades de alface cultivadas em condições de semiárido*. Brasília, Brasil: Horticultura Brasileira.
- Greenblatt, M. (2005) *The Greenblatt Report: A guide to financial analysis and investment strategy*. New York: Financial Press.
- Gruda, N. (2012) Organic growing media for hydroponic crop production. HortTechnology.
- Guanziroli, C. (2015) *Melhorias na Agricultura de Moçambique*. Moçambique: Fundação MASCS (Fundação de Apoio à Ciência).
- Glantz, M. H. (2001) *Currents of Change: Impacts of El Niño and La Niña on Climate and Society*. Cambridge University Press.
- Guerra, F. *et al.*, (2021) *Effects of excess moisture on maize productivity*. Soil and Crop Science.
- Hanlon, J., & Smart, T. (2008) *Do bicycles to tractors: A history of Mozambican agriculture 1975-2005*. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane.
- Haggblade, S., Hazell, P., & Reardon, T. (2012) *Strategies for stimulating smallholder agriculture growth in Africa*. World Development.
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *Science*.
- Hannah, L., *et al.* (2002) "Climate Change and Biodiversity in a Warming World." The Nature Conservancy. Retrieved from TNC.
- Hillel, D. (2004) *Introduction to environmental soil physics*. Academic Press.

- Hoffmen, M., *et al.*, (2019) *Efeitos da redução do cultivo no controle de ervas daninhas, disponibilidade de nitrogênio e rendimentos de trigo de inverno sob manejo orgânico*. São Paulo, Brasil: UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais).
- Howden, S. M., *et al.*, (2007) *Adapting Agriculture to Climate Change*. EUA: Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS).
- Houghton, J. (2009). "*Global Warming: The Complete Briefing*." Cambridge University Press.
- Hosseini, S. *et al.* (2019) Impact of temperature on maize growth and development. *Plant Physiology*.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2014) "*Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the IPCC*". Cambridge University Press. Retrieved from IPCC.
- IPCC. (2021) *Relatório de Avaliação sobre Mudanças Climáticas*. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.
- Instituto Nacional de Gestão de Calamidades (INGC). (2018) *Relatório sobre a vulnerabilidade das zonas rurais em Moçambique às alterações climáticas*. INGC.
- Instituto Nacional de Estatística de Moçambique. (2020) *Relatório sobre a produção agrícola em Moçambique*. Maputo: INE.
- Instituto Nacional de Estatística (INE).(2023) *Estatística do Distrito de Inharrime (2017-2021)*. Maputo.
- Isman, M. B. (2006) *Botanical insecticides: For a sustainable agriculture. Agriculture and the environment: Sustainability*.
- Jacinto, A. (2021) *Agricultura e desenvolvimento rural em Moçambique: políticas e estratégias de promoção agrícola*. Maputo: Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural.
- Jayne, T. S., Mather, D., & Mghenyi, E. (2010) *Principal Challenges Confronting Smallhol*.
- Jones, L. H., *et al.* (2015) *The effect of mulching on soil temperature and moisture conservation in maize cultivation*. *Soil & Tillage Research*.

- Jones, J. E., Smith, A. B., & Doe, C. (2016) *Impact of climate change on agricultural productivity: A global perspective*. Environmental Science & Policy.
- Joly, A. (1998). *Botanical insecticides: Their role in pest management and environmental sustainability*. *Pesticide Science*.
- Jorge, S. (2013) *Fertilizer use in Mozambique: Challenges and opportunities*. Instituto Nacional de Estatística.
- Jiang, Y., Hu, X., & Zhang, Y. (2019) Physiological responses of maize (*Zea mays* L.) to extreme temperatures and implications for production under climate change scenarios. *Field Crops Research*.
- Kappes, C., Schneider, J., & Torres, M. P. (2014) *A influência do peso de grãos no rendimento do milho*. *Ciência Rural*.
- Kassam, A., Vanloqueren, G., & Bockstaller, C. (2022) *Agroecology and sustainable food systems in Mozambique*. Sustainability.
- Katerji, N., & van Hoorn, J. W. (2004) *Crop tolerance to salinity*. Agricultural Water Management.
- Klein, N. (2014) *This Changes Everything: Capitalism vs. The Climate*. Simon & Schuster. New York, NY.
- Kelley, G. J., et al., (2015) *Water management practices in agriculture: A literature review*. Agricultural Water Management.
- Kumar, S. (2020) "Sustainable agricultural practices: A review on their effectiveness." *Agriculture, Ecosystems & Environment*.
- Klein, R. J. T., Nicholls, R. J., & Thomalla, F. (2007) *Resilience to natural hazards: How useful is this concept?* Environmental Hazards.
- Klein, N. (2019) *On Fire: The (Burning) Case for a Green New Deal*. Simon & Schuster.
- Kolbert, E. (2021) *Under a White Sky: The Nature of the Future*. Crown.

- Kloppenburger, S. A., Almeida, T. L., & Ribeiro, G. R. (2016) *Sistema hidropônico: Menor consumo de água e sua importância no contexto das mudanças climáticas*. Agroecologia e Sustentabilidade.
- Lentz, R. D., & Ippolito, J. A. (2012) Water conservation and soil quality benefits of plastic mulching in semi-arid environments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*.
- Lemos, M. C., & Boyd, E. (2006) *The linkages between social and ecological resilience: Adaptive capacity and environmental governance in a globally changing world*. Ecology and Society.
- Leal Filho, W. (2017) "*Climate Change and its Impacts: The Role of Community Participation*." Springer Nature.
- Lemaire, G., et al. (2011) *Productivity and sustainability of herbaceous vegetation and sustainable livestock production*. Agronomy for Sustainable Development.
- Leff, T. (2014) *Culturas hortícolas. Portugal*. Publicações Europa-América. Coleção EUROAGRO.
- Leifeld, J., & Kogel-Knabner, I. (2002) *Soil organic matter fractions as early indicators for soil degradation*. Geoderma.
- Lee, T. M., Markowitz, E. M., Howe, P. D., Ko, C. Y., & Leiserowitz, A. A. (2015) Global warming vs. climate change: How the framing of climate change influences public perception and behavior. *Global Environmental Change*.
- Lenton, T. M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J. W., Lucht, W., Rahmstorf, S., & Schellnhuber, H. J. (2008) *Tipping elements in the Earth's climate system*. Proceedings of the National Academy of Sciences.
- Libombo, S., Botta, V., Duval, H., & Lorenzo, H. (2017). Associações agrícolas e desenvolvimento local em Moçambique: Perspectivas e desafios da Associação Livre de Mahubo. São Paulo, Brasil: *Revista NERA, UNESP*.
- Liu, Y., Zhang, Z., & Zhou, Q. (2021) *Effects of plastic mulch and straw mulch on soil physical and chemical properties and crop productivity: A meta-analysis*. Soil and Tillage Research.

- Lima, J., Mata, J., Neto, R., & Scapim, C. (2015) *Impact of organic fertilization on the chemical characteristics of a dystrophic red latosol and on the dry matter production of Brachiaria*
- Lopes, A. (2000) *Utilização da silagem de grãos húmidos de milho em dietas para suínos nas fases iniciais de crescimento e de terminação*. Viçosa Brasil: Tese de Doutorado, universidade Federal de Viçosa.
- Lorini, I. (2018) *Manejo integrado de pragas de grãos armazenados*. Em I. Lorini, L. Miike, V. Scussel, & L. Faroni (Eds.), *Armazenagem de grãos*. Jundiaí, Brasil: IBG - Instituto Brasileiro de Grãos.
- Lobell, D. B., *et al.*, (2014) *Observed and projected impacts of climate on U.S. corn yields. Proceedings of the National Academy of Sciences*. Washington, D.C., EUA: National Academy of Sciences.
- Lucena, L. (2016) *Fazendas urbanas I: Alternativas à segurança alimentar*. Curitiba, Brasil: Prismas Agro.
- Mabunda, S., & Manhique, A. (2020) *Impactos das mudanças climáticas no sector agrário em Moçambique: desafios e estratégias de adaptação*. Maputo: Centro de Estudos de Desenvolvimento Agrário.
- Mahajan, G. *et al.* (2018) Role of mulch in maintaining soil moisture in drought-prone areas. *Irrigation Science*.
- Maredia, M., & Nkonya, E. (2015) *Impact of agricultural policy on smallholder farmers: Evidence from Sub-Saharan Africa*. Food Policy.
- Martins, C. F., Oliveira, J. S., & Silva, H. P. (2021) *Retorno sobre o investimento em sistemas agrícolas com e sem uso de plástico de cobertura*. *Economia Agrícola*. São Paulo, Brasil: Instituto de Economia Agrícola.
- Mastrorillo, M., *et al.*, (2016) Climate change and food security in the Southern African Development Community: A review of research. *Global Food Security*.
- Marschner, P. (2012) *Marschner's mineral nutrition of higher plants*, Academic Press.
- Matsumura-Tundisi, T., Lopes, F. M., & de Oliveira, M. (2015) *Biodiversity and ecosystem services: Implications for agricultural systems*. *Agriculture, Ecosystems & Environment*.

Mazuze, F. (2016) *Desafios da produção de hortícolas em Moçambique*. Maputo, Moçambique: Ministério da Agricultura de Moçambique.

Magalhães, F., Cunha, F., Souza, A., Epitácio, J., & Silva, T. (2015) *Produção de cultivares de alface tipo crespa sob diferentes lâminas de irrigação*. Water Resources and Irrigation Management. Maringá, Brasil: Universidade Estadual de Maringá.

Malavota, R. (2011) *Propriedades do solo e rendimento da cultura do milho em diversas alturas de resíduos de pastagem pós-pastejo*. Santa Maria, Brasil: Universidade Federal de Santa Maria.

Maluf, A. J., & Rosa, A. A. (2011) Gestão da água na agricultura: Uma necessidade para o desenvolvimento rural em Moçambique. In M. N. Kambule, M. C. Nhamo, & D. J. H. Tomás (Eds.), *Mudanças climáticas e desenvolvimento sustentável em Moçambique*. Editora Universitária.

Maússe, M. (2009) *Pobreza, participação e desenvolvimento rural em Moçambique*. Maputo, Moçambique: Ministério da Agricultura de Moçambique.

Mauboussin, M. J. (2009) *More than you know: Finding financial wisdom in unconventional places*. Nova York, EUA: Columbia Business School Publishing.

Martins, F. A., Silva, L. C., & Ferreira, J. C. (2021) *O impacto do uso de plástico na rentabilidade das culturas: uma análise de custo-benefício*. *Ciencia e Agrotecnologia*.

Martins, A., & Silva, T. (2023). *Adaptação de plantas a microclimas: O papel do cultivo em bolsas*. *Horticultural Science Review*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.

Melo, C. (2014) *Eficácia insecticida de diferentes quimiotipos de Lippia gracilis contra Diaphania hyalinata e Cryptoleptes ferrugineus*. Dissertação de mestrado, São Cristóvão, Brasil. Universidade Federal de São Cristóvão.

Mendoza, F., Becker, C., Rodrigues, M., Mendes, P., Cruz, L., & Sosa, R. (2021) *Cultivo de cebola em sistemas diversificados de produção de hortaliças em transição agroecológica*. Em *Agroecologia: métodos e técnicas para uma agricultura sustentável*. Brasil: EDUFBA (Universidade Federal da Bahia).

Moyo, S. (2011) *The challenges of land reform in southern Africa*. In C. D. Callaghy & J. L. Kassimir. *The development state in Africa: Politics and policies*. Indiana University Press.

Medina, E., et al., (2018) "Coconut fiber as a substrate in plant cultivation." *Horticultural Science*.

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W. III. (1972) *Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. Universe Books. New York, NY.

Mignolo, W. D. (2011) *The Darker Side of Western Modernity: Global Futures, Decolonial Options*. Duke University Press.

MICOA (Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental). (2005). *Avaliação dos Impactos das Alterações Climáticas sobre a Segurança Alimentar em Moçambique*.

MICOA (2013) *Estratégia Nacional para Adaptar e Mitigar as Mudanças Climáticas*. Maputo, Moçambique: Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental.

MINAG (2010) *Plano estratégico para o crescimento do sector agrícola 2010-2019: Em direcção a um sector agrícola integrado, próspero, competitivo e sustentável*. Maputo, Moçambique: Ministério da Agricultura.

MINAG (2011) *Plano estratégico para o Desenvolvimento do Sector Agrícola*. Maputo, Moçambique: Ministério da Agricultura.

MINAG (2020) *Plano estratégico para o Desenvolvimento do Sector Agrícola*. Maputo, Moçambique: Ministério da Agricultura.

Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural – MADER. (2020) *Inquérito Agrícola Integrado*. Maputo, Moçambique: Direcção de Planeamento e Políticas (DPP).

Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pesca: Direcção-Geral de Protecção das Culturas. (2015) *Agricultura Integrada em Vegetais: Grupo das Asteráceas*. Moçambique: Editora Nacional.

Ministério de Desenvolvimento Rural. (2020) *Relatório de Análise da evolução da produção agrícola em Moçambique*. Maputo, Moçambique: IAI.

- Morrison, J. (2022) Agricultural production and food security in Mozambique: Recent trends and challenges. *Mozambique Agricultural Research Institute*.
- Mosca, J. (2014) *Agricultura de pequena escala em Moçambique: Visões e Estratégias*. Lisboa, Portugal: Cesa.
- Mosca, J., & Dadá, Y. (2016) *Contributo para o estudo dos determinantes da produção agrícola*. Observador Rural N° 5, Maputo, Moçambique: Observatório do Meio Rural.
- Motter, P., & Almeida, H. (2015) *Plantio Direto: A inovação que transformou a agricultura brasileira*. Foz do Iguaçu, Brasil: Parque Itaipu.
- Mucavele, F. (2015) *Estratégias de Desenvolvimento económico para luta contra a pobreza em Moçambique*. Comunicação apresentada na conferência sobre pobreza e desenvolvimento económico. Maputo, Moçambique: Editora Rural.
- Mucavel, C., & Artur, L. (2021) *The metamorphoses of rural extension services in Mozambique: A contribution on the extension model to be practiced in the country*. Maputo, Moçambique: Fundação MASC (Fundação de Apoio à Ciência).
- Nair, P. K. R. (2012) *Agroforestry Systems: Principles and Practices*. Springer Science & Business Media.
- Nijhoff, J. (2014) *Desenvolvimento do Sector Agrícola. Moçambique em Ascensão: Construir um novo amanhecer*. Washington, D.C., EUA: Fundo Monetário Internacional.
- Nyanga, P. H., et al., (2012) *Smallholder farmers' perceptions of climate change in Zambia: Evidence from the Zambezi valley*. Weather, Climate, and Society.
- Nhantumbo, I., & Salomão, A. (2015) *Mudanças climáticas e agrícolas em Moçambique: Inharrime, impactos e adaptação em Inharrime*. Maputo, Moçambique: Universidade Eduardo Mondlane (UEM), Centro de Estudos Ambientais.
- Nunes, M. (2002) *Desenvolvimento de um esterilizador de substrato para a produção de muda*. Brasil: Congresso Brasileiro de Olericultura.
- O'Brien, K. L. et al., (2004) *Mapping vulnerability to climate change*. *Global Environmental Change*.

Olesen, J. E., & Bindi, M. (2002) *Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy*. Agricultural Systems.

OMR (2023) *Determinantes de escassez de alimentos e estratégias de sobrevivência nos distritos de Nicuadala, Morrumbala e Gurue*.

OMR (2022) *Efeitos das mudanças climáticas nos sistemas de produção em Moçambique: Implicações para a segurança alimentar*.

Oliveira, A. M., & Souza, B. P. (2019) *Considerações ambientais e econômicas no uso de extratos sintéticos em práticas agrícolas*. Environmental & Agricultural Sciences. Brasil: EDUFPR (Editora da Universidade Federal do Paraná).

Oram, A., & Rosa, C. (2010) *Organizações de ajuda mútua e Rede das organizações para segurança alimentar: O impacto da política agrária em Moçambique*. Moçambique: Observatório do meio rural.

Ostrom, E. (1990) *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.

Patton, M. Q. (2015) *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice*. SAGE Publications.

PEDSA (2010-2019) *Plano Estratégico de Desenvolvimento do Sector Agrário*. Moçambique: Ministério de Agricultura.

Peixoto Filho, J., Freire, M., Freire, F., Miranda, M., Pessoa, L., & Kamimura, K. (2018) *Lettuce yield with varying doses of chicken, cattle, and sheep manure in successive crops*. Brasil; Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).

Pellegrino, G., Assad, E., & Marin, F. (2007) *Global Climate Change and Agriculture in Brazil*. [Local de publicação: Brasil; Editora desconhecida].

Pereira Filho, I., & Cruz, J. (2014) *Práticas culturais do milho*. In *Recomendações técnicas para o cultivo do milho*. Brasília, DF: EMBRAPA.

Pereira, M., & Santos, C. (2015). Efeitos da cobertura com palha na estrutura e fertilidade do solo. *Revista Brasileira de Agroecologia*. Brasil: EDUFPR (Editora da Universidade Federal do Paraná).

Pereira, L., Souza, J., Guarconi, R., & Balbino, J. (2017) *Desenvolvimento e rendimento do milho-verde sob diferentes tipos do solo no sistema de sementeira directa*. Brasil: *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*.

Pereira, M. G., & Santos, J. M. (2019) A influência da cobertura morta na conservação da água e fertilidade do solo. *Cadernos de Ciência Agrícola*.

Pérez-Jiménez, J., Moreno, J. I., & González, A. (2011) *Influence of different materials on the growth and development of lettuce in hydroponic systems*. *Scientia Horticulturae*.

Porto, G. (2021) *Agricultural practices and sustainable development: Innovations and challenges*.

Popa, M. E. (2017) *Sustainable agriculture and food security: Concepts and case studies*. Academic Press.

Raviv, M., & Lieth, J. H. (2008) *Soilless culture: Theory and practice*. Elsevier.

Recha, J., & Chiulele, R. (2017) *Mozambique climate smart agriculture guideline*. Pretória: Vuna Guidelin.

Rogers, E. M. (2003) *Diffusion of innovations*. Free Press

Resh, H. M. (2012) *Hydroponic food production: A definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower (7th ed.)*. CRC Press.

Resh, H. M. (2019) *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for Beginners*. Boca Raton.

Resende, G., Costa, N., Souza, C., & Santos, R. (2011) *Cultivo da Cebola no Nordeste*. Embrapa Semi-Árido. Brasil: Embrapa Semi-Árido.

Ribeiro, R. (2021). *Sustenta: Reflexões sobre o papel estratégico dos Programas de Aceleração do Crescimento Econômico (PACE)*. Moçambique: Destaque Rural.

Rosário, N. (2021) *Agricultura no Regadio do Baixo Limpopo, Província de Gaza, Moçambique: Uma Análise e Reflexão Breve sobre os Tipos de Agricultores*. Observatório do Meio rural.

Rogers, E. M. (2003) *Diffusion of Innovations (5th ed.)*. New York: Free Press.

Rockstrom, J., *et al.*, (2009) *A safe operating space for humanity*. *Nature*.

Rigg, J., & Salamanca, A. (2020) Not everyone can become a farmer: Youth aspirations and the future of agrarian livelihoods. *World Development*.

Rubatzky, V., & Yamaguchi, M. (2014) *World Vegetable: Principles, Production, and Nutritive Values* (Sayuran Dunia: Prinsip, Produksi, dan Gizi, alih Bahasa C. Herison). Bandung, Indonésia: Institut Teknologi.

Ribeiro, R. A., & Cuambe, C. C. (2021) *Desafios e Perspectivas para a Agricultura Sustentável em Moçambique: Uma Análise das Pequenas Propriedades Rurais*. Maputo: Editora da Universidade Eduardo Mondlane.

Sandoya, G., & Ahmed, M. (2021) *Identifying lettuce accessions for efficient use of phosphorus in hydroponics*. *HortScience*.

Santana, A. G. (2012) *Conservação do solo e da água: práticas e perspectivas para a agricultura sustentável*. Editora UFV.

Santos, A. (2017) *Presença de árvores em pastagens de pequenos agricultores na comunidade de Benfica, Itupiranga-PA*. Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia. Marabá, PA, Brasil: Universidade Federal do Pará.

Santos, E. R., & Oliveira, F. P. (2019) *Eficiência econômica de sistemas de produção agrícola simplificados em pequenas propriedades*. Brasil: Economia Rural.

Santos, E. C., Almeida, J. S., & Martins, L. F. (2020) *Influência do suporte no crescimento de hortaliças em sistema vertical*. *Horticultura Brasileira*.

Santos, O. (1999) *Conceito e histórico*. Em S. Santos (Ed.), *Hidroponia da alface*. Santa Maria, Brasil: UFSM.

Sánchez, J. R., & Rodríguez, A. A. (2014) *Effect of temperature on plant growth and development*. In *Plant Responses to Climate Change*.

Sachs, J. D. (2005) *The End of Poverty: Economic Possibilities for Our Time*. The Penguin Press. New York.

Sachs, I. (2007) *Rumo à Ecosocioeconomia: Teoria e Prática do Desenvolvimento*. São Paulo: Cortez Editora.

- Saldana, J. (2016) *The coding manual for qualitative researchers*. SAGE Publications.
- Savvas, D., & Gruda, N. (2018) Application of soilless culture in the modern world. In D. *Soilless culture: Theory and practice*. Elsevier.
- Schmidhuber, J., & Tubiello, F. N. (2020) *Climate change and food security: A framework document*. In *The 2020 Global Food Policy Report* Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Smit, B., & Wandel, J. (2006) *Adaptation, adaptive capacity and vulnerability*. Global Environmental Change.
- Sharma, S., & Prasad, R. (2018) Coconut coir as a medium for hydroponic agriculture: Potential for sustainable plant growth. *Agricultural Research*.
- Sharma, G. (2019). *Integrated pest management: Principles and practices*. Academic Press.
- Shala, A. Y., & Gururani, M. A. (2021) *Bioactive compounds in Eucalyptus globulus: Applications in antimicrobial activity, food preservation, and health products*. Horticulturae.
- Schumpeter, J. A. (1942) *Capitalism, Socialism and Democracy*. Harper & Brothers. New York, NY.
- Schumacher, E. F. (1973) *Small Is Beautiful: A Study of Economics As If People Mattered*. Harper & Row. New York, NY.
- Sitoe, T.A.(2014) *Os desafios da investigação agrária em Moçambique*. Desenvolvimento em Questão.
- Silva, A. de, A. (2011) *Potencialidade da recuperação de pastagem de Brachiaria decumbens fertilizada com cama de aviário e fontes minerais*. Uberlândia, Brasil: Dissertação de Mestrado em Ciências Veterinárias, apresentada na Faculdade de Medicina Veterinária da UFU.
- Silva, R. S., Oliveira, A. P., & Gomes, T. C. (2017) Avaliação económica do uso de plástico como cobertura do solo. *Agroecologia em Foco*.
- Silva, T., Almeida, F., & Costa, M. (2017) *Cobertura do solo com plástico: Benefícios e desafios na produção agrícola*. Petrolina, Brasil: Ciência Rural.
- Silva, A. C., Pereira, G. T., & Nunes, A. F. (2020) *O papel do plástico de cobertura na melhoria da produtividade de hortaliças em climas secos*. Brasil: EMBRAPA, Agronomia Brasileira.

- Singh, C., Bellingieri, P., & Freitas, J. (2004) *Influence of the application of organic compost from chicken manure on the chemical characteristics of a Dark Red Latosol cultivated with grain sorghum*. Cairo, Egito: Cairo University, Egypt.
- Singh, B. *et al.* (2016) Effects of plastic mulch on soil temperature and crop yield. *Field Crops Research*.
- Stake R. (1995) *The Art of case study Research sobre amostragem* .
- Speth, G. (2008) *The bridge at the edge of the world: Capitalism, the environment, and crossing from crisis to sustainability*. Yale University Press.
- Sen, A. (1999) *Development as Freedom*. Alfred A. Knopf. New York, NY.
- Stathers, T., *et al.*, (2020) *Alternatives to chemical pesticides for stored grain management in Africa*. Agricultural Food Security.
- Stern, N. (2006) "*The Stern Review: The Economics of Climate Change*." HM Treasury.
- Takahashi, M (2017) *Aproveitamento da manipueira e de resíduos do processamento da mandioca*. Instituto de Economia Agrícola (IEA) de São Paulo.
- Tschirley, D. L., & Zulu, B. (2015) *Mozambique's agricultural and rural development sector: Policy and performance*. Michigan State University, Department of Agricultural, Food, and Resource.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2019) *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates.
- Teklewold, H., Kassie, M., & Shiferaw, B. (2012) *Sobre a estimativa conjunta de múltiplas decisões de adoção: O caso de tecnologias agrícolas sustentáveis e práticas na Etiópia*. Etiópia: Ministry of Agriculture (MoA) Publications.
- Teng, J., Liu, C., & Zhang, W. (2020) Eficiência de sistemas hidropônicos na redução do impacto ambiental e uso sustentável de fertilizantes. *Agricultural Systems. Plants journal*, volume 12, issue.
- Teixeira, P., Schäfer, G., Souza, P., & Todeschini, A. (2009) *Vegetative development of citric rootstocks produced in different containers*. Santa Maria, Brazil: Ciência Rural.
- Thomazini, G., Reichemback, M., Arf, O., & Rodrigues, R. (2019) *cultivated under no-tillage system*. Brasil: Unicamp (Universidade Estadual de Campinas).

Tigkas, D. (2021) *Sustainable agricultural practices: Innovations and environmental impact*. MDPI.

Tirole, J. (2017) *Economia do bem comum*. Intrínseca.

USAID (2019) *Investimento Privado no sector da Agricultura em Moçambique*. Nathan Associates, Moçambique.

UNDP (2013) *Mozambique: National Adaptation Programme of Action (NAPA) to Climate Change*. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

Tundisi, J. G., & Matsumura-Tundisi, T. (2008) "*Environmental Change and its Impact on Aquatic Ecosystems*." *Freshwater Biology*.

Thurlow, J., & Wobst, P. (2023). *The future of agriculture in Mozambique: Pathways for sustainable development*. International Food Policy Research Institute.

Valicheski, F. P., Balbinot, R., Viana, J. H. M., & Barroso, A. L. (2012) *Effect of soil cover on the production of the 'Matuba' sweet potato*. Semina: Ciências Agrárias.

Wang, H., et al. (2017) *Plastic mulching and its impact on maize yield and pest control*. *Field Crops Research*.

Wang, L., & Zhang, F. (2020) *Maize response to seasonal climatic variations and implications for yield optimization*. *Agricultural and Forest Meteorology*.

Walker, T. S., & Cunguara, B. (2017) *Impacts of improved maize seed in Mozambique: Analysis of productivity and welfare effects from the adoption of improved seed varieties*. *World Development*.

Van Roekel, R. J., & Coulter, J. A. (2012) *Agronomic responses of corn hybrids to row width and plant density*. *Agronomy Journal*.

Vinha, L. C., Stangarlin, J., Lana, M., Simon, D., & Zimmermann, A. (2011) *Microbial biomass in lettuce cultivation under different organic fertilizations and green manure management*. *Brasil: The Brazilian Journal of Agroecology*.

Wang, Y., Chen, S., & Li, F. (2021) *Benefits and drawbacks of plastic mulching for agricultural production and soil sustainability: A global meta-analysis*. *Agricultural Water Management*.

- Yilmaz, D., Zikaria, K., Ikiz, B., & Gruda, N. S. (2023) Enhancing the yield, quality, and antioxidant content of lettuce through innovative and eco-friendly biofertilizer practices in hydroponics. *Horticulturae*.
- Yin, X. et al. (2020) Temperature sensitivity of maize in temperate climates. *Crop Science*.
- Yuri Je, R., & Costa, N. (2011) *Use of Mulching as soil cover in strawberry cultivation*. Estado do Paraná, Brasil: Unicamp (Universidade Estadual de Campinas).
- Yunus, M. (2003) *Banker to the Poor: Micro-Lending and the Battle Against World Poverty*. PublicAffairs. New York, NY.
- Zeng, Q., Liu, D., & Xu, J. (2023) *Effects of capillary irrigation on soil moisture dynamics and crop yield: A review*. *Agronomy for Sustainable Development*.
- Zhao, H., et al. (2018) *Technological advancements in sustainable agriculture: Opportunities and challenges*. *Agricultural Systems*.
- Zheng, Y., Li, W., & Chen, M. (2021) Organic matter and nutrient cycling in soils amended with organic fertilizers. *Soil Biology and Biochemistry*.
- Zhou, W., Liu, Q., & Chen, H. (2017) Impact of low-temperature stress on maize growth and photosynthetic capacity. *Field Crops Research*.
- Zhu, Z., Liu, F., Li, Y., & Zhang, S. (2018) Effects of organic fertilizers on the growth and nutrient uptake of hydroponic crops. *Horticultural Science*.

Revistas e Jornais

Agyemang, S., & Osei-Tutu, E. (2017) Sustainability Assessment and Local Community Involvement in Development Projects: Lessons from Rural Ghana. *Journal of Sustainable Development*.

Alfonso, M., & Swinnen, J. (2021) Agricultural labor and migration: The impact of young people leaving rural areas. *Journal of Rural Studies*.

Akter, N., Hossain, M., & Islam, M. (2018) "Effect of poultry manure on growth and yield of crops: A review." *Journal of Agricultural Research*.

Almeida, R. S. (2018) Eficiência do uso de plástico de cobertura em culturas hortícolas. Brasil: *Revista Brasileira de Agricultura, Embrapa* (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).

Alves, T. S., A. A. de Lima, R. D. da Silva, M. P. da Silva, e A. A. de Oliveira. (2013) "Uso de adubos orgânicos e mineral na produção de milho em Latossolo." *Revista Brasileira de Ciência do Solo*.

Ali, M. *et al.*, (2020) Impact of water stress on maize growth and yield. *Journal of Agricultural Science and Technology*.

Andrade Junior, A., & Klar, E. (1997) Estratégias de manejo da irrigação para a cultura da alface, especificamente utilizando o método do tanque Classe A. Piracicaba-SP: *revista acadêmica Scientia Agricola*.

Andriolo, J., Duarte, I., & Skrebsky, E. (2018) *Descrição e Análise de Meios de Cultivo para o Plantio de Tomateiros em Ambientes Não Convencionais*. Brasília, Brasil: Revista Horticultura Brasileira, Editora Unicamp (Universidade Estadual de Campinas).

Araújo, J., *et al.* (2007). Avaliação de diferentes tipos de cebola em plantações orgânicas. Bahia, Brasil: *Revista Brasileira de Agroecologia*, UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais).

Araujo, F. F., Silva, D. A., & Costa, L. P. (2018) A hidroponia como prática agrícola sustentável: Eficiência no uso de recursos hídricos em sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Agricultura Sustentável*,

Barros, M. A., Silva, J. R., Oliveira, P. L., & Costa, E. G. (2017) Efeito da manipueira como fertilizante orgânico em sistemas hidropônicos. *Revista Brasileira de Agricultura e Tecnologia*.

- Arruda, G., Nakada, P., Dantas, G., & Santos, R. (2016) Comparação do Desempenho de Variedades de Cebola em Sistemas Orgânicos e Convencionais em Minas Gerais. Brasília, Brasil: *Revista Horticultura Brasileira, Unicamp* (Universidade Estadual de Campinas).
- Bharadwaj, S., Sharma, R. K., & Kumar, P. (2018) Effectiveness of Organic Mulching in Onion Cultivation. EUA, Reino Unido: *Journal of Agricultural Sciences*.
- Borges, F. M., Silva, R. C., & Almeida, P. R. (2014) Eficácia de coberturas vegetais no controle da erosão e na conservação do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*.
- Batista, M., Vieira, L., & Souza, J. (2015) Impacto de diversas fontes de adubação na produtividade de alface em Iguatu-CE. Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil: *Revista Caatinga, EDUFBA* (Editora da Universidade Federal da Bahia).
- Beverley, T., *et al.* (2016) Potential drawbacks of plastic mulching in sustainable agriculture. *Journal Agriculture, Ecosystems & Environment*.
- Betton, S., & Dermitaş. (2013) Impacto do déficit de irrigação na produção de cebola (*Allium cepa* L. Texas Grano 502) em condições de estufa não aquecida. Londres, Reino Unido: *Journal of Food, Agriculture & Environment* (Penguin Random House UK).
- Bezerra Neto, F., & Oliveira, S. (2006) Acúmulo de nutrientes por três variedades de alface cultivadas no semiárido. Brasília, Brasil: *Revista Horticultura Brasileira, Unesp* (Universidade Estadual Paulista).
- Bezerra, M. A., & Oliveira, J. F. (2006) Efeito de diferentes concentrações de Manipueira na adubação do pimenteiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*.
- Borges, F. M., Silva, R. C., & Almeida, P. R. (2014) Eficácia de coberturas vegetais no controle da erosão e na conservação do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*.
- Cardoso, A. F., Silva, L. C., & Oliveira, T. R. (2019) Práticas sustentáveis na agricultura *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* (RBCAs).
- Carmello, F. (2009) *Electrical conductivity as an indicator of water quality in hydroponics: Implications for nutrient management. Brazilian Journal of Agricultural Research*.
- Carvalho, R. F., & Pereira, L. D. (2019) Esterco galináceo na agricultura: avaliação da compostagem e riscos ambientais. *Revista Agroecologia e Sustentabilidade*.

Carvalho, G., & Oliveira, D. (2020) Maximização da eficiência do uso da água em áreas afetadas pela escassez hídrica. *Revista de Ciências Agrárias*.

Carvalho, E. (2016) Viabilidade e vantagens da instalação de biodigestores de pequena escala em propriedades de agricultura familiar. São Paulo: *Simpósio Internacional de Gestão de Projectos, Inovação e Sustentabilidade*.

Cardoso, R. (2012) Efeito das Embalagens e da Duração do Armazenamento na Vitalidade Fisiológica de Sementes. Goiânia, Goiás, Brasil: *Revista Pesquisa Agropecuária Tropical, Unicamp* (Universidade Estadual de Campinas).

Carimo, A. (2012) Estratégias de uso do solo no Inverno e seu efeito no milho cultivado em sucessão. Brasil: *Revista Brasil, UFSM* (Universidade Federal de Santa Maria).

Charmaz, K. (2014) *Constructing grounded theory* SAGE Publications. Benefícios e desafios. *Revista de Ciências Agrárias*.

Chandrashekara, C., Kumar, B. M., & Patil, S. K. (2012) Effect of different levels of poultry manure on growth and yield of maize and soybean. *Journal of Agronomy*.

Coelho, M. A., Lima, J. M., & Silva, P. L. (2006) Efeitos da umidade do solo no crescimento e desenvolvimento do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30(1).

Cometti, N., Azevedo, M. S., & Silva, M. J. (2006) *Efeito da condutividade elétrica e pH da solução nutritiva no crescimento de plantas de hortaliças em cultivo hidropônico*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.

Costa, J. A., & Pereira, M. L. (2019) Sustainable agricultural practices and their impact on soil health. *Journal of Agricultural Science*.

Costa, R. F., Santos, L. C., & Almeida, P. C. (2021) Eficácia e sustentabilidade do uso de extrato de moringa no controlo de pragas agrícolas. Moçambique: *Revista de Ciências Agrícolas*.

Costa, L. F., Andrade, P. H., & Lima, S. O. (2021) Redução de variações de temperatura no solo com diferentes tipos de cobertura em clima quente. *Revista de Agricultura Sustentável*.

Cunguara, B., & Mussa, A. (2010) A descentralização fiscal e os impactos no desenvolvimento local em Moçambique: O caso dos fundos de investimento e o Fundo de Desenvolvimento do Distrito (FDD). *Revista de Política Social*.

Cunguara, B., Mudena, J., Mather, D., e Tschirley, D. (2012) Mudanças nos Métodos de Cultivo e Utilização de Recursos por Agricultores de Pequena Escala no Centro e Norte de Moçambique, entre 2008 e 2011. Moçambique: *Revista da Direção da Economia do MINAG*.

Davis, C., & Souza, C. (2014) *Mudanças climáticas: impactos e estratégias de mitigação*. Brasil: *Revista Brasil, UFSM* (Universidade Federal de Santa Maria).

Dias, R. M., Almeida, S. L., & Souza, M. R. (2014) Produção de alface em sistema hidropônico sob diferentes fertilizações. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*.

Dias, F. S., Silva, M. R., & Oliveira, T. A. (2020) Utilização da fibra de coco como substrato agrícola: Potencialidades e desafios na agricultura sustentável. *Revista de Agricultura Sustentável*.

Fernanda, M., Santos, C., Lucas, A., Bianchini, F., Souza, I., e Viegas, P. (2013) Produção de alface sob a influência de distintas fontes de matéria orgânica e métodos de protecção do solo. Inglaterra, *Revista Agricultural Science*.

Fernandes, T. S., Lima, R. M., & Costa, V. P. (2019) O papel do bambu na mitigação das mudanças climáticas e sua utilização em sistemas hidropônicos. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*.

Ferreira, J., Lima, A., & Souza, R. (2013) Impactos da ausência de cobertura do solo na produtividade agrícola. Brasil: *Revista de Agricultura Sustentável*.

Ferreira, D. (2016) Sisvar: Um Guia para os seus Procedimentos Bootstrap em Comparação Múltipla. Brasil: *Revista Ciência e Agrotecnologia*.

Ferreira, A. P., Souza, J. M., & Lima, R. T. (2018) Perdas econômicas causadas pela ausência de controlo de pragas no armazenamento de grãos. EUA, Reino Unido: *Journal of Agricultural Economics*.

Figueroa, E., Escosteguy, P., e Wiethölter, S. (2012) Impacto da aplicação de doses de esterco de galinha poedeira no fornecimento de nitrogénio para o trigo. Brasil: *Revista Brasileira da Engenharia Agrônômica e Meio Ambiente*.

Freitas, A. B., & Souza, P. R. (2023) Organic nutrient solutions using cassava effluent for sustainable hydroponic lettuce cultivation. *International Journal of Environmental and Agricultural Sciences*.

Gómez, A. (2014) Materiais naturais e sua adaptação em sistemas hidropônicos. Londres, Inglaterra: *Journal of Agricultural Research*.

Gomes, F. H., & Lima, P. R. (2019) Cobertura plástica como estratégia para aumentar a produtividade agrícola em condições climáticas adversas. Brasília, Brasil: *Revista de Ciências Agrárias*.

Gupta, A., & Bhandari, B. S. (2017) Organic fertilizers and their role in sustainable agriculture: A review. *International Journal of Research in Agriculture and Forestry*.

He, Z. L., *et al.* (2000) "Effect of manure on nutrient cycling in soil." *Soil Science Society of America Journal*.

He, Z. L., Zhang, M., & Stoffella, P. J. (2000) "Nutrient and carbon removal by crops and the effect on soil quality." *Soil Science Society of America Journal*.

Huett, D. O. (1994) Growth, Nutrição e gravidade de queima de pontas de alface hidropônica em resposta à condutividade elétrica e à relação de K na solução. Victoria, Austrália: *Australian Journal of Agricultural Research*.

Jacobe, M.; Ubisse. Geraldo., Conceição. (2022) Riscos e vulnerabilidade a mudanças climáticas na vila de Inharrime. *Revista científica Fesa*.

Jonasse F. e Tacarindua C. (2022) Efeito de extractos de folhas de Eucalipto(*Eucalyptus glóbulos*) e Moringa(*Moringa oleífera*) no controlo de gorgulho (*Sitophilus zea mais*)do milho (*Zea mays*) armazenado no sector familiar. *Mozambican Journal of Applied Sciences*.

Jasse, A. (2013) Desafios na adoção de insumos agrícolas em Moçambique: O papel do acesso ao crédito e à assistência técnica. *Revista de Desenvolvimento Rural*.

Jensen, M. H. (2014) Hydroponics worldwide: A technical overview. *International Journal of Agricultural Science*.

Jia, Z., Wang, Q., & Bai, L. (2023) Mulching techniques for enhanced water-use efficiency and weed control in arid and semi-arid agriculture. *Revista Agricultural Water Management*.

Katz, E., & Sosa, A. (2018) Extension and rural development: A critical review of methodologies and practices. *Journal of Agricultural Extension*.

Kano, A., Azevedo, L. A., Nascimento, M. O., Silva, R. A., & Fraga, J. A. (2012) Effects of different substrates on the growth of lettuce in hydroponic systems. *African Journal of Agricultural Research*.

Kikas, A., & Luik, A. (2011) The use of synthetic mulching in horticultural production: Advantages and environmental impacts. *Journal of Environmental Management*.

Korriem, A. A., El-Naggar, A. E., & El-Hadad, M. A. (1999) Irrigation management and its effect on onion productivity. *Egyptian Journal of Agricultural Research*.

Kumwenda, J. D. T., Chikowo, R., & Snapp, S. (2012) The role of legume-based cropping systems in improving soil fertility in Malawi. *Revista: Field Crops Research*.

Lee, J. (2010) Effects of organic fertilizer application methods on the growth and nutrient absorption of organic onions in Korea. *Journal of Organic Agriculture*.

Lima, F., Sousa, G., Viana, T., Neto, I., Azevedo, B., & Carvalho, C. (2019) Utilização de irrigação na produção de gergelim em solo tratado com biofertilizante de origem bovina. Fortaleza, Brasil: *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*. Associação Brasileira de Agricultura Irrigada (ABID).

brizantha 'Marandu'. Viçosa, Brasil: *Revista de Ciências Agrárias, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*.

Lopes, S. M., & Simões, D. C. (2015) Efeitos da temperatura no crescimento e qualidade da alface. *Revista Brasileira de Horticultura*.

Lopes, F. J., & Ferreira, P. M. (2019) Influência da cobertura do solo no comprimento da espiga e produtividade de milho em regiões semiáridas. *Journal of Soil and Water Conservation*.

Madan, K. K. D., & Patra, P. K. (2021) Utilização de bambu como material nutritivo na agricultura familiar: efeitos na condutividade elétrica e liberação de nutrientes. *Revista de Ciências Agrícolas*.

Marassiro, M. R., Costa, A. M., & Silva, P. A. (2021) Efeitos da cobertura do solo na produtividade do milho em condições de clima tropical. *Journal of Tropical Agriculture*.

Mantovani, E. C., Oliveira, A. S., & Pereira, L. F. (2020) Efeitos da irrigação no desenvolvimento e na produtividade de hortaliças: Análise de sistemas de irrigação por capilaridade e gravidade. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*.

Maroto, A. (2012) *Condições de cultivo de alface*. Londres, Inglaterra: *Journal of Agricultural Research*.

Martins, A. F. (2015) Impacto das variações climáticas na produtividade de sistemas hidropônicos. *Revista de Agricultura Sustentável*,

Martins, J. P., Silva, T. R., & Cardoso, R. F. (2018) Efeito de diferentes tipos de cobertura no comprimento da espiga de milho em condições climáticas adversas. *Agricultural Science Journal*.

Maltais-Landry, G., Olle, M., & Williams, M. (2023) Impact of organic fertilizers on vegetable yield and nutrient release: A two-year study on cabbage. *Journal of Vegetable Crop Science*.

Makhura, M. T. (2001) The role of farmers' organizations in rural development. *Journal of Rural Development*.

Mafongoya, P. L., H. F. A., & Kambewa, D. (2006) The role of organic matter in the maintenance of soil fertility in Africa. *African Journal of Agricultural Research*.

Magalhães, A. C. de S., Olandoski, M., & De Souza, A. A. (2014) Effect of the application of manipueira on the growth of maize plants. *Crop Journal*.

Martins, P. R. (2015) Impacto das variações climáticas na produtividade de sistemas hidropônicos. *Brazilian Journal of Horticulture*. Viçosa, Brasil: *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*.

Meneses, N., Moreira, M., Bianchini, I., & Gabriel, F. (2016). Desempenho de desenvolvimento e produtividade de alface sob distintos tipos de cobertura do solo. *Revista Agro@ambiente, Brasil: Agroambiental*.

Mendes, L. A., Silva, P. R., & Oliveira, F. B. (2021) Uso de materiais naturais como substratos em sistemas hidropônicos para hortaliças. *Revista Brasileira de Agricultura Hidropônica*.

- Mortate, R., Nascimento, E., Gonçalves, E., & Lima, M. (2018) Impacto da aplicação de nitrogênio no milho (*Zea mays L.*) por via foliar e via solo. *Revista de Agricultura Neotropical, Brasil*: Editora Neotropical.
- Mosca, J. (2006) Agricultura familiar em Moçambique: ideologias e políticas. *Revista Nera, Maputo, Moçambique*: Editora Rural.
- Mosca, J. (2017) Agricultura de pequena escala em Moçambique: visões e políticas. *Revista Nera, CPLP*: Editora Rural.
- Muller, C., *et al.*, (2017) Impact of Climate Change on Onion Production. *Journal of Agricultural Research*. EUA, reino Unido: CABI Publishing.
- Nascimento, L. S., & Cardoso, F. L. (2017) A fibra de coco no cultivo sem solo: Propriedades e vantagens. *Revista de Tecnologia e Inovação Agrícola*.
- Nhamo, L., *et al.* (2019) Assessing climate change impacts on agricultural production: A case study of Mozambique. *Journal of Environmental Management*.
- Noguera, A., & Schmukler, J. (2017) Advances in vertical farming: Substrate-based cultivation techniques and their implications for resource optimization. EUA, Reino Unido: *Journal of Agricultural Science and Technology*.
- Norris, D. M. *et al.* (2020) Effects of poultry litter application rate on nitrogen use efficiency and yield of corn. *Agronomy Journal*.
- Nwankwo, B. O. *et al.*, (2018) Effect of plant extracts on the mycoflora of stored maize grains. *African Journal of Biotechnology*.
- Ojeniyi, S. O., Onanuga, O. S., & Lawal, A. (2019) Comparative analysis of nutrient contents in poultry and other livestock manures. *African Journal of Agricultural Research*.
- Oliveira, G., Leitão, M., Bispo, R., Santos, I., & Almeida, A. (2019) Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência na região norte da Bahia. Brasil: *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*.
- Oliveira, M., & Santos, R. (2020) Hidroponia como alternativa em climas extremos. *International Journal of Hydroponics*. Brasil: Unicamp (Universidade Estadual de Campinas).

- Oliveira, A. M., & Ferreira, L. A. (2020) Utilização de substratos orgânicos na produção de plantas: A fibra de coco como alternativa sustentável. *Revista de Ciências Agrárias*.
- Pedroso, C., Dornas, M., & Castro, B. (2012) Escolha de variedades de alface para cultivo protegido: Variação genética e relevância de características. Brasília: *Revista Horticultura Brasileira*.
- Pereira, J. A., & Santos, C. L. (2015) O uso de moringa como alternativa sustentável no controle de pragas. *Journal of Sustainable Agriculture*. Brasil: Unicamp (Universidade Estadual de Campinas).
- Pereira, L. M., Santos, R. T., & Silva, M. B. (2018) Análise comparativa de sistemas de cultivo hidropônico em condições climáticas adversas. *International Journal of Hydroponics*. México: *Mundi-Prensa*.
- Pereira, M. A., & Lima, A. S. (2017) Uso de extratos vegetais como alternativa a fertilizantes químicos em cultivos hidropônicos. *Journal of Horticultural Science*.
- Pereira, J. R., & Silva, M. A. (2020) Uso de bolsas plásticas em sistemas de cultivo: durabilidade e práticas de manejo. *Revista de Tecnologias Agrícolas*.
- Ponisca, A., Fraga, V., & Pérez-Marin, A. (2010) Persistência da fertilização orgânica na produção de milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*. Brasil: Unesp (Universidade Estadual Paulista).
- Pôrto, M., *et al.* (2011) Uso do Índice SPAD para avaliar o nível de nitrogênio na cultura da abobrinha. Brasília, Brasil: *Revista Horticultura Brasileira*.
- Radin, B., Matzenauer, R., & Bergamaschi, H. (2004) Desenvolvimento de tipos variados de alface, cultivados sob ambiente protegido e em condições naturais. Brasília, Brasil: *Revista Horticultura Brasileira*.
- Rajendran, K., Subramanian, S., & Sharma, M. (2019) Cost-Benefit Analysis of Different Onion Cultivation Practices. Brasil: *Crop Science Journal*.
- Ramos, T. A., & Fernandes, J. P. (2023) Effects of cassava effluent on nutrient dynamics and growth of hydroponic crops. *Journal of Organic and Hydroponic Systems*.

Rosa, M., & Albuquerque, A. (2019) Desempenho do cultivo de milho estabelecido em restos culturais de leguminosas de Verão em sistema de plantio direto. Brasil: *Revista Brasileira de Agricultura Sustentável*.

Rodrigues, M. A., Silva, J. R., & Costa, P. L. (2019) Vantagens do cultivo em bolsas para o controle do suprimento de nutrientes e água: O uso de substratos como fibra de coco e vermiculito. *Revista Brasileira de Horticultura*.

Rodrigues, V. L., Santos, A. M., & Pereira, F. S. (2020) Mitigação dos efeitos das mudanças climáticas através do uso de plástico na agricultura. *Journal of Climate-Smart Agriculture. Brasil: UFRPE (Universidade Federal Rural de Pernambuco)*.

Rodrigues, H., & Lima, J. (2018) Cultivo em bolsas: uma solução para erosão do solo em tempos de mudança climática. *Environmental Management Journal. Brasil: Unesp (Universidade Estadual Paulista)*.

Ribeiro, M. A., & Costa, J. D. (2018) A importância do uso de esterco na fertilização orgânica da agricultura familiar no Nordeste. *Revista de Ciências Agrárias*.

Santos, P. R., Souza, M. F., & Oliveira, J. T. (2017) Materiais naturais em sistemas hidropônicos: O bambu como alternativa sustentável. *Journal of Agricultural Innovation*.

Soilless culture: Theory and practice. Elsevier.

Scoones, I. (2009) Livelihoods perspectives and rural development. *Journal of Peasant Studies*.

Severino, M., Casali, V., Cardoso, A., & Ruiz, H. (2014) Desempenho agrônomico da cultura de alface produzida sob diferentes técnicas de proteção do solo. Brasília, Brasil: *Revista Horticultura Brasileira*.

Serralheiro, R. P., & Duarte, S. (2008) Utilização de resíduos orgânicos em soluções nutritivas para cultivo hidropônico de hortaliças. *Revista de Ciências Agrárias*.

Shack, C., Feibert, E., & Saunder, L. (2013) Impacto do potencial hídrico do solo como limiar de irrigação na produtividade e qualidade da cebola. Brasília, Brasil: *Revista Horticultura Brasileira*.

- Silva, F., Porto, A., Pascuali, L., & Silva, F. (2015) *Possibilidade de armazenamento de sementes em diversas embalagens para pequenas propriedades rurais*. Alta Floresta, Brasil: *Revista de Ciências Agroambientais*.
- Souza, A. L., Matos, P. R., & Oliveira, L. S. (2015) Análise da produtividade agrícola em sistemas com e sem cobertura plástica. *Journal of Agricultural Research*
- Silva, E. A., Souza, F. M., & Costa, R. L. (2017) Substratos orgânicos em hidroponia: Sustentabilidade e eficiência. Brasília, Brasil: *Environmental Agriculture Journal*.
- Silva, M. R., Fernandes, H. B., & Ribeiro, A. S. (2017) Análise do custo-benefício do uso de extrato de eucalipto no manejo de pragas. Brasil: *Revista Brasileira de Agroecologia*.
- Silva, R., Galvão, J., & Miranda, G. (2010) Rendimento de diferentes variedades de milho em sistemas de cultivo orgânico e convencional. Brasil: *Revista Caatinga*.
- Silva, J., *et al.* (2022) Impacto da hidroponia na produção agrícola em ambientes adversos. Brasil: *Journal of Agricultural Sciences*.
- Singh, A., Patel, S. M., & Khan, Z. (2017) Economic Viability of Organic Farming in Onion Production. EUA, Reino Unido: *International Journal of Vegetable Science*.
- Singh, B., Singh, A. K., & Prasad, R. (2018) Mulching: A sustainable option for water management and its impact on crop growth and yield. *Journal of Applied and Natural Science*.
- Schmidt, D., Santos, O., & Bonnacarrere, R. (2001). Avaliação de soluções nutritivas e variedades de alface na técnica de hidroponia. Brasília, Brasil: *Revista Horticultura Brasileira*.
- Souza, P. (2015) Características químicas de alface cultivada sob o efeito residual da adubação com composto orgânico. Brasília, Brasil: *Revista Horticultura Brasileira*.
- Souza, P. (2017) Análise das propriedades químicas da alface produzida em solo com resíduos da adubação orgânica. Processamento da mandioca. Brasília, Brasil: *Revista Horticultura Brasileira*.
- Sonmez, F. *et al.* (2018) Influence of different rates of chicken manure on growth and yield of pepper (*Capsicum annuum*). *Journal of Animal and Plant Sciences*.
- Souza, C., *et al.* (2021) Uso de bioinseticidas como alternativa sustentável para proteção de culturas. Brasil: *Journal of Sustainable Agriculture*.

- Sharma, R., Patel, N. K., & Singh, D. (2019) Impact of Organic Mulches on Crop Yield and Soil Health in Onion Cultivation. EUA, Reino Unido: *Journal of Horticultural Science*.
- Takasu, A., HagA, K., Rodrigues, R., & Alves, C. (2014) Rendimento da cultura do milho em função da adubação com potássio. Brasil: *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*.
- Tavira, J., Costa, N., Lima, M., Pedreira, C., Santos, C., & Leite, W. (2018) Análise de variedades de cebola em sistema de cultivo orgânico. Brasília, Brasil: *Revista Horticultura Brasileira*.
- Tefera, T., *et al.* (2011) Advances in post-harvest management of grains in sub-Saharan Africa. *Journal of Stored Products Research*.
- Tengoua, E., *et al.* (2019) The role of farmers' associations in promoting sustainable agriculture in the African context. *African Journal of Agricultural Research*.
- Tiwari, R. *et al.* (2021) Influence of water stress on maize growth under winter conditions. *Journal of Agricultural Water Management*.
- Vale, L., D'Haese, M., & Van Huylenbroeck, G. (2017) Food security and the role of urban agriculture in Africa: A systematic review of existing literature. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*.
- Vinne, J. F. (2006) Influência do fotoperíodo na formação de bulbos de cebola. *Revista de Horticultura*.
- Van den Bulte, C., & Lilien, G. L. (2001) Medical innovation revisited: Social contagion versus marketing effort. *American Journal of Sociology*.
- Van Roekel, R. J., & Coulter, J. A. (2012) Agronomic responses of corn hybrids to row width and plant density. *Agronomy Journal*.
- Viana, A. M., Silva, L. J., & Pereira, R. R. (2006) Efeitos de extratos de folhas de eucalipto no controle do gorgulho do feijão nhemba. *Revista de Ciências Agrárias*.
- Vilas Boas, R., Pereira, G., Souza, R. J., & Consoni, R. (2012) Performance de variedades de cebola em relação ao manejo da irrigação por gotejamento. Brasil: *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*.

Zhao, S., Liu, H., & Wang, X. (2017) Aumento da produção de hortícolas em sistemas hidropônicos: Controle preciso de nutrientes e água. *Journal of Hydroponic Science*.

Zhao, H., Wang, J., & Yang, Z. (2022) Temperature effects on photosynthesis and growth of maize: Implications for yield under climate change. *Journal of Plant Physiology*.

Relatórios

Instituto Nacional de Gestão e Redução do Risco de Desastres (INGD). (2020) *Relatório de impacto e resposta aos desastres naturais em Moçambique*. INGD.

Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar de Moçambique (MASA). (2020) *Relatório anual do setor agrário em Moçambique*. MASA.

Oliveira, T., Marrocos, N., & Bezerra Neto, E. (2014) Impacto do pH da solução nutritiva no acúmulo de biomassa da alface (*Lactuca sativa L.*). Brasil: *Congresso de Iniciação Científica da UFRPE*.

Santos, I., Oliveira, G., Leitão, M., Carvalho, A., & Lima, C. (2021) Evapotranspiração e coeficientes de cultura para as diferentes fases fenológicas da cebola. Brasil: *Congresso Brasileiro de Olericultura*.


Serviço Distrital de Actividades Económicas de Inharrime (SDAE-Inharrime). (2011) *Relatório sobre a conscientização e percepção das mudanças climáticas na comunidade de Inharrime*.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de localização da zona de estudo



Anexo 2. Credencial da Universidade para o trabalho de campo.


Universidade Politécnica
A POLITÉCNICA

**INSTITUTO SUPERIOR DE
ALTOS ESTUDOS E NEGÓCIOS
ISAEN**

Ao
Posto Agronómico de Nhacoongo – IIAM Inharrime

CREDENCIAL


Para os devidos efeitos e a pedido da interessada, informa-se que a **Mestre Florência Celeste Jonasse** é estudante do programa de Doutoramento de Estudo de Desenvolvimento, ministrado pelo Instituto Superior de Altos Estudos e Negócios (ISAEN) da Universidade Politécnica.


A fim de realizar um trabalho de pesquisa académica com o tema: **“Tecnologias adaptadas às mudanças Climáticas: Uma alternativa de desenvolvimento para o sector familiar na área da agricultura”** para Tese de doutoramento, a estudante solicita autorização para obter informação e recolha de dados junto à vossa instituição.

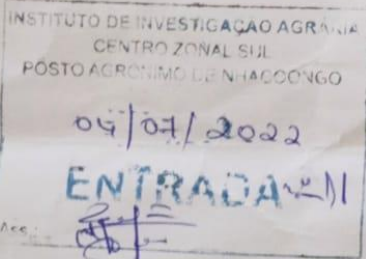
Sem mais de momento, agradecemos antecipadamente a colaboração prestada por V^a Ex.^a na formação de quadros nacionais.


Maputo, 28 de Junho de 2022

A Directora do ISAEN


Prof. Doutora Irene Mendes



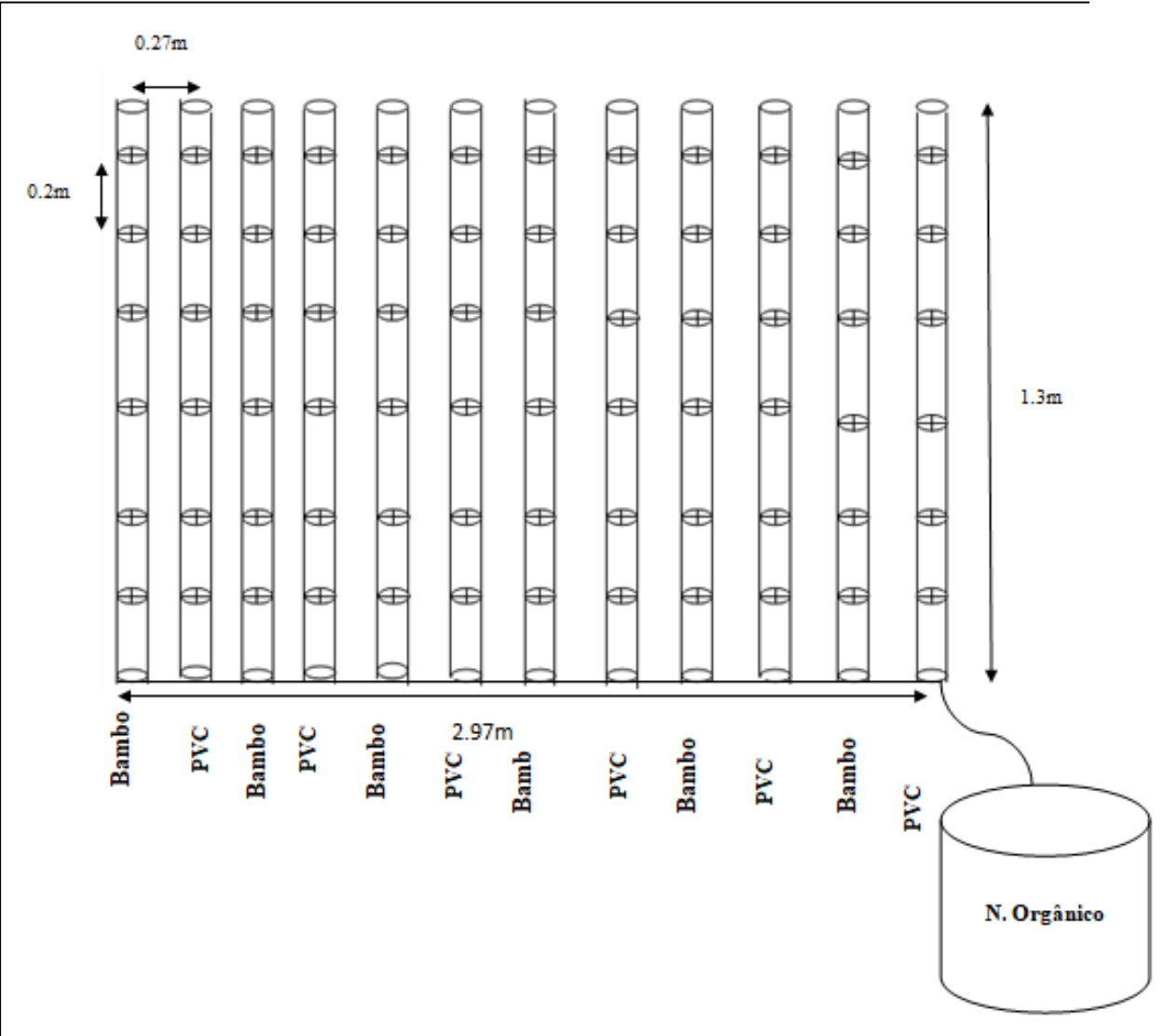




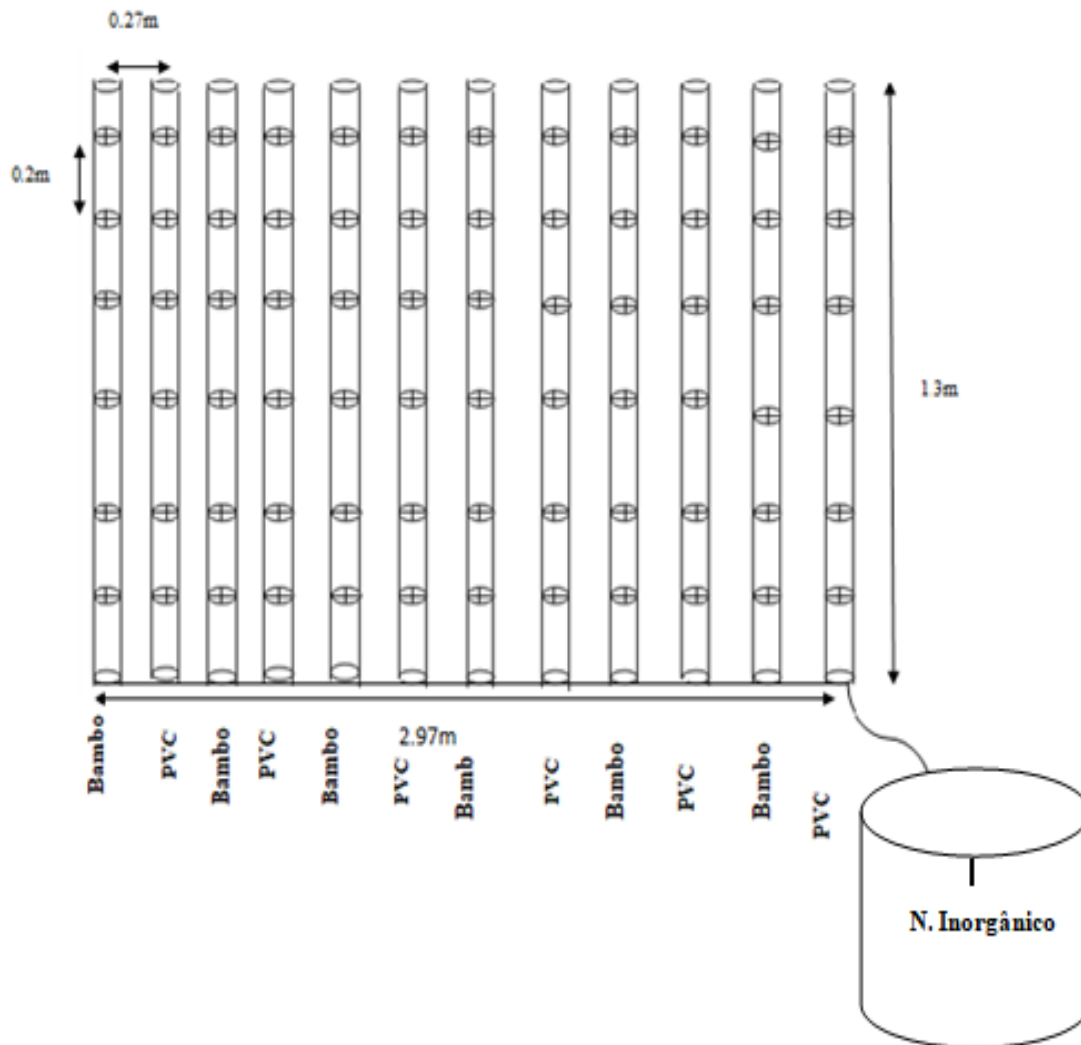
ISAEN

HUMANISMO, RIGOR E PROFISSIONALISMO
Av. Paulo Samuel Kankhomba, nº 879 | Maputo - Moçambique
Tel. +258 21 352 750 | Fax: +258 21 352 701

Anexo 3. Layout do ensaio de Hidroponia com recurso a nutrientes orgânicos



Anexo 4. Layout do ensaio de Hidroponia com recurso a nutrientes inorgânicos



Legenda:

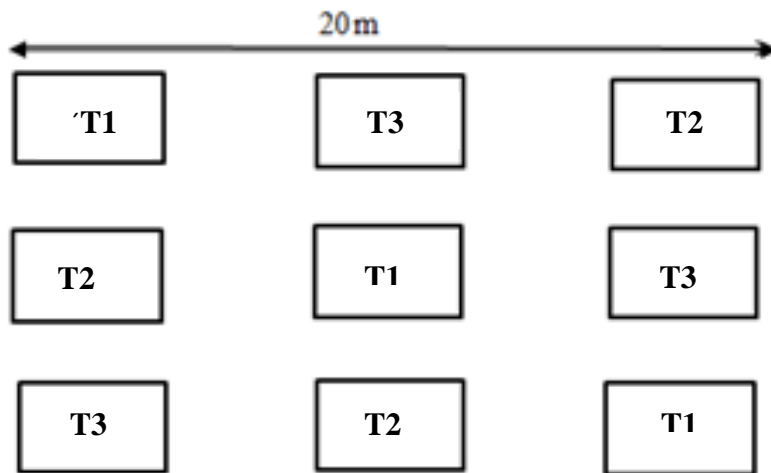
T1-Bambo + nutriente orgânico

T2-PVC + nutriente orgânico

T3-Bambo + nutriente inorgânico

T4-PVC+ nutriente inorgânico

Anexo 5: Layout sobre o ensaio de Mulching Sintético



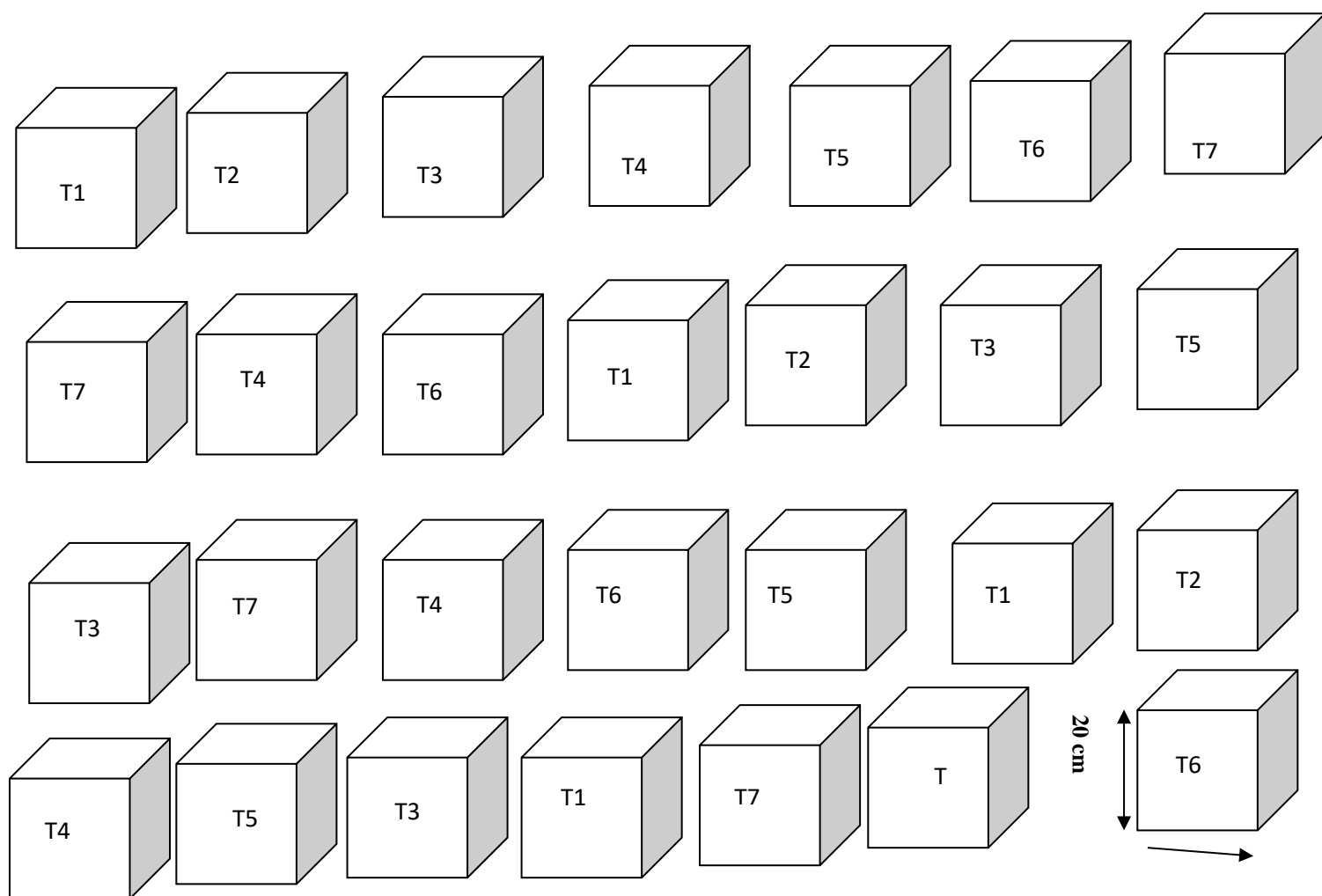
Legenda

T1-Polietileno

T2-Cobertura com recurso a palha

T3-Solo descoberto

Anexo 6. Layout sobre o ensaio de Conservação de sementes armazenados



Legenda

T1-45 kg/ton Extracto de eucalipto

T2-30 kg/ton Extracto de eucalipto

T3-15 kg/ton Extracto de eucalipto

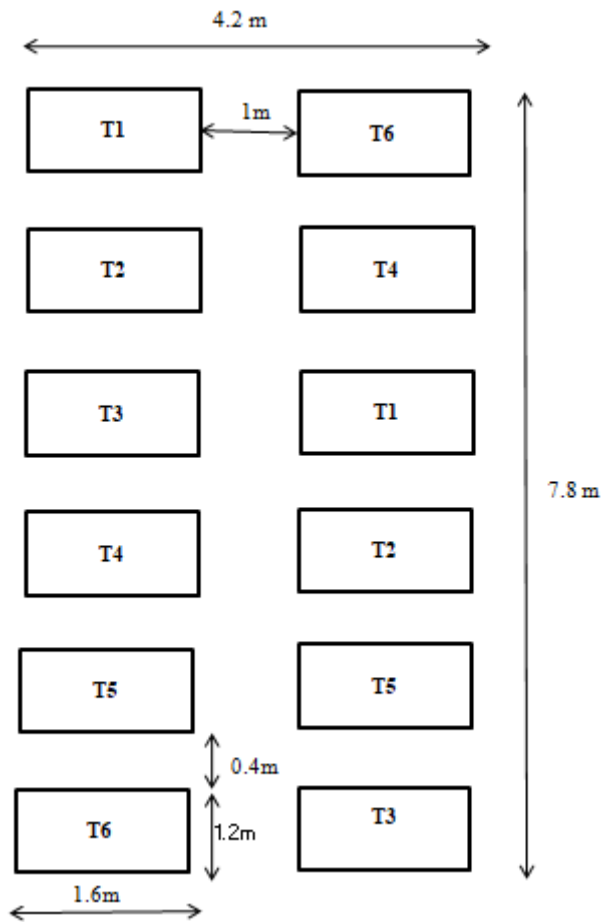
T4-45 kg/ton Extracto de margosa

T5-30 kg/ton Extracto de margosa

T6-15 kg/ton Extracto de margosa

T7-controlo (sem aplicação de insecticida)

Anexo 7. Lay-out sobre o ensaio em Bolsas Polietileno



Legenda

T1-Cama+ Bagaço de coco

T2-Bolsas+ Esterco de galinha

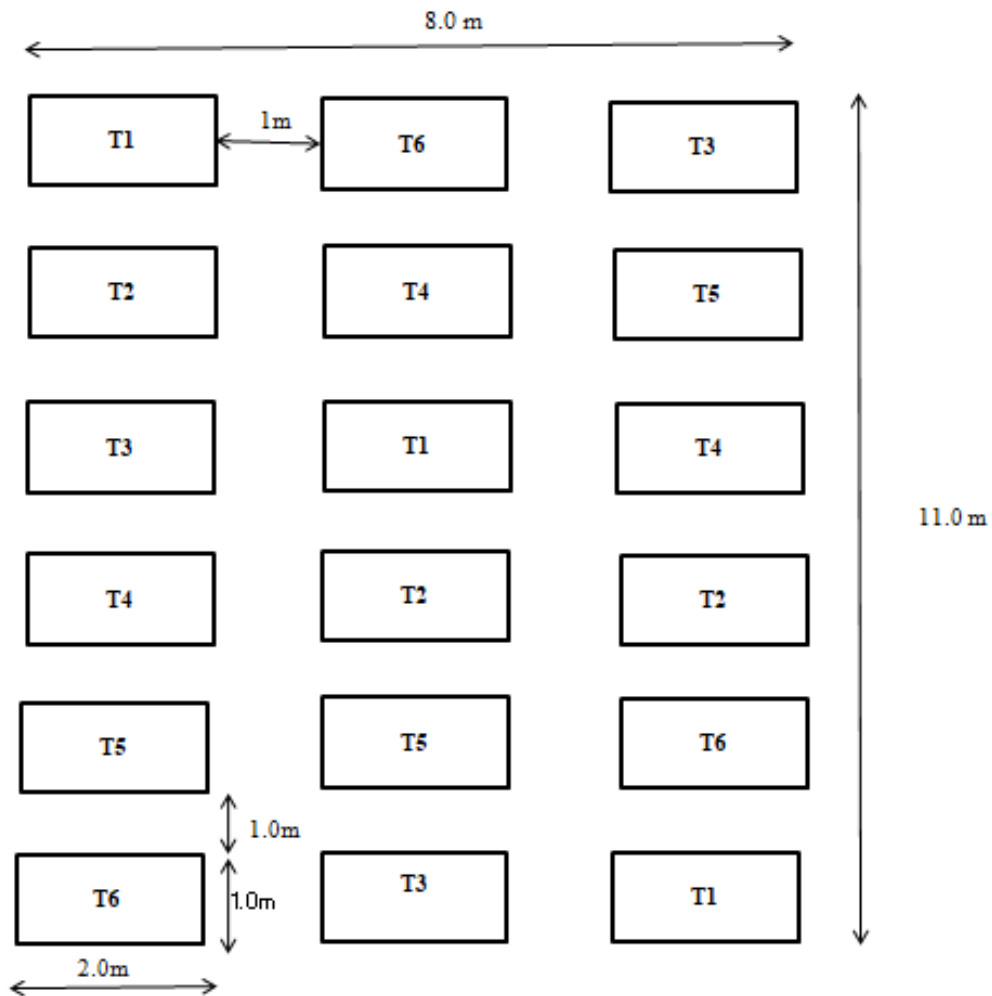
T3-Cama+Esterco de galinha

T4-Bolsa+ Bagaço de coco

T5-Cama sem aplicação de adubo

T6-Bolsa sem aplicação de adubo

Anexo 8. Layout sobre o ensaio de Irrigação por Capilaridade



Legenda

T1-Plástico + capilaridade

T2-Palha+gravidade

T3-Sem cobertura+gravidade

T4-Sem cobertura+capilaridade

T5-Plastico+gravidade

T6-Plastico+capilaridade

Anexo 9. Ficha de Inquérito no Distrito de Inharrime, Localidade de Dongane

Nome do entrevistado _____

estado civil _____ Data do Inquérito _____

1. Idade do agricultor

- a) 18 a 35 anos
- b) 36 a 65 anos
- c) Mais de 65 anos

2. Sexo do agricultor

- a) Masculino
- b) Feminino

3. Nível de escolaridade

- a) Não escolarizado
- b) Primário
- c) Secundário
- d) Superior

4. O que entende por mudanças climáticas?

- a) Impactos ambientais devido a actividades humanas
- b) Variações na temperatura e nos padrões de precipitação
- c) Não conhece

5. Que efeitos têm as mudanças climáticas na produção de culturas?

- a) Alteração das épocas de cultivo
- b) Aumento de pragas e doenças
- c) Escassez de água para irrigação
- d) Não tem conhecimento dos efeitos

6. Que estratégias adoptam para a produção de culturas face às mudanças climáticas?

- a) Utilização de variedades resistentes ao clima
- b) Uso de sistemas de irrigação
- c) Nenhuma estratégia

7. Quais são as culturas mais cultivadas aqui em Dongane?

- a) Mandioca
- b) Hortícolas (alface, cebola e tomate)
- c) Milho

8. Qual é a finalidade dessa produção?

- a) Alimentação
- b) Venda

9. Que tipos de sistemas de produção são usuais?

- a) Monocultura
- b) Consociação de culturas
- c) Rotação de culturas
- d) Ambos

10. Já ouviu falar de tecnologias de produção (hidroponia, Mulching e cultivo em bolsas)?

- a) Sim
- b) Não tem conhecimento
- c) Outras (especifique)

11. Haverá vantagem em usar novas tecnologias para produção de culturas nesta altura de oscilação climática?

- a) Sim, pode aumentar a resiliência
- b) Não, as práticas actuais são suficientes
- c) Não conhece

12. Como estão organizados os produtores de Dongane?

- a) Produtores independentes
- b) Associação agrícola

13. Qual é a fonte de água no caso de produção de hortícolas?

- a) Riachos
- b) Água das chuvas

14. Já ouviu falar do adubo à base de mandioca e palha de coco?

- a) Sim
- b) Não conhece

15. Que utilidade tem a palha de coco e Manipueira no cultivo de hortícolas?

- a) Garantia da fertilidade e aumento da produtividade
- b) Não conhece

16. Qual é a vantagem da cobertura do solo na produção da cultura do milho?

- a) Conservação de humidade e nutrientes
- b) Controlo de ervas daninhas
- c) Não conhece

23. Quais têm sido os hábitos de conservação dos grãos de milho para serem usados como semente? Que substâncias usam para controlar o gorgulho no milho armazenado?

- a) Armazenamento em local fresco e seco
- b) Uso de fumaças e cinzas de lenha em celeiros tradicionais
- c) Uso de extracto de moringa e eucalipto e suas sementes
- d) Uso de insecticidas naturais
- e) Não realiza conservação específica

24. Qual é o destino dos grãos armazenados?

- a) Como semente para a próxima época produtiva
- b) Venda no mercado local
- c) Alimentação

Anexo 9. Lista de tabelas de análise de dados do inquérito

```
> idadfreq<-fre(Base_de_dados_inquérito$Idade)
```

```
> show(idadfreq)
```

Idade	Count	Valid percent	Percent	Responses, %	Cumulative responses, %
18 a 35 anos	19	12.7	12.7	12.7	12.7
36 a 65 anos	67	44.7	44.7	44.7	57.3
Mais de 65 anos	64	42.7	42.7	42.7	100.0
#Total	150	100.0	100.0	100.0	
<NA>	0		0.0		

```
> sexfreq<-fre(Base_de_dados_inquérito$Sexo)
```

```
> show(sexfreq)
```

Base_de_dados_inquérito\$Sexo	Count	Valid percent	Percent	Responses, %	Cumulative responses, %
Femenino	98	65.3	65.3	65.3	65.3
Masculino	52	34.7	34.7	34.7	100.0
#Total	150	100.0	100.0	100.0	
<NA>	0		0.0		

```
> escfreq<-fre(Base_de_dados_inquérito$Escolaridade)
```

```
> show(escfreq)
```

Base_de_dados_inquérito\$Escolaridade	Count	Valid percent	Percent	Responses, %	Cumulative responses, %
Não escolarizado	49	32.7	32.7	32.7	32.7
Primario	73	48.7	48.7	48.7	81.3
Secundario	28	18.7	18.7	18.7	100.0
#Total	150	100.0	100.0	100.0	
<NA>	0		0.0		

```
> q4freq<-fre(Base_de_dados_inquérito$`Questao 4`)
```

```
> show(q4freq)
```

Base_de_dados_inquérito\$`Questao 4`	Count	Valid percent	Percent	Responses, %	Cumulative responses, %
Impactos ambientais devido a atividades humanas	29	19.3	19.3	19.3	19.3
Nada	52	34.7	34.7	34.7	54.0
Variações na temperatura e nos padrões de precipitação	69	46.0	46.0	46.0	100.0
#Total	150	100.0	100.0	100.0	
<NA>	0		0.0		

```
> q5freq<-fre(Base_de_dados_inquérito$`Questao 5`)
```

```
> show(q5freq)
```

Base_de_dados_inquérito\$`Questao 5`	Count	Valid percent	Percent	Responses, %	Cumulative responses, %
Alteração nas épocas de cultivo	41	27.3	27.3	27.5	27.5
Aumento de pragas e doenças	20	13.4	13.3	13.4	40.9
Escassez de água para irrigação	32	21.3	21.3	21.5	62.4
Não tem conhecimento dos efeitos	57	38.0	37.3	37.6	100.0
#Total	150	100.0	100	100.0	
<NA>	0		0.0		

> q6freq<-fre(Base_de_dados_inquérito\$`Questao 6`)

> show(q6freq)

Base_de_dados_inquérito\$`Questao 6`	Count	Valid percent	Percent	Responses, %	Cumulative responses, %
Nenhuma estratégia	128	85.3	85.3	85.3	85.3
Uso de sistemas de irrigação	12	8.0	8.0	8.0	93.3
Utilização de variedades resistentes ao clima	10	6.7	6.7	6.7	100.0
#Total	150	100.0	100.0	100.0	
<NA>	0		0.0		

> q7freq<-fre(Base_de_dados_inquérito\$`Questao 7`)

> show(q7freq)

Base_de_dados_inquérito\$`Questao 7`	Count	Valid percent	Percent	Responses, %	Cumulative responses, %
Hortícolas	30	20	20	20	20
Mandioca	93	62	62	62	82
Milho	27	18	18	18	100
#Total	150	100	100	100	
<NA>	0		0		

```
> q8freq<-fre(Base_de_dados_inquérito$`Questao 8`)
```

```
> show(q8freq)
```

```
| Base_de_dados_inquérito$`Questão 8` | Count | Valid percent | Percent | Responses, % | Cumulative responses, % |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|           Alimentação |    54 |         36 |    36 |         36 |          36 |
|           Venda       |    96 |         64 |    64 |         64 |         100 |
|           #Total     |   150 |       100.0 | 100.0 |       100.0 |           |
|           <NA>       |     0 |           |    0.0 |           |           |
```

```
> q9freq<-fre(Base_de_dados_inquérito$`Questao 9`)
```

```
> show(q9freq)
```

```
| Base_de_dados_inquérito$`Questao 9` | Count | Valid percent | Percent | Responses, % | Cumulative responses, % |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|           Ambos      |    10 |         6.6 |    6.7 |         6.7 |          6.7 |
|           Consociação de culturas |    73 |         48.7 |  48.7 |         48.7 |         55.3 |
|           Monocultura |    40 |         26.7 |  26.7 |         26.7 |         82.0 |
|           Rotação de culturas |    27 |         18.0 |  18.0 |         18.0 |        100.0 |
|           #Total     |   150 |       100.0 | 100.0 |       100.0 |           |
|           <NA>       |     0 |           |    0.0 |           |           |
```

```
> q10freq<-fre(Base_de_dados_inquérito$`Questao 10`)
```

```
> show(q10freq)
```

```
| Base_de_dados_inquérito$`Questao 10` | Count | Valid percent | Percent | Responses, % | Cumulative responses, % |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|           Não       |   133 |         88.7 |  88.7 |         88.7 |         88.7 |
|           Sim       |    17 |         11.3 |  11.3 |         11.3 |        100.0 |
|           #Total     |   150 |       100.0 | 100.0 |       100.0 |           |
|           <NA>       |     0 |           |    0.0 |           |           |
```

```
> q11freq<-fre(Base_de_dados_inquérito$`Questao 11`)
```

```
> show(q11freq)
```

```
| Base_de_dados_inquérito$`Questao 14` | Count | Valid percent | Percent | Responses, % | Cumulative responses, % |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|           Está incerto |   118 |         78.7 |  78.7 |         78.7 |         78.7 |
|           Não, as práticas actuais são suficientes |     5 |         3.3 |    3.3 |         3.3 |         82.0 |
|           Sim, pode aumentar a resiliência |    27 |         18.0 |  18.0 |         18.0 |        100.0 |
```

#Total	150	100.0	100.0	100.0	
<NA>	0		0.0		

> q12freq<-fre(Base_de_dados_inquérito\$`Questao 12`)

> show(q12freq)

Base_de_dados_inquérito\$`Questao 12`	Count	Valid percent	Percent	Responses, %	Cumulative responses, %
Associação agrícola	119	79.3	79.3	79.3	79.3
Produtores independentes	31	20.7	20.7	20.7	100.0
#Total	150	100.0	100.0	100.0	
<NA>	0		0.0		

> q13freq<-fre(Base_de_dados_inquérito\$`Questao 13`)

> show(q13freq)

Base_de_dados_inquérito\$`Questao 13`	Count	Valid percent	Percent	Responses, %	Cumulative responses, %
Riachos	91	60.7	60.7	60.7	60.7
Água das chuvas	59	39.3	39.3	39.3	100.0
#Total	150	100.0	100.0	100.0	
<NA>	0		0.0		

> q14freq<-fre(Base_de_dados_inquérito\$`Questao 14`)

> show(q14freq)

Base_de_dados_inquérito\$`Questao 14`	Count	Valid percent	Percent	Responses, %	Cumulative responses, %
Não	133	88.7	88.7	88.7	88.7
Sim	17	11.3	11.3	11.3	100.0
#Total	150	100.0	100.0	100.0	
<NA>	0		0.0		

```
> q15freq<-fre(Base_de_dados_inquérito$`Questao 15`)
```

```
> show(q15freq)
```

Base_de_dados_inquérito\$`Questao 15`	Count	Valid percent	Percent	Responses, %	Cumulative responses, %
Garantia da fertilidade e aumento da produtividade	10	6.7	6.7	6.7	6.7
Não conhece	140	93.3	93.3	93.3	
#Total	150	100.0	100.0	100.0	
<NA>	0		0.0		

```
> q16freq<-fre(Base_de_dados_inquérito$`Questao 16`)
```

```
> show(q16freq)
```

Base_de_dados_inquérito\$`Questao 16`	Count	Valid percent	Percent	Responses, %	Cumulative responses, %
Conservação de humidade e nutrientes	16	10.7	10.7	10.7	10.7
Controlo de ervas daninhas	20	13.3	13.3	13.3	24.0
Não sabe	114	76.0	76.0	76.0	100.0
#Total	150	100.0	100.0	100.0	
<NA>	0		0.0		

```
> q17freq<-fre(Base_de_dados_inquérito$`Questao 17`)
```

```
> show(q17freq)
```

Base_de_dados_inquérito\$`Questao 17`	Count	Valid percent	Percent	Responses, %	Cumulative responses, %
Armazenamento em local fresco e seco	72	48	48	48	48
Não realiza conservação específica	78	52	52	52	100
#Total	150	100	100	100	
<NA>	0		0		

```
> q18freq<-fre(Base_de_dados_inquérito$`Questao 18`)
```

```
> show(q18freq)
```

Base_de_dados_inquérito\$`Questao 18`	Count	Valid percent	Percent	Responses, %	Cumulative responses, %
Alimentação	110	73.3	73.3	73.3	73.3

Como semente para a próxima época produtiva	21	14.0	14.0	14.0	87.3
Venda no mercado local	19	12.7	12.7	12.7	100.0
#Total	150	100.0	100.0	100.0	
<NA>	0		0.0		

Anexo 10. Lista de tabelas de análise de variância de dados experimentais

HIDROPONIA

Número de folhas 15 dias após o transplante

```
> shapiro.test(HidroponiaDadosBrutos$NF15DAT)
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: HidroponiaDadosBrutos$NF15DAT
W = 0.98352, p-value = 0.9508
```

```
> with(HidroponiaDadosBrutos, bartlett.test(HidroponiaDadosBrutos$NF15DAT~Condutor))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: HidroponiaDadosBrutos$NF15DAT by Condutor
Bartlett's K-squared = 2.4306, df = 1, p-value = 0.119
```

```
> with(HidroponiaDadosBrutos, bartlett.test(HidroponiaDadosBrutos$NF15DAT~Nutrientes))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: HidroponiaDadosBrutos$NF15DAT by Nutrientes
Bartlett's K-squared = 0.092838, df = 1, p-value = 0.7606
```

```
> library(ExpDes.pt)
```

```
> psub2.dic(HidroponiaDadosBrutos$Condutor, HidroponiaDadosBrutos$Nutrientes, HidroponiaDadosBrutos$Repeticao, HidroponiaDadosBrutos$NF15DAT, quali = c(TRUE, TRUE), mcomp = "duncan", fac.names = c("Tipo de Condutor", "Tipo de Nutriente"), sigT = 0.05, sigF = 0.05, unfold = NULL)
```

Legenda:

FATOR 1(parcela): Tipo de Condutor
FATOR 2 (subparcela): Tipo de Nutriente

Quadro da análise de variancia

```
-----
              GL      SQ      QM      Fc Pr(>Fc)
Tipo de Condutor  1  44.909  44.909  6.9069 0.025244 *
Erro a           10  65.020   6.502
Tipo de Nutriente  1  20.222  20.222  18.9296 0.001442 **
Tipo de Condutor*Tipo de Nutriente  1  4.361   4.361  4.0819 0.070936 .
Erro b           10  10.683   1.068
Total            23 145.193
-----
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
-----
CV 1 = 23.66766 %
CV 2 = 9.593383 %
-----
```

#Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-wilk)

valor-p: 0.8189375

De acordo com o teste de Shapiro-wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser considerados normais.

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

Tipo de Condutor
Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Bambu	12.14167
b	PVC	9.405833

Tipo de Nutriente
Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Manipueira	11.69167
b	Nutriplex	9.855833

Número de folhas 30 dias após o transplante

```
> shapiro.test(HidroponiaDadosBrutos$NF30DAT)
```

Shapiro-wilk normality test

data: HidroponiaDadosBrutos\$NF30DAT
W = 0.95394, p-value = 0.329

```
> with(HidroponiaDadosBrutos, bartlett.test(HidroponiaDadosBrutos$NF30DAT~Condutor))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: HidroponiaDadosBrutos\$NF30DAT by Condutor
Bartlett's K-squared = 1.0569, df = 1, p-value = 0.3039

```
> with(HidroponiaDadosBrutos, bartlett.test(HidroponiaDadosBrutos$NF30DAT~Nutrientes))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: HidroponiaDadosBrutos\$NF30DAT by Nutrientes
Bartlett's K-squared = 1.7859, df = 1, p-value = 0.1814

```
> psub2.dic(HidroponiaDadosBrutos$Condutor, HidroponiaDadosBrutos$Nutrientes, HidroponiaDadosBrutos$Repeticao, HidroponiaDadosBrutos$NF30DAT, quali = c(TRUE, TRUE), mcomp = "duncan", fac.names = c("Tipo de Condutor", "Tipo de Nutriente"), sigT = 0.05, sigF = 0.05, unfold = NULL)
```

Legenda:

FATOR 1(parcela): Tipo de Condutor
FATOR 2 (subparcela): Tipo de Nutriente

Quadro da analise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Tipo de Condutor	1	22.815	22.8150	8.0723	0.01751 *
Erro a	10	28.263	2.8263		
Tipo de Nutriente	1	22.815	22.8150	6.8921	0.02537 *
Tipo de Condutor*Tipo de Nutriente	1	8.882	8.8817	2.6830	0.13246
Erro b	10	33.103	3.3103		
Total	23	115.878			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV 1 = 11.97272 %
CV 2 = 12.95738 %

#Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-wilk)

valor-p: 0.2944373

De acordo com o teste de Shapiro-wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser considerados normais.

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

Tipo de Condutor
Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Bambu	15.01667
b	PVC	13.06667

Tipo de Nutriente
Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Manipueira	15.01667
b	Nutriplex	13.06667

Número de folhas 45 dias após o transplante

```
> shapiro.test(HidroponiaDadosBrutos$NF45DAT)
```

Shapiro-wilk normality test

data: HidroponiaDadosBrutos\$NF45DAT
W = 0.93668, p-value = 0.1375

```
> with(HidroponiaDadosBrutos, bartlett.test(HidroponiaDadosBrutos$NF45DAT~Condutor))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: HidroponiaDadosBrutos\$NF45DAT by Condutor
Bartlett's K-squared = 0.015904, df = 1, p-value = 0.8996

```
> with(HidroponiaDadosBrutos, bartlett.test(HidroponiaDadosBrutos$NF45DAT~Nutrientes))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: HidroponiaDadosBrutos\$NF45DAT by Nutrientes
Bartlett's K-squared = 0.23053, df = 1, p-value = 0.6311

```
> psub2.dic(HidroponiaDadosBrutos$Condutor, HidroponiaDadosBrutos$Nutrientes, HidroponiaDadosBrutos$Repeticao, HidroponiaDadosBrutos$NF45DAT, quali = c(TRUE, TRUE), mcomp = "duncan", fac.names = c("Tipo de Condutor", "Tipo de Nutriente"), sigT = 0.05, sigF = 0.05, unfold = NULL)
```

Legenda:

FATOR 1(parcela): Tipo de Condutor
FATOR 2 (subparcela): Tipo de Nutriente

Quadro da análise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Tipo de Condutor	1	56.43	56.43	1.068	0.3257
Erro a	10	528.16	52.82		
Tipo de Nutriente	1	640.67	640.67	48.264	4e-05 ***
Tipo de Condutor*Tipo de Nutriente	1	34.56	34.56	2.604	0.1377
Erro b	10	132.74	13.27		
Total	23	1392.55			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV 1 = 30.9692 %
CV 2 = 15.52583 %

#Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-wilk)

valor-p: 0.2864811

De acordo com o teste de Shapiro-wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser considerados normais.

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

Tipo de Condutor

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

```
-----
  Niveis  Medias
1  Bambu 25.00000
2   PVC 21.93333
-----
```

```
Tipo de Nutriente
Teste de Duncan
-----
```

```
Grupos  Tratamentos  Medias
a      Manipueira      28.63333
b      Nutriplex       18.3
-----
```

Altura da planta 15 dias após o transplante

```
> shapiro.test(HidroponiaDadosBrutos$AP15DAT)
```

```
Shapiro-wilk normality test
```

```
data: HidroponiaDadosBrutos$AP15DAT
W = 0.96277, p-value = 0.4966
```

```
> with(HidroponiaDadosBrutos, bartlett.test(HidroponiaDadosBrutos$AP15DAT~Condutor))
```

```
Bartlett test of homogeneity of variances
```

```
data: HidroponiaDadosBrutos$AP15DAT by Condutor
Bartlett's K-squared = 0.48411, df = 1, p-value = 0.4866
```

```
> with(HidroponiaDadosBrutos, bartlett.test(HidroponiaDadosBrutos$AP15DAT~Nutrientes
))
```

```
Bartlett test of homogeneity of variances
```

```
data: HidroponiaDadosBrutos$AP15DAT by Nutrientes
Bartlett's K-squared = 0.68557, df = 1, p-value = 0.4077
```

```
> psub2.dic(HidroponiaDadosBrutos$Condutor, HidroponiaDadosBrutos$Nutrientes, HidroponiaDadosBrutos$Repeticao, HidroponiaDadosBrutos$AP15DAT, quali = c(TRUE, TRUE), mcomp = "duncan", fac.names = c("Tipo de Condutor", "Tipo de Nutriente"), sigT = 0.05, sigF = 0.05, unfold = NULL)
```

```
-----
Legenda:
```

```
FATOR 1(parcela): Tipo de Condutor
FATOR 2 (subparcela): Tipo de Nutriente
-----
```

Quadro da análise de variancia

```
-----
              GL      SQ      QM      Fc Pr(>Fc)
Tipo de Condutor      1  4.682  4.6817  1.7684 0.21311
Erro a                10 26.473  2.6473
Tipo de Nutriente      1  2.160  2.1600  1.9454 0.19329
Tipo de Condutor*Tipo de Nutriente  1  4.167  4.1667  3.7526 0.08146 .
Erro b                10 11.103  1.1103
Total                 23 48.585
-----
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
CV 1 = 10.2816 %
```

```
CV 2 = 6.6586 %
-----
```

```
#Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-wilk)
```

```
valor-p: 0.5009366
```

```
De acordo com o teste de Shapiro-wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser considerados normais.
-----
```

```
Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
-----
```

```
Tipo de Condutor
```

```
De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.
-----
```

```
  Niveis  Medias
1  Bambu 16.26667
2   PVC 15.38333
-----
```

Tipo de Nutriente
De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

Niveis Medias
1 Manipueira 16.125
2 Nutriplex 15.525

Altura da planta 30 dias após o transplante

```
> shapiro.test(HidroponiaDadosBrutos$AP30DAT)
```

Shapiro-wilk normality test

data: HidroponiaDadosBrutos\$AP30DAT
W = 0.96747, p-value = 0.6051

```
> with(HidroponiaDadosBrutos, bartlett.test(HidroponiaDadosBrutos$AP30DAT~Condutor))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: HidroponiaDadosBrutos\$AP30DAT by Condutor
Bartlett's K-squared = 0.013329, df = 1, p-value = 0.9081

```
> with(HidroponiaDadosBrutos, bartlett.test(HidroponiaDadosBrutos$AP30DAT~Nutrientes))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: HidroponiaDadosBrutos\$AP30DAT by Nutrientes
Bartlett's K-squared = 0.84688, df = 1, p-value = 0.3574

```
> psub2.dic(HidroponiaDadosBrutos$Condutor, HidroponiaDadosBrutos$Nutrientes, HidroponiaDadosBrutos$Repeticao, HidroponiaDadosBrutos$AP30DAT, quali = c(TRUE, TRUE), mcomp = "duncan", fac.names = c("Tipo de Condutor", "Tipo de Nutriente"), sigT = 0.05, sigF = 0.05, unfold = NULL)
```

Legenda:

FATOR 1(parcela): Tipo de Condutor
FATOR 2 (subparcela): Tipo de Nutriente

Quadro da analise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Tipo de Condutor	1	46.204	46.204	6.0218	0.034028 *
Erro a	10	76.728	7.673		
Tipo de Nutriente	1	75.260	75.260	16.1871	0.002425 **
Tipo de Condutor*Tipo de Nutriente	1	0.150	0.150	0.0324	0.860850
Erro b	10	46.494	4.649		
Total	23	244.836			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV 1 = 12.27689 %
CV 2 = 9.55679 %

#Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-wilk)

valor-p: 0.9992901

De acordo com o teste de Shapiro-wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser considerados normais.

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

Tipo de Condutor
Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Bambu	23.95
b	PVC	21.175

Tipo de Nutriente

Teste de Duncan

```
-----  
Grupos  Tratamentos  Medias  
a      Manipueira      24.33333  
b      Nutriplex        20.79167  
-----
```

Altura da planta 45 dias após o transplante

```
> shapiro.test(HidroponiaDadosBrutos$AP45DAT)
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: HidroponiaDadosBrutos$AP45DAT  
w = 0.93609, p-value = 0.1334
```

```
> with(HidroponiaDadosBrutos, bartlett.test(HidroponiaDadosBrutos$AP45DAT~Condutor))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: HidroponiaDadosBrutos$AP45DAT by Condutor  
Bartlett's K-squared = 0.62998, df = 1, p-value = 0.4274
```

```
> with(HidroponiaDadosBrutos, bartlett.test(HidroponiaDadosBrutos$AP45DAT~Nutrientes  
)
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: HidroponiaDadosBrutos$AP45DAT by Nutrientes  
Bartlett's K-squared = 0.95205, df = 1, p-value = 0.3292
```

```
> psub2.dic(HidroponiaDadosBrutos$Condutor, HidroponiaDadosBrutos$Nutrientes, Hidropo  
niaDadosBrutos$Repeticao, HidroponiaDadosBrutos$AP45DAT, quali = c(TRUE, TRUE), mcomp =  
"duncan", fac.names = c("Tipo de Condutor", "Tipo de Nutriente"), sigT = 0.05, sigF = 0  
.05, unfold = NULL)
```

Legenda:

```
FATOR 1(parcela): Tipo de Condutor  
FATOR 2 (subparcela): Tipo de Nutriente  
-----
```

Quadro da analise de variancia

```
-----  
Tipo de Condutor          GL      SQ      QM      Fc Pr(>Fc)  
Erro a                    10  131.10   13.11  
Tipo de Nutriente         1  481.51  481.51  60.362 1.5e-05 ***  
Tipo de Condutor*Tipo de Nutriente  1  12.18   12.18   1.527 0.2448  
Erro b                     10   79.77    7.98  
Total                      23  739.37  
-----
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
CV 1 = 11.8278 %  
CV 2 = 9.226208 %  
-----
```

#Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-wilk)

valor-p: 0.6540682

De acordo com o teste de Shapiro-wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser considerados normais.

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

Tipo de Condutor

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

```
-----  
Niveis  Medias  
1  Bambu 31.81667  
2  PVC  29.40833  
-----
```

Tipo de Nutriente

Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Manipueira	35.09167
b	Nutriplex	26.13333

Diametro da folha 15 dias após o transplante

```
> shapiro.test(HidroponiaDadosBrutos$DF15DAT)
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: HidroponiaDadosBrutos$DF15DAT
w = 0.98254, p-value = 0.9376
```

```
> with(HidroponiaDadosBrutos, bartlett.test(HidroponiaDadosBrutos$DF15DAT~Condu...))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: HidroponiaDadosBrutos$DF15DAT by Condutor
Bartlett's K-squared = 0.6589, df = 1, p-value = 0.4169
```

```
> with(HidroponiaDadosBrutos, bartlett.test(HidroponiaDadosBrutos$AP15DAT~Nutrientes))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: HidroponiaDadosBrutos$AP15DAT by Nutrientes
Bartlett's K-squared = 0.68557, df = 1, p-value = 0.4077
```

```
> psub2.dic(HidroponiaDadosBrutos$Condutor, HidroponiaDadosBrutos$Nutrientes, HidroponiaDadosBrutos$Repeticao, HidroponiaDadosBrutos$DF15DAT, quali = c(TRUE, TRUE), mcomp = "duncan", fac.names = c("Tipo de Condutor", "Tipo de Nutriente"), sigT = 0.05, sigF = 0.05, unfold = NULL)
```

Legenda:

FATOR 1(parcela): Tipo de Condutor
FATOR 2 (subparcela): Tipo de Nutriente

Quadro da analise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Tipo de Condutor	1	28.820	28.8204	8.1435	0.017142 *
Erro a	10	35.391	3.5391		
Tipo de Nutriente	1	15.844	15.8438	14.3372	0.003564 **
Tipo de Condutor*Tipo de Nutriente	1	0.920	0.9204	0.8329	0.382912
Erro b	10	11.051	1.1051		
Total	23	92.026			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV 1 = 12.72186 %
CV 2 = 7.108905 %

#Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-wilk)

valor-p: 0.1811626

De acordo com o teste de Shapiro-wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser considerados normais.

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

Tipo de Condutor
Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Bambu	15.88333
b	PVC	13.69167

Tipo de Nutriente
Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Manipueira	15.6

Diâmetro da folha 30 dias após o transplante

```
> shapiro.test(HidroponiaDadosBrutos$DF30DAT)
```

Shapiro-wilk normality test

data: HidroponiaDadosBrutos\$DF30DAT
w = 0.89803, p-value = 0.01956

```
> trans_df30dat=log(HidroponiaDadosBrutos$DF30DAT)  
> shapiro.test(trans_df30dat)
```

Shapiro-wilk normality test

data: trans_df30dat
w = 0.90996, p-value = 0.03519

```
> trans_df30dat2=log(trans_df30dat)  
> shapiro.test(trans_df30dat2)
```

Shapiro-wilk normality test

data: trans_df30dat2
w = 0.91305, p-value = 0.0411

```
> trans_df30dat3=log(trans_df30dat2)  
> shapiro.test(trans_df30dat3)
```

Shapiro-wilk normality test

data: trans_df30dat3
w = 0.91551, p-value = 0.04651

```
> trans_df30dat4=log(trans_df30dat3)  
> shapiro.test(trans_df30dat4)
```

Shapiro-wilk normality test

data: trans_df30dat4
w = 0.9197, p-value = 0.05752

```
> with(HidroponiaDadosBrutos,bartlett.test(trans_df30dat4~Condutor))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: trans_df30dat4 by Condutor
Bartlett's K-squared = 0.40243, df = 1, p-value = 0.5258

```
> with(HidroponiaDadosBrutos,bartlett.test(trans_df30dat4~Nutrientes))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: trans_df30dat4 by Nutrientes
Bartlett's K-squared = 1.3343, df = 1, p-value = 0.248

```
> psub2.dic(HidroponiaDadosBrutos$Condutor,HidroponiaDadosBrutos$Nutrientes,Hidropo  
niaDadosBrutos$Repeticao,trans_df30dat4,quali = c(TRUE,TRUE),mcomp = "duncan",fac.n  
ames = c("Tipo de Condutor","Tipo de Nutriente"),sigT = 0.05,sigF = 0.05,unfold = N  
ULL)
```

Legenda:

FATOR 1(parcela): Tipo de Condutor
FATOR 2 (subparcela): Tipo de Nutriente

Quadro da análise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)	
Tipo de Condutor	1	3.2495	3.2495	33.365	0.000179	***
Erro a	10	0.9739	0.0974			
Tipo de Nutriente	1	0.9169	0.9169	9.829	0.010597	*
Tipo de Condutor*Tipo de Nutriente	1	0.0002	0.0002	0.002	0.962875	

```
Erro b          10 0.9329 0.0933
Total          23 6.0735
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
-----
CV 1 = -14.08145 %
CV 2 = -13.78135 %
```

```
-----
#Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-wilk)
```

```
valor-p: 0.2945328
```

```
De acordo com o teste de Shapiro-wilk a 5% de significancia, os residuos podem ser
considerados normais.
```

```
-----
Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples
```

```
-----
Tipo de Condutor
Teste de Duncan
```

```
-----
Grupos  Tratamentos  Medias
a       Bambu         -1.848275
b       PVC           -2.584201
```

```
-----
Tipo de Nutriente
Teste de Duncan
```

```
-----
Grupos  Tratamentos  Medias
a       Manipueira   -2.020777
b       Nutriplex    -2.411699
```

Milho Mulching

Comprimento da espiga

```
> shapiro.test(MulchingDados$CE)
```

```
Shapiro-wilk normality test
```

```
data:  MulchingDados$CE
W = 0.93242, p-value = 0.2141
```

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$CE~Epoca))
```

```
Bartlett test of homogeneity of variances
```

```
data:  MulchingDados$CE by Epoca
Bartlett's K-squared = 0.11306, df = 1, p-value = 0.7367
```

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$CE~Bloco))
```

```
Bartlett test of homogeneity of variances
```

```
data:  MulchingDados$CE by Bloco
Bartlett's K-squared = 1.5957, df = 2, p-value = 0.4503
```

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$CE~Cobertura))
```

```
Bartlett test of homogeneity of variances
```

```
data:  MulchingDados$CE by Cobertura
Bartlett's K-squared = 0.15065, df = 2, p-value = 0.9274
```

```
> psub2.dbc(MulchingDados$Epoca,MulchingDados$Cobertura,MulchingDados$Bloco,MulchingDados$CE, quali = c(TRUE,TRUE),mcomp = "duncan",fac.names = c("Epoca","Cobertura"),sigT = 0.05,sigF = 0.05,unfold = NULL)
```

```
-----
Legenda:
```

```
FATOR 1 (parcela):  Epoca
FATOR 2 (subparcela): Cobertura
```

Quadro da análise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)	
Epoca	1	229.62	229.62	11.955	0.074427	.
Bloco	2	281.16	140.58	7.319	0.120201	
Erro a	2	38.41	19.21			
Cobertura	2	1423.93	711.97	35.756	0.000102	***
Epoca*Cobertura	2	18.60	9.30	0.467	0.642927	
Erro b	8	159.29	19.91			
Total	17	2151.02				

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV 1 = 11.8215 %
CV 2 = 12.03644 %

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

Epoca

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

Niveis	Medias
1 Inverno	33.50111
2 Verao	40.64444

Cobertura
Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias	
a	Plastico		45.59
a	Palha	40.83	
b	Controlo		24.79833

Diametro da espiga

```
> shapiro.test(MulchingDados$DE)
```

Shapiro-wilk normality test

data: MulchingDados\$DE
W = 0.91381, p-value = 0.1005

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$DE~Epoca))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: MulchingDados\$DE by Epoca
Bartlett's K-squared = 2.3433, df = 1, p-value = 0.1258

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$DE~Bloco))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: MulchingDados\$DE by Bloco
Bartlett's K-squared = 0.36455, df = 2, p-value = 0.8334

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$DE~Cobertura))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: MulchingDados\$DE by Cobertura
Bartlett's K-squared = 0.79424, df = 2, p-value = 0.6723

```
> psub2.dbc(MulchingDados$Epoca,MulchingDados$Cobertura,MulchingDados$Bloco,MulchingDados$DE, quali = c(TRUE,TRUE),mcomp = "duncan",fac.names = c("Epoca","Cobertura"),sigT = 0.05,sigF = 0.05,unfold = NULL)
```

Legenda:

FATOR 1 (parcela): Epoca
FATOR 2 (subparcela): Cobertura

Quadro da análise de variancia

GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
----	----	----	----	---------

Epoca	1	232.49	232.489	78.307	0.012531	*
Bloco	2	2.55	1.275	0.429	0.699637	
Erro a	2	5.94	2.969			
Cobertura	2	91.40	45.698	140.543	1e-06	***
Epoca*Cobertura	2	7.51	3.753	11.541	0.004389	**
Erro b	8	2.60	0.325			
Total	17	342.48				

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV 1 = 18.16829 %
CV 2 = 6.012556 %

Interacao significativa: desdobrando a interacao

Desdobrando Epoca dentro de cada nivel de Cobertura

	GL	SQ	QM	Fc	valor.p
Epoca : Cobertura Controle	1.000000	47.208150	47.208150	39.130873	0.008777
Epoca : Cobertura Palha	1.000000	115.457067	115.457067	95.702453	0.00248
Epoca : Cobertura Plastico	1.000000	77.328600	77.328600	64.097737	0.004392
Erro combinado	2.936883	3.543106	1.206417		

Epoca dentro de Cobertura Controle

Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Verao	9.133333
b	Inverno	3.523333

Epoca dentro de Cobertura Palha

Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Verao	15.83333
b	Inverno	7.06

Epoca dentro de Cobertura Plastico

Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Verao	14.26667
b	Inverno	7.086667

Desdobrando Cobertura dentro de cada nivel de Epoca

	GL	SQ	QM	Fc	valor.p
Cobertura : Epoca Inverno	2	25.206067	12.603033	38.759959	7.7e-05
Cobertura : Epoca Verao	2	73.695556	36.847778	113.323383	1e-06
Erro b	8	2.601244	0.325155		

Cobertura dentro de Epoca Inverno

Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Plastico	7.086667
a	Palha	7.06
b	Controle	3.523333

Cobertura dentro de Epoca Verao

Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Palha	15.83333
b	Plastico	14.26667
c	Controlo	9.133333

Número de grãos por espiga

```
> shapiro.test(MulchingDados$NGE)
```

Shapiro-wilk normality test

data: MulchingDados\$NGE
W = 0.94504, p-value = 0.3526

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$NGE~Epoca))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: MulchingDados\$NGE by Epoca
Bartlett's K-squared = 1.1915, df = 1, p-value = 0.275

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$NGE~Bloco))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: MulchingDados\$NGE by Bloco
Bartlett's K-squared = 0.88178, df = 2, p-value = 0.6435

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$NGE~Cobertura))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: MulchingDados\$NGE by Cobertura
Bartlett's K-squared = 0.3628, df = 2, p-value = 0.8341

```
> psub2.dbc(MulchingDados$Epoca,MulchingDados$Cobertura,MulchingDados$Bloco,MulchingDados$NGE, quali = c(TRUE,TRUE),mcomp = "duncan",fac.names = c("Epoca","Cobertura"),sigT = 0.05,sigF = 0.05,unfold = NULL)
```

Legenda:

FATOR 1 (parcela): Epoca
FATOR 2 (subparcela): Cobertura

Quadro da analise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Epoca	1	13756	13755.9	12.041	0.07395 .
Bloco	2	5707	2853.7	2.498	0.28588
Erro a	2	2285	1142.4		
Cobertura	2	18858	9429.0	90.040	3e-06 ***
Epoca*Cobertura	2	455	227.7	2.175	0.17610
Erro b	8	838	104.7		
Total	17	41899			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV 1 = 32.94312 %
CV 2 = 9.973969 %

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

Epoca

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

Niveis	Medias
1 Inverno	74.95556
2 Verao	130.24444

Cobertura

Teste de Duncan

```
-----  
Grupos  Tratamentos  Medias  
a        Plastico      130.15  
a        Palha         120.4833  
b        Controlo      57.16667  
-----
```

Peso da espiga

```
> shapiro.test(MulchingDados$PE)
```

Shapiro-wilk normality test

```
data:  MulchingDados$PE  
w = 0.90455, p-value = 0.06901
```

```
> with(MulchingDados, bartlett.test(MulchingDados$PE~Epoca))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data:  MulchingDados$PE by Epoca  
Bartlett's K-squared = 0.082115, df = 1, p-value = 0.7745
```

```
> with(MulchingDados, bartlett.test(MulchingDados$PE~Bloco))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data:  MulchingDados$PE by Bloco  
Bartlett's K-squared = 2.1246, df = 2, p-value = 0.3457
```

```
> with(MulchingDados, bartlett.test(MulchingDados$PE~Cobertura))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data:  MulchingDados$PE by Cobertura  
Bartlett's K-squared = 3.3984, df = 2, p-value = 0.1828
```

```
> psub2.dbc(MulchingDados$Epoca, MulchingDados$Cobertura, MulchingDados$Bloco, MulchingDados$PE, quali = c(TRUE, TRUE), mcomp = "duncan", fac.names = c("Epoca", "Cobertura"), sigT = 0.05, sigF = 0.05, unfold = NULL)
```

Legenda:

```
FATOR 1 (parcela):  Epoca  
FATOR 2 (subparcela): Cobertura  
-----
```

Quadro da analise de variancia

```
-----  
              GL      SQ      QM      Fc Pr(>Fc)  
Epoca          1  13095  13095  1.382  0.3608  
Bloco          2  55248  27624  2.915  0.2554  
Erro a         2  18954   9477  
Cobertura      2 395751 197876 45.704 4.2e-05 ***  
Epoca*Cobertura 2   2548   1274  0.294  0.7528  
Erro b         8  34636   4330  
Total         17 520233  
-----
```

```
---  
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
-----
```

```
CV 1 = 15.49578 %  
CV 2 = 10.47379 %
```

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

Epoca

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

```
-----  
  Niveis  Medias  
1 Inverno 601.2556  
2 Verao  655.2000  
-----
```

Cobertura

Teste de Duncan

```
-----  
Grupos  Tratamentos  Medias  
a        Plastico      754.7833  
-----
```

```

a      Palha      709.75
b      Controlo   420.15
-----

```

Peso de mil sementes

```
> shapiro.test(MulchingDados$PMS)
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: MulchingDados$PMS
W = 0.91026, p-value = 0.08694
```

```
> with(MulchingDados, bartlett.test(MulchingDados$PMS~Epoca))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: MulchingDados$PMS by Epoca
Bartlett's K-squared = 0.0010501, df = 1, p-value = 0.9741
```

```
> with(MulchingDados, bartlett.test(MulchingDados$PMS~Bloco))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: MulchingDados$PMS by Bloco
Bartlett's K-squared = 0.7654, df = 2, p-value = 0.682
```

```
> with(MulchingDados, bartlett.test(MulchingDados$PMS~Cobertura))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: MulchingDados$PMS by Cobertura
Bartlett's K-squared = 0.17243, df = 2, p-value = 0.9174
```

```
> psub2.dbc(MulchingDados$Epoca, MulchingDados$Cobertura, MulchingDados$Bloco, MulchingDados$PMS,
quali = c(TRUE, TRUE), mcomp = "duncan", fac.names = c("Epoca", "Cobertura"),
sigT = 0.05, sigF = 0.05, unfold = NULL)
```

Legenda:

```
FATOR 1 (parcela): Epoca
FATOR 2 (subparcela): Cobertura
-----

```

Quadro da analise de variancia

```

-----
              GL      SQ      QM      Fc Pr(>Fc)
Epoca          1  32487  32487  67.705 0.01445 *
Bloco          2  93565  46783  97.498 0.01015 *
Erro a         2    960    480
Cobertura      2 420896 210448  64.324 1.2e-05 ***
Epoca*Cobertura 2  14090   7045  2.153 0.17858
Erro b         8  26174   3272
Total         17 588171
-----

```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
CV 1 = 4.350222 %
```

```
CV 2 = 11.35934 %
```

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

Epoca

Teste de Duncan

```

-----
Grupos  Tratamentos  Medias
a        Verao       546.0222
b        Inverno     461.0556
-----

```

Cobertura

Teste de Duncan

```

-----
Grupos  Tratamentos  Medias
a        Plastico   639.7333
-----

```

```

a      Palha      580.9167
b      Controlo   289.9667
-----

```

Rendimento

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$RENDD~Epoca))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: MulchingDados$RENDD by Epoca
Bartlett's K-squared = 0.28775, df = 1, p-value = 0.5917
```

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$RENDD~Bloco))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: MulchingDados$RENDD by Bloco
Bartlett's K-squared = 0.23366, df = 2, p-value = 0.8897
```

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$RENDD~Cobertura))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: MulchingDados$RENDD by Cobertura
Bartlett's K-squared = 3.2689, df = 2, p-value = 0.1951
```

```
> psub2.dbc(MulchingDados$Epoca,MulchingDados$Cobertura,MulchingDados$Bloco,MulchingDados$RENDD, quali = c(TRUE,TRUE),mcomp = "duncan",fac.names = c("Epoca","Cobertura"),sigT = 0.05,sigF = 0.05,unfold = NULL)
```

Legenda:

```
FATOR 1 (parcela): Epoca
FATOR 2 (subparcela): Cobertura
-----

```

Quadro da analise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Epoca	1	20.106	20.106	30.086	0.03167 *
Bloco	2	9.452	4.726	7.072	0.12389
Erro a	2	1.337	0.668		
Cobertura	2	99.887	49.943	82.804	5e-06 ***
Epoca*Cobertura	2	3.973	1.987	3.294	0.09045 .
Erro b	8	4.825	0.603		
Total	17	139.580			

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
CV 1 = 11.07336 %
```

```
CV 2 = 10.52 %
```

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

Epoca
Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Verao	8.439289
b	Inverno	6.325533

Cobertura
Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Plastico	9.696817
b	Palha	8.300433
c	Controlo	4.149983

Altura da planta

```
> shapiro.test(MulchingDados$AP)
```

```
Shapiro-wilk normality test
```

```
data: MulchingDados$AP  
W = 0.97223, p-value = 0.8385
```

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$AP~Epoca))
```

```
Bartlett test of homogeneity of variances
```

```
data: MulchingDados$AP by Epoca  
Bartlett's K-squared = 0.46083, df = 1, p-value = 0.4972
```

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$AP~Bloco))
```

```
Bartlett test of homogeneity of variances
```

```
data: MulchingDados$AP by Bloco  
Bartlett's K-squared = 1.5784, df = 2, p-value = 0.4542
```

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$AP~Cobertura))
```

```
Bartlett test of homogeneity of variances
```

```
data: MulchingDados$AP by Cobertura  
Bartlett's K-squared = 3.1883, df = 2, p-value = 0.2031
```

```
> psub2.dbc(MulchingDados$Epoca,MulchingDados$Cobertura,MulchingDados$Bloco,MulchingDados$AP, quali = c(TRUE,TRUE),mcomp = "duncan",fac.names = c("Epoca","Cobertura"),sigT = 0.05,sigF = 0.05,unfold = NULL)
```

```
-----  
Legenda:
```

```
FATOR 1 (parcela): Epoca  
FATOR 2 (subparcela): Cobertura  
-----
```

```
-----  
Quadro da analise de variancia  
-----
```

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Epoca	1	0.6844	0.68445	12.233	0.07292 .
Bloco	2	1.0964	0.54822	9.798	0.09261 .
Erro a	2	0.1119	0.05595		
Cobertura	2	5.2106	2.60532	42.044	5.7e-05 ***
Epoca*Cobertura	2	0.1075	0.05375	0.867	0.45609
Erro b	8	0.4957	0.06197		
Total	17	7.7066			

```
---  
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1  
-----
```

```
CV 1 = 11.75829 %  
CV 2 = 12.37437 %  
-----
```

```
Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples  
-----
```

```
Epoca
```

```
De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.  
-----
```

Niveis	Medias
1 Inverno	1.816667
2 Verao	2.206667

```
-----  
Cobertura
```

```
Teste de Duncan  
-----
```

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Plastico	2.636667
b	Palha	2.075
c	Controlo	1.323333

```
-----  
Altura de inserção da primeira folha
```

```
> shapiro.test(MulchingDados$AIE)
```

Shapiro-wilk normality test

data: MulchingDados\$AIE
W = 0.96109, p-value = 0.6228

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$AIE~Epoca))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: MulchingDados\$AIE by Epoca
Bartlett's K-squared = 0.23289, df = 1, p-value = 0.6294

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$AIE~Bloco))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: MulchingDados\$AIE by Bloco
Bartlett's K-squared = 0.36651, df = 2, p-value = 0.8326

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$AIE~Cobertura))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: MulchingDados\$AIE by Cobertura
Bartlett's K-squared = 1.6518, df = 2, p-value = 0.4378

```
> psub2.dbc(MulchingDados$Epoca,MulchingDados$Cobertura,MulchingDados$Bloco,MulchingDados$AIE, quali = c(TRUE,TRUE),mcomp = "duncan",fac.names = c("Epoca","Cobertura"),sigT = 0.05,sigF = 0.05,unfold = NULL)
```

Legenda:

FATOR 1 (parcela): Epoca
FATOR 2 (subparcela): Cobertura

Quadro da analise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Epoca	1	1117.1	1117.1	19.539	0.04756 *
Bloco	2	1621.5	810.8	14.181	0.06587 .
Erro a	2	114.3	57.2		
Cobertura	2	6927.1	3463.5	72.401	8e-06 ***
Epoca*Cobertura	2	27.0	13.5	0.282	0.76130
Erro b	8	382.7	47.8		
Total	17	10189.7			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV 1 = 8.566225 %
CV 2 = 7.835966 %

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

Epoca
Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Verao	96.14444
b	Inverno	80.38889

Cobertura
Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Plastico	109.1333
b	Palha	93.66667
c	Controlo	62

Diametro do colmo

```
> shapiro.test(MulchingDados$DC)
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: MulchingDados$DC
w = 0.93548, p-value = 0.2421
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$DC~Epoca))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: MulchingDados$DC by Epoca
Bartlett's K-squared = 0.025405, df = 1, p-value = 0.8734
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$DC~Bloco))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: MulchingDados$DC by Bloco
Bartlett's K-squared = 0.044779, df = 2, p-value = 0.9779
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$DC~Cobertura))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: MulchingDados$DC by Cobertura
Bartlett's K-squared = 0.59563, df = 2, p-value = 0.7424
> psub2.dbc(MulchingDados$Epoca,MulchingDados$Cobertura,MulchingDados$Bloco
,MulchingDados$DC, quali = c(TRUE,TRUE),mcomp = "duncan",fac.names = c("Epo
ca","Cobertura"),sigT = 0.05,sigF = 0.05,unfold = NULL)
```

```
-----
Legenda:
FATOR 1 (parcela): Epoca
FATOR 2 (subparcela): Cobertura
-----
```

Quadro da análise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)	
Epoca	1	315.9	315.93	27.921	0.03400	*
Bloco	2	792.0	395.99	34.998	0.02778	*
Erro a	2	22.6	11.31			
Cobertura	2	5250.3	2625.13	246.995	< 2e-16	***
Epoca*Cobertura	2	20.4	10.21	0.961	0.42280	
Erro b	8	85.0	10.63			
Total	17	6486.2				

```
-----
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
-----
```

```
CV 1 = 6.145776 %
CV 2 = 5.956395 %
```

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

```
-----
Epoca
Teste de Duncan
```

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Verao	58.92222
b	Inverno	50.54333

```
-----
Cobertura
Teste de Duncan
```

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Plastico	70.38667
b	Palha	62.835
c	Controlo	30.97667

Número de folhas

```
> shapiro.test(MulchingDados$NF)
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: MulchingDados$NF  
W = 0.94628, p-value = 0.3697
```

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$NF~Epoca))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: MulchingDados$NF by Epoca  
Bartlett's K-squared = 0.73067, df = 1, p-value = 0.3927
```

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$NF~Bloco))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: MulchingDados$NF by Bloco  
Bartlett's K-squared = 0.23114, df = 2, p-value = 0.8909
```

```
> with(MulchingDados,bartlett.test(MulchingDados$NF~Cobertura))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: MulchingDados$NF by Cobertura  
Bartlett's K-squared = 1.4115, df = 2, p-value = 0.4937
```

```
> psub2.dbc(MulchingDados$Epoca,MulchingDados$Cobertura,MulchingDados$Bloco,MulchingDados$NF, quali = c(TRUE,TRUE),mcomp = "duncan",fac.names = c("Epoca","Cobertura"),sigT = 0.05,sigF = 0.05,unfold = NULL)
```

Legenda:

FATOR 1 (parcela): Epoca
FATOR 2 (subparcela): Cobertura

Quadro da analise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Epoca	1	60.134	60.134	5.483	0.1440
Bloco	2	49.234	24.617	2.245	0.3082
Erro a	2	21.934	10.967		
Cobertura	2	132.938	66.469	46.275	4e-05 ***
Epoca*Cobertura	2	0.298	0.149	0.104	0.9027
Erro b	8	11.491	1.436		
Total	17	276.029			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV 1 = 18.92989 %
CV 2 = 6.850714 %

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

Epoca

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

Niveis	Medias
1 Inverno	15.66667
2 Verao	19.32222

Cobertura

Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Plastico	20.11667
a	Palha	18.61667
b	Controlo	13.75

Ensaio de Cebola

Altura da Planta

```
psub2.dbc(CebolaDadosV2$SisProducao,CebolaDadosV2$Adubo,CebolaDadosV2$Bloco
,CebolaDadosV2$AP,quali = c(TRUE, TRUE),mcomp = 'duncan',fac.names = c("Sis
tema de Produção", "Tipo de Adubo"),sigT = 0.05,sigF = 0.05)
```

Legenda:

FATOR 1 (parcela): Sistema de Produção
FATOR 2 (subparcela): Tipo de Adubo

----- Quadro da análise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)	
Sistema de Produção	1	2.52	2.52	0.05	0.0241	*
Bloco	1	2.17	2.17	0.04	0.0313	*
Erro a	1	49.21	49.21			
Tipo de Adubo	2	828.45	414.22	2020.60	1e-06	***
Sistema de Produção*Tipo de Adubo	2	6.43	3.21	15.67	0.0128	*
Erro b	4	0.82	0.20			
Total	11	889.59				

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV 1 = 13.87925 %

CV 2 = 0.8958336 %

----- Interacao significativa: desdobrando a interacao

----- Desdobrando Sistema de Produção dentro de cada nivel de Tipo de Adubo

M	Fc	valor.p	GL	SQ	Q
Sistema de Produção : Tipo de Adubo Esterco	1.000000	3.42250	3.4225		
0 0.206933 0.007272					
Sistema de Produção : Tipo de Adubo Palha	1.000000	1.32250	1.3225		
0 0.079962 0.008239					
Sistema de Produção : Tipo de Adubo Sem Adubação	1.000000	4.20250	4.2025		
0 0.254094 0.007016					
Erro combinado	1.016716	16.81564	16.5391		
7					

----- Sistema de Produção dentro de Tipo de Adubo Esterco

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Bolsas	51.65
b	SoLo	48.80

----- Sistema de Produção dentro de Tipo de Adubo Palha

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Bolsas	60.05
b	SoLo	59.20

Sistema de Produção dentro de Tipo de Adubo Sem Adubação

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Bolsas	41.30
b	Solo	39.25

Desdobrando Tipo de Adubo dentro de cada nivel de Sistema de Produção

c valor.p		GL	SQ	QM	F
Tipo de Adubo : Sistema de Produção Bolsas	6	2	352.8300	176.4150	860.56097
Tipo de Adubo : Sistema de Produção Solo	7	2	482.0433	241.0217	1175.1
Erro b		4	0.8200	0.2050	

Tipo de Adubo dentro de Sistema de Produção Bolsas

Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Palha	60.05
b	Esterco	51.65
c	Sem Adubação	41.3

Tipo de Adubo dentro de Sistema de Produção Solo

Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Palha	61.2
b	Esterco	49.8
c	Sem Adubação	39.25

Número de Folhas

```
> psub2.dbc(CebolaDadosV2$SisProducao,CebolaDadosV2$Adubo,CebolaDadosV2$Bloco,CebolaDadosV2$NF,quali = c(TRUE, TRUE),mcomp = 'duncan',fac.names = c("Sistema de Produção", "Tipo de Adubo"),sigT = 0.05,sigF = 0.05, unfold = 2)
```

Legenda:

FATOR 1 (parcela): Sistema de Produção
FATOR 2 (subparcela): Tipo de Adubo

Quadro da analise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)	
Sistema de Produção	1	3.308	3.308	7.5028	0.00122845	**
Bloco	1	0.368	0.368	0.8336	0.01222891	*
Erro a	1	0.441	0.441			
Tipo de Adubo	2	113.512	56.756	25.7786	0.005184	**
Sistema de Produção*Tipo de Adubo	2	2.135	1.067	0.4849	0.047823	*
Erro b	4	8.807	2.202			
Total	11	128.569				

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV 1 = 5.97707 %
CV 2 = 13.35755 %

Interacao significativa: desdobrando a interacao

Desdobrando Sistema de Produção dentro de cada nível de Tipo de Adubo

Fc valor.p
Sistema de Produção : Tipo de Adubo Esterco GL SQ QM
2.477206 0.1806082 1.0000 4.000000 4.000000
Sistema de Produção : Tipo de Adubo Palha 1.0000 0.002500 0.002500
0.001548 0.00970244
Sistema de Produção : Tipo de Adubo Sem Adubação 1.0000 1.440000 1.44
0.891794 0.0391386
Erro combinado 4.6544 7.515562 1.65

Sistema de Produção dentro de Tipo de Adubo Esterco

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

Niveis Medias
1 Bolsas 11.09
2 Solo 10.95

Sistema de Produção dentro de Tipo de Adubo Palha

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

Grupos Tratamentos Medias
a Bolsas 14.95
b Solo 12.00

Sistema de Produção dentro de Tipo de Adubo Sem Adubação

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

Grupos Tratamentos Medias
a Bolsas 8.05
b Solo 6.85

Desdobrando Tipo de Adubo dentro de cada nível de Sistema de Produção

c valor.p
Tipo de Adubo : Sistema de Produção Bolsas GL SQ QM F
1 0.024184 2 47.823333 23.911667 10.8607
Tipo de Adubo : Sistema de Produção Solo 2 67.823333 33.911667 15.40272
3 0.013208
Erro b 4 8.806667 2.201667

Tipo de Adubo dentro de Sistema de Produção Bolsas

Teste de Duncan

Grupos Tratamentos Medias
a Palha 14.95
b Esterco 11.9

c Sem Adubação 8.05

Tipo de Adubo dentro de Sistema de Produção Solo

Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Palha	15
b	Esterco	9.9
c	Sem Adubação	6.85

Diâmetro do Bolbo

```
> psub2.dbc(CebolaDadosV2$SisProducao,CebolaDadosV2$Adubo,CebolaDadosV2$Bloco,CebolaDadosV2$DB,quali = c(TRUE, TRUE),mcomp = 'duncan',fac.names = c("Sistema de Produção", "Tipo de Adubo"),sigT = 0.05,sigF = 0.05)
```

Legenda:

FATOR 1 (parcela): Sistema de Produção
FATOR 2 (subparcela): Tipo de Adubo

Quadro da análise de variância

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)	
Sistema de Produção	1	0.301	0.301	0.578	0.0431863	*
Bloco	1	0.301	0.301	0.578	0.0031586	**
Erro a	1	0.521	0.521			
Tipo de Adubo	2	63.555	31.778	221.703	8e-05	***
Sistema de Produção*Tipo de Adubo	2	0.072	0.036	0.250	0.7901	
Erro b	4	0.573	0.143			
Total	11	65.323				

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV 1 = 8.721303 %

CV 2 = 4.575153 %

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

Sistema de Produção

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Bolsas	10.116667
b	Solo	8.433333

Tipo de Adubo

Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Palha	11.4
b	Esterco	7.5
c	Sem Adubação	5.925

Peso do Bolbo

```
psub2.dbc(CebolaDadosV2$SisProducao,CebolaDadosV2$Adubo,CebolaDadosV2$Bloco
,CebolaDadosV2$PB,quali = c(TRUE, TRUE),mcomp = 'duncan',fac.names = c("Sis
tema de Produção", "Tipo de Adubo"),sigT = 0.05,sigF = 0.05, unfold = 2)
```

Legenda:

FATOR 1 (parcela): Sistema de Produção
FATOR 2 (subparcela): Tipo de Adubo

Quadro da análise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)	
Sistema de Produção	1	3956	3955.6	0.5200	0.0176022	*
Bloco	1	527	527.1	0.0693	0.0688361	
Erro a	1	7607	7606.9			
Tipo de Adubo	2	57223	28611.6	25.2677	0.001538	**
Sistema de Produção*Tipo de Adubo	2	1152	576.0	0.5087	0.0273557	*
Erro b	4	4529	1132.3			
Total	11	74994				

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV 1 = 29.30062 %

CV 2 = 7.118424 %

Interacao significativa: desdobrando a interacao

Desdobrando Sistema de Produção dentro de cada nível de Tipo de Adubo

			GL	SQ	
QM	Fc	valor.p			
Sistema de Produção : Tipo de Adubo Esterco	1.000000	927.2025	927.2		
025	0.28178	0.658271			
Sistema de Produção : Tipo de Adubo Palha	1.000000	3931.2900	3931.2		
900	1.194733	0.0408549			
Sistema de Produção : Tipo de Adubo Sem Adubação	1.000000	249.1662	249.1		
662	0.075722	0.00813754			
Erro combinado	1.647556	5421.3139	3290.5		
187					

Sistema de Produção dentro de Tipo de Adubo Esterco

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

Niveis Medias
1 Bolsas 349.25
2 Solo 338.80

Sistema de Produção dentro de Tipo de Adubo Palha

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

Grupos Tratamentos Medias
a Bolsas 477.5
b Solo 414.8

Sistema de Produção dentro de Tipo de Adubo Sem Adubação

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Bolsas	288.300
b	Solo	262.515

Desdobrando Tipo de Adubo dentro de cada nivel de Sistema de Produção

c valor.p	GL	SQ	QM	F
Tipo de Adubo : Sistema de Produção Bolsas	2	37306.403	18653.202	16.47315
9 0.011721				
Tipo de Adubo : Sistema de Produção Solo	2	21068.882	10534.441	9.30325
6 0.031308				
Erro b	4	4529.356	1132.339	

Tipo de Adubo dentro de Sistema de Produção Bolsas

Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Palha	477.5
b	Esterco	349.25
c	Sem Adubação	288.3

Tipo de Adubo dentro de Sistema de Produção Solo

Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Palha	414.8
b	Esterco	318.8
b	Sem Adubação	292.515

Rendimento

`psub2.dbc(CebolaDadosV2$SisProducao,CebolaDadosV2$Adubo,CebolaDadosV2$Bloco,CebolaDadosV2$REND,quali = c(TRUE, TRUE),mcomp = 'duncan',fac.names = c("Sistema de Produção", "Tipo de Adubo"),sigT = 0.05,sigF = 0.05, unfold = 2)`

Legenda:

FATOR 1 (parcela): Sistema de Produção
FATOR 2 (subparcela): Tipo de Adubo

Quadro da análise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Sistema de Produção	1	9.01	9.013	55.184	0.0048518 **
Bloco	1	2.25	2.253	13.796	0.00816742 **
Erro a	1	0.16	0.163		
Tipo de Adubo	2	589.50	294.751	45.657	0.0341761 *
Sistema de Produção*Tipo de Adubo	2	0.78	0.391	0.061	3e-08 ***
Erro b	4	25.82	6.456		
Total	11	627.54			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV 1 = 0.619445 %
CV 2 = 13.22968 %

Interacao significativa: desdobrando a interacao

Desdobrando Sistema de Produção dentro de cada nível de Tipo de Adubo

			GL	SQ	Q
M	Fc	valor.p			
Sistema de Produção	:	Tipo de Adubo Esterco	1.000000	1.69000	1.69000
0	0.387763	0.566448			
Sistema de Produção	:	Tipo de Adubo Palha	1.000000	6.00250	6.00250
0	1.377247	0.0304216			
Sistema de Produção	:	Tipo de Adubo Sem Adubação	1.000000	2.10250	2.10250
0	0.482409	0.0052469			
Erro combinado			4.099216	17.86575	4.35833
3					

Sistema de Produção dentro de Tipo de Adubo Esterco

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

Niveis	Medias
1 Bolsas	19.95
2 Solo	18.65

Sistema de Produção dentro de Tipo de Adubo Palha

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Bolsas	27.75
b	Solo	25.30

Sistema de Produção dentro de Tipo de Adubo Sem Adubação

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Bolsas	10.15
b	Solo	8.70

Desdobrando Tipo de Adubo dentro de cada nível de Sistema de Produção

			GL	SQ	QM
Fc	valor.p				
Tipo de Adubo	:	Sistema de Produção Bolsas	2	311.09333	155.546667
73	0.005875				24.0939
Tipo de Adubo	:	Sistema de Produção Solo	2	279.19000	139.595000
81	0.007168				21.6230
Erro b			4	25.82333	6.455833

Tipo de Adubo dentro de Sistema de Produção Bolsas

Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Palha	27.75
b	Esterco	19.95
c	Sem Adubação	10.15

Tipo de Adubo dentro de Sistema de Produção Solo

Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Palha	25.3
b	Esterco	18.65
c	Sem Adubação	8.7

ENSAIO DE REGA

Altura da planta

```
> shapiro.test(RegaDadosBrutos$AP)
```

Shapiro-wilk normality test

data: RegaDadosBrutos\$AP
W = 0.93607, p-value = 0.2479

```
> with(RegaDadosBrutos, bartlett.test(RegaDadosBrutos$AP~Rega))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: RegaDadosBrutos\$AP by Rega
Bartlett's K-squared = 1.4751, df = 1, p-value = 0.2245

```
> with(RegaDadosBrutos, bartlett.test(RegaDadosBrutos$AP~Bloco))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: RegaDadosBrutos\$AP by Bloco
Bartlett's K-squared = 2.9332, df = 2, p-value = 0.2307

```
> with(RegaDadosBrutos, bartlett.test(RegaDadosBrutos$AP~Cobertura))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: RegaDadosBrutos\$AP by Cobertura
Bartlett's K-squared = 2.5904, df = 2, p-value = 0.2738

```
> psub2.dbc(RegaDadosBrutos$Rega, RegaDadosBrutos$Cobertura, RegaDadosBrutos$Bloco, RegaDadosBrutos$AP, quali = c(TRUE, TRUE), mcomp = "duncan", fac.names = c("Tipo de Rega", "Tipo de Cobertura"), sigT = 0.05, sigF = 0.05, unfold = NULL)
```

Legenda:

FATOR 1 (parcela): Tipo de Rega
FATOR 2 (subparcela): Tipo de Cobertura

Quadro da análise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Tipo de Rega	1	46.240	46.240	1.1552	0.39492
Bloco	2	18.768	9.384	0.2344	0.81009
Erro a	2	80.059	40.029		
Tipo de Cobertura	2	80.689	40.345	7.7554	0.01341 *
Tipo de Rega*Tipo de Cobertura	2	2.354	1.177	0.2263	0.80244
Erro b	8	41.617	5.202		
Total	17	269.728			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV 1 = 29.01869 %
CV 2 = 10.46116 %

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

Tipo de Rega

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

	Niveis	Medias
1	Capilaridade	23.40556
2	Gravidade	20.20000

Tipo de Cobertura

Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Plastico	24.36333
ab	Palha	21.86667
b	SC	19.17833

Número de folhas

```
> shapiro.test(RegaDadosBrutos$NF)
```

Shapiro-wilk normality test

data: RegaDadosBrutos\$NF
W = 0.97249, p-value = 0.843

```
> with(RegaDadosBrutos, bartlett.test(RegaDadosBrutos$NF~Rega))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: RegaDadosBrutos\$NF by Rega
Bartlett's K-squared = 2.4819, df = 1, p-value = 0.1152

```
> with(RegaDadosBrutos, bartlett.test(RegaDadosBrutos$NF~Bloco))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: RegaDadosBrutos\$NF by Bloco
Bartlett's K-squared = 1.7089, df = 2, p-value = 0.4255

```
> with(RegaDadosBrutos, bartlett.test(RegaDadosBrutos$NF~Cobertura))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: RegaDadosBrutos\$NF by Cobertura
Bartlett's K-squared = 3.9131, df = 2, p-value = 0.1413

```
> psub2.dbc(RegaDadosBrutos$Rega, RegaDadosBrutos$Cobertura, RegaDadosBrutos$Bloco, RegaDadosBrutos$NF, quali = c(TRUE, TRUE), mcomp = "duncan", fac.names = c("Tipo de Rega", "Tipo de Cobertura"), sigT = 0.05, sigF = 0.05, unfold = NULL)
```

Legenda:

FATOR 1 (parcela): Tipo de Rega
FATOR 2 (subparcela): Tipo de Cobertura

Quadro da analise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Tipo de Rega	1	53.458	53.458	9.1408	0.094197 .
Bloco	2	2.688	1.344	0.2298	0.813123
Erro a	2	11.697	5.848		
Tipo de Cobertura	2	176.367	88.184	12.7576	0.003246 **
Tipo de Rega*Tipo de Cobertura	2	14.763	7.382	1.0679	0.388084
Erro b	8	55.298	6.912		
Total	17	314.271			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV 1 = 12.62976 %
CV 2 = 13.73065 %

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

Tipo de Rega

De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

```
-----  
      Niveis  Medias  
1 Capilaridade 20.87111  
2  Gravidade 17.42444  
-----
```

Tipo de Cobertura
Teste de Duncan

```
-----  
Grupos  Tratamentos  Medias  
a        Plastico    21.96333  
a        Palha       20.69833  
b        SC          14.78167  
-----
```

Diametro da folhas

```
> shapiro.test(RegaDadosBrutos$DF)
```

Shapiro-wilk normality test

data: RegaDadosBrutos\$DF
W = 0.97273, p-value = 0.8472

```
> with(RegaDadosBrutos, bartlett.test(RegaDadosBrutos$DF~Rega))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: RegaDadosBrutos\$DF by Rega
Bartlett's K-squared = 0.66218, df = 1, p-value = 0.4158

```
> with(RegaDadosBrutos, bartlett.test(RegaDadosBrutos$DF~Bloco))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: RegaDadosBrutos\$DF by Bloco
Bartlett's K-squared = 1.0667, df = 2, p-value = 0.5866

```
> with(RegaDadosBrutos, bartlett.test(RegaDadosBrutos$DF~Cobertura))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: RegaDadosBrutos\$DF by Cobertura
Bartlett's K-squared = 3.2798, df = 2, p-value = 0.194

```
> psub2.dbc(RegaDadosBrutos$Rega, RegaDadosBrutos$Cobertura, RegaDadosBrutos$  
gaDadosBrutos$DF, quali = c(TRUE, TRUE), mcomp = "duncan", fac.names = c("Tipo  
, "Tipo de Cobertura"), sigT = 0.05, sigF = 0.05, unfold = NULL)
```

Legenda:

FATOR 1 (parcela): Tipo de Rega
FATOR 2 (subparcela): Tipo de Cobertura

Quadro da analise de variancia

```
-----  
              GL      SQ      QM      Fc Pr(>Fc)  
Tipo de Rega  1  41.072  41.072  30.585 0.03118 *  
Bloco         2   17.887   8.943   6.660 0.13055  
Erro a        2    2.686   1.343  
Tipo de Cobertura  2  166.850  83.425  81.573 5e-06 ***  
Tipo de Rega*Tipo de Cobertura  2    5.498   2.749   2.688 0.12794  
Erro b        8    8.182   1.023  
Total        17  242.174  
-----
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
-----  
CV 1 = 6.240486 %  
CV 2 = 5.445962 %  
-----
```

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

```
-----  
Tipo de Rega  
Teste de Duncan  
-----
```

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Capilaridade	20.08
b	Gravidade	17.05889

Tipo de Cobertura
Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Plastico	21.50333
b	Palha	19.83167
c	SC	14.37333

Rendimento

```
> shapiro.test(RegaDadosBrutos$REND)
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: RegaDadosBrutos$REND
W = 0.98275, p-value = 0.9739
```

```
> with(RegaDadosBrutos, bartlett.test(RegaDadosBrutos$REND~Rega))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: RegaDadosBrutos$REND by Rega
Bartlett's K-squared = 0.63652, df = 1, p-value = 0.425
```

```
> with(RegaDadosBrutos, bartlett.test(RegaDadosBrutos$REND~Bloco))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: RegaDadosBrutos$REND by Bloco
Bartlett's K-squared = 0.44708, df = 2, p-value = 0.7997
```

```
> with(RegaDadosBrutos, bartlett.test(RegaDadosBrutos$REND~Cobertura))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: RegaDadosBrutos$REND by Cobertura
Bartlett's K-squared = 1.4781, df = 2, p-value = 0.4776
```

```
> psub2.dbc(RegaDadosBrutos$Rega, RegaDadosBrutos$Cobertura, RegaDadosBrutos$REND,
quali = c(TRUE, TRUE), mcomp = "duncan", fac.names = c("Tipo de Rega", "Tipo de Cobertura"), sigT = 0.05, sigF = 0.05, unfold = NULL)
```

Legenda:

FATOR 1 (parcela): Tipo de Rega
FATOR 2 (subparcela): Tipo de Cobertura

Quadro da analise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr(>Fc)
Tipo de Rega	1	3.873	3.873	0.8312	0.458175
Bloco	2	100.484	50.242	10.7808	0.084884
Erro a	2	9.321	4.660		
Tipo de Cobertura	2	49.832	24.916	18.3625	0.001024 **
Tipo de Rega*Tipo de Cobertura	2	2.765	1.383	1.0190	0.403432
Erro b	8	10.855	1.357		
Total	17	177.131			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV 1 = 18.28532 %
CV 2 = 9.866549 %

Interacao nao significativa: analisando os efeitos simples

Tipo de Rega
De acordo com o teste F, as medias desse fator sao estatisticamente iguais.

	Níveis	Medias
1	Capilaridade	12.27000
2	Gravidade	11.34222

 Tipo de Cobertura
 Teste de Duncan

Grupos	Tratamentos	Medias
a	Plastico	13.29333
a	Palha	12.64167
b	SC	9.483333

Anexo 11. Tabelas de Cálculos de custos fixos e variáveis de implantação do sistema hidroponico (experiência Nhacuongo)

Tabela 1. Custos fixos gerais de implantação da estufa convencional para uma área de 120m² (30m x 40m,

Ordem	Designação	Valor (mt)		
		Qtdd	Preço Unit.	PVC
1.	Filme de polietileno agrícola difusor da luz para cobertura 30x40 de 0,150 Micras (m ²)	120	50	6000
2.	Saco leve de ráfia preto para laterais, frente e fundo de 3,5 x 9 x 75% (m ²)	440	30	13200
3.	Porta de Aço com saco leve de ráfia de 1,3 x 2,0m	1	1500	1500
4.	Troncos de madeira de eucalipto tratado 12 a 14cm por lateral com 4m de altura (peças)	16	1200	19200
5.	Troncos de madeira de eucalipto tratado 12 a 14 cm paralelas com 12m de comprimento (peças)	18	3000	54000
6.	Troncos de madeira de eucalipto tratado 12 a 14 cm centrais com 12m de comprimento (peças)	16	3000	48000
7.	Arrames flexíveis (kgs)	5	100	500
8.	Pregos de uma (2) polegada para furar madeira (kg)	5	150	750
9.	Mão-de-obra	5	1500	7500
10.	Subtotal:	155650		
11.	Contingente	15565		
Total:				166.215,00Mt

Tabela 2. Custos fixos gerais de implantação da estufa tradicional (Sombrite) para uma área de 120m² (30m x 40m)

Ordem	Designação	Valor (mt)		
		Qtdd	Preço Unit.	Bambu
1.	Rede fina e verde agrícola para cobertura 30x40 de 0,150 Micras (m ²)	120	35	4200
2.	Rede fina e verde para laterais, frente e fundo de 3,5 x 9 x 75% (m ²)	440	35	15400
3.	Porta de Aço com rede verde 1,3 x 2,0m	1	900	900
4.	Estacas de jacarandá ou Acaroó de 12 a 14cm por lateral com 4m de altura (peças)	16	25	400
5.	Estacas de Jacarandá de 12 a 14 cm paralelas com 12m de comprimento (peças)	18	80	1440
6.	Estacas de jacarandá 12 a 14 cm centrais com 12m de comprimento (peças)	16	80	1280
7.	Arrames flexíveis (kgs)	5	100	500
8.	Pregos de uma (2) polegada para furar madeira (kg)	5	150	750
9.	Mão-de-obra	5	1500	7500
10.	Subtotal:	32370		
11.	Contingente	3237		
Total:		35.607,00		

Tabela 3. Custos fixos gerais de implantação de dêz bancadas para uma área de 120m² (40m x 30m) em sistema Convencional (PVC)

Ordem	Designação	Valor		
		Qtdd.	Preço Unit.	Preço Acum.
1.	Cavaletes de estacas de jacaranda africana de 12 a 14mm para suporte com (6m)	30	-----	
2.	Travessas horizontais de estacas de jacaranda africana com (6m) de comprimento	150	-----	
3.	Tubos de perfil hidropónico a recurso a Bambu de 58mm para alface c/3m de células	1200	-----	
4.	Sistema injector com 160 saídas para (PVC) alimentação de água com registo (38m)	10	30/m	11400
5.	Sistema de distribuição de água com nutrientes com 3m x 1.2m na fonte (PVC)	10	70700	
6.	Tubo colector de água com nutrientes com 38m de comprimento para o retorno do sistema de deposito usando bambu	10	15/m	5700
7.	Arames 5kg	5	100/kg	500
8.	Tambor de 80litros para substrato (usando potes caseiros de barro)	10	150	1500
9.	3kg Pregos de 1 polegada e meia	3	100	300
10.	Fita isoladora 10m	5	5/m	250
11.	Uniões	15	50	750
12.	Bandejas de germinação de sementes	8	200	1600
13.	Mão-de-obra	5	1200	6000
14.	Subtotal:	23.570		
15.	Contigência (10%)	2357		
Total:		25.927,00Mt		

Tabela 4. Custos fixos gerais de implantação de dez bancadas para uma área de 120m² (40m x 30m) em sistema tradicional (Bambu)

Ordem	Designação	Valor		
		Qtd.	Preço Unit.	Preço Acum.
1.	Cavaletes de madeira para suporte (6m)	12	500	6000
2.	Travessas horizontais de madeira de 6m	40	60	2400
3.	Tubos de perfil hidropónico de 58mm para alface c/3m de células	1200	40	48000
4.	Sistema injector com 160 saídas para alimentação de água com registo (38m)	10	30/m	11400
5.	Sistema de distribuição de água com nutrientes com 3m x 1.2m na fonte	10	80	800
6.	Tubo colector de água com nutrientes com 38m de comprimento para o retorno do sistema de depósito	10	40/m	15200
7.	Arames 5kg	5	100/kg	500
8.	Tambor de 80litros para substrato	10	250	2500
9.	3kg Pregos de uma (1) polegada	3	100	300
10.	Fita isoladora 50m	5	5/m	1250
11.	Uniões	30	50	1500
12.	Bandejas de germinação de sementes	8	150	1200
13.	Mão-de-obra	5	1500	7500
14.	Subtotal:			98550
15.	Contigente			9855
Total:		108.405,00Mt		

Tabela 5. Custos fixos gerais de sistemas electrónicos de dez bancadas para uma área de 120m² (40m x 30m) em sistema convencional (PVC) e tradicional (Bambu)

Ordem	Designação	Valor			
		Qtdd.	Preço Unit.	PVC	Bambu
1.	Bomba centrífuga 01DEL Monofásica	10	2200	22000	22000
2.	Temporizador de 15min (COEL)	10	400	4000	4000
3.	Medidor portátil de PH e de Condutibilidade eléctrica	01	1000	2000	2000
4.	Extensor de 50m com 10 fichas	01	50/m	2500	2500
Total:				30.500,00 Mt	30.500,00 Mt

Tabela 6. Custos variáveis dos insumos para dez bancadas da área de 120m² (40m x 30m) em sistema convencional (PVC) e tradicional (Bambu)

Ordem	Designação	Valor			
		Qtdd.	Preço Unit.	PVC	Bambu
1.	Solução nutritiva (macronutriente)-Sc	10	112	1120	-----
2.	Nitrato de cálcio (micronutriente)-Sc.	10	83	830	-----
3.	Sementes certificadas em unidades de 1000 sementes	2000	500/1000s	1000	1000
4.	Extensor de 50m com 10 fichas	01	50/m	2500	2500
5.	Manipueira (substrato de mandioca)	10l	-----	-----	-----
Total:				5.450,00	3.500,00Mt

Tabela 7. Aproveitamento do rendimento por colheita (50DAT) no sistema convencional PVC e Bambu em diferentes substratos (Manipueira ou extrato de mandioca e adubo mineral)

Tipo de sistema	Número de Bancadas/estufa	Número de plantas por bancada	Total de plantas	Peso/planta (Kgs)	Peso total na estufa (kgs)	Valor unitário (MT)/kgs	Valor total em Meticais
Bambu com Manipueira	10	160	1600	0.812	1299.2	40,00	51.968,00
PVC com Manipueira	10	160	1600	0.587	939.2	40,00	37.568,00
Bambu (S. inorgânicas)	10	160	1600	0.789	1262.4	40,00	50.496,00
PVC (S. inorgânicas)	10	160	1600	0.467	747.2	40,00	29.888,00

Tabela 8. Rendimentos anuais das tecnologias de produção durante 6 colheitas com previsão de inflação monetária

Tipo de sistema	Colheita 1	Colheita 2	Colheita 3	Colheita 4	Colheita 5	Colheita 6	Total (MT)
Bambu com Manipueira	51.968,00	46.771,2	41.158,656	35.808,03072	30.794,91	26175,6735	232.676,47
PVC com Manipueira	37.568,00	33.811,2	29.753,856	25.885,85472	22.261,84	18.922,56	168.203,32
Bambu (S. inorgânicas)	50.496,00	45.446,4	39.992,832	34.793,76384	29.922,637	25434,241	226.085,87
PVC (S. inorgânicas)	29.888,00	26.899,2	23.671,296	20.594,0275	17.710,8636	15.054,234	133.817,62
	10%	12%	13%	14%	15%	Inflação	

APÊNDICES

Apêndice1: Trabalho do campo experimental da Hidroponia



Figura1. Primeira etapa de montagem do experimento de hidroponia em Ngacoongo



Figura 2. Acompanhamento do experimento aliado a sacha e limpeza na área experimental



Figura 3. Visita dos supervisores ao experimento em Nhacoongo



Figura 4. Aspecto da alface nas bancadas hidropônicas no fim de 45 dias após o transplante

Apêndice 2: Trabalho do campo experimental do milho sob mulching sintético



Figura 5. Primeira etapa de preparação do solo e montagem do experimento



Figura 6. Acompanhamento do crescimento do milho produzido em mulching sintético



Figura 7. A- fase vegetativa do milho em mulching; B- fase de inflorescência do milho



Figura 8. Aspecto do milho produzido sob cobertura de plástico

Apêndice 3: Trabalho do campo experimental de cebola em bolsas



Figura 9. Processo de montagem do experimento de cebola em bolsas



Figura 10. Aspecto da cebola produzido nas bolsas



Figura 11. Processo de colheita da cebola em bolsas



Figura 12. Processo de instalação e acompanhamento de sistema de irrigação por capilaridade