



Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

Licenciatura em Engenharia Agronómica

Projecto Final

**Desempenho do Cultivo Consociado de Milho (*Zea mays* L.) e Feijão  
nhemba (*Vigna unguiculata* (L) Walp) em diferentes níveis de Irrigação e  
Adubação Mineral no Posto Administrativo de Sábiè**



**Autor:**

Zacarias Félix Cairo

**Supervisores:**

Prof. Doutor Sebastião Famba, Eng<sup>o</sup>

MSc. João Benedito Nuvunga, Eng<sup>o</sup>

Maputo, Agosto de 2025

**Desempenho do Cultivo Consociado de Milho (*Zea mays* L.) e Feijão  
nhemba (*Vigna unguiculata* (L) Walp) em diferentes níveis de Irrigação e  
Adubação Mineral no Posto Administrativo de Sábiè**

Projecto Final submetido à Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Agronómica.

Supervisores: **Prof. Doutor Sebastião Famba, Eng<sup>o</sup>**

**MSc. João Benedito Nuvunga, Eng<sup>o</sup>**

Maputo, Agosto de 2025

## DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Zacarias Félix Cairo, declaro por minha honra que este trabalho de culminação de curso é da minha autoria e nunca foi apresentado nesta ou em outra instituição para aquisição de qualquer outro grau académico e que constitui o resultado de investigação feita por mim e de orientação dos meus supervisores. O seu texto é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto e nas referências bibliográficas.

---

(Zacarias Félix Cairo)

Maputo, aos \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2025

## **DEDICATÓRIA**

Àqueles que foram fundamentais na minha jornada académica:

Aos meus estimados pais, Félix Cairo e Maria João Lienha, pelo apoio incondicional e pela orientação que nortearam a cada etapa desta trajetória.

Ao meu dedicado cunhado, Francisco Nhavotso e à minha querida irmã, Joaquina Tomás Nhavotso, pelo incentivo constante e pelo auxílio financeiro que viabilizaram a conclusão dos meus estudos.

Este trabalho é, acima de tudo, um reflexo do seu comprometimento e generosidade.

**A vós dedico.**

## AGRADECIMENTOS

À Deus todo poderoso pelo dom da vida, amor, protecção e por sua constante presença em minhas dificuldades.

Ao projecto *InterCropVALUES* (financiado pela União Europeia), pelo apoio financeiro que viabilizou a realização das actividades de campo;

Ao MSc. João Nuvunga, Eng<sup>o</sup> pela sábia orientação e pelos ensinamentos valiosos, não apenas pela elaboração deste trabalho, mas pela vida como um todo. Destaco a sua paciência e humildade, qualidades que marcam profundamente minha trajectória durante elaboração do trabalho;

Ao Prof. Doutor Sebastião Famba, Eng<sup>o</sup> pela disposição constante em ouvir-me e auxiliar-me durante a elaboração deste trabalho;

Aos meus tios, irmãos e minhas irmãs, Tomás Nkossi (em memória), Domingos Pius, Simão Tomás Nkossi, Paulina Tomás Nkossi (em memória), Amisse Kaunga, Isabel Talatibo e Miguel Félix Cairo, pela força e apoio em todos os momentos necessários.

Aos meus sobrinhos e minhas sobrinhas, Fernando Cristóvão, Tomás Agostinho, Marcelina Álvaro, Flavia Nhavotso, Marlisa da Quina e Alacy Nhavotso pelo suporte e companheirismo.

Ao corpo técnico da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal: dr. Eddy Mundlovo, Sr. Betuel Sigaúque, Ricardo Amosse e motorista Sr. Sérgio.

Ao corpo técnico do Centro de Desenvolvimento Agrário de Sabié (CEDAS) e seus colaboradores: Sr. Ramos Sitoé e Sr. Fabião que nos receberam e nos apoiaram durante a montagem e condução do ensaio.

Aos meus queridos amigos, Eng<sup>o</sup> Joel Horácio, Eng<sup>o</sup> Ussene Quichene, Domingos Carlitos, Yud Caetano, Filipe Milando, Adérito Nahija, Pedro Herculano, Ivan Tembo, Yazalde Muêlo, Cassimo Ibraimo, Árabe Sumail e Antumane Dias pela ajuda e companhia;

Aos colegas do campo, Adelina Imanishimwe e Celeste Cinthya Javane pelos momentos de alegria, amizade, companheirismo e ajuda no campo.

Aos meus colegas e minhas colegas, Cainde Torres, Fred António, MSc. Focas Bacar, Engº, Engº Kelven Sozinho, Engº Milton Da Joana, Yuna Alexandre, Nel Canjor, Chanil Guambe, Ronaldo Sunde, Sydney Fumo, Tomás Tito, Ivan Sacur, Carlos Raimundo e Jorge Armando pela companhia e carinho;

Aos meus amigos de longa data, Cândido Macamo, Fidêncio Chakua, Enoque Júnior, Edson Mapatse, Kelvin Ruben, Dário da Lagrima, Custódio Magaiza, Keneth Monis por terem estado comigo, sempre me ensinando e fortalecendo;

Aos meus amigos da residência universitária 6, principalmente Bloco Tsunami (Romin Miteda, Abel Simeone, Diorenção Roques, Manuel Charles, Alberto Maenda, Sanli Marques, André Zacarias, Erquício Muhay, a todos) obrigado pelo apoio;

A todos que, directa e indirectamente, contribuíram e apoiaram a realização deste trabalho, o meu mais sincero agradecimento.

ASANTENI SANA!

## ÍNDICE

<b>DECLARAÇÃO DE HONRA</b> .....	i
<b>DEDICATÓRIA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	iii
<b>RESUMO</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. Problema de Estudo e Justificação .....	2
1.2. Objectivos.....	3
1.2.1. Geral .....	3
1.2.2. Específicos .....	3
1.2.3. Hipótese.....	3
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
2.1. Consociação de Culturas .....	4
2.2. Tipos de Consociação entre Milho e Feijão nhemba .....	6
2.2.1. Consociação em faixas temporais escalonadas “ <i>relay intercropping</i> ”.....	6
2.2.2. Sementeira simultânea.....	7
2.3. A Cultura de Milho .....	9
2.3.1. Necessidades de Água da Cultura de Milho.....	9
2.3.2. Efeitos de Irrigação no Rendimento de Milho .....	9
2.3.3. Efeito de Adubação Mineral no Crescimento e Rendimento de Milho .....	10
2.4. A cultura de Feijão Nhemba.....	11
2.4.1. Necessidades de Água da Cultura de Feijão nhemba.....	12
2.4.2. Efeitos de Irrigação no Rendimento de Feijão nhemba .....	12
2.4.3. Efeitos de Adubação Mineral no Crescimento e Rendimento de Feijão nhemba	13
2.5. Índice de Área Foliar (IAF).....	14
2.6. Métodos de Avaliação do Desempenho Sistema de Cultivo Consociado.....	15

<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	16
3.1. Descrição Geral da Área de Estudo.....	16
3.2. Delineamento Experimental e Descrição dos Tratamentos.....	17
3.3. Maneio do Ensaio.....	18
3.4. Método de Amostragem.....	21
3.5. Parâmetros Medidos.....	22
3.5.1. Temperatura Atmosférica, Humidade relativa do ar e Precipitação.....	22
3.5.2. Variáveis de Crescimento.....	23
3.6. Determinação do Rendimento e Suas Componentes.....	25
3.7. Análise de Dados.....	26
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	28
4.1. Características Meteorológicas Durante o Ensaio.....	28
4.2. Variáveis Agronômicas do Milho e Feijão nhemba.....	30
4.2.1. Análise das Componentes de Rendimento do Milho.....	37
4.2.2. Análise das Componentes de Rendimento do Feijão nhemba.....	39
4.3. Análise da Relação entre Parâmetros de Crescimento e Rendimento.....	40
4.4. Avaliação da Consociação do Milho e Feijão nhemba.....	42
<b>5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	44
5.1. Conclusões.....	44
5.2. Recomendações.....	44
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	45
<b>7. ANEXOS</b> .....	52

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área do estudo. ....	16
Figura 2: Esquema de distribuição dos colectores. ....	20
Figura 3: Área de amostragem de milho puro. ....	21
Figura 4: Área de amostragem de feijão nhemba puro. ....	22
Figura 5: Área de amostragem de consociado. ....	22
Figura 6: (A) Pluviómetro e (B) Tinytag. ....	23
Figura 7: Variação da precipitação e temperatura ao longo do ensaio.....	28
Figura 8: Quantidade de água aplicada (mm) por nível de irrigação (Precipitação + Irrigação). .....	29
Figura 9: Índice de área foliar durante o crescimento de milho puro e consociado em diferentes níveis de irrigação e adubação mineral.....	34
Figura 10: Índice de área foliar durante o crescimento de feijão nhemba puro e consociado em diferentes níveis de irrigação e adubação mineral.....	35
Figura 11: Altura de planta de milho puro e consociado com feijão nhemba em diferentes níveis de irrigação e adubação mineral. ....	36
Figura 12: Altura da planta de feijão nhemba puro e consociado com milho em diferentes níveis de irrigação e adubação mineral. ....	37
Figura 13: Relação entre altura média da planta e rendimento médio das culturas de milho e feijão nhemba consociados.....	40
Figura 14: Relação entre índice de área foliar e rendimento médio das culturas obtido. ....	40
Figura 15: Relação entre matéria seca aérea e rendimento médio das culturas obtido. ....	41
Figura 16: Índice de uso de terra equivalente (LER) do cultivo consociado de milho e feijão nhemba em diferentes níveis de adubação mineral e irrigação. ....	42
Figura 17: (A) Emergência e (B) Estágio de desenvolvimento das culturas.....	58
Figura 18: (A) Seca das culturas no sequeiro devido a precipitação irregular e (B) estágio reprodutivo das culturas. ....	58
Figura 19: Pesticidas usados, (A) Belt e Cipermetrina (B). ....	59
Figura 20: Medições das variáveis de crescimento (A) Índice da área foliar e (B) Altura. ....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos Tratamentos. ....	18
Tabela 2: Descrição dos coeficientes de Pearson.....	27
Tabela 3: Efeito de diferentes níveis de irrigação, sistemas de cultivo e adubação mineral sobre a cultura de milho puro e consociado. ....	30
Tabela 4: Efeito de diferentes níveis de irrigação, sistemas de cultivo e adubação mineral sobre a cultura de feijão nhemba puro e consociado. ....	32
Tabela 5: Médias das componentes de rendimento do milho em diferentes níveis de água, sistemas de cultivo e adubação mineral. ....	38
Tabela 6: Médias das componentes de rendimento do feijão nhemba em diferentes níveis de água, sistemas de cultivo e adubação mineral. ....	39
Tabela 7: Análise de variância (ANOVA) do rendimento de Milho consociado. ....	52
Tabela 8: Teste de normalidade dos dados (Shapiro Wilk).....	52
Tabela 9: Teste de homoskedasticidade (Breusch – Pagan) ....	53
Tabela 10: Comparação da interacção entre os níveis de água e adubação mineral pelo teste de Tukey (0,05).....	53
Tabela 11: Dados de rendimento e altura de plantas de Milho .....	55
Tabela 12: Dados de rendimento e altura de plantas de Feijão nhemba .....	56
Tabela 13: Dados referentes a quantidade total de água aplicada (lamina de água +precipitação acumulada) durante o período de 27 de Dezembro de 2023 a 31 de Maio de 2024. ....	57

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ANOVA – Análise de Variância;

DAE – Dias Após a Emergência;

ETc – Evapotranspiração da cultura;

ETo – Evapotranspiração de referência;

ETp – Evapotranspiração potencial;

IAF – Índice de área foliar;

LER – Índice de uso de terra equivalente;

MAE – Ministério de Administração Estatal;

MASA – Ministério de Agricultura e Segurança Alimentar;

MADER – Ministério de Agricultura e Desenvolvimento Rural;

## RESUMO

A agricultura é a principal fonte de subsistência e renda para a maioria da população moçambicana, sendo praticada principalmente em regime de sequeiro e consociação. A consociação de milho e feijão nhemba é a prática comum entre pequenos agricultores. Entretanto, devido à irregularidade das chuvas e à degradação dos solos, os rendimentos têm sido baixos. Diante deste cenário, o presente estudo tem como objectivo avaliar o desempenho do cultivo consociado de milho e feijão nhemba em diferentes níveis de irrigação e adubação mineral. Para o efeito, foi realizado um ensaio entre dia 27 de Dezembro de 2023 a 31 de Maio de 2024 no distrito de Moamba, posto administrativo de Sábiè, no Centro de Desenvolvimento Agrário de Sábiè (CEDAS). O delineamento usado foi de blocos completos casualizados em arranjo factorial, com três factores. Os factores foram, irrigação: 2 níveis (irrigado e sequeiro); adubação: 2 níveis (sem e com adubação) e sistema de cultivo: 3 sistemas de cultivo (milho puro, feijão nhemba puro e consociação de milho e feijão nhemba). Deste modo, o ensaio ficou constituído pela combinação de  $2 \times 2 \times 3$ , totalizando 12 tratamentos, com 4 repetições, o que resultou num total de 48 parcelas, cada uma com um tamanho individual de (4 m X 3,2 m). Para a análise de crescimento mediu-se a altura de plantas, índice da área foliar e matéria seca acumulada das culturas. Todos os parâmetros de crescimento e de rendimento avaliados foram significativamente influenciados ( $p < 0,05$ ) pelos níveis de irrigação. O milho puro com adubação obteve maior rendimento (4,1 ton/ha) no nível irrigado. No feijão nhemba o maior rendimento foi obtido no nível não irrigado com e sem adubação (2,7 ton/ha). A altura e índice de área foliar e matéria seca apresentaram correlação de Pearsen forte positiva com o rendimento médio das culturas obtido ( $r = 0,96$ ). O cultivo consociado não foi eficiente na utilização de terra, nos tratamentos de sequeiro com e sem adubação (LER = 0,79 e 0,87 respectivamente), e foi eficiente no uso de terra, nos tratamentos irrigados com e sem adubação (LER = 1,04 e 1,18 respectivamente). Nesta situação, recomenda-se a prática da consociação de milho e feijão nhemba em condições de sequeiro, pois foi onde obteve-se maior rendimento de feijão nhemba, e nas condições irrigadas recomenda-se o cultivo puro de milho.

**Palavras-chave:** Sistemas de cultivo; níveis de irrigação, níveis de adubação mineral; eficiência do cultivo consociado.

## ABSTRACT

Agriculture is the main source of subsistence and income for the Mozambican population, and is practiced in rainfed and intercropped systems. Intercropping maize and cowpea is a common practice among smallholder farmers. However, this activity has faced low yields due to irregular rainfall and soil degradation, which results in reduced productivity. Given this scenario, the present study aims to evaluate the performance of intercropping maize and cowpea at different levels of irrigation and mineral fertilization. For this purpose, a trial was carried out between December 27, 2023 and May 31, 2024 in the district of Moamba, administrative post of Sábiè, at the Sábiè Agrarian Development Center (CEDAS), using a randomized complete block design in a factorial arrangement, with three factors. The factors were, irrigation: 2 levels (irrigated and rainfed); Fertilization: 2 levels (with and without fertilization) and cultivation system: 3 cultivation systems (sole maize, sole cowpea and maize and cowpea intercropping). Thus, the trial consisted of a 2×2×3 combination, totaling 12 treatments, with 4 replicates, which resulted in a total of 48 plots, each with an individual size of (4 m X 3.2 m). For growth analysis, plant height, leaf area index and accumulated dry matter of the crops were measured. For the maize crop, the yield components evaluated were number of ears per plant; number of grains per ear; average weights of ears, kernels, grains, 100 seeds and grain yield; for the cowpea crop, the number of pods per plant; number of grains per pod; average weights of pods, grains, 100 seeds and grain yield were determined. All growth and yield parameters evaluated were significantly influenced ( $p < 0.05$ ) by water levels. Sole maize with fertilization obtained the highest yield (4.1 tons/ha) in the irrigated level. In cowpea, the highest yield was obtained in the non-irrigated level with and without fertilization (2.7 tons/ha) and did not present statistical difference in cropping systems. Height and leaf area index and aerial dry matter presented strong positive Pearson correlation with the average crop yield obtained ( $r = 0.96$ ). Intercropping was not efficient in land use in the rainfed treatments with and without fertilization (LER = 0.79 and 0.87, respectively), but was efficient in land use in the irrigated treatments with and without fertilization (LER = 1.04 and 1.18, respectively). In this situation, intercropping maize and cowpea is recommended under rainfed conditions, as this is where the highest cowpea yield was obtained, whereas under irrigated conditions, sole maize cultivation is recommended.

**Key words:** Cultivation systems; irrigation levels; mineral fertilization levels; efficiency of intercropping.

## 1. INTRODUÇÃO

Em Moçambique, o sector agrícola é dominado pela agricultura familiar que ocupa 80% da área cultivada, cujo principal objectivo da produção é a subsistência e apenas os excedentes são destinados à comercialização (Rosário, 2019 & MADER, 2023). Para a maioria da população, o milho (*Zea mays* L.) e feijão nhemba (*Vigna unguiculata* (L) Walp) constituem a base de subsistência e de renda (MASA, 2017).

A cultura de milho ocupa o primeiro lugar na produção de cereais com 39% da área total cultivada, e o rendimento médio situa-se entre 0,7-1,074 ton/ha e o seu rendimento potencial indicado é de 7 ton/ha (MADER, 2023 & FAO, 2022). Por sua vez a cultura de feijão nhemba é a terceira leguminosa mais cultivada depois do amendoim e feijão bóer e o seu rendimento médio situa-se entre 0,1-0,240 ton/ha contra um rendimento potencial de 3 ton/ha (MADER, 2023 & FAO, 2022). Porém os rendimentos têm enorme contraste nas diferentes regiões devido a diferentes condições edafo-climáticas e práticas culturais utilizadas (Souza *et al.*, 2011).

Diante deste contexto, os pequenos agricultores utilizam essas culturas em sistema de cultivo consociado (Andrade *et al.*, 2001; Mushagalusa *et al.*, 2008). A consociação consiste no cultivo de duas ou mais culturas em uma mesma área, pelo menos em parte do ciclo. Esta prática é utilizada com objectivo de maximizar o rendimento, melhorar o aproveitamento dos recursos disponíveis, minimizar a incidência de infestantes, e maximizar a utilização de área e o retorno económico (Araújo, & Maranhão, 2017).

Para tal, deve-se ter em conta a morfologia e fenologia garantindo a complementaridade entre as culturas (Thayamini *et al.*, 2010). O cultivo consociado, para além de reduzir o risco de perda total de produção, promove a estabilidade nutricional do solo através da combinação de espécies com exigências nutricionais diferentes, como é o caso das leguminosas (feijão nhemba) e cereais (milho), onde o milho se beneficia do nitrogénio fixado pelo feijão nhemba a longo prazo (Rodriguez *et al.*, 2020). Esta fixação simbiótica do nitrogénio atmosférico pelas leguminosas, realizada em associação com bactérias do género *Rhizobium*, constitui uma importante forma de fertilização biológica do solo, reduzindo a dependência de adubos minerais e promovendo a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Hungria *et al.*, 2005; Jensen *et al.*, 2020).

Com a definição de arranjos espaciais, a consociação das culturas de milho e feijão nhemba podem absorver eficientemente nutrientes e água em diferentes camadas do solo, uma vez que a sua arquitectura radicular e profundidade de exploração do solo são diferentes, e canópias diferentes permite maximizar a utilização de radiação solar. Assim, há menos competição entre as espécies (Jensen, *et al.*, 2020).

Este trabalho visa avaliar o desempenho do cultivo consociado de milho e feijão nhemba em diferentes níveis de irrigação e adubação mineral, com vista ao aumento da produtividade e produção no posto administrativo de Sábiè.

### **1.1. Problema de estudo e Justificação**

Em Moçambique, a agricultura é uma prática geralmente utilizada entre os pequenos agricultores, sendo caracterizada pela forte dependência das chuvas (errática, mal distribuída e com ocorrência de bolsas de seca dentro da estação chuvosa). A produção é contínua e sem pousio para a reposição dos nutrientes, tornando os solos susceptíveis à degradação, sendo igualmente susceptível ao ataque de pragas, doenças e infestantes, conduzindo os sistemas de produção a baixos níveis de produção e produtividade (Tilman, 2014 & MADER, 2020).

Os baixos níveis de produção e produtividade, sobretudo em regime de sequeiro, estão directamente relacionados à degradação dos solos, à irregularidade das chuvas e a práticas culturais deficientes (Tilman, 2014; MADER, 2020). Essa situação compromete não apenas a sustentabilidade dos sistemas de produção, mas também agrava a vulnerabilidade socioeconómica das famílias rurais, impactando directamente a segurança alimentar (Mudema *et al.*, 2012).

Diante deste contexto, há necessidade de desenvolver e implementar estratégias agrícolas que aumentem a resiliência dos sistemas de produção frente às condições climáticas adversas, ao mesmo tempo que promovam a segurança alimentar e a conservação dos recursos naturais (Alves *et al.*, 2009 & Albuquerque *et al.*, 2012).

A prática do cultivo consociado, amplamente adoptada pelos pequenos agricultores, apresenta potencial em aumentar a produtividade por unidade de área, diversificar a produção, reduzir a incidência de pragas, doenças e infestantes e conserva o solo e a água (Souza *et al.*, 2011).

Em Moçambique, em particular a Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF) tem realizado vários estudos de pesquisa sobre milho e feijão nhemba. Alguns temas de pesquisa estão relacionados ao controlo de infestantes, pragas, doenças, adubação, densidade radicular,

entre outros. Contudo, na zona Sul do país onde as chuvas são irregulares e erráticas há necessidade de desenvolver pesquisas em relação a consociação de milho e feijão nhemba como forma de minimizar a insegurança alimentar e perda total da produção. Neste contexto foi realizado um ensaio no distrito de Moamba, no Centro de Desenvolvimento Agrário de Sábiè, sobre o desempenho do cultivo consociado de milho e feijão nhemba em diferentes níveis irrigação e adubação mineral.

## **1.2. Objectivos**

### **1.2.1. Geral**

- Avaliar o desempenho do cultivo consociado de milho e feijão nhemba em diferentes níveis de irrigação e adubação mineral.

### **1.2.2. Específicos**

- Avaliar o efeito de níveis de irrigação e adubação mineral sobre os parâmetros agronômicos de milho e feijão nhemba no sistema de cultivo consociado.
- Determinar a relação entre os parâmetros de crescimento e o rendimento das culturas.
- Determinar o índice de uso de terra equivalente do cultivo consociado de milho e feijão nhemba em diferentes níveis de irrigação e adubação mineral.

### **1.2.3. Hipóteses**

- A irrigação e adubação mineral aumentam o rendimento de milho e feijão nhemba no sistema de cultivo consociado;
- Os parâmetros de crescimento influenciam significativamente o rendimento das culturas;
- O aumento de nível da irrigação proporciona maior índice de uso de terra equivalente no cultivo consociado de milho e feijão nhemba sob adubação mineral.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Consociação de Culturas

O cultivo consociado consiste na ocupação de uma mesma área por duas ou mais culturas concomitantemente, geralmente de ciclos, arquitectura vegetativa e radicular diferentes, estas culturas podem ser ou não semeadas no mesmo período, mas durante uma parte do ciclo, ocorre uma interacção entre elas (Filho & Maranhão, 2017).

Esta prática é mais comum utilizada em propriedades de pequenos agricultores que possuem pouco recurso para produzir e é uma grande aposta na soberania alimentar, esses agricultores procuram intensificar o retorno desse cultivo, otimizando os baixos níveis tecnológicos e apostando na agricultura familiar (Alves, 2009). A consociação de culturas proporciona maiores produtividades por unidade de área protege o solo contra a erosão, auxilia no controle de infestantes (Devide *et al.*, 2009). E reduz a incidência de pragas e doenças nas culturas consociadas, proporcionando lucros ao agricultor, além de diversificar as fontes de renda (Alves *et al.*, 2009 & Albuquerque *et al.*, 2012), melhora as condições físicas do solo como aumento na macroporosidade e porosidade total (Chioderoli *et al.*, 2012) e oferece maior diversidade de produtos para o agricultor, reduzindo os riscos de insucesso da actividade (Albuquerque *et al.*, 2012).

Assim, a selecção de culturas que diferem em capacidade competitiva no tempo ou espaço é essencial para um sistema de cultivo consociado eficiente, bem como decisões sobre a data de sementeira, densidade e arranjo, o desempenho do sistema consociado é governado em grande parte pela disponibilidade e pela competição pelos recursos ambientais, a pesquisa mostrou que as culturas consociadas são mais produtivas quando as culturas componentes diferem em duração de crescimento (Wien e Smithson, 1981; Smith e Francis, 1986; Fukai e Trenbath, 1993; Keating e Carberry, 1993).

A consociação de cereais e leguminosas é uma prática agronómica importante na qual a eficiência do sistema é superior à das espécies componentes cultivadas individualmente (Zhang, *et al.*, 2021). Esta prática tem vários benefícios em relação ao cultivo puro (Renwick *et al.*, 2020), esses benefícios podem ter sido alcançados por meio de associações simbióticas e interacções de complementaridade entre espécies componentes de recursos limitados (Brooker, *et al.*, 2016), os benefícios podem ser ainda maiores quando uma leguminosa é seleccionada como uma cultura componente, pois pode suplementar parte de seu nitrogénio fixado para outras culturas componentes (Rodriguez *et al.*, 2020).

Os cereais são culturas que esgotam nutrientes e colectam nutrientes das camadas mais altas do solo (Ali *et al.*, 2012).

Foi relatado que o cultivo consociado de cereais e leguminosas conserva o solo e a água (Anil *et al.*, 1998), fornece rendimento estável (Lithourgidis *et al.*, 2006). Devido à capacidade da leguminosa de se adaptar a solos degradados, os pequenos agricultores frequentemente praticam cultivos consociados de cereais e leguminosas (Begam *et al.*, 2020).

O cultivo consociado de feijão nhemba e milho é feito com o objectivo de melhor uso da água e da terra, melhor aproveitamento da mão-de-obra, reduzir o risco de perdas de produção, protecção do solo e aumentar a oferta de alimentos. O feijão nhemba é geralmente consociado com o milho, mapira, mexoeira e mandioca (Moura *et al.*, 2009; Souza *et al.*, 2011 e *ibidem*, 2017).

A consociação de feijão nhemba e milho baseia-se na complementaridade, prática que promove maior diversidade biológica na área de cultivo, favorecendo o controlo natural de pragas e o equilíbrio dos ecossistemas, onde a leguminosa, fixa nitrogénio no solo, melhorando sua fertilidade e, conseqüentemente, beneficiando o milho, a fixação biológica de nitrogénio reduz a necessidade de fertilizantes nitrogenados, diminuindo os custos e o impacto ambiental (Silva, 2001).

Carvalho *et al.* (2017), pesquisando consociação de milho com feijão nhemba, afirma que a consociação apresenta um maior retorno para o produtor, resultado semelhante obtiveram Santos *et al.* (2016), que confirmam que a consociação entre milho e feijão há um melhor aproveitamento da área e retorno econômico.

Foi relatado que a consociação de milho com feijão nhemba reduz a evaporação de água no solo e melhora a conservação da humidade do solo em comparação com o cultivo puro de milho (Ghanbari *et al.*, 2010).

## **2.2. Tipos de Consociação entre Milho e Feijão nhemba**

### **2.2.1. Consociação em faixas temporais escalonadas “*relay intercropping*”**

A consociação em faixa temporal caracteriza-se pela sementeira de duas ou mais culturas em momentos diferentes, de maneira que seus ciclos se sobreponham parcialmente, resultando em interação entre as culturas componentes (Portes, 2010).

A prática de semear o feijão nhemba antes do milho em sistemas de consociado é adoptada para minimizar a competição entre as culturas e otimizar a produtividade, geralmente, o feijão nhemba é semeado de 15 a 45 dias antes do milho, o que reduz a forte competição sobre a leguminosa, comum em sementeira simultânea, no entanto, essa prática pode apresentar desafios, como a redução na produtividade do milho e dificuldades nas operações e tratos culturais (EMBRAPA/CNPMS, 1977).

Estudos feitos por Teixeira e Ramalho (1984), indicam que a sementeira antecipada de 15 dias do feijão nhemba em relação ao milho pode aumentar a produção do feijão nhemba e reduz a do milho, devido ao atraso na sementeira e também pela concorrência que as plantas de milho sofrem com as de feijão nhemba já crescidas no início do desenvolvimento.

A prática de semear o milho antes do feijão nhemba em sistemas consociados tem como objectivo principal garantir o estabelecimento inicial da cultura do milho, que é mais exigente em termos de recursos, como luz, água e nutrientes. Essa estratégia reduz a competição pelo feijão nhemba e favorece o desenvolvimento inicial do milho. Machado *et al.* (2008), a sementeira do milho com antecedência de 10 a 15 dias em relação ao feijão nhemba promove uma maior produtividade do milho, sem comprometer significativamente o rendimento do feijão, desde que maneado adequadamente o espaçamento e a densidade populacional.

Alves *et al.* (2013), observaram que a sementeira escalonada, com o milho precedendo o feijão nhemba, favorece o manejo mecânico das culturas e reduz a competição directa nos estágios iniciais, o que é benéfico em regiões com limitada disponibilidade hídrica ou solos de baixa fertilidade.

O atraso na sementeira do feijão nhemba pode resultar em menor acúmulo de biomassa e menor fixação biológica de nitrogênio, como apontado por Souza *et al.* (2010), sendo necessária uma análise criteriosa das condições edafo-climáticas locais e dos objectivos.

### **2.2.2. Sementeira simultânea**

A sementeira simultânea de milho e feijão nhemba é uma prática agrícola que visa otimizar o uso da terra e dos recursos disponíveis, essa prática pode ser realizada de diferentes maneiras, incluindo:

- Sementeira na mesma linha: Ambas as culturas são plantadas juntas na mesma linha;
- Sementeira entre as linhas: O feijão nhemba é semeado entre as linhas de milho;
- Sementeira em faixas alternadas: Linhas de milho e feijão nhemba são alternadas em faixas.

A escolha do arranjo de sementeira depende de factores como o tipo de solo, clima e os objectivos específicos do agricultor. A sementeira simultânea pode proporcionar vantagens como melhor aproveitamento dos fertilizantes e economia de tempo e mão-de-obra, uma vez que a operação de sementeira das duas culturas pode ser realizada com uma única passagem do implemento (EMBRAPA/CNPMS, 1977).

#### **a) Feijão nhemba semeado dentro da linha do Milho**

A prática de semear o feijão nhemba dentro da linha do milho em sistemas de consociado apresenta diversas vantagens agronômicas e operacionais. De acordo com a Embrapa (1977), essa técnica facilita o cultivo, pois a distribuição das duas culturas na mesma linha permite o uso de cultivadores de tracção animal ou mecanizada.

Teixeira e Ramalho (1984), afirmam que o feijão nhemba substitui as infestantes que normalmente ocorrem dentro da linha do milho, competindo menos com o milho do que as infestantes, outra vantagem é o melhor aproveitamento dos fertilizantes, já que o milho explora os nitratos que estão disponíveis no solo enquanto as leguminosas privilegiam a fixação simbiótica, há também economia de tempo e mão-de-obra, especialmente quando se utiliza uma sementeira desenvolvida para essa finalidade, permitindo a sementeira simultânea das duas culturas com uma única passagem da máquina. Estudo feito por Andrade *et al.* (1974) e Cecilia & Viera (1978) indicam que a sementeira simultânea do feijão nhemba na linha e na entrelinha do milho resulta em maior produtividade de feijão nhemba, embora possa reduzir os rendimentos do feijão nhemba, ele se mostra mais eficiente que no cultivo puro, com índices de equivalência de área superiores. No mesmo estudo sobre a consociação de milho e feijão nhemba, observou-se que o milho consociado com o feijão nhemba cresceu menos devido à competição com feijão nhemba.

## **b) Feijão semeado entre as linhas do Milho**

Estudo feito por Andrade *et al.* (1974) e Cecilia & Viera (1978) mostraram que o feijão nhemba semeado entre as linhas do milho, o milho não é afectado principalmente quando a sua densidade de sementeira é igual à do cultivo puro, (Lima *et al.*, 1987), concluíram que a presença de feijão nhemba independentemente da densidade de plantas não afectou o milho.

Pereira Filho *et al.* (1991), concluíram que o aumento na densidade de plantas de milho reduziu linearmente a produtividade do feijão nhemba, com relação ao milho, composto pelo mesmo número de plantas por hectare no cultivo puro, o rendimento médio do consociado foi de (1,737 kg/ha) superou o rendimento médio no cultivo puro de (1,500 kg/ha).

## **c) Sementeira de Milho e Feijão nhemba em faixas alternadas “*Strip Intercropping*”**

A prática de sementeira de milho e feijão nhemba em faixas alternadas é uma estratégia de consociação que visa otimizar o uso da terra e dos recursos disponíveis, nesse sistema, as culturas são semeadas em faixas paralelas, permitindo um manejo mais eficiente e mecanizado.

De acordo com a Embrapa (1977), a sementeira em faixas alternadas tem sido proposta principalmente para facilitar as operações agrícolas, uma vez que as culturas em faixas podem ser conduzidas de maneira semelhante ao cultivo puro, na literatura, são encontradas várias proposições para esse sistema, incluindo arranjos como 2 linhas de milho alternadas com 4 de feijão nhemba, 3 de milho com 6 de feijão nhemba, ou 4 de milho com 2 de feijão nhemba.

Estudo feito por Pereira Filho *et al.* (1991), indicam que o consocio de milho e feijão nhemba em faixas alternadas pode resultar em uma redução na produtividade do feijão nhemba em comparação ao cultivo puro, no entanto, essa redução é compensada pelo aumento na eficiência do uso da terra e pelo retorno econômico proporcionado pelo sistema consociado.

António Teixeira e Magno Ramalho (1984), a sementeira em faixas alternadas permite um melhor manejo das culturas, facilitando a aplicação de insumos e a colheita, especialmente quando se utiliza mecanização agrícola, essa disposição espacial também pode reduzir a competição entre as culturas por luz, água e nutrientes, contribuindo para um desenvolvimento mais equilibrado das plantas.

### **2.3. A Cultura de Milho**

O milho é um cereal, originado da América, mais especificamente no México, é uma planta monocotiledónea pertencente a família das Poaceae e género *Zea*. É uma herbácea, monoica, portanto possuem os dois sexos na mesma planta em inflorescências diferentes, completa seu ciclo em quatro a cinco meses, pertence ao género de plantas C4 que tem por característica alta eficiente na fixação de CO<sub>2</sub> (Fancelli *et al.*, 2006).

O milho é o cereal mais eclético do mundo e uma das culturas de maior importância económica dada a sua grande importância na alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria, em Moçambique, este cereal é cultivado quase em todas zonas agro-ecológicas, apresentando diferenças no rendimento devido ao clima, práticas culturais, tipo de solo, pragas e doenças.

#### **2.3.1. Necessidades de Água da Cultura de Milho**

Para uma boa produção a cultura do milho necessita de 400 a 600 mm de água (Machado, 2016), sendo umas das culturas mais eficiente no uso da água, isto é, produz grande quantidade de matéria seca por unidade de água absorvida.

O consumo de água pela planta, nos estágios iniciais de crescimento, num clima quente e seco, raramente excede 2,5 mm/dia, durante o período compreendido entre a pré-floração e a maturação, o consumo pode-se elevar para 5 a 7,5 mm diários, mas se a temperatura estiver muito elevada e a humidade do ar muito baixa, o consumo de água poderá chegar até 10 mm/dia (Cruz *et al.*, 2006).

#### **2.3.2. Efeitos de Irrigação no Rendimento de Milho**

O conhecimento das necessidades hídricas da cultura é fundamental para maximizar a produtividade, no entanto, o manejo da irrigação requer uma estimativa sistemática do estado energético de água no solo para que a lâmina total de água necessária para cada cultura atenda às exigências hídricas das plantas cultivadas em sistema do cultivo puro (Lima *et al.*, 2016, & SILVA, 2016; Souza *et al.*, 2016, & Mesquita, 2016), ou consociado (Osti *et al.*, 2016 & Conceição, 2019), de maneira que o excesso ou déficit de água não implique em stresse para as plantas causando perdas na produção.

A falta de água na cultura de milho pode acarretar em prejuízos na disponibilidade, absorção e transporte de nutrientes, é de extrema importância o fornecimento da água à cultura,

principalmente na fase reprodutiva no período de pendoamento ao enchimento de grão, sendo a fase crucial 15 antes e 15 depois do pendoamento (Silva *et al.*, 2010), por exemplo, se na fase de florescimento, a cultura passar por dois dias de stress hídrico o rendimento é reduzido em 20%, se o stress hídrico se estender de quatro a oito dias o rendimento reduz em torno de 50% (MORAES, 2009).

Souza *et al.* (2011), estudando a resposta produtiva, eficiência do uso de água e a viabilidade económica de cultivos de milho e de feijão nhemba em sistemas de cultivo puro e consociado numa região semiárida, utilizando a variedade Catingueiro e Pujante para milho e feijão nhemba, respectivamente, obtiveram para o milho um rendimento de 3,9 Mg ha<sup>-1</sup> com uma lâmina de irrigação de 499 mm e 3,5 Mg ha<sup>-1</sup> para o cultivo consociado numa lâmina de irrigação de 558 mm, verificou-se ainda para o milho um aumento linear de rendimento com o aumento da lâmina de irrigação, estes resultados foram explicados pelo facto de a variedade utilizada ser adaptada às condições semiáridas, o rendimento médio do milho em cultivo consociado com o feijão nhemba, teve um decréscimo de 13% em relação ao cultivo puro que obteve cerca de 3,9 Mg ha<sup>-1</sup>.

Ferreira *et al.* (2010) estudando a performance produtiva da consociação de milho e feijão nhemba e disponibilidade hídrica do solo, observaram também, um comportamento crescente nas variáveis de produção do milho em função das lâminas totais de irrigação. As componentes de produção apresentaram maior variabilidade positiva em resposta ao aumento da lâmina de irrigação e com implicação directa no aumento de produtividade de grãos, observou-se que a medida que aumentou a lâmina de irrigação houve um crescente aumento no rendimento (Azevedo *et al.*, 2011).

### **2.3.3. Efeito de Adubação Mineral no Crescimento e Rendimento de Milho**

A nutrição das plantas é um factor essencial para o desempenho dum cultura, principalmente no crescimento e desenvolvimento, é a partir da adubação que as plantas adquirem minerais essenciais no solo, nas folhas, caso a adubação seja foliar, porém, a adubação no solo continua sendo a principal via de aplicação de nutrientes para as plantas (Barbosa, 2017).

O nitrogénio é muito essencial no metabolismo vegetal, pois participa directamente na síntese de proteínas e clorofila sendo muito importante no estágio inicial de desenvolvimento da planta, interferindo directamente na fotossíntese das plantas (Araújo *et al.*, 2002; Fontoura *et al.*, 2009).

Segundo Araújo (2004), estudando a resposta do milho á adubação nitrogenada em sistema do cultivo consociado com o feijão nhemba na proporção 2:1, e puro, para tal, usou as doses de 0, 60,120,180,240 kg/ha de nitrogénio e observou que o efeito das doses de nitrogénio foi linear, ou seja, que a produtividade dos grãos do milho e o total de nitrogénio acumulado aumentou consoante o aumento das doses de nitrogénio, a maior produtividade de grãos foi alcançada com a maior dose de nitrogénio que corresponde a 240 kg/ha e a menor valor observado foi na parcela (sem adubação), esse aumento indica que a disponibilidade de nitrogénio foi um factor limitante na produtividade de grãos.

Por outro lado, verificou-se um aumento linear da altura das plantas e peso do grão concomitante com as doses de N, atingindo valores de 2,22 m para a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>, O mesmo resultado foi obtido por Ohland *et al.* (2004), avaliando as mesmas doses de nitrogénio no milho, salientando que isso é devido ao maior crescimento vegetativo das plantas de milho em resposta à adubação nitrogenada, sugere ainda, fazer uma adubação de fundo e trinta 30 DAE proceder com a adubação de cobertura, com ureia a uma dose que varia de 10 a 140 kg ha<sup>-1</sup>.

Yilmaz *et al.* (2007) avaliando os efeitos de diferentes arranjos populacionais sobre características morfológicas em diferentes doses nitrogenada, observaram aumento na produtividade de grãos do milho, comparado ao cultivo puro, em todas as combinações com feijão nhemba.

#### **2.4. A cultura de Feijão Nhemba**

O feijão nhemba pertence à família das Fabáceas, é uma planta herbácea, anual, com morfologia variável, consoante as cultivares. O sistema radicular do feijão nhemba é aprumado e superficial e possui nódulos nas raízes laterais devido á simbiose com o rizóbio (*Rhizobium* Bactéria fixadora do Azoto Atmosférico), tem duração do ciclo entre 53-180 dias, a planta pode ser erecta, semi-erecta, prostrada ou trepadeira dependendo da variedade cultivada, estas são fotossensíveis de dias curtos. É originário da África Austral e é cultivado em vários países como África do Sul, Botswana, Zimbabwe e Moçambique (Chiulele, 2015).

Em Moçambique, o feijão nhemba tem importância socioeconómica como cultura de subsistência, especialmente nas zonas rurais (Santos *et al.*, 2017), e considerado excelente fonte de proteína, adapta-se a climas quentes e húmidos, cresce em solos pouco ácidos a neutros de baixa fertilidade, mais tolerante à seca que a soja e é uma cultura adaptada nas zonas costeiras (Chiulele, 2015).

#### **2.4.1. Necessidades de Água da Cultura de Feijão nhemba**

O feijão nhemba é uma cultura adaptada a condições semi-áridas e apresenta certa tolerância à seca, as necessidades hídricas dessa cultura variam conforme o estágio de desenvolvimento e as condições edafoclimáticas (Júnior *et al.*, 2002; Souza *et al.*, 2011).

De acordo com a Embrapa (2017), o consumo de água do feijão nhemba pode variar de 300 mm a 450 mm por ciclo, na fase inicial, o consumo hídrico diário não excede 3,0 mm; entretanto, é importante atentar para o período de germinação e início do período vegetativo, pois a planta é muito sensível nessa fase, durante o florescimento e enchimento de vagens, o consumo diário pode variar entre 5,0 mm a 8,0 mm.

A baixa disponibilidade de água no solo é um factor limitante na produção do feijão nhemba, especialmente em três estágios críticos, que são a germinação, florescimento e enchimento de grãos (Soratto *et al.*, 2003).

#### **2.4.2. Efeitos de Irrigação no Rendimento de Feijão nhemba**

Segundo Silva *et al.* (2018), o feijão nhemba é cultivado principalmente por pequenos agricultores, que na maioria das vezes negligenciam os aspectos técnicos do manejo da cultura. Embora o feijão nhemba esteja adaptado a diversas condições edafoclimáticas, com predominância em regiões tropicais (Teixeira *et al.*, 2010), ele pode apresentar baixas produtividades quando for submetido às práticas inadequadas de manejo (Cardoso & Ribeiro, 2006), principalmente quanto ao manejo da água no solo.

Carvalho *et al.* (2000), avaliando o efeito do déficit hídrico sobre a produção de feijão nhemba, verificaram que a fase de maior sensibilidade ao déficit hídrico foi a de crescimento, seguida da floração e frutificação. A redução ou interrupção completa do crescimento é considerada a mais séria consequência fisiológica da deficiência hídrica para as plantas, uma vez que compromete o alongamento celular (Cairo, 1995 & Larcher, 2006).

Souza *et al.* (2011), avaliando a eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão nhemba sob sistemas de cultivo puro e consociado num clima semiárido, concluíram que o rendimento do grão do feijão nhemba foi menor no cultivo consociado em relação ao cultivo puro sendo 0,63 e 1,38 Mg ha<sup>-1</sup> com aplicação de 501 e 449 mm de água respectivamente, para o feijão nhemba a redução foi de 66% do rendimento máximo em cultivo consociado.

No mesmo estudo, no feijão nhemba em cultivo puro, obteve-se na lâmina máxima de irrigação de 476 mm, correspondente a 125% da ET<sub>p</sub>, um rendimento de grão de 1,3 Mg ha<sup>-1</sup>, Porém o

rendimento do grão máximo (1,4 Mg ha<sup>-1</sup>) foi observado na lâmina de irrigação correspondente a 100% da ETp (449 mm), porém a aplicação da lâmina de 125 % da ETp foi prejudicial no rendimento do grão de feijão nhemba, no cultivo consociado, o rendimento máximo de feijão nhemba (0,623 Mg ha<sup>-1</sup>) foi observado na lâmina de irrigação correspondente a 125% da ETp (520 mm).

Mirbahar *et al.* (2009) observou que diferentes níveis de stress hídrico reduziram significativamente a altura da planta em variedades de feijão nhemba consociado com milho. A altura da planta no feijão nhemba tem demonstrado ser menor nas condições de stress hídrico (Hiler *et al.*, 1972). Summerfield *et al.* (1986), demonstrou que plantas de feijão nhemba que passaram por stress hídrico tiveram uma redução em tamanho e número de ramos.

#### **2.4.3. Efeitos de Adubação Mineral no Crescimento e Rendimento de Feijão nhemba**

O feijão nhemba, absorve durante o seu ciclo de vida uma quantidade de nitrogénio superior a 100 kg ha<sup>-1</sup> e é considerada uma planta de boa capacidade de nodulação e eficiente sistema de fixação de nitrogénio, dispensando deste modo a adubação nitrogenada, Porém, em regiões recém-desmatadas, com teor de matéria orgânica menor que 10 g kg<sup>-1</sup> de solo, geralmente apresentam deficiência de nitrogénio, Nessas condições, recomenda-se a aplicação de 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogénio 15 DAE (Júnior *et al.*, 2010).

Távora *et al.* (2007), avaliando o comprimento de vagens do feijão nhemba sob diferentes doses de adubação de potássio em consocio com o milho na proporção 1:1, e puro, observou que não houve diferença estatística, Costa e Silva (2008), observando sistemas de consociado de milho e feijão nhemba, constataram que no sistema consociado, o número de vagens por planta de feijão sofreu redução significativa em relação ao cultivo puro, sendo o factor que mais contribuiu para a queda da produtividade, enquanto os demais componentes, número de sementes por vagem e peso de 100 sementes, não diferiram do cultivo puro.

No âmbito da avaliação da consociação de milho e feijão nhemba sob adubação nitrogenada, Távora *et al.* (2007), avaliando o sistema de consociado do milho e feijão nhemba em séries de substituição, constataram que o cultivo consociado na proporção, feijão nhemba (75%) e milho (25%), obtiveram redução na produção de feijão nhemba de 38%, Esse decréscimo de produção, segundo o mesmo autor ocorreu devido a menor habilidade competitiva da leguminosa pelos factores de produção, destacando-se água, nutrientes e luz, este último resultante do sombreamento causado pelas culturas mais altas, afectando a actividade fotossintética do feijão nhemba.

Entretanto, Melo *et al.* (2013), constatou um efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para o rendimento de grão e número de vagens por planta em relação as doses de adubação nitrogenada, salientado que o resultado é explicado pelo efeito da irrigação nos períodos de falta de chuva.

## **2.5. Índice de Área Foliar (IAF)**

O Índice de área foliar (IAF) é uma variável que relaciona o vigor das plantas ao seu rendimento, ou seja, a eficiência na intercepção e utilização da radiação solar. Este, pode ser obtido de forma directa, relacionando a área foliar da planta e a área da cobertura da copa, entretanto, métodos indirectos são comumente utilizados para sua estimativa devido a necessidade de praticidade (Souza, 2018), a área foliar de uma planta depende do número e do tamanho das folhas e, conseqüentemente, do estágio de desenvolvimento da planta, fertilidade do solo, disponibilidade hídrica, condições climáticas, densidade de plantas e do material genético. Este parâmetro representa a capacidade que a comunidade de plantas tem de explorar o espaço disponível. Geralmente, a dinâmica da área foliar aumenta até um limite máximo, no qual permanece por algum tempo, decrescendo em seguida, devido à senescência das folhas.

Dado que a fotossíntese depende da área foliar, o rendimento da cultura será maximizado quanto mais rápido se atingir o IAF máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer activa (Manfron *et al.*, 2003 e Müller *et al.*, 2005).

O conhecimento da dinâmica do IAF é importante na avaliação de várias práticas culturais como adubação, irrigação e densidade de plantas, portanto, a aplicação racional das práticas culturais, como é o caso de adubação e irrigação, contribui no melhoramento da produtividade de água assim como do rendimento da cultura (Favarin *et al.*, 2002). Estudo realizado por Souza *et al.*, (2014), avaliando o crescimento e produtividade do milho e feijão nhemba em diferentes sistemas do cultivo e disponibilidade hídrica num clima semiárido utilizando um compasso de 0,5 x 0,5 metros para milho e 1 x 0,8 metros para o feijão nhemba, observaram para a cultura de milho um IAF máximo (2,95 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) 60 dias após a sementeira com a aplicação da lâmina de 100% ET<sub>p</sub> no cultivo puro, enquanto no cultivo consociado verificou-se uma redução de cerca de 6,5; 24,9; 23,4; 3,3 e 7,3% nos valores máximos do IAF, para o cultivo consociado de milho e feijão nhemba nas lâminas de irrigação de 125, 100, 75, 50, 0, respectivamente, apontando a competição na mesma área como o principal factor. No mesmo estudo, o IAF máximo do feijão nhemba (4,77 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) foi obtido 56 dias após a sementeira no nível de água correspondente a 100% ET<sub>p</sub>, neste nível, considerado ideal, houve um atraso para a ocorrência do valor máximo de IAF; o que foi explicado pelo facto de nesse tratamento a senescência foliar ter sido retardada.

Num estudo realizado por Filho (2000), avaliando a resposta de milho e feijão nhemba em cultivo consociado num clima semiárido não obtiveram efeito significativo do cultivo consociado no crescimento das plantas, o IAF do milho e feijão nhemba em cultivo puro foi de 3,36 e 2,8 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> e em cultivo consociado, obteve-se 1,6 e 1,39 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, respectivamente, como a densidade populacional do cultivo consociado foi de 50% do cultivo puro de cada cultura, a diminuição do IAF foi apenas aparente, Estes resultados foram explicados pelo facto de a cultura de milho alterar a cobertura da canópia, criando sombreamento para a cultura de feijão nhemba.

## 2.6. Métodos de Avaliação do Desempenho Sistema de Cultivo Consociado

A eficiência da consociação esta relacionada aos tipos de culturas envolvidas, devendo existir uma complementação temporal e espacial entre ambas para o sucesso do mesmo, vários índices têm sido utilizados para avaliar a eficiência agronómica/biológica dos sistemas consociados tais como, índice de uso eficiente de terra (LER), índice de agressividade (A), índice perda ou ganho atual de rendimento (PGR) entre outros (Dutra, 2012).

O índice de uso de terra equivalente é um dos índices mais usados para estimar a eficiência do cultivo consociado relativamente ao cultivo puro com recurso a equação publicada por (Da Costa e Silva 2008) e ainda por (Neto e Gomes 2008),

$$LER = \left( \frac{RMC}{RMP} + \frac{RFC}{RFP} \right) \left( \frac{\text{kg ha}^{-1}}{\text{kg ha}^{-1}} \right)$$

Onde:

- LER – Índice de uso de terra equivalente do cultivo consociado;
- RMC – Rendimento do milho em cultivo consociado (kg ha<sup>-1</sup>);
- RMP – Rendimento do milho em cultivo puro (kg ha<sup>-1</sup>);
- RFC – Rendimento do feijão nhemba em cultivo consociado (kg ha<sup>-1</sup>);
- RFP – Rendimento do feijão nhemba em cultivo puro (kg ha<sup>-1</sup>),

O cultivo consociado será considerado eficiente relativamente ao cultivo puro no caso onde o índice de uso de terra equivalente for superior a unidade (1). O estudo realizado por Joaquim (2019) avaliando a produtividade de água e desempenho das culturas de milho e feijão nhemba em sistema de cultivo consociado e puro sob diferentes níveis de adubação mineral. Observou que o cultivo consociado foi eficiente no uso de terra, com exceção a consociação em regime de sequeiro quando adubado em que o LER foi inferior a um.



No distrito de Moamba, os solos predominantes são de origem aluvionar e basáltico, vermelhos, pedocálicos, pardos, hidromórficos, planos de textura média e profundidades que variam desde a marginal até a boa e os solos dos vales do Incomáti e do Sábiè são aluvionares e têm fertilidade média a elevada mostrando uma boa aptidão agrícola (MAE, 2005).

Na área de estudo, nos últimos 3 anos foram cultivadas as culturas de milho e feijão nhemba, em que no ano de 2021 foi cultivada a cultura de milho Matuba, no ano 2022 permaneceu em pousio e no ano de 2023 avaliou-se o desempenho das culturas de milho (Matuba) e feijão nhemba (Nhassenje) em diferentes níveis de irrigação e adubação mineral.

### **3.2. Delineamento Experimental e Descrição dos Tratamentos**

O delineamento experimental usado foi de blocos completos casualizados em arranjo factorial, com três factores. Os factores foram, irrigação: 2 níveis (irrigado e sequeiro); adubação: 2 níveis (sem e com adubação) e sistema de cultivo: 3 sistemas de cultivo (milho puro, feijão nhemba puro e consociação de milho e feijão nhemba). O sistema de consociação constituiu na adição alternada de linhas de feijão nhemba entre de milho, perfazendo assim uma consociação de 100% de Milho e 50 % de feijão nhemba. Deste modo, o ensaio ficou constituído pela combinação de 2×2×3, totalizando 12 tratamentos, com 4 repetições de modo a controlar a variabilidade de fertilidade do solo, o que resultou num total de 48 parcelas, cada uma com um tamanho individual de (4 m X 3,2 m).

Para a cultura de milho, utilizou-se a variedade Matuba, uma das principais variedades usadas devido à grande adaptabilidade e por ser uma das mais rentáveis. Tem um rendimento de 7 a 10 ton/ha em condições de sustentabilidade, com um ciclo de 120 a 140 dias, é resistente ao míldio e listrado, apresenta grão branco e duro com boa eficiência de utilização de nitrogénio (PANNAR, 2019). A variedade adapta-se a vários tipos de solos, mas os melhores para a produção são os profundos permeáveis e ricos em húmus, com pH que varia de 5 a 7,5. A sua produção é recomendada a zonas baixas e sul do país (Fato *et al.*, 2011).

Para a cultura feijão nhemba, utilizou-se a variedade Nhassenje, uma das variedades locais de feijão nhemba cultivada no país. O seu tipo e hábito de crescimento são indeterminados e prostrados, tamanho do grão pequeno, cor do grão creme claro e ciclo longo, cerca de 120 a 180 dias. É sensível ao fotoperiodismo, número de colheita até 4 vezes durante o ciclo, e um rendimento que varia de 1,2 a 3 ton/ha (IIAM, 2010). A variedade é adaptada a diferentes regiões do país e é tolerante a certas doenças como ferrugem e mosaico dourado (Taimo & Calegari, 2007).

Tabela 1: Descrição dos Tratamentos.

Tratamentos	Código	Factores			Descrição dos tratamentos
		Irrigação	Adubação	Cultivo	
T1	MN0I0	0	0	Milho	Cultivo puro de milho sem adubação+sem irrigação
T2	MN0I1	1	0	Milho	Cultivo puro de milho + irrigação e sem adubação
T3	MN1I0	0	1	Milho	Cultivo puro de milho sem irrigação + adubação
T4	MN1I1	1	1	Milho	Cultivo puro de milho + irrigação + adubação
T5	FN0I0	0	0	Feijão nhemba	Cultivo puro de feijão nhemba sem irrigação e sem adubação
T6	FN0I1	1	0	Feijão nhemba	Cultivo puro de feijão nhemba + irrigação e sem adubação
T7	FN1I0	0	1	Feijão nhemba	Cultivo puro de feijão nhemba sem irrigação + adubação
T8	FN1I1	1	1	Feijão nhemba	Cultivo puro de feijão nhemba + irrigação + adubação
T9	100M50FN0I0	0	0	Milho e feijão nhemba	Cultivo consociado de 100% de Milho + 50 % de feijão nhemba sem irrigação e sem adubação
T10	100M50FN0I1	1	0	Milho e feijão nhemba	Cultivo consociado de 100% de Milho + 50 % de feijão nhemba + irrigação e sem adubação
T11	100M50FN1I0	0	1	Milho e feijão nhemba	Cultivo consociado de 100% de milho + 50% de feijão nhemba sem irrigação + adubação
T12	100M50FN1I1	1	1	Milho e feijão nhemba	Cultivo consociado de 100% de milho + 50% de feijão nhemba irrigação + adubação

### 3.3. Maneio do Ensaio

A preparação do solo consistiu numa lavoura manual com enxada, que incluiu a remoção de infestantes, pedras e a quebra dos torrões que pudessem dificultar o cultivo. Esta operação ocorreu três semanas antes da sementeira. No dia 23 de dezembro, quatro dias antes da sementeira realizou-se uma limpeza devido à presença de infestantes.

A sementeira foi realizada no dia 27 de dezembro de 2023, a um compasso de 0,8 m x 0,3 m para a cultura de milho consociado e puro, feijão nhemba consociado foi de 1,6 m x 0,3 m e para feijão nhemba puro foi de 0,6 m x 0,3 m, usando-se duas sementes por covacho (Normas técnicas da FAEF, 2006).

A emergência de milho ocorreu 5 dias após a sementeira e a taxa de germinação foi de 80%. E a emergência do feijão nhemba ocorreu 4 dias após a sementeira com uma taxa de germinação de 90%. Aos 7 DAE, realizou-se a retanchar em ambas culturas, com objectivo de alcançar a densidade de plantas desejada. O desbaste foi realizado aos 16 DAE para ambas culturas, mantendo-se uma planta por covacho.

A adubação foi realizada em duas aplicações, a primeira aplicação, (adubação de fundo) foi realizada durante a sementeira, utilizando o composto NPK com a formulação 12-24-12. Aplicou-se um total de 200 kg/ha de NPK (dose recomendada por Normas técnicas da FAEF, 2006), sendo 67 kg/ha de N (um terço de 200 kg/ha de NPK), na adubação de fundo, correspondendo 558 kg/ha de NPK (12-24-12). E os 133 kg/ha restantes foram aplicados na adubação de cobertura, aos 61 DAE, com ureia (46% N). A adubação foi feita de forma localizada em linha, a 10 cm de distância da planta e a 5 cm de profundidade, somente na cultura de milho e nos tratamentos com factor adubação, (Anexo 7.2).

Para o controlo da lagarta do funil (*Spodoptera frugiperda*) e broca do milho (*Busseola fusca*) na cultura de milho utilizou-se o pesticida Belt a uma dose de 220 ml/ha. As aplicações foram realizadas com um pulverizador de 16 L, com uma frequência quinzenal, alternando-se os pesticidas para evitar o desenvolvimento de resistências. Na cultura de feijão nhemba fez-se controlo preventivo contra afídeos (*Aphis spp*), lagartas americanas (*Helicoverpa armigera*) e besouro de folha (*Ootheca mutabilis*) com o pesticida Cipermetrina a uma dose de 250 ml/ha e Karate a uma dose de 250 ml/ha. Foram realizadas duas sachas (a primeira foi realizada aos 30 DAE e a última aos 50 DAE). As sachas foram realizadas manualmente com enxada, garantindo assim o bom desenvolvimento das culturas.

O sistema de rega utilizado foi o de aspersão, composto por 6 aspersores com espaçamento de 15 metros entre aspersores. Este sistema proporcionou um gradiente decrescente de água de irrigação na direcção perpendicular à linha de aspersão. Para avaliar a uniformidade da distribuição e a quantidade de água de rega, realizou-se um teste de uniformidade antes da sementeira.

O teste de uniformidade consistiu na recolha de dados de precipitação dos aspersores, utilizando 72 colectores (latas de refrigerantes comuns), com capacidade de 330 ml, 5,4 cm de diâmetro na extremidade vazada e 11,5 cm de altura. Os colectores foram dispostos em 2 linhas simétricas e perpendiculares à linha de aspersão. A distribuição seguiu o seguinte padrão, 18 colectores por linha e 1 m de distância entre colectores, com mostra (Figura 2).

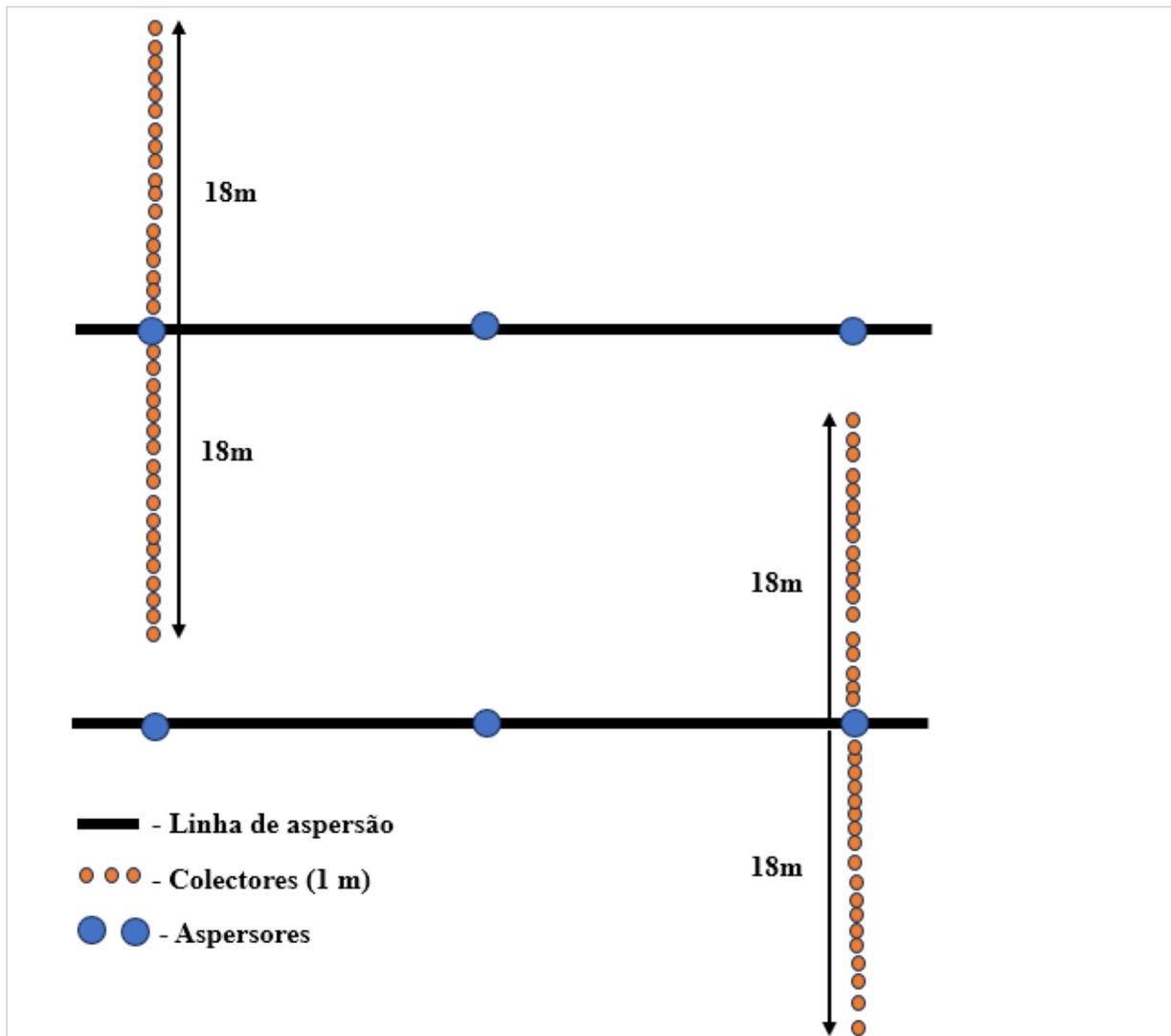


Figura 2: Esquema de distribuição dos colectores.

As recolhas foram realizadas em aspersores localizados nas extremidades das linhas de aspersão, de forma alternada, para evitar sobreposição da precipitação dos aspersores.

O sistema foi accionado e deixado a operar durante cerca de 1 hora com uma pressão de serviço dos aspersores e diâmetro do bocal de 3,0 kg/cm<sup>2</sup> e 5,55 mm, respectivamente, produzindo um raio molhado de cerca de 15 m. Terminado este período, com auxílio de uma proveta de vidro (capacidade para 50 ml), recolheu-se e registou-se o volume de água, de modo a determinar a lamina de água aplicada e tempo de rega. A primeira rega foi realizada aos 9 DAE, com 10,74

mm. O intervalo de rega estabelecido foi de dois dias por semana com uma duração de 3 horas por rega.

Até o final do ensaio, o campo foi regado 19 vezes, tendo sido aplicada, em média, uma lâmina de água total de 202,2 mm através da irrigação. Adicionalmente, registrou-se, com um pluviômetro graduado instalado no campo, um total de 311,8 mm de água proveniente da precipitação. Os tratamentos em regime de sequeiro receberam apenas 311,8 mm de precipitação. Os tratamentos com irrigação receberam 311,8 mm de precipitação mais 202,3 mm de irrigação, totalizando 514,1 mm de água.

### 3.4. Método de Amostragem

Para a avaliação das componentes de rendimento determinou-se a área útil considerando os sistemas de cultivo de milho puro, feijão nhemba puro e consociado de milho e feijão nhemba. No cultivo puro de milho, a área útil era composta pelas duas linhas centrais, sendo as restantes consideradas bordaduras. Assim, a área útil de milho puro foi calculada multiplicando 2,4 metros de comprimento por 1,6 metros de largura, totalizando 3,84 m<sup>2</sup> (Figura 3).

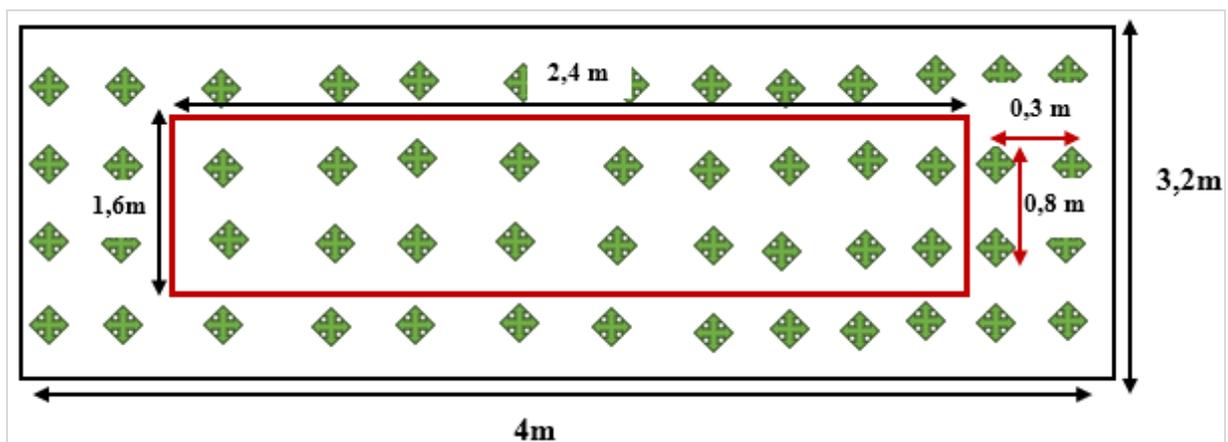


Figura 3: Área de amostragem de milho puro.

#### Legenda:

-  Milho
-  Feijão-nhemba

No cultivo puro de feijão nhemba, a área útil era composta pelas três linhas centrais, sendo as restantes consideradas bordaduras. Assim, a área útil foi calculada multiplicando 2,4 metros de comprimento por 1,8 metros de largura, totalizando 4,32 m<sup>2</sup> (Figura 4).

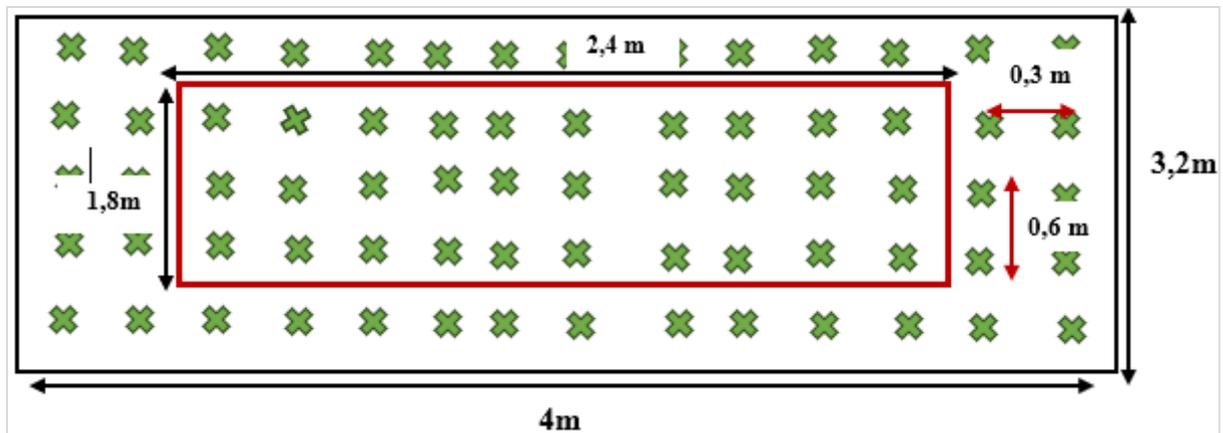


Figura 4: Área de amostragem de feijão nhemba puro.

No cultivo consociado, a área útil era composta pelas quatro linhas centrais, sendo as restantes consideradas bordaduras. Assim, a área útil de milho puro foi calculada multiplicando 2,4 metros de comprimento por 1,6 metros de largura, totalizando 3,84 m<sup>2</sup> (Figura 5).

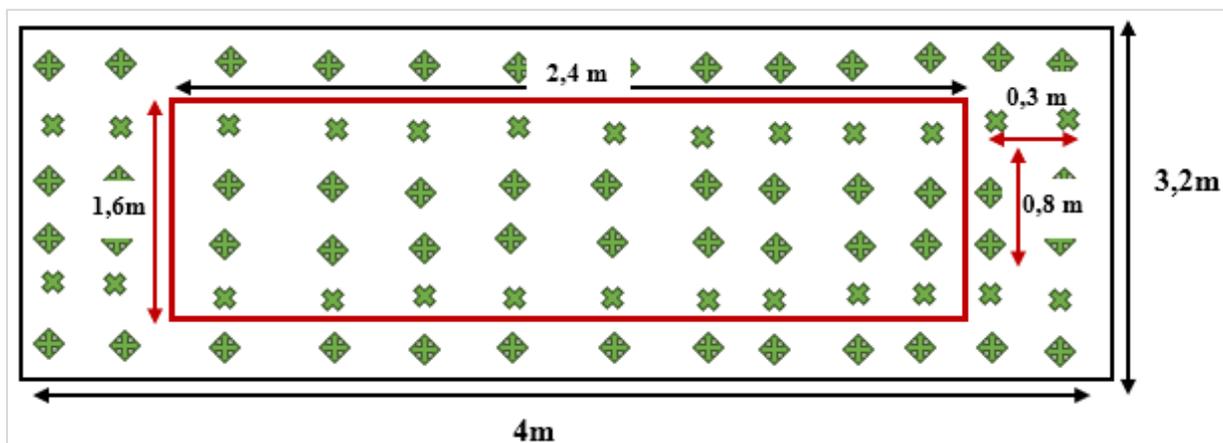


Figura 5: Área de amostragem de consociado.

### 3.5. Parâmetros Medidos

#### 3.5.1. Temperatura Atmosférica, Humidade relativa do ar e Precipitação

A medição da temperatura do ar e humidade relativa do ar foram realizadas diariamente, usando um aparelho Tinytag que é um registrador de dados “*data logger*” contém sensores que captam dados como: temperatura (sensor térmico – geralmente termístor ou RTD) e humidade relativa (sensor capacitivo). O aparelho foi colocado a 1,5 m de altura em relação à superfície do solo,

posicionado junto ao Pluviômetro graduado de forma cônica e feito de plástico instalado no campo, conforme ilustrado a figura 6 abaixo.

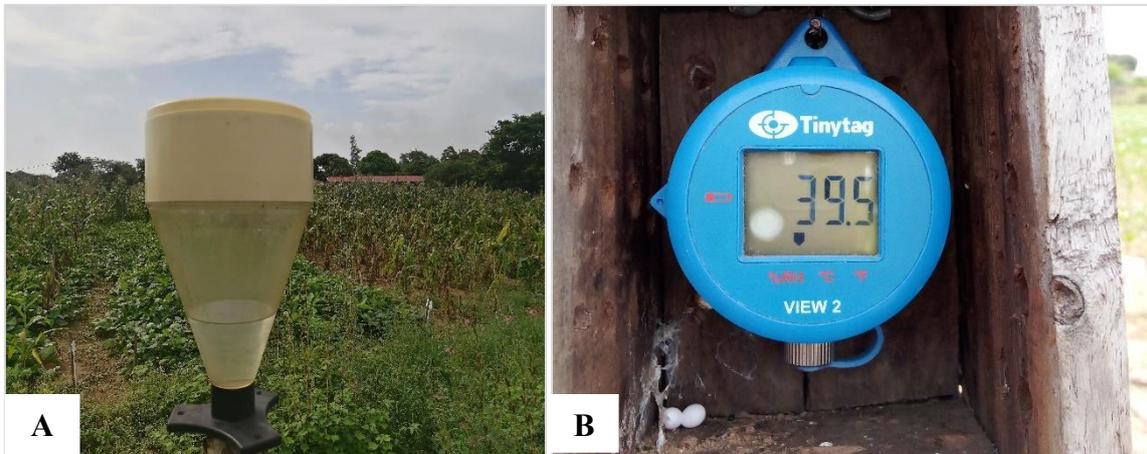


Figura 6: (A) Pluviômetro e (B) Tinytag.

### 3.5.2. Variáveis de Crescimento

As variáveis medidas para avaliar o crescimento das culturas foram: índice da área foliar (IAF), altura de plantas e matéria seca aérea. As medições do índice de área foliar foram realizadas semanalmente de modo acompanhar o crescimento das culturas. As medições iniciaram aos 35 DAE, usando-se o LI-COR (LAI 2200C, USA), que é um instrumento utilizado para medir o Índice de Área Foliar (IAF) de canópias de plantas de forma não destrutiva, através de um sensor óptico que captura a radiação difusa transmitida pela canóvia (Li-Cor, 2013).

O instrumento foi utilizado no período da manhã, entre 8 e 11 horas para evitar a reflexão da radiação da luz incidente nas folhas em volta do sensor óptico. Para cada tratamento, com uma área de 12,8 m<sup>2</sup>, foram feitas 5 leituras: uma acima da canóvia (designada A) e quatro abaixo da canóvia (designadas B). As leituras do tipo B foram feitas em diagonal em relação às linhas das plantas. Este procedimento foi realizado em todas repetições para aumentar a consistência das leituras. No total, foram feitas 20 leituras, a partir das quais calculou-se a média para cada parcela/tratamento.

Da mesma forma para o cultivo consociado, duas medições diferentes foram feitas, o IAF parcial foi feito apenas para o milho acima das plantas de feijão nhemba e o IAF total abaixo das folhas de feijão nhemba e milho, este procedimento foi repetido em todas parcelas para aumentar a consistência das leituras.

Cuidado especial foi tomado durante as leituras para evitar medições enganosas devido à luz solar directa, diferentes tampas foram usadas para proteger as lentes, tampas de 45, 90 e 180°C são apropriadas para condições de céu aberto e crescimento homogêneo da cultura.

A altura da planta foi medida desde a superfície do solo até à ponta do meristema apical do eixo principal, utilizando uma régua graduada de 2,75 metros. As medições iniciaram-se aos 30 DAE e passaram a serem realizadas semanalmente em ambas culturas. Em cada tratamento, foram medidas três plantas de milho e três de feijão nhemba, e o procedimento foi repetido nas quatro repetições, resultando em 12 plantas de cada cultura por tratamento. A altura média foi obtida pelo cálculo da média aritmética dos valores registrados por parcela/tratamento.

A determinação da matéria seca da parte aérea do milho e do feijão nhemba foi realizada por meio da colheita de plantas na área útil, com quatro repetições por tratamento. Todas as plantas, incluindo as espigas (milho) e as vagens (feijão nhemba) representativas, foram cortadas e secas ao sol até atingirem peso constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas em balança analítica para determinação da matéria seca total.

A matéria seca aérea total foi calculada com base na percentagem de humidade previamente determinada da matéria fresca.

O peso da matéria seca aérea foi obtido pela diferença entre o peso total da matéria fresca aérea e a quantidade de água removida e posteriormente foi convertido para kg/ha, com a seguinte fórmula:

$$R = \frac{p}{A} \times 10000 \text{ m}^2$$

Onde:

*R*- Rendimento (Kg/ha)

*P*- Produção da cultura na área útil (Kg)

*A*- Área útil (m<sup>2</sup>).

### **3.6. Determinação do Rendimento e Suas Componentes**

Para o rendimento de milho e suas componentes, determinou-se o número de plantas/área útil, número de espigas/planta; número de grãos/espiga, peso de espigas; peso de caroço; peso de grãos; peso de 100 sementes e rendimento de grãos. Para cultura de feijão nhemba determinou-se o número de vagens/planta; número de grãos/vagem; peso de vagens; peso de grãos; peso de 100 sementes; rendimento de grãos. A colheita foi feita aos 128 DAE para cultura de milho, enquanto a colheita de feijão nhemba foi feita progressivamente, com a primeira colheita aos 140 DAE e a última aos 148 DAE.

O número de plantas/área útil, obteve-se contando todas plantas na área útil em cada parcela/tratamento durante a colheita.

O número de espigas/planta de milho foi obtido durante a colheita através da contagem de espigas em cada planta da área útil. Após a contagem calculou-se a média por parcela/tratamento.

O número de grãos/espiga, obteve-se, contando o número de linhas por espigas, o número de grão por linha e por fim multiplicou-se o número de linhas/espiga pelo número de grão/linha para obter o número de grãos por espiga. Selecionou-se três espigas/parcela, este procedimento foi realizado em 4 repetições e por fim calculou-se a média para cada tratamento.

O número total de vagens por planta no feijão nhemba foi obtido através da contagem do número de plantas por área útil e o respectivo número de vagens. O número médio de vagens por planta foi obtido através da extracção da razão entre o número de vagens totais pelo número de plantas colhidas.

O número de grãos por vagem foi obtido durante a debulha, seleccionou-se três vagens em cada tratamento e contou-se os grãos e por fim calculou-se o número médio dos grãos por vagem. Após a debulha do grão de milho e feijão nhemba, deixou-se secar os grãos na estufa à 63 °C por 48 horas e o peso seco do grão por amostra foi obtido com auxílio da balança de precisão. De seguida, mediu-se a percentagem de humidade existente no grão com auxílio de analisador de humidade dos grãos (Mini GAC Grain Moisture da Dickey-Jhon), possibilitando assim o seu ajuste para a humidade de referência de 13% para o milho e 12% para o feijão nhemba conforme recomendado por (Brás, 2002) e (Santos, 2006).

Para determinação do peso de 100 sementes, faz-se a contagem de 100 grãos de cada parcela/tratamento em cada repetição e a selecção foi aleatória e posteriormente pesado na balança de precisão.

O rendimento do grão de milho e de feijão nhemba foram determinados pela razão do peso seco do grão com a área útil, que a posteriormente foi convertida para kg/ha segundo a equação estabelecida por (Bergonci *et al.*, 2001).

$$\text{Rendimento do grão} = \frac{\text{Peso do grão(kg)}}{\text{Area util(m}^2\text{)}} * 10000\text{m}^2.$$

Para avaliação da consociação de milho e feijão nhemba foi feita usando o índice de uso equivalente de terra (*LER*) conforme definido na secção 2.6.

### 3.7. Análise de Dados

Para a análise de dados, foi utilizado o Microsoft Excel 2016, para a organização de dados e a posterior análise descritiva, construção de tabelas e gráficos. Estatisticamente, numa primeira etapa foram realizados os testes de Normalidade (Shapiro Wilks) e Homogeneidade de variâncias (Breusch Pagan) a um nível de 5 % de significância. Em caso de significância da análise de variâncias (ANOVA) ( $p < 0,05$ ) procedeu-se com o teste de Tukey (0,05) a fim de identificar os pares de médias com diferenças significativas. Para o efeito, foi utilizado o Software STATA 14,2 conforme recomendado por Tostão *et al.*, 2010.

#### Modelo Estatístico

$$Y_{ijkl} = \mu + \theta_i + \alpha_j + \tau_k + (\theta\alpha)_{ij} + (\theta\tau)_{ik} + (\alpha\tau)_{jk} + (\theta\alpha\tau)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Onde:

- $Y_{ijkl}$  – Rendimento da cultura obtido quando submetida ao nível de irrigação *i*, sistema de cultivo *j* e adubação mineral *k*;
- $\mu$  – Rendimento médio;
- $\theta_i$  – Efeito do nível de irrigação *i*;
- $\alpha_j$  – Efeito do sistema de cultivo *j*;
- $\tau_k$  – Efeito do nível de adubação mineral *k*;
- $(\theta\alpha)_{ij}$  – Efeito da interacção entre nível de irrigação *i* e sistema de cultivo *j*;
- $(\theta\tau)_{ik}$  – Efeito da interacção entre nível de irrigação *i* e nível de adubação mineral *k*;

- $(\alpha\tau)_{jk}$  – Efeito da interacção entre sistema de cultivo j e nível de adubação mineral k;
- $(\theta\alpha\tau)_{ijk}$  – Efeito da interacção entre o nível de irrigação i, sistema de cultivo j e nível de adubação mineral k;
- $\varepsilon_{ijk}$  – Erro experimental,  $\varepsilon_{ijkl} \sim \text{iidN}(0, \sigma^2)$ .

### Correlação

Para a determinação da relação entre os parâmetros de crescimento e rendimento das culturas obtido, foi feita com base na análise do coeficiente de correlação de Pearson e regressão linear simples para modelar a relação.

Tabela 2: Descrição dos coeficientes de Pearson

Coeficiente de Pearson com (+/-)	Descrição
1 a 0,9	Correlação muito forte positiva/negativa
0,7 a 0,9	Correlação forte positivo/negativa
0,5 a 0,7	Correlação moderada positivo/negativa
0,3 a 0,5	Correlação fraca positivo/negativa
0 a 0,3	Correlação desprezível positiva/negativa

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Características Meteorológicas Durante o Ensaio

Durante o ensaio, registrou-se a temperatura média máxima de 33,7°C no dia 16 de Fevereiro e a temperatura media mínima foi de 20,6°C no dia 28 de Abril. A maior precipitação foi de 121 mm no dia 13 de Março, como mostra (Figura 7).

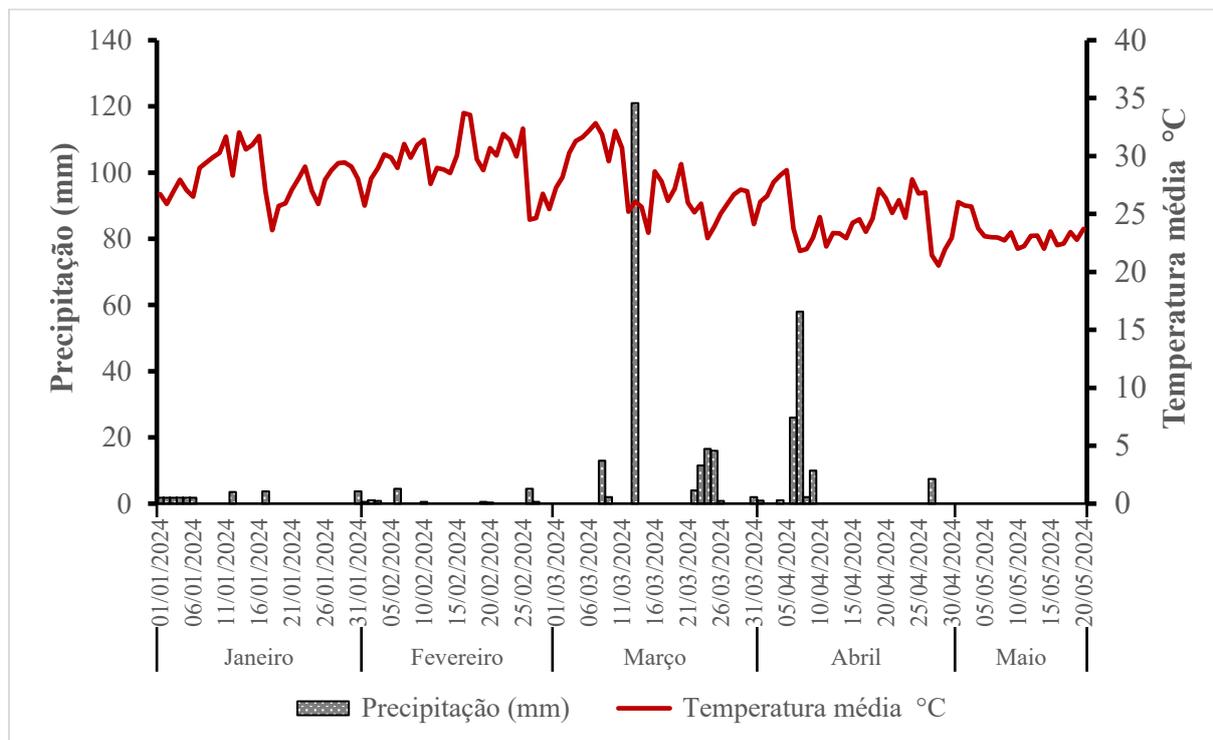


Figura 7: Variação da precipitação e temperatura ao longo do ensaio

Na figura 7 observa-se temperaturas elevadas e precipitação irregular, durante período do ensaio que coincidiu com época chuvosa e quente. A época chuvosa 2023/24 iniciou sob influência do El Niño, que se manifestou predominantemente em seca persistente, com muitas áreas recebendo menos que metade da chuva considerada normal. Segundo o INAM, no período entre Novembro de 2023 a Fevereiro de 2024, as regiões sul e centro do país registaram um déficit de precipitação.

A temperatura ideal para uma maior aceleração do crescimento dos órgãos vegetativos ocorre no intervalo de 25 a 35°C. As temperaturas máximas superiores a 35°C durante a fecundação causam danos na produção, devido a uma diminuição dos números de grãos (Barros & Calado, 2014). Os danos causados por altas temperaturas foram observados durante a condução deste ensaio.

Durante o ciclo das culturas, registou-se uma precipitação de 311,8 mm e foi fornecida água através da irrigação 202,3 mm. No total, o nível de sequeiro recebeu-se 311,8 mm e nível irrigado recebeu-se 514,1 mm (Figura 8) apresenta a quantidade de água aplicada para cada nível de irrigação.

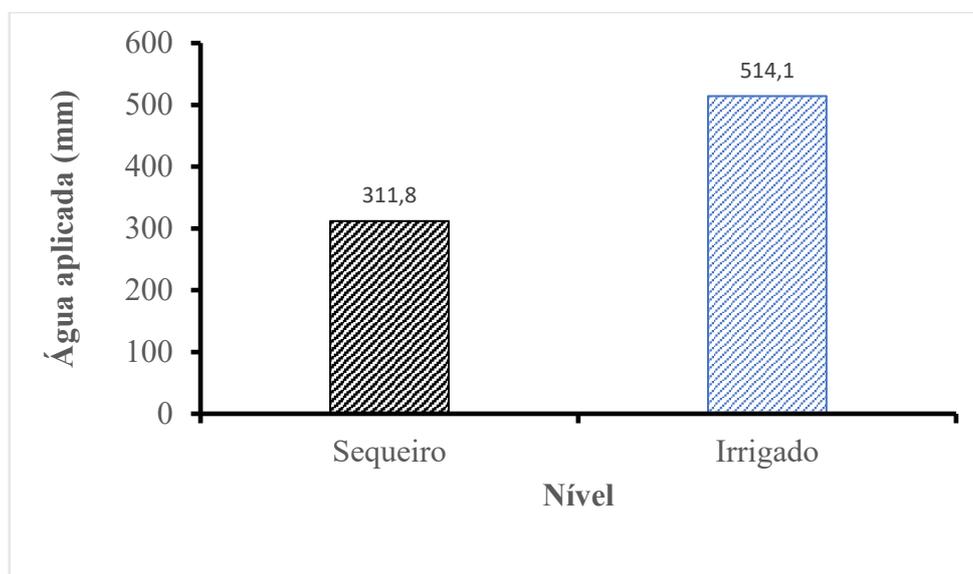


Figura 8: Quantidade de água aplicada (mm) por nível de irrigação (Precipitação + Irrigação).

Na figura 8 observa-se uma diferenciação entre os níveis de água aplicados, durante o ciclo de culturas, com uma diferença acentuada entre o nível de aplicação de água em sequeiro (311,8 mm) com o nível irrigado (514,1 mm). Esses valores de precipitação são considerados inferiores às exigências de água do milho, que é em média de 400 a 600 mm (Machado, 2016). A deficiência hídrica na cultura de milho pode acarretar em prejuízos na absorção e transporte de nutrientes e reduz o rendimento em torno de 50% (Moraes, 2009).

#### 4.2. Variáveis Agronômicas do Milho e Feijão nhemba

Na Tabela 3 apresenta a análise de variância das variáveis medidas na consociação e cultivo puro de milho em função de diferentes níveis de irrigação, sistemas de cultivo e adubação mineral (Anexo 7.1).

Tabela 3: Efeito de diferentes níveis de irrigação, sistemas de cultivo e adubação mineral sobre a cultura de milho puro e consociado.

Variáveis	(P-Value)									
	AL	IAF	NEP	NGE	MS	PE	PC	PG	PS	Rend
Nível de irrigação (A)	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*
Nível de adubação (B)	0,5 <sup>NS</sup>	0,4 <sup>NS</sup>	1 <sup>NS</sup>	0,7 <sup>NS</sup>	0,6 <sup>NS</sup>	0,5 <sup>NS</sup>	0,7 <sup>NS</sup>	0,6 <sup>NS</sup>	0,6 <sup>NS</sup>	0,4 <sup>NS</sup>
Sistema do cultivo (C)	0,9 <sup>NS</sup>	0,7 <sup>NS</sup>	1 <sup>NS</sup>	0,7 <sup>NS</sup>	0,8 <sup>NS</sup>	0,9 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>NS</sup>	0,5 <sup>NS</sup>	0,7 <sup>NS</sup>	0,4 <sup>NS</sup>
A×B	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*
A×C	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*
B×C	0,9 <sup>NS</sup>	0,2 <sup>NS</sup>	0,9 <sup>NS</sup>	0,9 <sup>NS</sup>	0,9 <sup>NS</sup>	0,9 <sup>NS</sup>	0,09 <sup>NS</sup>	0,8 <sup>NS</sup>	0,9 <sup>NS</sup>	0,7 <sup>NS</sup>
A×B×C	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*

\*Significativo à nível de 5% de probabilidade e ns não significativo

Legenda: (AL) – Altura da planta; (IAF) – Índice da área foliar; (NEP) – Número de espigas/planta; (NGP) – Número de grãos/espiga; (PE) – Peso de espigas; (PC) – Peso de caroço; (PG) – Peso de grãos; (PS) – Peso de 100 sementes; (Rend) – Rendimento e (MS) – Matéria seca aérea.

A interação entre irrigação, sistema de cultivo e adubação mineral (AxBxC), teve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) sobre as variáveis avaliadas AL, IAF, NEP, NGE, MS, PE, PC, PG, PS e Rend. Estes resultados mostram o impacto positivo da interação, pois produziu incrementos nas variáveis de crescimento e rendimento. Resultados semelhantes foram obtidos por (Azevedo *et al.*, 2011), avaliando o efeito de diferentes níveis de irrigação e adubação na cultura do milho consociado com feijão nhemba observou efeito significativo da interação nas variáveis de rendimento.

A interação entre irrigação e adubação mineral (AxB), teve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) sobre as variáveis avaliadas AL, IAF, NEP, NGE, MS, PE, PC, PG, PS e no Rend, observou-se o aumento das variáveis com o incremento da lâmina de irrigação com e sem adubação mineral. Resultados similares foram obtidos por Joaquim (2019) ao estudar o efeito de diferentes níveis de adubação e sistema de cultivo nas culturas de milho e feijão nhemba, em relação das variáveis de rendimento observou que os tratamentos de milho adubado no nível de água ótimo

e milho adubado no sequeiro apresentaram diferenças significativas entre si a 5% de probabilidade.

A interacção entre irrigação e sistema de cultivo (AxC), teve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) sobre as variáveis avaliadas AL, IAF, NEP, NGE, MS, PE, PC, PG, PS e no Rend. Sendo que o cultivo puro obteve maiores componentes de rendimento quando comparado ao cultivo consociado independentemente do nível de irrigação. Segundo Flesch *et al.* (2002) a diferença de rendimentos em cultivo puro e consociado pode ser atribuído ao facto de no sistema consociado observa-se o uso de menor número de plantas da mesma espécie e a competição por água e radiação solar exercida pelo milho.

A interacção entre sistema de cultivo e adubação mineral (BxC), não teve efeito significativo sobre as variáveis avaliadas. Porém, a consociação beneficiou o milho em detrimento do feijão nhemba dado que em cultivo consociado, o milho obteve maior rendimento que o feijão nhemba. Resultado similar foi obtido por Matoso *et al.* (2013) evidenciando que o facto de cultivo consociado o milho possuir maior desempenho que o feijão nhemba, está associado à baixa competição exercida pelo feijão nhemba perante a cultura de milho e à arquitetura da canópia da cultura de milho, que possibilita maior captação da radiação solar.

O nível de irrigação teve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) sobre as variáveis avaliadas AL, IAF, NEP, NGE, MS, PE, PC, PG, PS e Rend, indicando que a disponibilidade de água é determinante para o crescimento e produtividade do milho. Segundo Parizi *et al.* (2009) estudando o efeito de diferentes estratégias de irrigação sobre a produção de grãos e suas componentes na cultura do milho consociado com feijão nhemba, observaram que maior aumento das componentes de rendimento com o tratamento irrigado e o menor no tratamento sem irrigação.

O nível adubação não teve efeito significativo sobre variáveis avaliadas ( $p > 0,05$ ). Isso mostra que o uso da adubação na consociação de milho e feijão nhemba não produziu aumentos significativos nas componentes do rendimento do milho, o que torna o uso da adubação no sistema consociado um factor não limitante pelo facto da cultura do feijão nhemba melhorar a fertilidade do solo pela fixação do nitrogénio atmosférico devido a associação com simbiótica com bactérias (Singh e Rachie, 1985).

O sistema de cultivo não teve efeito significativo sobre variáveis avaliadas ( $p > 0,05$ ). Isso sugere que a eficiência do sistema do cultivo depende de manejo adequado de água e nutrientes.

Na Tabela 4 esta apresenta a análise de variância das variáveis medidas na consociação e cultivo puro de feijão nhemba em função de diferentes níveis de irrigação, sistemas de cultivo e adubação mineral.

Tabela 4: Efeito de diferentes níveis de irrigação, sistemas de cultivo e adubação mineral sobre a cultura de feijão nhemba puro e consociado.

Variáveis	AL	IAF	NVP	NGV	MS	PV	PG	PS	Rend
Nível de irrigação (A)	0,0*	0,0*	0,0*	0,2 <sup>NS</sup>	0,9*	0,0*	0,0*	0,6 <sup>NS</sup>	0,0*
Nível de adubação (B)	0,8 <sup>NS</sup>	0,4 <sup>NS</sup>	0,4 <sup>NS</sup>	0,6 <sup>NS</sup>	0,9 <sup>NS</sup>	0,9 <sup>NS</sup>	0,7 <sup>NS</sup>	0,6 <sup>NS</sup>	0,7 <sup>NS</sup>
Sistema do cultivo (C)	0,9 <sup>NS</sup>	0,0*	0,0*	0,9 <sup>NS</sup>	0,1 <sup>NS</sup>	0,3 <sup>NS</sup>	0,5 <sup>NS</sup>	0,2 <sup>NS</sup>	0,2 <sup>NS</sup>
A×B	0,0*	0,0*	0,0*	0,6 <sup>NS</sup>	0,9	0,0*	0,0*	0,9 <sup>NS</sup>	0,0*
A×C	0,0*	0,0*	0,0*	0,5 <sup>NS</sup>	0,0	0,0*	0,0*	0,4 <sup>NS</sup>	0,5 <sup>NS</sup>
B×C	1,0 <sup>NS</sup>	0,0*	0,1 <sup>NS</sup>	0,6 <sup>NS</sup>	0,5 <sup>NS</sup>	0,7 <sup>NS</sup>	0,9 <sup>NS</sup>	0,5 <sup>NS</sup>	0,5 <sup>NS</sup>
A×B×C	0,0*	0,0*	0,0*	0,2 <sup>NS</sup>	0,1	0,0*	0,0*	0,8 <sup>NS</sup>	0,0*

\*Significativo à nível de 5% de probabilidade e ns não significativo

Legenda: (AL) – Altura da planta; (IAF) – Índice da área foliar; (NVP) – Número de vagens/planta; (NGV) – Número de grãos/vagem; (PV) – Peso de vagens; (PG) – Peso de grãos; (PS) – Peso de 100 sementes; (Rend) – Rendimento e (MS) – Matéria seca aérea.

A interação entre (AxBxC) produziu aumentos significativos sobre as variáveis avaliadas de AL, IAF, NVP, PV PG e Rend excepto no MS, NGV e PS não produziu efeito significativo. Diferindo dos resultados obtidos por Paiva (1981) e Matusso (2016), devido a eficiência no uso de nutrientes e hábito de crescimento da variedade usada, que tende a priorizar a alocação de nutrientes para o desenvolvimento reprodutivo (formação de espigas e grãos) em vez do crescimento de partes aéreas da cultura (Jardine, 1992).

A interação entre irrigação e adubação mineral (AxB) teve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) sobre as variáveis avaliadas AL, IAF, NVP, NGE, MS, PE, PC, PG, PS e Rend. A interação promoveu o crescimento e desenvolvimento óptimo das culturas, garantindo uma maior taxa de fotossíntese, reduzindo aborto floral, produção de maiores vagens e enchimento dos grãos (Fancelli e Neto, 2004).

A interação entre irrigação e sistema de cultivo (AxC) teve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) sobre as variáveis de AL, IAF, NVP, MS, PV e PG e não houve efeito significativo nas variáveis de NGV, PS e Rend. Segundo Nascimento, (2009) as variáveis de rendimento do feijão nhemba são bastante influenciados pela disponibilidade de água no solo e variedades utilizadas sendo

que a deficiência hídrica e tipo da variedade em diferentes fases de desenvolvimento causam decréscimo no seu rendimento em proporções distintas.

A interação entre sistema de cultivo e adubação mineral (BxC) não teve efeito significativo sobre as variáveis de AL, NEP, NGE, MS, PE, PC, PG, PS e Rend, e teve efeito somente na IAF. Resultados semelhantes aos obtidos nessa pesquisa foram observados por Castoldi *et al.* (2011), quando se trabalhava com sistemas de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho.

O nível de irrigação teve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) sobre as variáveis de AL, IAF, NVP, PV, PG e Rend, indicando que a disponibilidade de água é determinante para o crescimento e produtividade do feijão nhemba e não produziu efeito significativo sobre NGV, MS e PS. Esta observação pode ser atribuída à possível lixiviação dos nutrientes no nível irrigado, assim como à falta de humidade para dissolver os nutrientes nos tratamentos de sequeiro (Manfron *et al.*, 2003).

O nível adubação não teve efeito significativo sobre variáveis avaliadas ( $p > 0,05$ ). Resultado que diverge do obtido por Oliveira *et al.* (2010), que observaram redução significativa nas componentes de rendimento feijão em consociação com o milho, devido a falta de nutrientes na fase reprodutiva.

O sistema de cultivo teve efeito significativo sobre IAF e NVP, e não houve efeito sobre de AL, NEP, NGE, MS, PE, PC, PG, PS e Rend. No cultivo consociado, as espécies normalmente diferem em altura entre outras características morfológicas, que podem levar as plantas a competir pela luz, água e nutrientes. A divisão da radiação solar incidente sobre as plantas, em um sistema consociado, será determinada pela altura das plantas e pela eficiência de interceptação e absorção, sombreamento causado pela cultura mais alta reduz tanto a quantidade de radiação solar à cultura mais baixa como a sua área foliar (Flesch, 2002).

Durante o crescimento das culturas, o IAF aumentou até um certo ponto a partir do qual começou a decrescer até o fim do ciclo. Na cultura de milho, observou-se um aumento do índice de área foliar (IAF) com o incremento do nível de irrigação, no cultivo puro o IAF variou de 0,7 a 2,2 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> e no cultivo consociado variou de 0,35 a 1,97 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. O maior valor de IAF foi observado no cultivo puro no irrigado+adubado (2,2 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>) e o menor valor foi observado no cultivo consociado sob tratamento não irrigado+não adubado (0,35 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>), como mostra a (Figura 9).

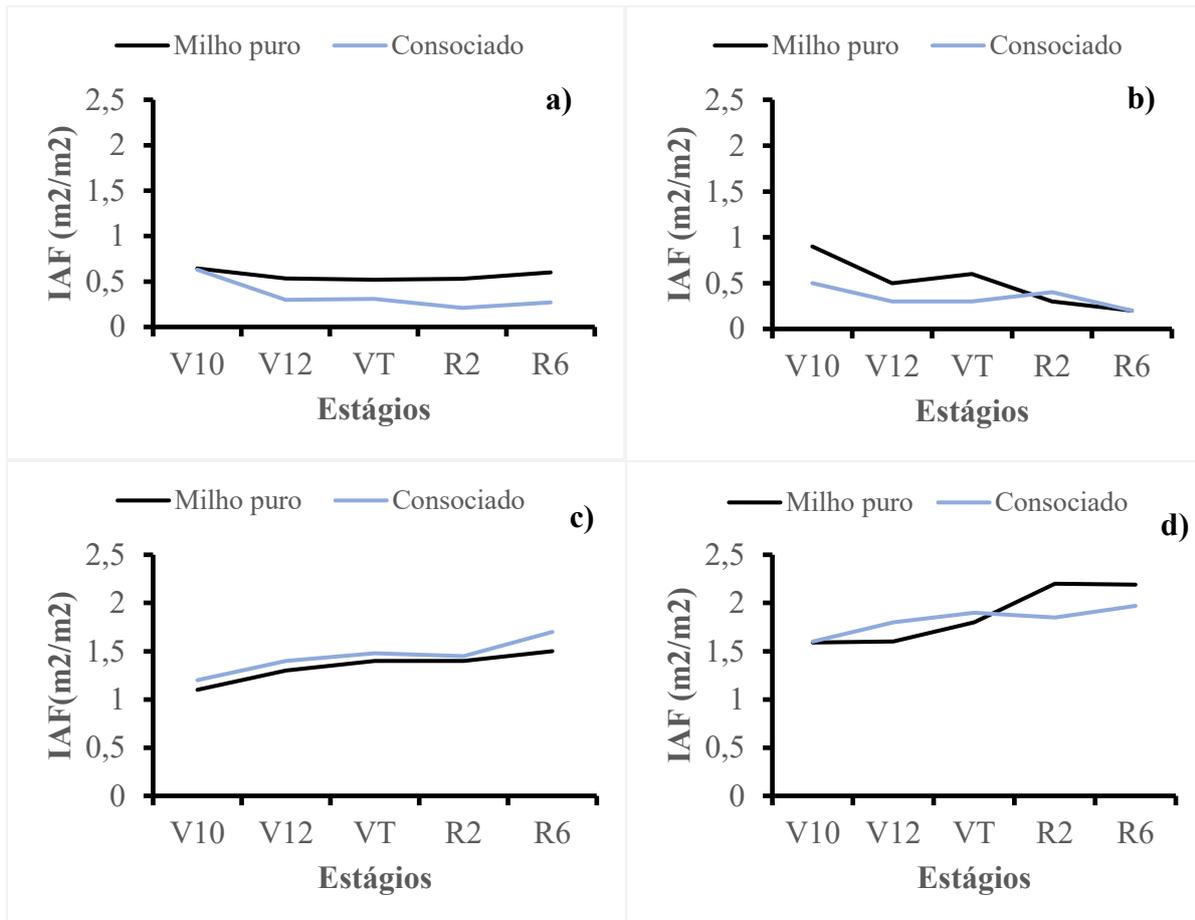


Figura 9: Índice de área foliar durante o crescimento de milho puro e consociado em diferentes níveis de irrigação e adubação mineral.

Legenda: (a) Não irrigado+não adubado, (b) não irrigado+adubado, (c) não adubado+irrigado e (d) adubado+irrigado.

O IAF de milho, no cultivo puro e consociado foram maximizados em condições de irrigação com e sem adubação e o menor LAI foram obtidos em condições de sequeiro com e sem adubação, sendo explicado pelo facto de a deficiência hídrica reduz o desenvolvimento celular, facto que reduz a taxa fotossintética devido a menor expansão foliar (Jaleel *et al.*, 2009).

Na cultura de feijão nhemba, o IAF variou de 1,34 a 7,36 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> no sistema de cultivo puro e no sistema de cultivo consociado variou de 0,38 a 4,95 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. O maior valor de IAF foi observado no cultivo puro sob tratamento irrigado+adubado (7,36 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>) e o menor valor foi observado no sistema consociado sob tratamento não irrigado+não adubado (0,38 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>), como mostra a (Figura 10).

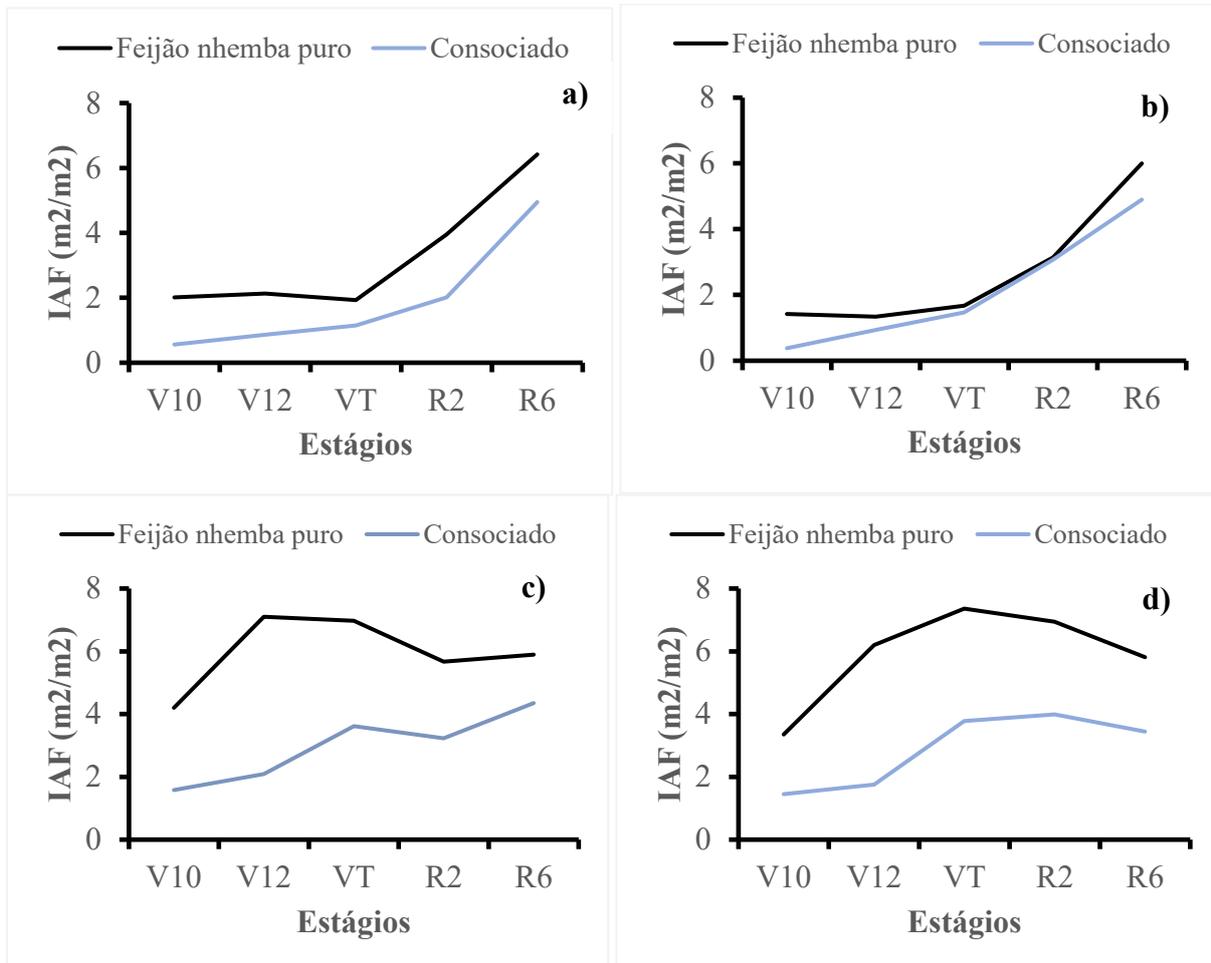


Figura 10: Índice de área foliar durante o crescimento de feijão nhemba puro e consociado em diferentes níveis de irrigação e adubação mineral.

Legenda: (a) Não irrigado+não adubado, (b) não irrigado+adubado, (c) não adubado+irrigado e (d) adubado+irrigado.

O IAF no consociado foi menor que no cultivo puro, deve-se a interação entre as culturas na consociação reduzir o potencial de crescimento, sobretudo na expansão da área foliar, levando menor contribuição no IAF. Resultados similares com estudo de Filho (2000), avaliando a resposta de milho e feijão nhemba em cultivo consociado não obteve efeito significativo do cultivo consociado, o IAF do feijão nhemba puro foi de 2,8 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> em cultivo consociado,

obteve-se 1,39 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, estes resultados foram explicados pelo facto de competição na consociação.

A altura de planta da cultura de milho, no cultivo puro variou de 79 a 208 cm, enquanto no cultivo consociado variou de 76 a 197 cm. Maiores valores de altura média (197 e 208 cm) foram observados nos tratamentos submetidos à irrigação sem e com adubação e não apresentou diferença estatística em ambos sistemas de cultivo. E menores valores de altura média foram observados nos tratamentos submetidos à sequeiro, com e sem adubação (78,8 e 79 cm) e não apresentou diferença estatística em sistemas de cultivo, como mostra (Figura 11).

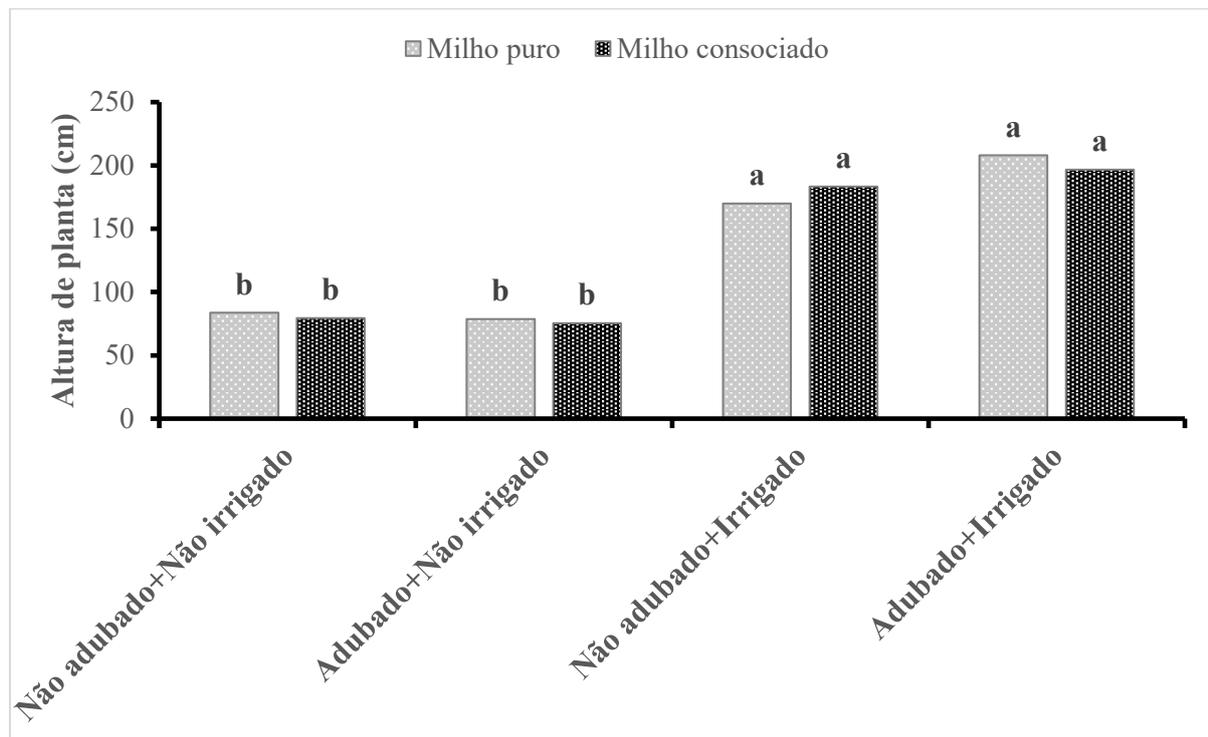


Figura 11: Altura de planta de milho puro e consociado com feijão nhemba em diferentes níveis de irrigação e adubação mineral.

A redução da altura de planta nos tratamentos submetidos à sequeiro deve-se à deficiência hídrica. Taiz *et al.* (2013), plantas em condições de sequeiro tendem a fechar seus estômatos e, consequentemente, reduzem a taxa fotossintética, o crescimento e a fixação de CO<sub>2</sub>. Santos (2016), relata que a baixa disponibilidade de água é um factor que acarreta decréscimo na altura de plantas.

A cultura de feijão nhemba puro variou de 42 a 154 cm, enquanto no consociado variou de 40 a 158 cm. Os valores máximos da altura média foram observados nos tratamentos submetidos à adubação, com e sem irrigação e não apresentou diferença significativa em ambos sistemas de cultivo. E menores valores de altura média foram observados nos tratamentos submetidos à irrigado+não adubado e não adubado + não irrigado e não apresentou diferença significativa em sistemas de cultivo, como mostra (Figura 12).

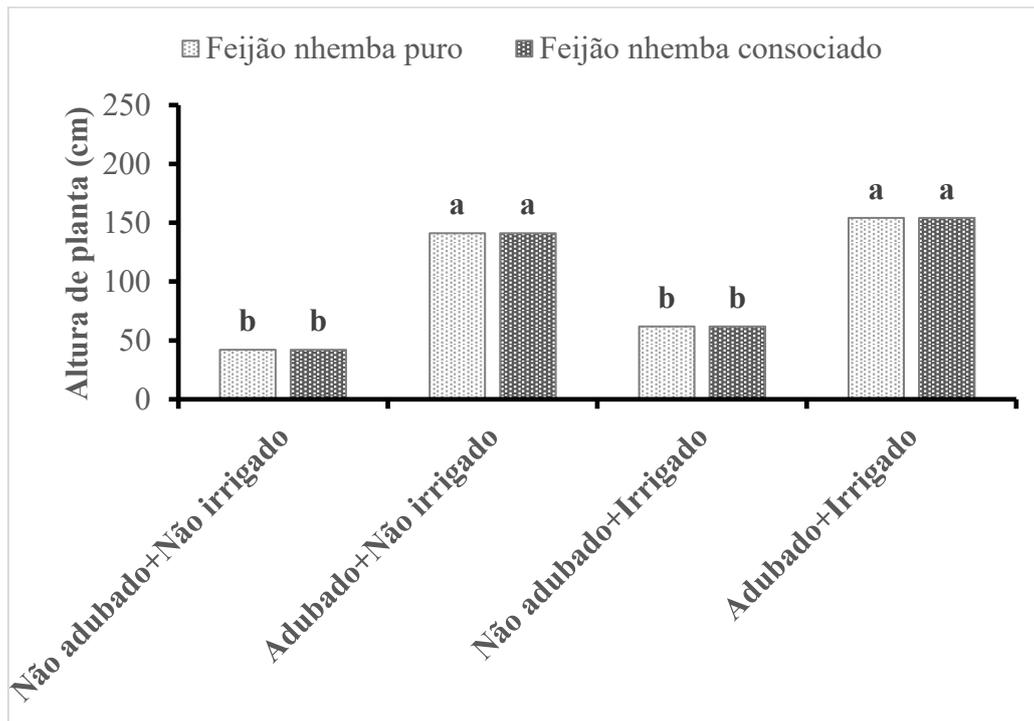


Figura 12: Altura da planta de feijão nhemba puro e consociado com milho em diferentes níveis de irrigação e adubação mineral.

O feijão nhemba teve altura menor em ambos sistemas de cultivo, em condições irrigada porque a falta de adubação impediu o aproveitamento da água disponível. Além disso, a irrigação pode ter contribuído para a lixiviação de nutrientes disponíveis no solo e prejudicando o crescimento. E para o tratamento submetido à sequeiro+não adubado, o crescimento foi limitado por déficit hídrico e nutricional. Resultados similares forma obtidos por Hiler *et al.* (1972) a altura da planta no feijão nhemba tem demonstrado ser menor nas condições de stress hídrico e falta de nutrientes pode afectar a actividade fotossintética.

#### 4.2.1. Análise das Componentes de Rendimento do Milho

A tabela 5 estão apresentados os valores médios das componentes de rendimento do milho em função de diferentes níveis de irrigação, sistemas de cultivo e adubação mineral. Observa-se maiores valores médios de MS (6,92 ton/ha e 7,14 ton/ha) na interacção entre adubação e irrigação e não apresentou diferença estatística nos sistemas de cultivo, maior valor médio de

NGE (434,5 grãos/espiga) foi observado na interação entre irrigação com e sem adubação e não apresentou diferença estatística em sistemas de cultivo. Os maiores valores médios de NEP, PE, PC e PG foram obtidos na interação entre irrigação com e sem adubação e não teve diferença estatística em sistemas de cultivo. Maior Rend médio (4,1 ton/ha) foi observado na interação entre irrigação e adubação e no sistema de cultivo puro e menores valores das componentes avaliadas e rendimento foram obtidos nos tratamentos submetidos à sequeiro com e sem adubação.

Tabela 5: Médias das componentes de rendimento do milho em diferentes níveis de água, sistemas de cultivo e adubação mineral.

Tratamentos	Sistema do cultivo	Médias							
		MS (ton/ha)	NGE -----	NEP -----	PE (Kg)	PC (Kg)	PG (Kg)	PS (g)	Rend (ton/ha)
Não irrigado+não adubado	MP	0,774 c	41,3 b	0 c	0,007 c	0,04 b	0,02 b	0 b	0,05 b
	M+F	1,666 b	0 c	0,25 b	0 c	0 b	0 b	0 b	0 b
Não irrigado+adubado	MP	0,426 c	0 c	0 c	0 c	0 b	0 b	0 b	0 b
	M+F	0 d	0 c	0 c	0 c	0 b	0 b	0 b	0 b
Irrigado+ não adubado	MP	4,80 ab	353,5 a	1,5 a	0,36 b	1,4 a	1,2 a	31,2 a	3,1 ab
	M+F	5,04 ab	329 a	1,5 a	0,32 b	1,3 a	0,6 a	31,6 a	2,1 ab
Irrigado+adubado	MP	6,92 a	434,5 a	1,8 a	0,46 b	1,9 a	1,1 a	30,3 a	4,1 a
	M+F	7,14 a	384,3 a	1,5 a	0,43 b	1,8 a	1,2 a	28,9 a	2,9 ab

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Legenda: (MS) – Matéria seca aérea; (NGE) – Número de grãos/espiga; (NEP) – Número de espigas/planta; (PE) – Peso de espigas; (PC) – Peso de caroço; (PG) – Peso de grãos; (PS) – Peso de 100 sementes; (Rend) – Rendimento; MP – Milho puro e (M + F) Milho e Feijão nhemba consociados.

Os valores máximos observados de todas as componentes de rendimento do milho avaliadas em ambos sistemas de cultivo puro e consociado foram respectivamente obtidos em condições de irrigação, com e sem adubação. E os menores valores foram observados em ambos sistemas de cultivo em condições de sequeiro com e sem adubação. Essa redução das componentes de rendimento avaliadas submetidas em condições de sequeiro deve-se à deficiência hídrica principalmente nas fases de floração e enchimento de grãos que é responsável pela redução do número de grãos/espigas, número de espigas/planta que são componentes da produtividade (Jensen, 1981).

#### 4.2.2. Análise das Componentes de Rendimento do Feijão nhemba

A tabela 6 estão apresentados os valores médios das componentes de rendimento do feijão nhemba em função de diferentes níveis de irrigação, sistemas de cultivo e adubação mineral. Estes resultados mostram que maior valor médio de NVP (82 vagens/planta) foi observado na interação entre irrigação e adubação no sistema de cultivo consociado. Os menores valores de NVP ocorreram nos tratamentos irrigados com e sem adubação (22,5 – 31,5 vagens/planta), e não apresentou diferença estatística nos sistemas de cultivo. Maior valor de MS (4,9 ton/ha) foi no sistema de puro e não apresentou diferença estatística na interação entre irrigação com e sem adubação. Os maiores valores de PV (2,8 kg), PG (1,63 kg) e Rend (2,7 ton/ha) foram obtidos nos tratamentos à sequeiro com e sem adubação e não apresentou diferença estatística nos sistemas de cultivos. Menores rendimentos foram obtidos nos tratamentos irrigados com e sem adubação no sistema de cultivo consociado (0,675 e 1,02 ton/ha).

Tabela 6: Médias das componentes de rendimento do feijão nhemba em diferentes níveis de água, sistemas de cultivo e adubação mineral.

Tratamentos	Sistema do cultivo	Médias						
		NVP	NGV	MS	PV	PG	PS	Rend
		-----	-----	(ton/ha)	(Kg)	(Kg)	(g)	(ton/ha)
Não irrigado+não adubado	FP	34,25 b	16,5 a	3,26 b	1,35 b	1,15 b	13,1 a	2,66 a
	M+F	66 ab	15,5 a	0,97 ab	2,08 a	1,63 a	13,3 a	2,11 a
Não irrigado+adubado	FP	44 b	15,3 a	2,84 b	1,37 b	1,02 b	13,2 a	2,36 a
	M+F	82,25 a	16,8 a	0,9 ab	2,09 a	1,6 a	13,2 a	2,05 a
Irrigado+não adubado	FP	22,5 b	16,8 a	4,05 a	1,19 b	0,90 b	12,2 a	2,09 a
	M+F	31,5 b	16,5 a	0,53 ab	1,03 b	0,78 b	13,3 a	1,02 b
Irrigado+adubado	FP	27,5 b	16,5 a	4,9 a	1,39 b	1,07 b	12,9 a	2,47 a
	M+F	28,25 b	16 a	0,55 ab	0,93 b	0,59 c	13,4 a	0,773 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Legenda: (NVP) – Número de vagem/planta; (NGV) – Número de grãos/vagem; (MS) – Matéria seca aérea; (PV) – Peso de vagem; (PG) – Peso de grãos; (PS) – Peso de 100 sementes; (Rend) – Rendimento; FP – Feijão nhemba puro; FP – Feijão nhemba puro e (M + F) Milho e Feijão nhemba consociados.

Esses valores estão em consonância com os obtidos neste ensaio (311,8 mm) nos tratamentos submetidos em condições do sequeiro. Souza *et al.* (2011) concluíram que o rendimento do grão do feijão nhemba foi menor no cultivo consociado em relação ao cultivo puro sendo 0,63 e 1,38 ton/ha com aplicação de 501 e 449 mm de água respectivamente, para o feijão nhemba

a redução foi de 66% do rendimento em cultivo consorciado. Resultados diferem com deste ensaio, nos tratamentos submetidos à irrigação, onde o rendimento no cultivo puro foi de 2,66 ton/ha e no consorciado foi de 2,11 ton/ha.

#### 4.3. Análise da Relação entre Parâmetros de Crescimento e Rendimento

A figura 13 abaixo mostra uma relação linear forte positiva entre a altura média da planta e o rendimento médio de grãos das culturas obtido, em que a correlação foi estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ). Indicando que o aumento na altura resultou em aumento no rendimento do grão, onde a variação no rendimento do grão é explicada pela altura da planta. Isso deve-se a posição favorável que altura garante à planta para a intercepção da luz pelas folhas, maximizando a fotossíntese (Taiz e Zeiger, 2017).

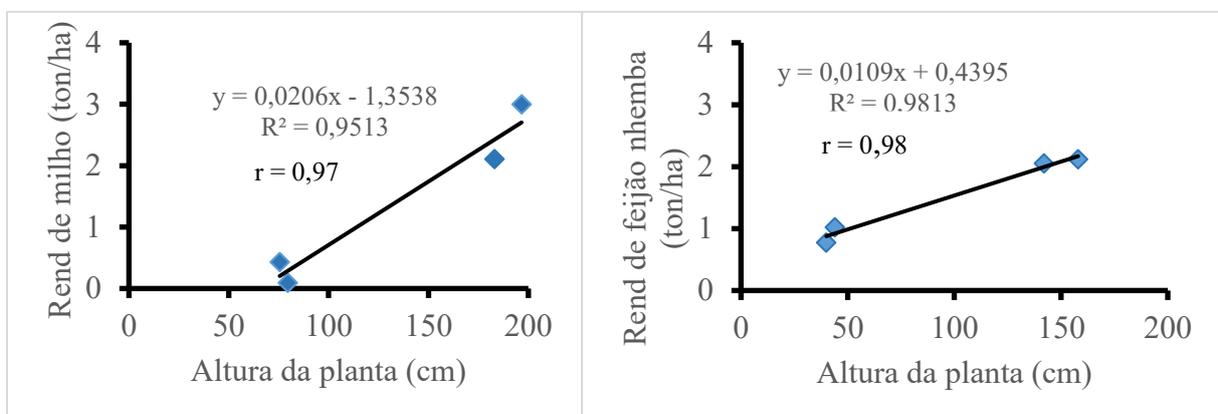


Figura 13: Relação entre altura média da planta e rendimento médio das culturas de milho e feijão nhamba consorciados.

A figura 14 abaixo mostra uma relação linear forte positiva entre o IAF médio das culturas e o rendimento médio de grãos, mas, a correlação não foi estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ). Estes resultados evidenciam que o aumento do índice, promove maior intercepção da luz pelas folhas o que proporciona maior taxa de fotossíntese (Monteith, 1994; Taiz e Zeiger, 2017).

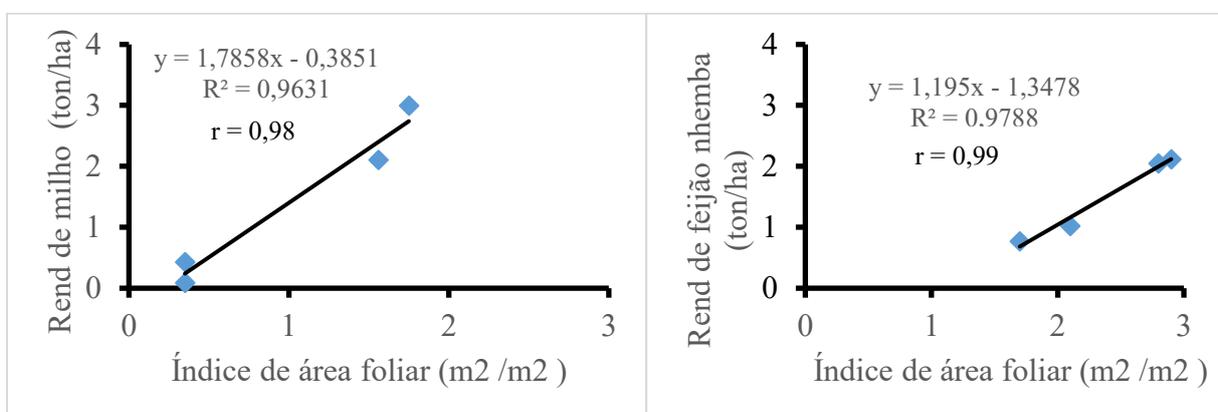


Figura 14: Relação entre índice de área foliar e rendimento médio das culturas obtido.

A figura 15 abaixo mostra uma relação linear forte positiva entre a matéria seca aérea e o rendimento médio de grãos na cultura de milho, em que a correlação foi estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ). O aumento na matéria seca aérea resultou em aumento no rendimento do grão, onde mais de 50% da variação no rendimento do grão é explicada pela matéria seca aérea. Uma maior matéria seca aérea está associada à maior taxa fotossintética, ao melhor desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, ao maior potencial produtivo (Taiz et al., 2017).

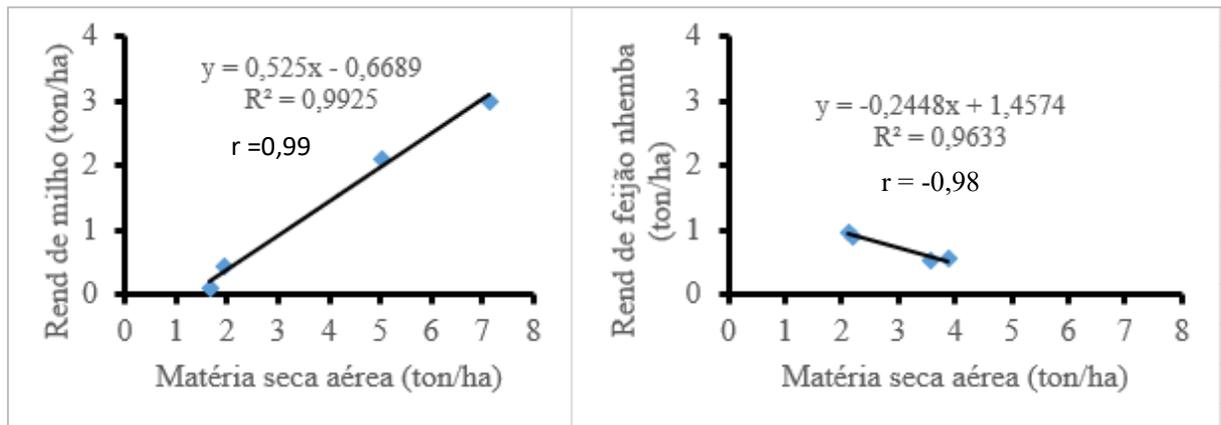


Figura 15: Relação entre matéria seca aérea e rendimento médio das culturas obtido.

Para a cultura de feijão nhemba teve uma correlação forte negativa, e estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ). Isso significa que, à medida que a matéria seca aérea aumenta, o rendimento tende a diminuir.

A correlação negativa entre matéria seca aérea e rendimento na cultura de feijão nhemba possa inicialmente sugerir competição na consociação, a época de sementeira e o fotoperiodismo tenham influenciado negativamente a eficiência reprodutiva do feijão nhemba. Assim, as plantas acumularam matéria seca vegetativa sem conversão proporcional em rendimento de grãos, reforçando a importância de práticas como escolha adequada da época de sementeira e da variedade adaptada ao fotoperíodo local.

Segundo Diaz e Hall (2005), a sensibilidade ao fotoperíodo no feijão nhemba influencia fortemente o momento da floração e, portanto, o rendimento. Plantas expostas a fotoperíodos longos tendem a prolongar o crescimento vegetativo, reduzindo a eficiência reprodutiva e acumulando biomassa aérea sem aumentar proporcionalmente a produção de grãos.

#### 4.4. Avaliação da Consociação do Milho e Feijão nhemba

O índice de uso de terra equivalente (LER) nos diferentes níveis de irrigação e adubação mineral variou entre 0,79 a 1,18, no entanto a consociação foi eficiente na interação entre irrigação com e sem adubação mineral. Os maiores valores LER foram observados na interação entre irrigação com e sem adubação (1,04 e 1,18), respectivamente. E os menores valores de LER foram observados na interação entre sequeiro com e sem adubação (0,79 e 0,89) como mostra (Figura 15).

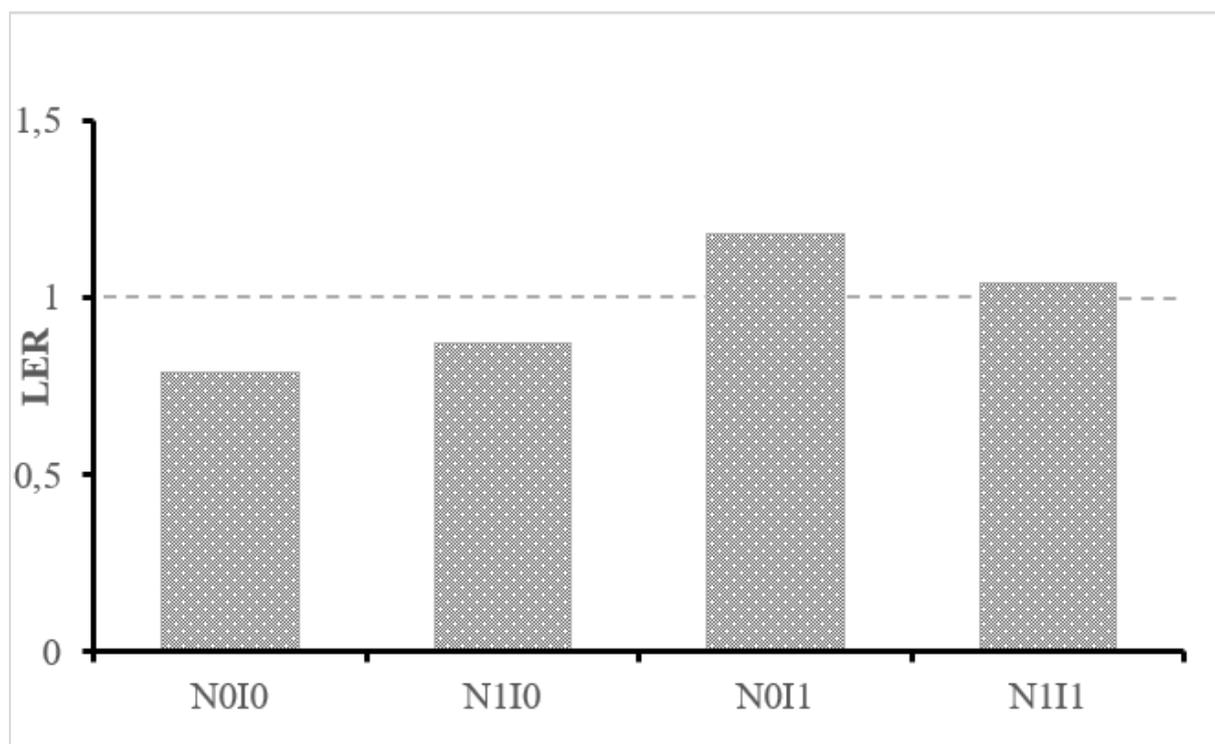


Figura 16: Índice de uso de terra equivalente (LER) do cultivo consociado de milho e feijão nhemba em diferentes níveis de adubação mineral e irrigação.

Legenda: N0I0 – Não adubado+Não irrigado; N1I0 – Adubado+Não irrigado; N0I1 – Não adubado+Irrigado e N1I1 – Adubado+Irrigado.

Os tratamentos submetidos à sequeiro, sem e com adubação, o LER foi menor, devido à disponibilidade limitada de água. Durante o ensaio verificou-se uma seca persistente e altas temperaturas nos primeiros estágios de desenvolvimento das culturas induzidas pelo fenómeno El Niño, o que provocou a seca da cultura de milho e, conseqüentemente, a perda total do seu rendimento. No entanto, para o cálculo de LER, foi considerado o rendimento parcial de feijão nhemba, o que demonstra uma das principais vantagens da consociação de culturas, a resiliência perante adversidades climáticas.

Esta prática mesmo quando uma cultura é severamente afectada (milho) a outra (feijão nhemba) consegue manter um rendimento parcial, assegurando algum retorno para o produtor. Santos *et al.* (2016), confirmam que o consociação entre milho e feijão há um melhor aproveitamento da área e retorno ao produtor.

Resultados similares foram obtidos por Joaquim (2019) avaliando a eficiência do uso da água e desempenho do sistema de cultivo consociado e puro do milho e feijão nhemba em diferentes níveis de adubação mineral, observou que o cultivo consociado foi eficiente no uso de terra, com excepção a consociação em regime de sequeiro quando adubado em que o LER foi inferior a um.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1. Conclusões

Com base nos resultados gerados no ensaio concluiu-se que:

- Os maiores rendimentos de milho foram obtidos nos tratamentos submetidos à irrigação sem e com adubação (3,1 e 4,1 ton/ha,) no cultivo puro, enquanto que, para feijão nhemba, os maiores rendimentos (2,7 ton/ha), foram obtidos nos tratamentos em sequeiro, com e sem adubação e não apresentou diferença estatística entre sistemas de cultivo;
- Os parâmetros de crescimento (altura de planta, índice da área foliar e matéria seca aérea) apresentaram uma correlação de Pearsen forte positiva ( $r = 0,96$ ) com o rendimento médio das culturas;
- Maior eficiência de utilização de terra foi obtida nos sistemas de cultivo consociados irrigados, com e sem adubação (LER 1,04 e 1,18 respectivamente). Os sistemas em sequeiro, com e sem adubação, mostraram-se pouco eficientes quanto na utilização de terra (LER<1).

### 5.2. Recomendações

#### **Para Grandes e Médios Agricultores:**

- Adotar o sistema do cultivo consociado de milho e feijão nhemba irrigado e adubado, pois foi onde se obteve o maior rendimento de milho e para feijão nhemba utilizar uma lâmina de água de rega 311,8 mm, pois acima deste, verificou-se redução de rendimento.

#### **Para Pequenos Agricultores:**

- Utilização do sistema consociado, semeando numa época em que há probabilidade de boa uma precipitação.

#### **Para Investigadores:**

- Realizar mais estudos com sistemas de cultivo com diferentes densidades populacionais;
- Testar o mesmo sistema de cultivo com as mesmas culturas desfasadas na sementeira;
- Realizar estudos similares em diferentes locais (áreas agroecológicas).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, P. L. & Resende, M. (2012). **Sistemas de manejo e qualidade do solo em áreas de agricultura familiar no estado de Minas Gerais.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, pp. 129-140.
- Ali, M., Farooq, M., & Wahid, A. (2012). **Soil degradation, its effect on crop productivity and soil management strategies.** In: Soil Management for Sustainable Agriculture.
- Alves, (2009). **A agricultura familiar.** *Revista de Política Agrícola*, pp. 3-4.
- Alves, B. J. R., Boddey, R. M., & Urquiaga, S. (2013). Integração lavoura-pecuária e consórcios: alternativas para a sustentabilidade da agricultura tropical. *Embrapa Agrobiologia, Documentos*, 235.
- Andrade, R.V.; Miranda, L.N.; Oliveira, A.B. (1974). "**Consociação de milho e feijão: efeitos sobre a produtividade**". Pesquisa Agropecuária Brasileira, 9(1), 13-20. Brasília, DF.
- Andrade, M. J. B., Oliveira, M. I. P., & Silva, A. A. (2001). "**Consórcio de culturas: uma alternativa para a agricultura sustentável.**" *Revista Brasileira de Agroecologia*, pp. 45-56.
- Anil, L., Park, J., Phipps, R. H., & Miller, F. A. (1998). **Temperate intercropping of cereals for forage: A review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK.** *Grass and Forage Science*, 53(4), 301–317.
- Araújo, A. P., & Maranhão, D. D. C. (2017). "**Práticas de consorciação de culturas no semiárido brasileiro.**" *Cadernos de Agroecologia*, pp. 112-120. Brasil.
- Araújo, J. A. C. (2004). **Resposta do milho à adubação nitrogenada em consórcio com feijão-caupi em Latossolo Amarelo do semiárido.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.
- Araújo, A. P., Oliveira, R. S., & Silva, I. R. (2002). **Importância do nitrogênio no crescimento inicial do milho.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26(4), 903–911.
- Azevedo, B. M., Souza, A. P., & Gomes, J. P. (2011). **Respostas fisiológicas e produtivas do milho consorciado ao feijão caupi em função da irrigação.** *Revista Agropecuária Científica no Semiárido*, pp, 25–33.
- Begam, M., Sarkar, M. A. R., & Salam, M. A. (2020). **Sustainable crop production through legume-based intercropping: A review.** *Agricultural Research & Technology: Open Access Journal*, 25(4), 556306.

- Barbosa, J. C. (2017). **Adubação e nutrição mineral de plantas: fundamentos e aplicações**. 2. ed. Jaboticabal: Funep.
- Brooker, R.W.; Bennett, A.E.; Cong, W.; Daniell, T.J.; George, T.S.; Hallett, P.D.; Hawes, C.; Iannetta, P.P.M.; Jones, H.G.; Karley, A.J.; (2015). **Improving intercropping: A synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology**. *New Phytol*, pp. 107–117.USA.
- Cairo, P. A. R. (1995). **Fisiologia vegetal aplicada**. São Paulo: Nobel.
- Cardoso, M. J., & Ribeiro, V. Q. (2008). **Manejo da irrigação no feijão-caupi**. In: Ribeiro, V. Q. (Org.). *Feijão-caupi: avanços tecnológicos*. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 223–249.
- Carvalho, J. A., Gomes, D. P., & Andrade, C. L. T. (2000). **Efeito do déficit hídrico na produção de feijão caupi (*Vigna unguiculata*)**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4(3), 331–335.
- Carvalho, A. M., Souza, G. S., & Silva, E. R. (2017). **Consortiação de milho com leguminosas em sistemas sustentáveis de produção**. *Revista Brasileira de Agricultura Sustentável*, 7(2), 89–97. Brasil.
- Costa, A. M., & Silva, D. A. (2008). **Rendimento de culturas consorciadas de milho e feijão sob diferentes espaçamentos e adubações**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 7(3), 275–284.
- Christofidis, D. (2002). **"Irrigação e adubação na produtividade agrícola."** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6(2), 212-218.
- CHIULELE, R. M. (2015). **Morphological and Physiological responses of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) Cultivars to induced water stress and phosphorus nutrition**. Msc thesis. University of Stellenbosch, South Africa.
- Cruz, J. C., Pereira Filho, I. A., & Silva, A. R. (2006). **"Ecofisiologia do milho segunda safra para alta produtividade"**. Embrapa Milho e Sorgo, Brasil.
- Devede, A. C. P., Silva, M. L. N., Curi, N., & Lima, J. M. (2009). **Efeito de sistemas de manejo na qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em Lavras, MG**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(1), 155-164.
- EMBRAPA/CNPMS (1977). **"Consortiação Milho-Feijão"** Sete Lagoas, MG, Brasil.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D (2004). **Produção de Milho**. Piracicaba: Livroceres.
- Filho & Maranhão, (2017). **Lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas no consórcio milho-feijão-caupi**. *Research, Society and Development*, 6(3), 1-10. Brasil.

- Filho, R.R.G.& Tahin. J. F. (2002). **Respostas fisiológicas de variedades de feijão nhemba (*Vigna unguiculata* L). eretos a diferentes níveis de irrigação.** Engenharia na agricultura.
- Ferreira, V. M., Lima, L. A., & Alves, A. U. (2010). **Produtividade do milho em consorciação com feijão-caupi sob diferentes níveis de irrigação.** *Revista Ciência Agronômica*, 41(4), 505–512.
- Food and Agriculture Organization. (2022). **Relatório sobre a Produção e Produtividade Agrícola em Moçambique.** Roma: FAO.
- Fontoura, S. M. V., Bayer, C., & Vieira, F. C. B. (2009). **Adubação nitrogenada em cobertura no milho: produtividade e eficiência de uso do nitrogênio.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(6), 1721–1732.
- Fukai, S., & Trenbath, B. R. (1993). **Processes determining intercrop productivity and yields of component crops.** *Field Crops Research*, 34(3-4), 247-271.
- Ghanbari, A., Dahmardeh, M., Siahisar, B. A., & Ramroudi, M. (2010). **Effect of maize (*Zea mays* L.) intercropping with cowpea (*Vigna unguiculata* L.) on dry matter yield and soil moisture content.** *Notulae Scientia Biologicae*, 2(4), 57–60.
- Hilker, D. E., & Bressani, R. (1972). **Effect of water stress on cowpea (*Vigna unguiculata*) plants.** *Journal of Agronomy and Crop Science*, pp. 200–204.
- Hungria, M., Franchini, J. C., Campo, R. J., Graham, P. H., & Mendes, I. C. (2005). **Nitrogen fixation with soybean: the perfect symbiosis.** In: Werner, D., Newton, W. E. (Eds.), **Nitrogen Fixation in Agriculture, Forestry, Ecology, and the Environment**, Springer, pp. 125–146.
- IIAM (2010). **Autoridade Nacional de Sementes: Normas de controlo de qualidade de Sementes.** Maputo.
- Jensen, E. S., Carlsson, G., & Hauggaard-Nielsen, H. (2020). **Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis.** *Agronomy for Sustainable Development*, 40(5).
- Jaleel, C. A; Manivannan, P; Wahid, A; Farooq, M; Al-juburi, H. J; Somasundaram, R; Panneerselvam, R (2009) **Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition**, *Int. J. Agric. Biol.* 11:100- 05.
- Júnior, L. M., Oliveira, J. S., & Andrade, C. A. (2010). **Recomendações técnicas de adubação para o feijão caupi em solos de baixa fertilidade.** *Revista de Agricultura Familiar*, pp. 45–52. Brasil.

- Júnior, R. A., Stone, L. F., & Didonet, A. D. (2002). **Necessidades hídricas do feijão e resposta à irrigação.** *Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica*. Brasil.
- Keating, B. A., & Carberry, P. S. (1993). **Resource capture and use in intercropping: Solar radiation.** *Field Crops Research*, 34(3-4), 273-301.
- Ladha, J. K., Pathak, H., Krupnik, T. J., Six, J., & van Kessel, C. (2007). **Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: Retrospects and prospects.** *Advances in Agronomy*, pp. 85–156.
- Larcher, W. (2006). **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: Rima.
- Lithourgidis, A. S., Dordas, C. A., Damalas, C. A., & Vlachostergios, D. N. (2006). **Legume–cereal intercropping: An alternative sustainable system for forage production.** *European Journal of Agronomy*, UK.
- LI-COR. (2013). LAI-2200C Plant Canopy Analyser. Instruction Manual. LICOR, Lincoln, NE, USA.
- Machado, J. R. A. (2016). **"O excesso de chuvas e a cultura do milho"**. Revista Cultivar. Brasil.
- Machado, P. L. O. A., Silva, C. A., & Silva, A. P. (2008). **Sistemas de consórcio de milho com leguminosas: efeitos sobre o desempenho agrônômico.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(2), 1421-1429.
- Manfron, P. A., Streck, N. A., & Richter, G. L. (2003). **Ecofisiologia vegetal: crescimento e desenvolvimento.** Santa Maria: UFSM.
- Magalhães, P. C.; Pereira Filho, I. A.; Cruz, J. C. (1993). **"Consórcio de milho e feijão sob condições irrigadas e de sequeiro."** Sete Lagoas.
- Matusso, J. M (2016). Growth and Yield Response of Maize (*Zea mays* L.) to Different Nitrogen Levels in Acid Soils.
- Matoso, A. D. O.; Soratto, R. P; Ceccon, G; Figueiredo, P. G e Neto, A. L. N (2013) **Desempenho agrônômico de feijão nhemba e milho semeados em faixas na safrinha,** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(7), pp. 722–730;
- Melo, F. B., Oliveira, F. H. T., & Silva, I. F. (2013). **Efeito de doses de nitrogênio sobre o rendimento do feijão caupi irrigado.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(1), 27–33.
- Ministério da Administração Estatal, (2005). **Perfil do distrito de Moamba Província de Maputo** Pag. 58. Moçambique.
- Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural (MADER). (2020). Moçambique. Inquérito agrário integrado, Direção de Planificação e Políticas (DPP). Maputo.

- Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural. (2023). **Relatório Anual de Estatísticas Agrárias**. Maputo: MADER.
- Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar. (2017). **Plano Estratégico para o Desenvolvimento do Setor Agrário 2011-2020 (PEDSA)**. Maputo: MASA.
- Mirbahar, A. A., Sial, M. A., Mangrio, S. M., Mahar, A. R., & Pirzada, A. J. (2009). **Effect of drought stress on growth and yield of different wheat genotypes**. *Sarhad Journal of Agriculture*, 25(4), 491–497. Kenya.
- Monteith, J.L. (1994). **Validity of the correlation between intercepted radiation and biomass**. *Agric. Forest Meteorol.* 68, 213–220. Oxford, UK.
- Moraes, M. F. (2009). **Influência do déficit hídrico na produtividade do milho**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 8(3), 289–298. Brasil.
- Mudema, J., Tomo, A. (2012). **"Cassava commercialization in Mozambique."** *MSU International Development Working Paper*.Mozambique.
- Mushagalusa, G. N., Ledent, J. F., & Draye, X. (2008). **"Intercropping of maize and bean: effects on light and water absorption."** *Agricultural Journal*, 3(5), 325-331.
- Müller, M. M. L., Assis, F. N. de, & Oliveira, F. B. (2005). **Relação entre o índice de área foliar e a produtividade de grãos em milho**. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 13(1), 97–106.
- Nascimento, J. T; Pedrosa, M. B; Tavares Sobrinho, J. (2004) **Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão nhemba, vagens e grãos verdes**; *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.2, pp.174-177.
- Neto, F. B e Gomes, E. G (2008) **Sistemas agrícolas consorciados: uso eficiente da terra, indicadores econômicos e eficiência DEA**.
- Ofori F, Stern WR. (1987). **Cereal-legume intercropping systems**. *Adv Agron.* 41:41–90. Ghana.
- Ohland, T., Freddi, O. S., & Crusciol, C. A. C. (2004). **Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura no milho**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, pp. 685–692.
- PANNAR (2019) Pannar - **Sementes de qualidade**. Disponível em: <http://www.pannar.com>.
- Paiva, Cleyton Teles Contreiras. (1981). **Cultivo de milho em plantio direto e convencional com diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura**. Rio Branco. UFAC.

- PORTES, T. de A. (2010). **Agricultura sustentável: fundamentos e práticas**. UFV, pp. 134).
- Renwick, L.L.R.; Kimaro, A.A.; Hafner, J.M.; Rosenstock, T.S.; Gaudin, A.C.M. (2020). **Maize pigeonpea intercropping outperforms monocultures under drought**. *Front. Sustain. Food Syst*, 4, 253.
- Rodriguez, C.; Carlsson, G.; Englund, J.-E.; Flöhr, A.; Pelzer, E.; Jeuffroy, M.-H.; Makowski, D.; Jensen, E.S. (2020) **Grain legume-cereal intercropping enhances the use of soil derived and biologically fixed nitrogen in temperate agroecosystems**. A meta-analysis. *Eur. J. Agron*, 118.
- Rosário, D. (2019). **Agricultura em Moçambique: Desafios e Perspectivas**. Maputo: Instituto de Estudos Sociais e Económicos.
- Santa Cecília, L.V.C.; Vieira, C. (1978). "Efeito da densidade de plantio na consorciação de milho e feijão". *Revista Ceres*, 25(142), 157-164. Viçosa, MG.
- Santos, H. G., Pereira, M. G., & Almeida, D. L. (2016). **Avaliação econômica da consorciação de milho com feijão-caupi em sistema de agricultura familiar**. *Revista Agrombiente* pp. 43–51.
- Silva, E. M. R. (2001). **Conсорciação de culturas: Aspectos ecológicos e agronômicos**. *Embrapa Meio Ambiente*, Jaguariúna.
- Silva, Paulo Sérgio L. (2001). "Conсорciação milho e feijão caupi para produção de espigas verdes e grãos verdes". *Horticultura Brasileira*, 19(1), Mossoró, RN.
- Silva, A. R., Oliveira, M. A. J., & Lima, F. P. (2018). **Desempenho agronômico do feijão caupi sob diferentes lâminas de irrigação**. *Revista Agroambiente* 12(3), 234–243.
- Singh, S. & K. Rachie. (1985). **Cowpea Research Production and Utilization**. Library of Congress Cataloging in Publication Data. US. p. 460.
- Souza, M., Silva, J., & Pereira, L. (2011). **Variabilidade Regional na Produtividade Agrícola em Moçambique**. *Revista de Estudos Agrários*, 15(2), 45-58. Moçambique.
- Souza, R. A., Almeida, R. E. M., & Oliveira, M. W. (2010). **Fixação biológica de nitrogênio em sistemas de cultivo intercalado**. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 40(3), 331-338.
- Souza, S. R., Oliveira, M. F., & Costa, C. A. (2011). **Conсорciação de milho com feijão caupi e outras culturas alimentares em sistemas tradicionais de produção**. *Embrapa Amazônia Ocidental - Documentos*, 96.

- Souza, C. M. (2018). **Dinâmica da área foliar e interceptação de luz em sistemas agroflorestais**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa.
- Soratto, R. P., Carvalho, M. A. C., & Arf, O. (2003). **Influência da irrigação na cultura do feijão em diferentes estádios de desenvolvimento**. *Bragantia*, 62(2), 235–241.
- Smith, M. A. K., & Francis, C. A. (1986). **Breeding for multiple cropping systems**. In C. A. Francis (Ed.), *Multiple cropping systems* (pp. 219-249). New York: Macmillan.
- Summerfield, R. J., Huxley, P. A., & Steele, W. (1986). **Cowpea: research, production and utilization**. Chichester: Wiley.
- Taiz, L. e Zeiger, E. (2017). **Fisiologia Vegetal**. Artmed Editora.
- Távora, F. J. A. F; Silva, C. S. A. da. e Bleicher, E (2007) **Sistemas de consociação do milho, sorgo e feijão nhemba em séries de substituição**, pp. 311–317;
- Teixeira e Ramalho (1984): "**Mecanização do Milho e Feijão Consorciados**" Sete Lagoas, MG, Brasil.
- Teixeira, I. R., Silva, J. A., & Almeida, G. D. (2010). **Desempenho de genótipos de feijão-caupi sob estresse hídrico**. *Revista Ceres*, 57(3), 315–321.
- Tilman, D., Clark, M. (2014). "**Global diets link environmental sustainability and human health**." *Nature*, 515(7528), 518-522. Nigeria.
- Thayamini, H. S., Seneviratne, G., & Jayasekara, S. J. B. A. (2010). "**Compatibility of crop combinations in intercropping systems: a review**." *Journal of Agricultural Sciences*, 5(2), 63-77.
- Wien, H. C., & Smithson, J. B. (1981). **The evaluation of yield stability in intercropping: A case study with cowpea and sorghum**. *Experimental Agriculture*, 17(3), 277-288. Kenya.
- Yilmaz, M., Kaydan, D., & Tokur, S. (2007). **The influence of plant population and nitrogen on grain yield and some agronomic traits of maize (Zea mays L.)**. *Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2(3), 51–55.
- Zhang, R.; Meng, L.; Li, Y.; Wang, X.; Ogundeji, A.O.; Li, X.; Sang, P.; Mu, Y.; Wu, H.; Li, S. (2021). **Yield and nutrient uptake dissected through complementarity and selection effects in the maize/soybean intercropping**. *Food Energy Secur*, 10, 379–393.

## 7. ANEXOS

### 7.1. Análise de dados

#### Hipóteses:

Ho: Todos os tratamentos apresentam o mesmo rendimento médio;

Ha: Pelo menos um dos tratamentos difere-se dos outros.

Tabela 7: Análise de variância (ANOVA) do rendimento de Milho consociado.

		Number of obs =	16	R-squared =	0.8277
		Root MSE =	.829663	Adj R-squared =	0.7128
Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	29.750763	6	4.9584606	7.20	0.0048
Adubação	.79032117	1	.79032117	1.15	0.3118
Irrigação	26.020201	1	26.020201	37.80	0.0002
sistemadevo	0	0			
Adubação#Irrigação	.79032117	1	.79032117	1.15	0.3118
Adubação#sistemadevo	.79032117	1	.79032117	1.15	0.3118
Irrigação#sistemadevo	26.020201	1	26.020201	37.80	0.0002
Adubação#Irrigação#sistemadevo	.79032117	1	.79032117	1.15	0.3118
bloco	2.1499198	3	.71663993	1.04	0.4202
Residual	6.1950706	9	.68834118		
Total	35.945834	15	2.3963889		

**Conclusão:** Dado que o modelo teve efeito significativo ( $p < 0,005$ ), pelo menos um dos tratamentos difere dos demais. Sendo assim, para a validação da ANOVA, procede-se com os testes de Normalidade (Shapiro Wilk) e de Homoskedasticidade (Breusch – Pagan).

#### Teste de normalidade dos resíduos

Ho: Os resíduos seguem a distribuição normal

Ha: Os resíduos não seguem a distribuição normal.

Tabela 8: Teste de normalidade dos dados (Shapiro Wilk).

Shapiro-Wilk W test for normal data					
Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
erro	16	0.98134	0.378	-1.932	0.97330

**Conclusão:** Dado que valor p (0,973) maior que o nível de significância (0,05), não se rejeita a hipótese nula. Assim sendo, com base no teste de Shapiro wilk a 5% de significância, não há evidências suficientes que mostrem que os resíduos não seguem a distribuição normal.

### Teste de Homoskedasticidade dos dados

Ho: Os resíduos são homoskedásticos

Ha: Os resíduos não são homoskedásticos.

Tabela 9: Teste de homoskedasticidade (Breusch – Pagan)

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity			
Ho: Constant variance			
Variables: erro			
chi2(1)	=	0.11	
Prob > chi2	=	0.7417	

**Conclusão:** Dado que valor p (0,7417) maior que o valor de significância (0,05), não se rejeita a hipótese nula. Assim sendo, com base no teste de Chi quadrado a 5% de significância, não há evidências suficientes que mostrem que os resíduos são heteroskedásticos.

Após o teste dos pressupostos, procede-se com a comparação de médias (Teste de Tukey) dos factores que tiveram efeito significativo ( $p < 0,05$ ) na ANOVA.

Tabela 10: Comparação da interacção entre os níveis de água e adubação mineral pelo teste de Tukey (0,05)

rendimento	Tukey		
	Mean	Std. Err.	Groups
Adubação#Irrigação			
0 0	0	.416958	A
0 1	2.106	.416958	B
1 0	0	.416958	A
1 1	2.995	.416958	B

Note: Means sharing a letter in the group label are not significantly different at the 5% level.

## 7.2. Cálculos da quantidade de nitrogénio a aplicar

Recomendação: 200 kg/ha de NPK (12-24-12) e 100 kg/ha de Ureia de (46%)

### Adubação de fundo usado: NPK (12-24-12)

Quantidade de N aplicada:

$$\frac{1}{3} \times 200 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de N} = 67 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de N dose para aplicação de fundo.}$$

$$100 \text{ kg de NPK} \longrightarrow 12 \text{ kg de N}$$

$$X \text{ kg de N} \longrightarrow 67 \text{ kg de N}$$

$$X = \frac{100 \text{ kg de NPK} \times 67 \text{ kg de N}}{12 \text{ kg de N}} = 558 \text{ kg/ha de NPK}$$

$$558 \text{ kg de NPK} \longrightarrow 10000 \text{ m}^2$$

$$X \text{ kg de NPK} \longrightarrow 12,8 \text{ m}^2$$

$$X = 0,71 \text{ kg/parcela de NPK}$$

### Adubação de cobertura usado: ureia (46%)

$$100 \text{ kg/ha de ureia} \longrightarrow 46 \text{ kg de N}$$

$$X \text{ kg/ha de ureia} \longrightarrow 133 \text{ kg de N}$$

$$X = \frac{100 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de ureia} \times 133 \text{ kg de N}}{46 \text{ kg de N}} = 289 \text{ de } \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \text{ de ureia}$$

$$289 \text{ kg de ureia} \longrightarrow 10000 \text{ m}^2$$

$$X \text{ kg de ureia} \longrightarrow 12,8 \text{ m}^2$$

$$X = \frac{289 \text{ kg de ureia} \times 12,8 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 0,370 \frac{\text{kg}}{\text{parela}} \text{ de ureia}$$

### 7.3. Dados de Rendimento e altura de plantas

Tabela 11: Dados de rendimento e altura de plantas de Milho

Repetição	Sistema de cultivo	Adubação	Irrigação	Altura (cm)	Rend (ton/ha)
1	Milho puro	Não adubado	Sequeiro	40	0
2	Milho puro	Não adubado	Sequeiro	42	0.192
3	Milho puro	Não adubado	Sequeiro	62	0
4	Milho puro	Não adubado	Sequeiro	36	0
1	Milho puro	Adubado	Sequeiro	61	0
2	Milho puro	Adubado	Sequeiro	44	0
3	Milho puro	Adubado	Sequeiro	45	0
4	Milho puro	Adubado	Sequeiro	49	0
1	Milho puro	Não adubado	Irrigado	67	3.077
2	Milho puro	Não adubado	Irrigado	72	3.041
3	Milho puro	Não adubado	Irrigado	54	3.076
4	Milho puro	Não adubado	Irrigado	60	3.038
1	Milho puro	Adubado	Irrigado	102	4.154
2	Milho puro	Adubado	Irrigado	98	4.124
3	Milho puro	Adubado	Irrigado	89	4.104
4	Milho puro	Adubado	Irrigado	73	4.133
1	Milho consociado	Não adubado	Sequeiro	41	0
2	Milho consociado	Não adubado	Sequeiro	41	0
3	Milho consociado	Não adubado	Sequeiro	68	0
4	Milho consociado	Não adubado	Sequeiro	42	0
1	Milho consociado	Adubado	Sequeiro	39	0
2	Milho consociado	Adubado	Sequeiro	60	0
3	Milho consociado	Adubado	Sequeiro	45	0
4	Milho consociado	Adubado	Sequeiro	37	0
1	Milho consociado	Não adubado	Irrigado	91	2.995
2	Milho consociado	Não adubado	Irrigado	76	2.427
3	Milho consociado	Não adubado	Irrigado	85	2.741
4	Milho consociado	Não adubado	Irrigado	84	0.261
1	Milho consociado	Adubado	Irrigado	105	2.188
2	Milho consociado	Adubado	Irrigado	102	4.622
3	Milho consociado	Adubado	Irrigado	71	2.515
4	Milho consociado	Adubado	Irrigado	88	2.655

Tabela 12: Dados de rendimento e altura de plantas de Feijão nhemba

<b>Repetição</b>	<b>Sistema de cultivo</b>	<b>Adubação</b>	<b>Irrigação</b>	<b>Altura(cm)</b>	<b>Rend (ton/ha)</b>
1	Feijão nhemba puro	Não adubado	Sequeiro	26	3.472
2	Feijão nhemba puro	Não adubado	Sequeiro	27	1.285
3	Feijão nhemba puro	Não adubado	Sequeiro	28	2.801
4	Feijão nhemba puro	Não adubado	Sequeiro	25	3.079
1	Feijão nhemba puro	Adubado	Sequeiro	25	2.5
2	Feijão nhemba puro	Adubado	Sequeiro	26	2.199
3	Feijão nhemba puro	Adubado	Sequeiro	26	2.581
4	Feijão nhemba puro	Adubado	Sequeiro	27	2.153
1	Feijão nhemba puro	Não adubado	Irrigado	33	2.917
2	Feijão nhemba puro	Não adubado	Irrigado	36	1.62
3	Feijão nhemba puro	Não adubado	Irrigado	35	1.69
4	Feijão nhemba puro	Não adubado	Irrigado	49	2.13
1	Feijão nhemba puro	Adubado	Irrigado	38	2.986
2	Feijão nhemba puro	Adubado	Irrigado	36	1.019
3	Feijão nhemba puro	Adubado	Irrigado	31	3.368
4	Feijão nhemba puro	Adubado	Irrigado	31	2.512
1	Feijão consociado	Não adubado	Sequeiro	27	1.8555
2	Feijão consociado	Não adubado	Sequeiro	28	1.836
3	Feijão consociado	Não adubado	Sequeiro	25	2.6235
4	Feijão consociado	Não adubado	Sequeiro	21	2.1485
1	Feijão consociado	Adubado	Sequeiro	19	2.207
2	Feijão consociado	Adubado	Sequeiro	28	1.9725
3	Feijão consociado	Adubado	Sequeiro	25	2.0115
4	Feijão consociado	Adubado	Sequeiro	25	2.0115
1	Feijão consociado	Não adubado	Irrigado	38	1.25
2	Feijão consociado	Não adubado	Irrigado	34	0.449
3	Feijão consociado	Não adubado	Irrigado	40	0.651
4	Feijão consociado	Não adubado	Irrigado	40	1.732
1	Feijão consociado	Adubado	Irrigado	39	0.599
2	Feijão consociado	Adubado	Irrigado	38	0.5795
3	Feijão consociado	Adubado	Irrigado	38	1.048
4	Feijão consociado	Adubado	Irrigado	40	0.866

Tabela 13: Dados referentes a quantidade total de água aplicada (lamina de água +precipitação acumulada) durante o período de 27 de Dezembro de 2023 a 31 de Maio de 2024.

<b>Data de rega e precipitação</b>	<b>Tempo(h)</b>	<b>Rega(mm)</b>	<b>Pr(mm)</b>	<b>Rega+Pr</b>
09/01/2024	3	10,7	0,0	10,7
12/01/2024	0	0,0	3,5	3,5
16/01/2024	3	10,7	0,0	10,7
17/01/2024	0	0,0	3,7	3,7
19/01/2024	3	10,7	0,0	10,7
22/01/2024	3	10,7	0,0	10,7
25/01/2024	3	10,7	0,0	10,7
29/01/2024	3	10,7	0,0	10,7
31/01/2024	0	0,0	3,7	3,7
01/02/2024	3	10,7	0,5	11,2
02/02/2024	0	0,0	1,0	1,0
03/02/2024	0	0,0	0,8	0,8
05/02/2024	3	10,7	0,0	10,7
06/02/2024	0	0,0	4,5	4,5
10/02/2024	3	10,7	0,5	11,2
13/02/2024	3	10,7	0,0	10,7
16/02/2024	3	10,7	0,0	10,7
19/02/2024	3	10,7	0,5	11,2
20/02/2024	0	0,0	0,3	0,3
22/02/2024	3	10,7	0,0	10,7
25/02/2024	3	10,7	0,0	10,7
26/02/2024	0	0,0	4,5	4,5
27/02/2024	0	0,0	0,5	0,5
28/02/2024	3	10,7	0,0	10,7
29/02/2024	1,5	5,4	0,0	5,4
05/03/2024	4	14,3	0,0	14,3
08/03/2024	0	0,0	13,0	13,0
12/03/2024	0	0,0	2,0	2,0
13/03/2024	0	0,0	121,0	121,0
14/03/2024	0	0,0	0,1	0,1
15/03/2024	0	0,0	1,0	1,0
20/03/2024	3	10,7	0,0	10,7
22/03/2024	0	0,0	4,0	4,0
23/03/2024	0	0,0	11,5	11,5
24/03/2024	0	0,0	16,5	16,5
25/03/2024	0	0,0	16,0	16,0
26/03/2024	0	0,0	0,8	0,8
31/03/2024	0	0,0	2,0	2,0
01/04/2024	0	0,0	0,9	0,9

04/04/2024	0	0,0	1,0	1,0
06/04/2024	0	0,0	26,0	26,0
07/04/2024	0	0,0	58,0	58,0
08/04/2024	0	0,0	2,0	2,0
09/04/2024	0	0,0	10,0	10,0
17/04/2024	0	0,0	2,0	2,0
20/04/2024	3	10,7	0,0	10,7
27/04/2024	0	0,0	7,5	7,5
<b>Total</b>		<b>202,3</b>	<b>311,8</b>	<b>514,1</b>

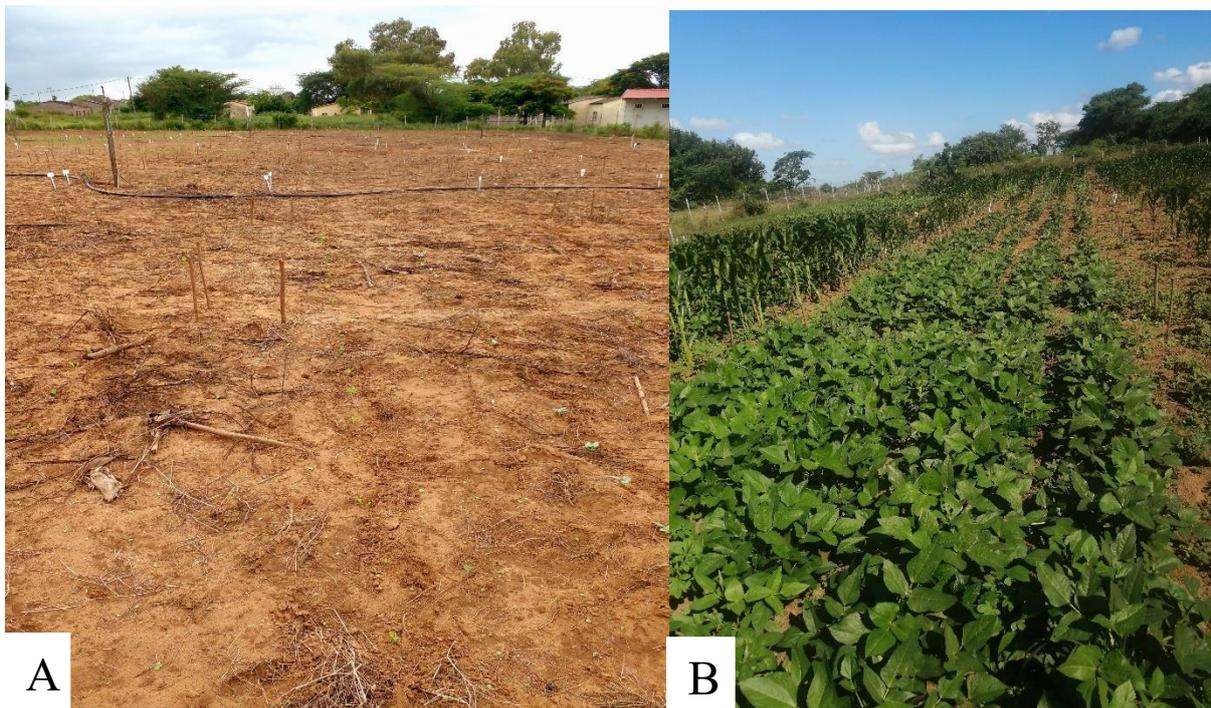


Figura 17: (A) Emergência e (B) Estágio de desenvolvimento das culturas

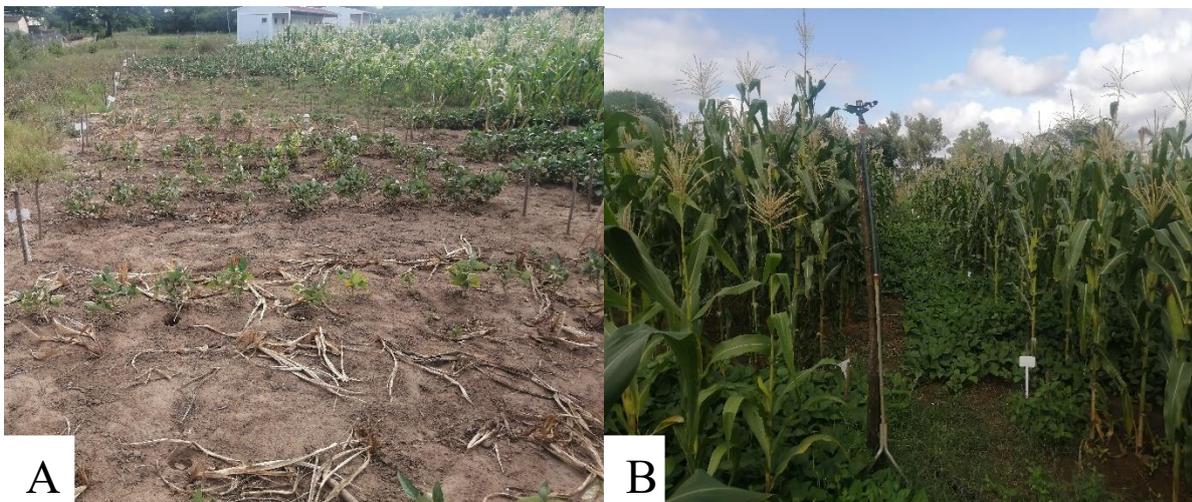


Figura 18: (A) Seca das culturas no sequeiro devido a precipitação irregular e (B) estágio reprodutivo das culturas.



Figura 19: Pesticidas usados, (A) Belt e Cipermetrina (B).



Figura 20: Medições das variáveis de crescimento (A) Índice da área foliar e (B) Altura.