



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
M O N D L A N E

Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

Departamento de Engenharia Rural

Secção de Uso de Terra e Água

Licenciatura em Engenharia Agronómica

Projecto Final

Avaliação da Relação entre o Índice de Área Foliar e Desempenho de Milho (*Zea mays* L.) e Feijão-Nhemba (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) no Sistema de Cultivo Consociado



Autor:

Domingos da Conceição Carlitos

Supervisores:

Eng^o João Benedito Nuvunga (MSc)

Prof. Doutor Sebastião Famba

Prof. Doutor Emílio Magaia

Maputo, Dezembro de 2025

Domingos da Conceição Carlitos

Avaliação da Relação entre o Índice de Área Foliar e Desempenho de Milho (*Zea mays L.*) e Feijão-Nhemba (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*) no Sistema de Cultivo Consociado.

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:

Eng^o João Benedito Nuvunga (MSc)

Prof. Doutor Sebastião Famba

Prof. Doutor Emílio Magaia

Maputo, Dezembro de 2025

DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais, **Carlitos Domingos Uire Povo** e **Maria Manuel Chuqela Povo**, cuja presença, amor incondicional e apoio firme foram a luz que guiou cada passo da minha caminhada acadêmica. Vocês são minha maior inspiração e meu alicerce.

Às minhas queridas irmãs, **Milena** e **Lú**, pelo carinho, companheirismo e por estarem sempre ao meu lado.

A vós dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Todo Poderoso, pela dádiva da vida, pelo amor incondicional, protecção constante e presença fiel em todos os momentos de dificuldade. A Ele, que ergueu o meu ânimo e renovou as minhas forças sempre que pensei em desistir, dedico minha eterna gratidão.

Aos meus pais, **Carlitos Domingos Uire Povo** e **Maria Mauel Chuquela Povo**, as pessoas mais importantes da minha vida, que Deus sabiamente colocou em meu caminho. Agradeço por terem me gerado, criado com amor, cuidado e dedicação, por acreditarem no meu potencial e investirem na minha formação. Suas orações pela minha saúde e pelo meu sucesso académico foram e continuam sendo um alicerce inabalável.

Aos meus supervisores, **Eng^o João Benedito Nuvunga (MSc)**, **Prof. Doutor Sebastião Famba** e **Prof. Doutor Emílio Magaia**, pela paciência, apoio moral, emocional e até financeiro, e pela orientação criteriosa durante o trabalho de campo e na elaboração deste trabalho. A cada um, meu sincero agradecimento.

À **Família Sevene**, por me acolherem como filho, oferecendo não só abrigo, mas também apoio constante e encorajamento nos momentos mais desafiadores.

Aos meus irmãos em Cristo, especialmente **irmão Paulino, Yud** e **Amaral**, por todos os ensinamentos espirituais e conselhos edificantes que me ajudaram a crescer como pessoa e como cristão.

À **Yuna Lourenço Alexandre**, pela paciência, carinho e companheirismo, por sempre estar presente nos momentos mais difíceis da vida académica, e por ser um apoio constante na minha jornada.

Aos amigos e companheiros de campo, **Joel Horácio, Yud Caetano, Zacarias Cairo** e **Cainde Torres**, pelo apoio incansável nas actividades práticas e pela amizade sincera.

Aos meus irmãos do quarto 113 **Manuel, Tony, Dj Momass, Flacko, Belmo** e **Kant** pela verdadeira irmandade construída ao longo desta jornada. Agradeço pelo cuidado, apoio emocional, consolo nos momentos difíceis e, principalmente, pelas risadas e memórias inesquecíveis.

Ao **Sr. Betuel**, pelo apoio desde o primeiro dia do ensaio até a sua conclusão. Sua presença constante, orientação prática e palavras firmes foram fundamentais para o sucesso deste trabalho.

Aos técnicos **Edy, Sr. Ricardo, Sr. Moisés e Sr. Basílio**, pelo apoio logístico e operacional com os materiais e equipamentos utilizados durante a pesquisa.

Por fim, a todos aqueles que, de forma directa ou indirecta, contribuíram para a concretização deste trabalho, deixo o meu mais sincero agradecimento.

MUITO OBRIGADO!

DÔMO ARIGATÔ GOZAIMASU!

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro, sob compromisso de honra, que o presente trabalho é de minha exclusiva autoria e que não foi, no todo ou em parte, previamente submetido para a obtenção de qualquer grau académico. As ideias, dados e resultados aqui apresentados são fruto da minha investigação, sendo devidamente referenciadas todas as fontes consultadas, conforme indicado no corpo do texto e na bibliografia. A autenticidade e veracidade deste trabalho são atestadas pelos meus supervisores.

(Domingos da Conceição Carlitos)

Maputo, aos de de 2025

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2	PROBLEMA E JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	2
1.3	OBJECTIVOS.....	3
1.3.1	Geral	3
1.3.2	Específicos.....	3
1.3.3	Hipóteses	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF), CONCEITO E IMPORTÂNCIA	4
2.2	ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E DESEMPENHO DE MILHO E FEIJÃO-NHEMBA NO CULTIVO CONSOCIADO.....	4
2.3	RELAÇÃO ENTRE ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E BIOMASSA AÉREA NA CULTURA DE MILHO E FEIJÃO-NHEMBA	6
2.4	RELAÇÃO ENTRE ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E COMPONENTES DE RENDIMENTO NA CULTURA DE MILHO E FEIJÃO-NHEMBA	7
2.5	RELAÇÃO ENTRE ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E RENDIMENTO DE GRÃOS NA CULTURA DE MILHO E FEIJÃO-NHEMBA	9
2.6	AVALIAÇÃO DA CORRELAÇÃO E APLICAÇÃO DO TESTE DE CHOW	10
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	13
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS.....	14
3.3	MANEIO DO ENSAIO	14
3.4	VARIÁVEIS MEDIDAS E PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM.....	16
3.5	AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF).....	18
3.6	AVALIAÇÃO DE RENDIMENTO E COMPONENTES DE RENDIMENTO.....	22
3.7	ANÁLISE DE DADOS.....	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E BIOMASSA AÉREA NA CULTURA DE MILHO E FEIJÃO-NHEMBA.....	24

4.2	RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E COMPONENTES DE RENDIMENTO NA CULTURA DE MILHO E FEIJÃO-NHEMBA	26
4.3	RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E RENDIMENTO DE GRÃO NA CULTURA DE MILHO E FEIJÃO-NHEMBA.....	30
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	33
5.1	CONCLUSÕES.....	33
5.2	RECOMENDAÇÕES	33
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
7	ANEXOS	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) e sua devida classificação	10
Tabela 2: Descrição dos tratamentos	14
Tabela 3: Características das variedades usadas no ensaio	15
Tabela 4: Relação entre o índice de área foliar e componentes de rendimento na cultura de milho	27
Tabela 5: Relação entre o índice de área foliar e componentes de rendimento na cultura de feijão-nhemba	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo	13
Figura 2: Esquemas da área de amostragem.....	17
Figura 3: Colecta e preparação das amostras para a secagem na estufa	19
Figura 4: Calibração da escala no imageJ	20
Figura 5: Conversão da imagem em monocromática.....	20
Figura 6: Limiarização da imagem	21
Figura 7: Determinação da área foliar com o ImageJ	21
Figura 8: Relação entre o índice de área foliar e biomassa aérea na cultura de milho .	24
Figura 9: Relação entre o índice de área foliar e biomassa aérea na cultura de feijão-nhamba	25
Figura 10: Relação entre o índice de área foliar e rendimento de grão na cultura de milho	30
Figura 11: Relação entre o índice de área foliar e rendimento de grão na cultura de feijão-nhamba	31

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

FAEF	Faculdade de Agronómica e Engenharia Florestal
IAF	Índice de Área Foliar
IIAM	Instituto de Investigação Agrária de Moçambique
LAI	Leaf Area Index
RFA	Radiação Fotossinteticamente Activa
RUE	Eficiência de Uso da Radiação
SLA	Specific Leaf Area (área Foliar Específica)
UEM	Universidade Eduardo Mondlane

RESUMO

O Índice de Área Foliar (IAF) é uma variável essencial na análise do desempenho fisiológico e produtivo das culturas, por reflectir directamente a capacidade de interceptação da radiação e o potencial fotossintético das plantas. Este estudo teve como objectivo avaliar a relação entre o índice de área foliar e desempenho de milho e feijão-nhamba no sistema de cultivo consociado. O ensaio foi conduzido no campo experimental da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, em Maputo, entre Outubro de 2023 a Fevereiro de 2024. A área experimental, de 576 m², foi organizada em um Delineamento de Blocos Completos Casualizados, com arranjo factorial 3x2, totalizando seis tratamentos. Os factores avaliados foram três sistemas de cultivo (milho puro, feijão-nhamba puro e consociação entre milho e feijão-nhamba) e dois níveis de adubação (com e sem adubação). Os diferentes níveis de adubação foram empregados para promover distintas intensidades de desenvolvimento das culturas e, conseqüentemente, variações no IAF, e o sistema de cultivo puro foi empregado para servir de testemunha, para comparar a relação do IAF e as variáveis analisadas nos dois sistemas de cultivo. O IAF foi determinado pelo método gravimétrico e foram realizadas análises de correlação para avaliar as relações entre as variáveis. Os resultados demonstraram que o sistema de cultivo consociado apresentou correlações positivas entre o IAF e as variáveis avaliadas. No milho, destacaram-se a correlação forte com a biomassa aérea ($R^2 = 0,85$) e com o número de grãos por espiga ($R^2 = 0,79$), enquanto o peso de grãos apresentou correlação moderada ($R^2 = 0,61$). No feijão-nhamba, houve correlação forte para o número de vagens por planta ($R^2 = 0,81$), número de grãos por vagem ($R^2 = 0,77$) e peso de grãos ($R^2 = 0,71$). Variáveis como número de espigas/planta no milho e comprimento da vagem no feijão-nhamba apresentaram correlação muito fraca. Em termos de rendimento, observou-se correlação moderada no milho ($R^2 = 0,61$) e forte no feijão-nhamba ($R^2 = 0,71$). As equações de regressão demonstraram que o rendimento e seus componentes aumentam linearmente em função do índice de área foliar, entretanto, a eficiência dessa relação foi superior nos sistemas de cultivo puro para ambas as culturas.

Palavras-chave: índice de área foliar, biomassa aérea, componentes de rendimento, rendimento de grãos, consociação milho e feijão-nhamba.

ABSTRACT

Leaf Area Index (LAI) is an essential variable in the analysis of the physiological and productive performance of crops, as it directly reflects the radiation interception capacity and photosynthetic potential of plants. This study aimed to evaluate the relationship between leaf area index and the performance of maize and cowpea in an intercropping system. The trial was conducted in the experimental field of the Faculty of Agronomy and Forestry Engineering, in Maputo, between October 2023 and February 2024. The experimental area, of 576 m², was organized in a Randomized Complete Block Design, with a 3x2 factorial arrangement, totaling six treatments. The factors evaluated were three cropping systems (pure maize, pure cowpea, and intercropping between maize and cowpea) and two fertilization levels (with and without fertilization). Different fertilization levels were employed to promote distinct intensities of crop development and, consequently, variations in leaf area index (LAI), and the pure cropping system was used as a control to compare the relationship between LAI and the variables analyzed in the two cropping systems. LAI was determined by the gravimetric method, and correlation analyses were performed to evaluate the relationships between the variables. The results demonstrated that the intercropping system showed positive correlations between LAI and the evaluated variables. In maize, a strong correlation with aboveground biomass ($R^2 = 0.85$) and with the number of grains per ear ($R^2 = 0.79$) stood out, while grain weight showed a moderate correlation ($R^2 = 0.61$). In cowpea, there was a strong correlation for the number of pods per plant ($R^2 = 0.81$), number of grains per pod ($R^2 = 0.77$), and grain weight ($R^2 = 0.71$). Variables such as the number of ears/plant in corn and pod length in cowpea showed a very weak correlation. In terms of yield, a moderate correlation was observed in corn ($R^2 = 0.61$) and a strong correlation in cowpea ($R^2 = 0.71$). The regression equations demonstrated that yield and its components increase linearly as a function of the leaf area index; however, the efficiency of this relationship was higher in pure cropping systems for both crops.

Keywords: leaf area index, aboveground biomass, yield components, grain yield, maize-cowpea intercropping.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A agricultura familiar constitui a espinha dorsal da produção agrícola em Moçambique, sendo responsável pela subsistência de aproximadamente 80% da população e pela ocupação de mais de 75% da força de trabalho rural. Apesar de sua relevância socioeconómica, este sector enfrenta desafios críticos, tais como baixa produtividade, acesso limitado a tecnologias modernas e deficiências estruturais. Predominantemente caracterizada por pequenas explorações agrícolas com menos de 2 hectares, a agricultura familiar depende, em grande parte, de métodos tradicionais de cultivo, o que resulta em rendimentos frequentemente inferiores ao potencial genético das culturas (Marassiro *et al.*, 2021).

A produção de milho e feijão-nhemba é uma actividade muito importante para as famílias que praticam agricultura nas zonas rurais, pois contribui para a alimentação humana e animal e para o sustento das famílias. Estas culturas podem ser cultivadas separadamente ou em consociação com outras, sendo esta última prática bastante comum em Moçambique (de Souza *et al.*, 2024).

O cultivo consociado é uma prática muito usada em várias partes do mundo, pois permite produzir diferentes alimentos na mesma área, protege o solo e garante maior disponibilidade de alimentos. Além disso, facilita o uso da mão-de-obra, reduz riscos causados pelas variações climáticas e pode melhorar a renda dos produtores (Lins *et al.*, 2024). Entretanto, os efeitos do cultivo consociado dependem directamente das interacções ecológicas entre as culturas, da arquitetura das plantas e da capacidade de partilha ou competição pelos recursos disponíveis (Nur Arina *et al.*, 2021).

Nesse contexto, o índice de área foliar constitui uma variável fisiológica fundamental por refletir a área foliar activa para interceptação de radiação fotossinteticamente activa, influenciando directamente a fotossíntese, o acúmulo de biomassa e o rendimento (Jonckheere *et al.*, 2004).

Diversos estudos têm sido realizados com o objectivo de avaliar o desempenho dos sistemas de cultivo consociado em comparação ao cultivo puro, abordando aspectos como a eficiência no uso da radiação solar (Awal *et al.*, 2006; de Freitas, 2022), a utilização de nutrientes (Rowe *et al.*, 2005; Reis, 2023), o aproveitamento da água (Walker & Ogindo, 2003) e a eficiência no uso da terra (Dhima *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2007; Lins *et al.*,

2024). Apesar disso, a relação entre o índice de área foliar e o desempenho das culturas de milho e feijão-nhemba no cultivo consociado ainda não está bem definida.

1.2 Problema e justificativa do estudo

No sistema de cultivo consociado, a heterogeneidade das canópias ocasiona variações substanciais na RFA e na distribuição de nutrientes e água (Zhang *et al.*, 2019). Esses factores influenciam directamente a dinâmica de expansão foliar, a assimilação de carbono e a eficiência no uso dos recursos, tornando os padrões de crescimento distintos daqueles observados em sistemas de cultivo puro.

Compreender a relação entre o Índice de Área Foliar (IAF) e o desempenho das culturas é importante para melhorar o manejo agronómico sustentável. Contudo, estudos dessa natureza ainda são escassos em Moçambique para as culturas de milho e feijão-nhemba em sistema de cultivo consociado, o que mostra a necessidade de mais pesquisas. Esses estudos, aliados a indicadores agroeconómicos, ajudam a explicar as diferenças de produção e a identificar variedades mais adaptadas às condições de cada região do país.

1.3 Objectivos

1.3.1 Geral

Avaliar a relação entre o índice de área foliar e desempenho de milho e feijão-nhemba no sistema de cultivo consociado.

1.3.2 Específicos

- Determinar a relação entre o índice de área foliar e biomassa aérea na cultura de milho e feijão-nhemba no cultivo consociado;
- Analisar a relação entre o índice de área foliar e componentes de rendimento na cultura de milho e feijão-nhemba no cultivo consociado;
- Determinar a relação entre o índice de área foliar e rendimento de grão na cultura de milho e feijão-nhemba no cultivo consociado.

1.3.3 Hipóteses

- Plantas de milho e feijão-nhemba com maior índice de área foliar produzem maior biomassa aérea no sistema de cultivo consociado;
- Existe uma correlação forte e significativa entre o índice de área foliar e componentes de rendimento das culturas no cultivo consociado;
- O índice de área foliar de milho e feijão-nhemba durante a fase reprodutiva está fortemente correlacionado com o rendimento de grãos no sistema de cultivo consociado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Índice de Área Foliar (IAF), Conceito e Importância

O Índice de Área Foliar (IAF, ou LAI em inglês) quantifica a quantidade de área foliar por unidade de solo ocupado. Por definição, é a razão entre a área foliar unilateral e a área do solo correspondente, não tendo unidades (m^2/m^2) (Gallucci, 2022).

O IAF reflete a capacidade da planta de interceptar luz e realizar trocas gasosas. Como as folhas são os principais órgãos de fotossíntese e transpiração, áreas foliares maiores geralmente significam maior interceptação de radiação solar e potencial fotossintético (Souza *et al.*, 2019). Valores de IAF adequados sinalizam bom desenvolvimento da canópis e podem orientar práticas de manejo, enquanto sua redução, por danos mecânicos, pragas, deficiência hídrica ou nutricional normalmente está associada a perdas no rendimento (Cavalli *et al.*, 2017). Por isso, o IAF é usado como parâmetro estrutural das canópis em culturas e pastagens e serve de base para decisões de manejo agrícola, como espaçamento, adubação e irrigação que maximizem o crescimento vegetativo e a produtividade (Guimarães *et al.*, 2002).

2.2 Índice de Área Foliar e Desempenho de Milho e Feijão-nhemba no Cultivo Consociado

No cultivo consociado, factores como sombreamento mútuo, competição por água e nutrientes e diferenças no ritmo de desenvolvimento entre as espécies tornam a relação entre o IAF e os atributos fisiológicos e agronómicos distinta daquela observada no cultivo puro. As variações na área foliar influenciam a distribuição espacial das plantas e modificam o microambiente da canópis (Giunta *et al.*, 2008), factores que afectam directamente a eficiência fotossintética e a forma como a energia luminosa é interceptada e distribuída pelas culturas (Elings, 2000; Boedhram *et al.*, 2001).

Filho *et al.* (2000), observou que o crescimento das plantas não foi significativamente influenciado pelo cultivo consociado, sugerindo que a interação entre milho e feijão-nhemba não comprometeu o desenvolvimento vegetativo das culturas. No referido estudo, o índice de área foliar de milho em cultivo puro foi de 3,36, enquanto o de feijão-nhemba foi de 2,80. Em condições de cultivo consociado, esses valores reduziram-se para 1,60 e 1,39, correspondendo a 47,6% e 49,6% dos valores registrados no cultivo puro. Essa redução, entretanto, foi considerada apenas aparente, uma vez que a densidade

populacional dos componentes do cultivo consociado representava 50% da dos tratamentos do cultivo puro, o que implica que o decréscimo no IAF está relacionado à menor densidade de plantas e não necessariamente a limitações fisiológicas impostas pela competição interespecífica.

Filho *et al.* (2000), observou que a produtividade das culturas também apresentou comportamento semelhante. O milho alcançou 2.208 kg ha⁻¹ no cultivo puro e 1.500 kg ha⁻¹ no cultivo consociado, o que, ao ser ajustado pela densidade de plantas, corresponde a um incremento relativo de cerca de 18% na produtividade. Já o feijão-nhema apresentou 1.550 kg ha⁻¹ em cultivo puro e 700 kg ha⁻¹ em cultivo consociado, indicando uma redução absoluta da produtividade. Contudo, o valor do IAF observado no cultivo consociado demonstrou eficiência no aproveitamento da radiação e melhor uso dos recursos disponíveis, sugerindo vantagem fisiológica do cultivo consociado sobre o cultivo puro.

Souza *et al.* (2014), ao analisarem o índice de área foliar e o crescimento das culturas de milho e feijão-nhema sob diferentes lâminas de irrigação, observaram que os valores máximos de IAF para o milho nos tratamentos PEM-L125, PEM-L100, PEM-L75, PEM-L50 e PEM-L0 foram de 2,75; 2,95; 2,55; 2,63 e 2,44 m² m⁻², respectivamente. No cultivo consociado, verificou-se uma redução expressiva nesses valores, correspondendo a 6,55%, 24,96%, 23,40%, 3,28% e 7,25% para os tratamentos PCMF-L125, PCMF-L100, PCMF-L75, PCMF-L50 e PCMF-L0, respectivamente. Esses resultados evidenciam que a competição interespecífica por recursos essenciais, como luz, água e nutrientes, foi um factor limitante para o desenvolvimento da área foliar de milho em cultivo consociado.

No mesmo estudo, para o feijão-nhema, os valores máximos de IAF nos tratamentos PEF-L125, PEF-L100, PEF-L75, PEF-L50 e PEF-L0 foram de 4,67; 4,77; 3,42; 3,66 e 2,93 m² m⁻², enquanto no cultivo consociado (PCMF-L125, PCMF-L100, PCMF-L75, PCMF-L50 e PCMF-L0) observou-se redução para 1,99; 1,93; 1,98; 1,72 e 1,36 m² m⁻², respectivamente. Tal comportamento reforça que a competição entre o milho e o feijão-nhema na mesma área cultivada interfere directamente na expansão foliar das plantas, reduzindo o IAF máximo alcançado.

Souza *et al.* (2014) observaram que nos sistemas de cultivo puro, o crescimento das plantas foi superior para ambas as culturas, indicando que o cultivo puro favorece maior desenvolvimento vegetativo quando comparado ao cultivo consociado. Essa

superioridade pode estar associada à menor competição intra e interespecífica, permitindo que as plantas explorem de forma mais eficiente os recursos disponíveis. O cultivo consociado de milho e feijão-nhemba, por outro lado, tende a limitar características morfológicas e componentes de produção, especialmente em função da competição por luz, já que o milho, por ser uma espécie de porte mais elevado e maior exigência em radiação, provoca sombreamento sobre o feijão-nhemba, reduzindo sua eficiência fotossintética e, conseqüentemente, sua capacidade de expansão foliar.

2.3 Relação entre Índice de Área Foliar e Biomassa Aérea na Cultura de Milho e Feijão-nhemba

O modelo tradicional ($\text{biomassa} \propto \text{RUE} \times f(\text{LAI})$) assume uma canópia homogênea e uso eficiente da luz. Em sistemas consociado, o perfil de luz se torna heterogêneo, muita luz é interceptada pelo milho no topo enquanto o feijão-nhemba fica submisturado, reduzindo sua fotossíntese (Filho *et al.*, 2000). Além disso, a estrutura da canópia no cultivo consociado pode gerar sombreamentos não previstos por modelos simples, espécies distintas podem apresentar diferentes coeficientes de atenuação luminosa e arranjos foliares (LAI parcial) não lineares. Outros factores fisiológicos, como distribuição do nitrogênio foliar e eficiência da fotossíntese por espécie, também influenciam, em alguns casos, o milho em cultivo consociado apresentava maior eficiência fotossintética aparente, o que não se traduziu totalmente em ganho de matéria seca foliar ou reprodutiva (Filho *et al.*, 2000).

Souza *et al.* (2014) observaram, que o índice de área foliar e a biomassa aérea nas culturas de milho e feijão-nhemba seguiu uma tendência linear moderada, apresentando coeficientes de determinação de $R^2 = 0,59$ para o feijão-nhemba e $R^2 = 0,63$ para o milho. Ambos os modelos apresentaram significância estatística ($P < 0,05$), sugerindo que o aumento do IAF está positivamente associado à acumulação de biomassa aérea até determinado ponto de desenvolvimento das plantas. Entretanto, à medida que ocorre a maturação fisiológica, o processo natural de senescência foliar reduz progressivamente o número de folhas activas, o que implica na diminuição do IAF e, conseqüentemente, no ritmo de acúmulo de biomassa, conforme descrito também por Ferreira *et al.* (2008).

Ao analisar os efeitos das lâminas de irrigação, Souza *et al.* (2014) verificaram que os maiores valores de biomassa aérea foram obtidos sob lâminas equivalentes a 100% e

125% da evapotranspiração potencial (ETp), para os sistemas de cultivo puro e consociado, respectivamente. Esse comportamento foi atribuído ao maior requerimento hídrico no sistema consociado, devido à competição interespecífica por recursos essenciais como luz, água e nutrientes, factores que influenciam directamente o balanço de carbono e a eficiência fotossintética das plantas (Ferreira *et al.*, 2008).

Em estudos com variação hídrica, Lasse (2019) observou que, independentemente do nível de água, o sistema consociado produziu menor biomassa aérea que os cultivos puros. No milho, variou de 0,6 a 3,6 Mg/ha em cultivo puro e 0,7 a 2,5 Mg/ha em cultivo consociado; no feijão-nhemba, de 0,8 a 3,7 Mg/ha (puro) e 0,8 a 1,7 Mg/ha (consociado), mesmo em condições de maior luminosidade, o IAF máximo observado chegando a 7,3 em milho e 6,3 em feijão-nhemba sob irrigação óptima não evitou que o cultivo consociado acumulasse menos biomassa aérea que o cultivo puro.

Gaikwad *et al.* (2022) constataram que dispor duas linhas de feijão-nhemba para cada linha de milho (arranjo 1:2) aumentou o IAF de milho em comparação ao milho puro, mas, mesmo assim, o maior IAF não resultou em maior rendimento de biomassa aérea. Na verdade, ambos os componentes atingiram produtividade máxima em cultivo puro, o maior rendimento biológico de milho e de feijão-nhemba ocorreu no cultivo puro para ambas culturas.

2.4 Relação entre Índice de Área Foliar e Componentes de Rendimento na Cultura de Milho e Feijão-nhemba

O número de espigas por planta no milho está mais directamente vinculado à sobrevivência e ao estabelecimento inicial (plant density, população) do que ao IAF. Contudo, IAF durante a fase vegetativa, antes da diferenciação reprodutiva influencia a capacidade da planta de suportar produção reprodutiva. Estudos mostram que densidades que promovem IAF próximos ao óptimo em silking aumentam a probabilidade de ter uma espiga por planta bem desenvolvida e reduzir o aborto de primórdios (Chen *et al.*, 2017). Em sistemas consociados, onde a população efectiva de milho muitas vezes é reduzida, metade da população por planta comparada ao cultivo puro em designs comuns, o número de espigas por planta pode se manter, mas a proporção por área tende a cair (Souza *et al.*, 2014).

O número de grãos por espiga, número de óvulos fertilizados é altamente sensível à disponibilidade de assimilados no período que vai da pré-silking até o início do enchimento. O IAF no estágio de florescimento ou silking é um bom preditor da capacidade da canópis para gerar fotoassimilados disponíveis para fecundação e estabelecimento de grãos (Chen *et al.*, 2017).

Chen *et al.* (2017) encontraram correlações entre IAF à silking e número de grãos em híbridos modernos, sugerindo um IAF ótimo, um limiar para maximizar número de grãos, abaixo desse valor, número de grãos cai, acima de certo patamar, não há ganhos proporcionais. Em cultivo consociado, o sombreamento parcial e a competição por N/água podem reduzir o IAF efetivo de milho e, por consequência, reduzir o número de grãos por espiga comparado ao cultivo puro (Wang *et al.*, 2025).

No feijão-nhemba, o número de vagens por planta é uma componente chave do rendimento e é muito sensível à disponibilidade de fotoassimilados na floração. O IAF durante a fase de floração e início do enchimento influencia a produção e retenção das vagens; déficits de radiação, sombreamento pelo milho ou estresse hídrico reduzem o número de vagens por planta (Bastos *et al.*, 2013; Costa, 2017). Em cultivo consociado, o feijão-nhemba frequentemente fica em nível inferior da canópis e pode sofrer redução do IAF efetivo, o que tende a diminuir o número de vagens por planta salvo se arranjos espaciais e temporais reduzam o sombreamento.

O comprimento da vagem é influenciado pela assimilação e alocação de recursos durante o período de formação dos grãos, IAF elevado e boa condição hídrica favorecem vagens mais longas (Costa, 2017). Em cultivo consociado que impõem competição intensa, também se observa redução do comprimento médio das vagens.

Semelhante ao número de grãos por espiga no milho, o número de grãos por vagem depende da fecundação e da disponibilidade de assimilados, IAF favorável na fase de florescimento aumenta as probabilidades de maior número de grãos por vagem (Costa, 2017).

O peso de grãos é fortemente influenciado pela disponibilidade de fotoassimilados durante o enchimento de grãos. IAF elevado durante o enchimento tende a favorecer maior peso de grãos, desde que não haja limitação hídrica ou nutricional (Liu *et al.*, 2005). Ainda assim, alguns estudos demonstram um trade-off, sistemas com alto IAF podem criar sombreamento entre folhas que reduz a eficiência fotossintética por folha e, se a N

for limitada, isso pode reduzir o peso de grãos (Liu *et al.*, 2005). Em cultivo consociado, o efeito sobre o peso de grãos é variável, se o cultivo consociado reduzir a disponibilidade de recursos para o milho, o peso de grãos pode diminuir, se a leguminosa melhorar a disponibilidade de N via FBN e rotação ou associação adequada, o peso de grãos pode ser mantido ou até melhorado (Bedoussac *et al.*, 2023; Kwenda *et al.*, 2025).

2.5 Relação entre Índice de Área Foliar e Rendimento de Grãos na Cultura de Milho e Feijão-nhemba

As folhas localizadas em diferentes posições ao longo do caule exercem funções distintas na distribuição de metabólitos para as demais partes da planta. De modo geral, as raízes recebem os produtos da fotossíntese principalmente das folhas basais, enquanto os órgãos e tecidos situados na região apical são nutridos pelas folhas superiores. Nos grãos de milho, cerca de 50% dos carboidratos acumulados têm origem nas folhas do terço superior do colmo, aproximadamente 30% provêm das folhas do terço médio e o restante é fornecido pelas folhas da região basal (Fornasier *et al.*, 2007).

O potencial produtivo de milho está fortemente relacionado à quantidade de radiação solar recebida, à eficiência com que essa radiação é interceptada, à conversão da energia interceptada em fitomassa e à capacidade de alocação dos assimilados para os órgãos de interesse econômico (Sangoi *et al.*, 2002; Forsthofer *et al.*, 2006). Gardiner & Craker (1981) observaram que densidades elevadas de milho reduzem significativamente o IAF e o rendimento de feijão-nhemba comparado ao cultivo puro. Bastos *et al.* (2013) observaram correlação forte positiva entre IAF e rendimento de grãos verdes de feijão-nhemba conforme aumentou a lâmina de irrigação ($R^2 = 0,76$).

Fu *et al.* (2023) com objectivo de avaliarem os traços funcionais das folhas e a partição da matéria seca na vantagem de produtividade do cultivo consociado de milho e leguminosa, encontraram IAF de milho 31–34% maior em cultivo consociado do que em cultivo puro, especialmente quando houve adição de nitrogênio, o que resultou em maior partição de massa seca para o grão.

Gu *et al.* (2025) observaram que arranjos em cultivo consociado que elevaram o IAF do milho em até 65% levaram a aumentos de produção de grãos de cerca de 59% em relação ao cultivo puro. De modo semelhante, Teklemariam *et al.* (2025) relataram forte correlação positiva entre rendimento e IAF em cultivo consociado de milho e feijão-

nhemba, o rendimento de milho aumentou 28% no tratamento consociado favorecido pela inoculação, e o IAF e a biomassa aérea explicaram grande parte da variabilidade da produção. Por outro lado, o rendimento de feijão-nhemba em cultivo consociado tende a ser menor que em cultivo puro, devido à competição por luz e nutriente.

2.6 Avaliação da Correlação e Aplicação do Teste de Chow

O coeficiente de correlação de Pearson (r) mede a intensidade da relação linear entre duas variáveis quantitativas, variando de -1 a 1. O valor 0 indica ausência de relação linear, enquanto 1 representa uma relação perfeita e -1 uma relação perfeita inversa. Quanto mais próximo de 1 ou -1, mais forte é a relação entre as variáveis (Filho *et al.*, 2019).

O coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as variáveis X e Y pode ser determinado usando a seguinte fórmula:

$$r = \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n} \right)}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n X_i)^2}{n} \right) \left(\sum_{i=1}^n Y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n Y_i)^2}{n} \right)}} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde: X_i representa os valores da variável X, Y_i os valores da variável Y, e n é o número de observações.

A forma de interpretar os valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) está mostrada na Tabela 1.

Tabela 1: Valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) e sua devida classificação

r valor	Classificação
$r = \pm 1 $	Correlação linear perfeita
$r \geq \pm 0,70 $	Correlação linear forte
$r \geq \pm 0,50 $	Correlação linear moderada
$r \geq \pm 0,30 $	Correlação linear fraca
$r = 0$	Ausência de correlação linear

Fonte: Rumsey (2023)

O **coeficiente de determinação (R^2)** é uma medida que mostra quanto a variável independente (X) influencia a variável dependente (Y), também chamada de variável resposta. Pode ser expressa em percentagem, de 0% a 100%. Quando $R^2 = 1$, significa que Y é totalmente explicada por X, sem desvios em relação à equação estimada. Já quando $R^2 = 0$, indica que Y não tem relação com X (Chiode *et al.*, 2021).

O R^2 pode ser calculado, preferencialmente, através das expressões a seguir:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad \text{Ou} \quad R^2 = 1 - \left(\frac{SQ_{res}}{SQ_{total}} \right) \quad (\text{Eq.2})$$

Onde: R^2 é o coeficiente de determinação; Y_i são os valores observados, \hat{Y}_i os estimados, \bar{Y} a média de Y, SQ_{res} a soma dos quadrados dos resíduos e SQ_{total} a soma total dos quadrados.

O **Teste de Chow** é um teste estatístico, baseado na distribuição F, usado principalmente em econometria para verificar se os coeficientes de dois modelos de regressão são iguais, ou seja, para detectar uma quebra estrutural (mudança significativa) em uma série temporal ou entre diferentes subgrupos de dados, comparando a performance de um modelo único (restrito) com modelos separados para cada período ou grupo (irrestritos) (Chow, 1960).

O teste de Chow pode ser realizado utilizando a seguinte expressão:

$$F = \frac{(SSR_p - (SSR_1 + SSR_2))/k}{(SSR_1 + SSR_2)/(n_1 + n_2 - 2k)} \quad (\text{Eq.3})$$

Onde: SSR_p é a soma dos quadrados dos resíduos da regressão agrupada dos dois sistemas de cultivo; SSR_1 e SSR_2 é a soma dos quadrados dos resíduos das regressões dos sistemas de cultivo; k é o número de parâmetros no modelo, incluindo o intercepto e n_1 e n_2 é o número de observações em cada sistema de cultivo.

Teste F

Hipóteses:

- **H0:** As regressões são iguais (mesma relação IAF × Variáveis analisadas).
- **H1:** As regressões são diferentes.

F calculado > F crítico: rejeita-se a hipótese nula (H_0)

F calculado < F crítico: não se rejeita a hipótese nula (H_0)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O ensaio foi conduzido na Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF), situada no campus principal da Universidade Eduardo Mondlane (UEM) na cidade de Maputo, nas coordenadas 25° 57' 07" a 25° 57' 09" S e 32° 36' 05" a 32° 36' 10" E, a uma altitude de 60 metros acima do nível do mar. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, caracterizado como tropical chuvoso de savana. A precipitação média anual é de aproximadamente 767 mm, com fevereiro sendo o mês mais chuvoso, registrando cerca de 137 mm, e agosto o mês mais seco, com apenas 12 mm de precipitação. A temperatura média anual é de 22,8°C, e os solos da área são classificados como arenossolos.

A cidade de Maputo está situada na região sul de Moçambique, na margem ocidental da Baía de Maputo, uma população de 1 088 449 (Censo de 2017). Seus limites incluem o distrito de Marracuene ao norte, o distrito de Matutuíne ao sul, o vale do rio Infulene a oeste, que a separa do Município da Matola, e o Oceano Índico a leste. Maputo é composta por sete Distritos Municipais: KaMpfumo, Nihamankulu, KaMaxakeni, KaMubukwana, KaMavota, KaTembe e KaNyaka, os quais são subdivididos em 63 bairros, a cidade abrange uma área total de 346,77 km² (Muguiu *et al.*, 2024).

A Figura 1 apresenta a localização geográfica do campo experimental da FAEF e da área de estudo

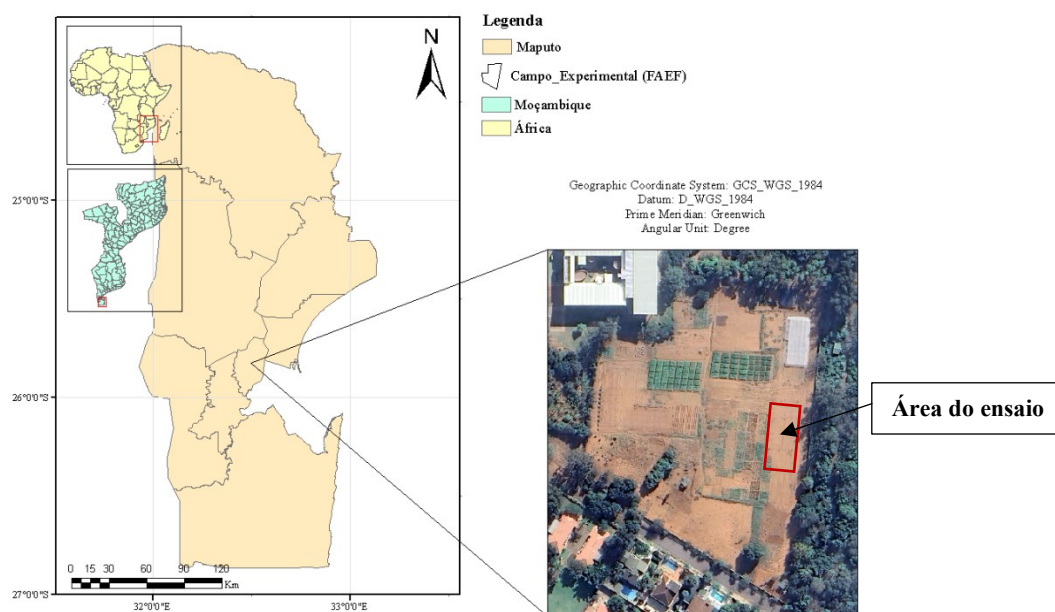


Figura 1: Localização da área de estudo

3.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O ensaio foi estabelecido em uma área de 576 m² (24m x 24m), seguindo um Delineamento de Blocos Completos Casualizados (DBCC), em arranjo factorial 3x2, resultante da combinação de três sistemas de cultivo (cultivo puro de milho, cultivo puro de feijão-nhamba e sistema de cultivo consociado de milho e feijão-nhamba) e dois níveis de fertilização (com e sem fertilização), totalizando seis tratamentos. Nos sistemas de cultivo consociado, as linhas de feijão-nhamba foram intercaladas entre as linhas de milho.

A Tabela 2 apresenta a descrição dos tratamentos usados no ensaio.

Tabela 2: Descrição dos tratamentos

Tratamentos	Descrição
MN0	Cultivo puro de milho sem fertilização
MN1	Cultivo puro de milho com fertilização
MCN0	Sistema de cultivo consociado de milho e feijão-nhamba sem fertilização
MCN1	Sistema de cultivo consociado de milho e feijão-nhamba com fertilização
CN0	Cultivo puro de feijão-nhamba sem fertilização
CN1	Cultivo puro de feijão-nhamba com fertilização

Onde: M: Milho; C: Feijão-nhamba; MC: Sistema consociado; N0: Sem fertilização; N1: Com fertilização.

3.3 Maneio do ensaio

Na preparação da área experimental, realizou-se uma lavoura 30 dias antes da sementeira. Em seguida, foi feita uma gradagem utilizando enxada e ancinho para quebrar os torrões e nivelar o solo, assegurando condições adequadas para a germinação das sementes. Depois, procedeu-se à demarcação e divisão do terreno em subparcelas, empregando fita métrica, cordas e estacas.

A sementeira foi realizada no dia 26 de Outubro de 2023, para ambas as culturas. No sistema de cultivo consociado de milho e feijão-nhamba, a densidade utilizada foi de 41.667 plantas por hectare para ambas as culturas. Já no cultivo puro de feijão-

nhemba, a densidade foi de 83.333 plantas por hectare e no cultivo puro de milho foi de 41.667 plantas por hectare. No cultivo de milho, o espaçamento entre linhas foi de 0,8 m e entre plantas de 0,3 m. No feijão-nhemba, o espaçamento entre linhas foi de 0,6 m, com 0,3 m entre plantas. Nesse mesmo dia, foi aplicada a adubação de fundo utilizando o fertilizante NPK (12-24-12), foi aplicada uma dose de 40 kg/ha de nitrogénio que foram fornecidos como 333,3 kg/ha de NPK, a aplicação foi realizada uniformemente entre as linhas de cultivo, com 10 cm de afastamento lateral e a uma profundidade de 5 cm.

A emergência das plântulas de feijão-nhemba foi observada em 1 de Novembro de 2023, enquanto as plântulas de milho emergiram em 4 de Novembro. Em 7 de Novembro de 2023, foi realizada a retanchar, seguida pelo desbaste após a emergência das culturas. Após 35 dias da emergência das culturas, seguiu-se com a adubação de cobertura utilizando ureia (46% N), numa dose de 174 kg/ha.

A Tabela 3 apresenta as características das variedades usadas no ensaio.

Tabela 3: Características das variedades usadas no ensaio

Cultura	Variedade	Tipo de grão	Ciclo de crescimento	de Hábito de crescimento
Milho	Matuba	Duro	120	
Feijão-nhemba	IT18	Pequeno, cor castanho	90	Semi-erecto

Fonte: (IIAM, 2011)

O controle das infestantes (*Cyperus rotundus*, *Acanthospermum hispidum*, *Ageratum conyzoides*, *Boerhavia diffusa*, *Commelina benghalensis*, *Cyperus esculentus*, *Parthenium hysterophorus*, *Sesamum alatum*, entre outras espécies), foi realizado por meio de duas operações de sacha manual, a primeira sacha foi realizada aos 15 dias depois da emergência, seguida de uma segunda sacha aos 35 dias depois da emergência, para o controlo de pragas como a lagarta-do-funil (*Spodoptera frugiperda*), broca-do-colmo (*Diatraea saccharalis*), thrips da flor (*Megalurothrips sjostedti*) e afídeos (*Aphis craccivora*), foram realizadas quatro pulverizações periódicas, com intervalos de 15 dias entre cada aplicação. Os produtos utilizados foram Cipermetrina (280 mL/ha), Bulldock (300 mL/ha) e Belt (220 mL/ha), aplicados de forma rotacional (ver **Anexo J**).

Foi adaptado o sistema de rega por aspersão, foram utilizados dois aspersores sectoriais, cada um com um raio de 12 metros. A irrigação foi realizada em intervalos de dois dias, com um tempo de aplicação de duas horas por dia. Ao longo do experimento, o campo recebeu um total de 35 irrigações, resultando na aplicação média de 336 mm de água por meio da irrigação, a lâmina de água aplicada pela irrigação foi de 4,8 mm por hora. Além disso, um pluviómetro graduado instalado no campo registou um total de 252 mm de precipitação natural durante o período experimental (ver **Anexo A**).

3.4 Variáveis medidas e procedimentos de amostragem

As medições foram realizadas em uma área conhecida de 3,84 m² dentro de cada parcela correspondente a cada tratamento, seguindo o procedimento descrito a seguir:

Em parcelas com quatro linhas de milho, descartaram-se as linhas de bordadura para evitar efeitos de bordadura. A partir do início do comprimento total da linha, que media 24 m, marcou-se uma extensão de 3,6 m com fita métrica, delimitando as extremidades e o meio entre as linhas com estacas. Para reduzir o comprimento da área marcada, eliminaram-se 0,6 m em cada extremidade, correspondendo a duas plantas, considerando o espaçamento de 0,3 m entre elas, totalizando 1,2 m de exclusão. Dessa forma, o comprimento final da área útil ficou 2,4 m, com estacas posicionadas nos pontos correspondentes a essas delimitações.

Na largura, a partir do ponto médio entre a segunda linha (adjacente à linha descartada) e a terceira linha, marcou-se 1,6 m, abrangendo duas linhas de milho, considerando o espaçamento entre linhas de 0,8 m. As estacas foram ajustadas para formar um rectângulo com dimensões finais de 2,4 m de comprimento por 1,6 m de largura.

Esse procedimento de delimitação da área útil foi replicado nas demais parcelas, variando apenas o número de linhas incluídas conforme o sistema de cultivo adoptado. No cultivo consociado, foram incluídas duas linhas de cada cultura (milho e feijão-nhemba), enquanto no cultivo puro de feijão-nhemba foram consideradas três linhas, devido à redução do espaçamento entre linhas para 0,6 m.

A Figura 2 apresenta os esquemas das áreas de amostragem utilizadas no ensaio.

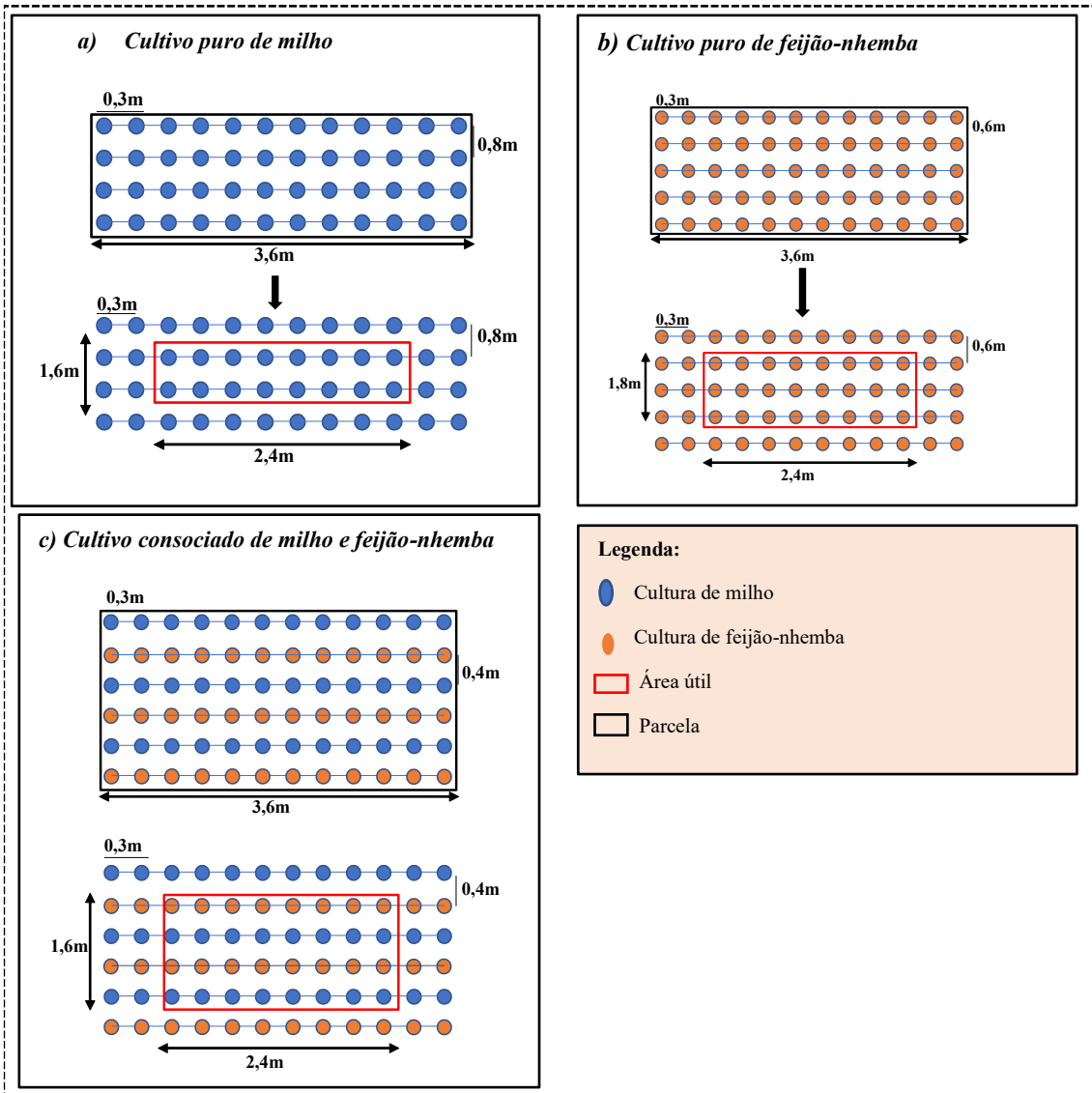


Figura 2: Esquemas da área de amostragem

As medições de índice de área foliar e da biomassa aérea foram realizadas em quatro momentos distintos aos 19, 39, 45 e 66 dias após a emergência (DAE), com o intuito de acompanhar a evolução do crescimento e o desenvolvimento da canóvia das culturas.

A primeira avaliação, realizada aos 19 DAE, ocorreu quando ambas as culturas se encontravam em estágios vegetativos iniciais. Nesse período, o milho estava no estágio V5, caracterizado pela presença de cinco folhas plenamente expandidas, enquanto o feijão-nhemba encontrava-se no estágio V8, apresentando oito folhas trifolioladas bem desenvolvidas.

Na segunda avaliação, o milho atingiu o estágio V12, com doze folhas completamente expandidas, e o feijão-nhemba o estágio V14, com catorze folhas trifolioladas desenvolvidas.

A terceira medição foi conduzida quando o milho se encontrava no estágio VT (pré-pendoamento) e o feijão-nhemba no estágio V16, apresentando dezasseis folhas trifolioladas.

A quarta e última avaliação foi realizada durante os estágios reprodutivos de ambas as culturas. O milho encontrava-se entre os estágios VT (pendoamento) e R1 (silking), enquanto o feijão-nhemba apresentava os estágios R1 (início do florescimento) e R2 (florescimento completo).

3.5 Avaliação do Índice de Área Foliar (IAF)

Para determinar o índice de área foliar, utilizou-se o método gravimétrico, seguindo o procedimento abaixo:

Em cada extremidade do comprimento da área útil, onde estavam fixadas as estacas, seleccionaram-se duas plantas por extremidade, totalizando quatro plantas por linha. As duas plantas centrais foram reservadas para etapas subsequentes, para determinar a área foliar específica. Esse processo foi repetido para todas as linhas da área de útil, totalizando oito plantas amostradas.

As folhas dessas oito plantas foram removidas e acondicionadas em sacos de papel e colocadas na estufa a 70 °C por 72 horas para obtenção da matéria seca, como se observa na Figura 3. Esse procedimento foi replicado em todas as parcelas, com variação no número de plantas amostradas conforme o sistema de cultivo. No cultivo puro de feijão-nhemba, amostraram-se 12 plantas distribuídas em três linhas, devido à maior densidade de plantas. No cultivo consociado, amostraram-se oito plantas para cada cultura, totalizando 16 plantas.



Figura 3: Colecta e preparação das amostras para a secagem na estufa

As quatro plantas centrais reservadas foram colectadas separadamente como subamostras. As folhas dessas plantas passaram primeiramente por um processo de planimetria para medir a área foliar antes de serem secas sob as mesmas condições da amostra principal, com o intuito de determinar a área foliar específica. O cálculo do SLA foi realizado utilizando a seguinte fórmula:

$$SLA \left(\frac{cm^2}{g} \right) = \frac{\text{Área foliar } (cm^2)}{\text{Peso foliar } (g)} \quad (\text{Eq.4})$$

Onde: SLA é a área foliar específica.

A área foliar foi então calculada pela fórmula:

$$\text{Área Foliar } (cm^2) = SLA \times \text{Peso foliar seco} \quad (\text{Eq.5})$$

A planimetria para a determinação da área foliar da subamostra foi realizada utilizando o software ImageJ. As imagens das folhas analisadas foram inicialmente scaneadas e digitalizadas com uma impressora Epson Perfection V700 Photo, e posteriormente transferidas para um computador HP equipado com processador Intel(R) Pentium(R) CPU N3540 @ 2.16GHz, 4 GB de RAM e sistema operacional Windows. Nas imagens digitalizadas, ao lado das folhas, foi posicionada uma régua com comprimento conhecido de 29 cm para calibrar a escala no ImageJ. Essa referência permitiu ao software calcular automaticamente a relação entre o número de pixels e a unidade de medida na escala das imagens, conforme demonstrado nas figuras seguintes:

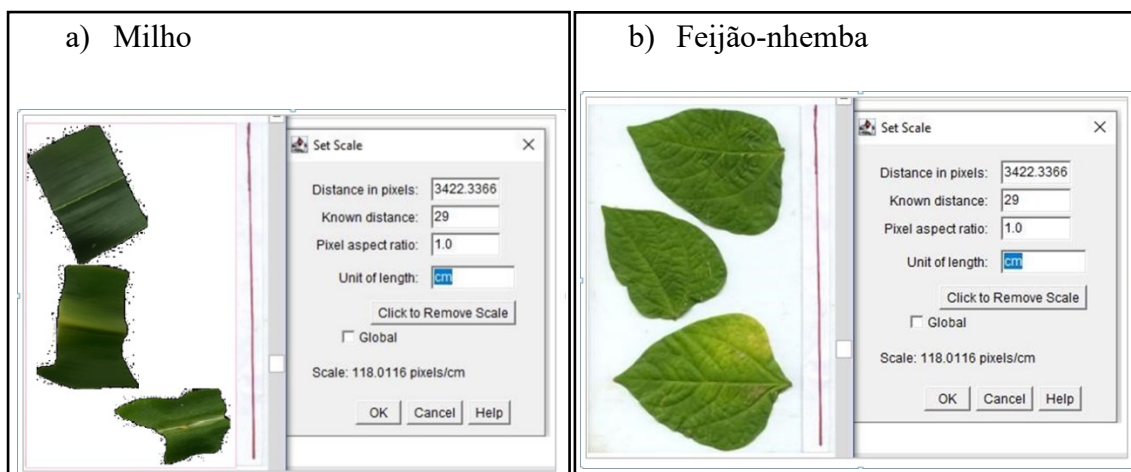


Figura 4: Calibração da escala no imageJ

Após a calibração da escala, a imagem foi transformada em uma versão monocromática (preto e branco) e, em seguida, passou pelo processo de limiarização para destacar e isolar a característica de interesse na imagem, separando-a do fundo, conforme ilustrado a seguir:

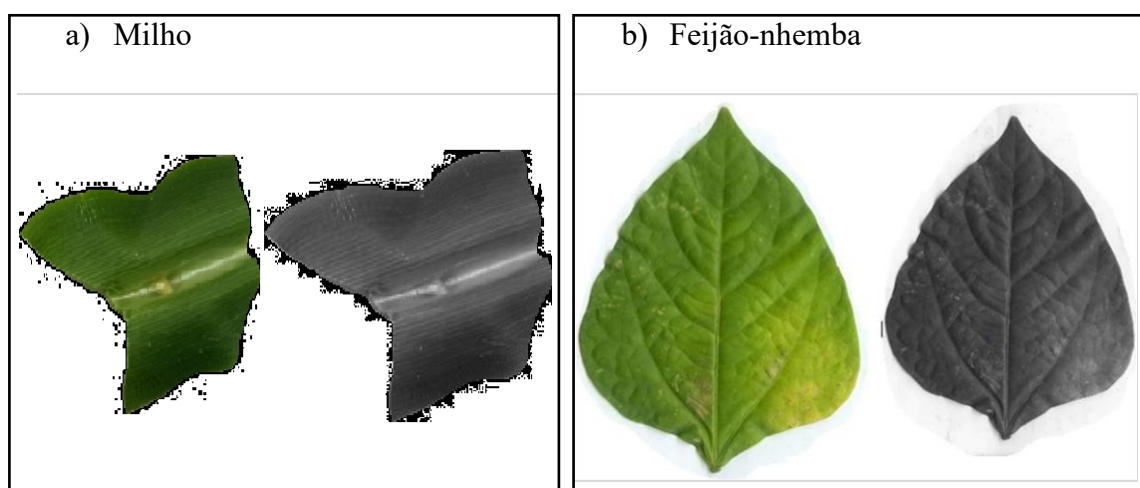


Figura 5: Conversão da imagem em monocromática

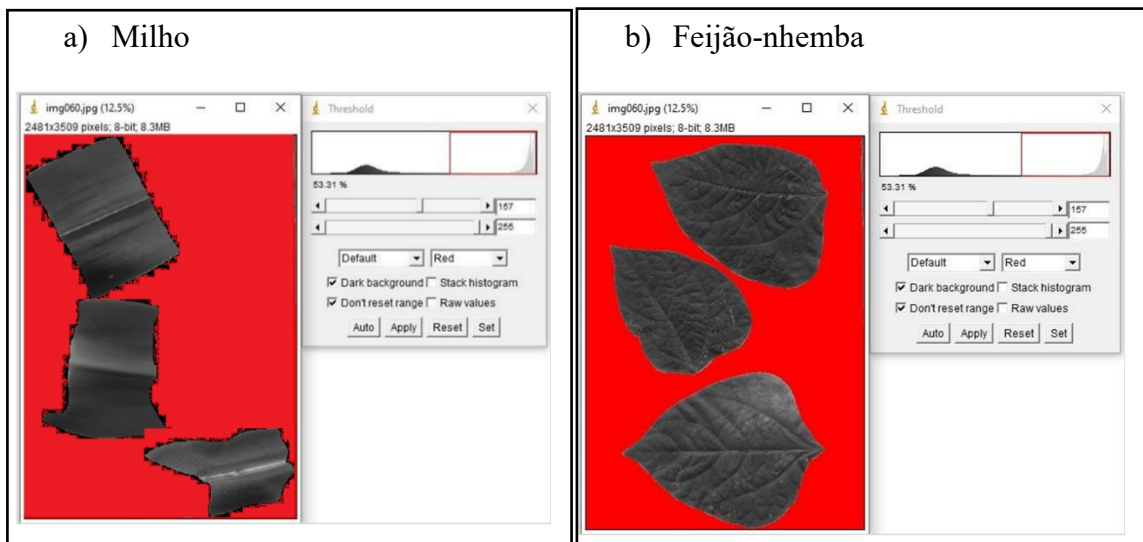


Figura 6: Limiarização da imagem

Após a realização dessas operações, as folhas na imagem foram selecionadas contornando seus limites com a ferramenta de esboço, e a área dessas folhas foi calculada automaticamente, conforme mostrado a seguir:

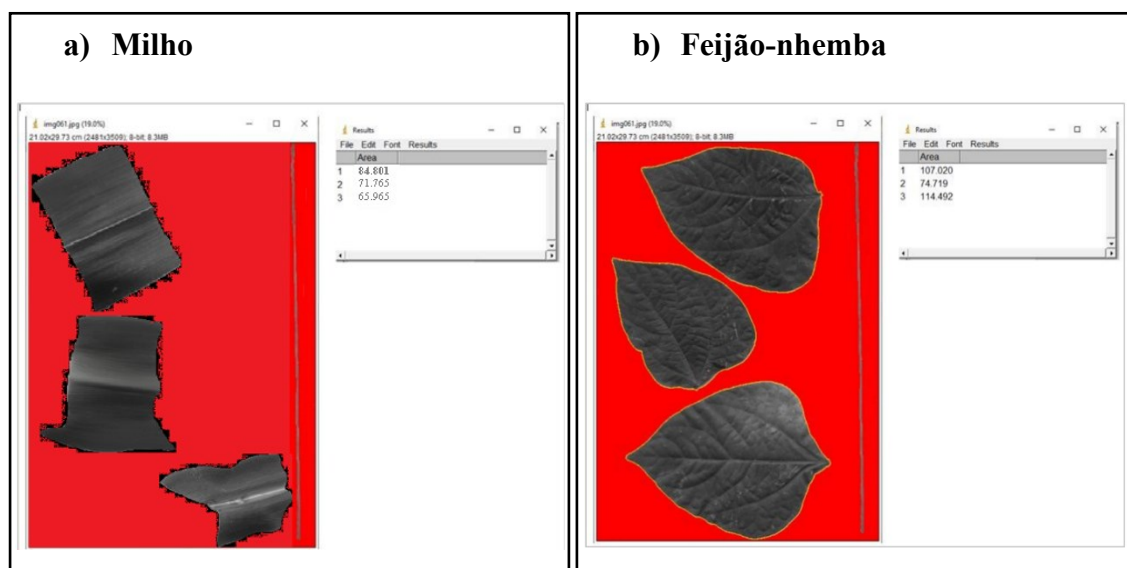


Figura 7: Determinação da área foliar com o ImageJ

Esse procedimento foi realizado para todas as folhas da subamostra, separadamente para cada espécie em cada tratamento. Ao final, o índice de área foliar foi calculado segundo a fórmula de Watson (1947).

$$IAF = \frac{AF(cm^2)}{\text{Área do solo } (cm^2)} \quad (\text{Eq.6})$$

Onde: IAF é o índice da área foliar; AF é a área foliar.

3.6 Avaliação de Rendimento e Componentes de Rendimento

A biomassa aérea foi determinada com base na metodologia descrita por Lacerda *et al.* (2009), foram selecionadas quatro plantas representativas na área útil da parcela, as quais foram cortadas rentes ao solo. As amostras foram coletadas e acondicionadas em cartuchos de papel, sendo posteriormente submetidas à secagem em estufa a 70 °C por 72 horas, até atingirem peso constante. Após o processo de secagem, o material foi pesado com o auxílio de uma balança, obtendo-se assim o peso seco da biomassa aérea.

As componentes de rendimento avaliadas para a cultura de milho foram, o número de espigas/planta, número de grãos/espiga e peso de grãos. Para cultura de feijão-nhamba avaliou-se o número de vagens/planta, comprimento das vagens, número de grãos/vagem e peso de grãos.

O número de espigas/planta foi obtido durante a colheita através da contagem de espigas em cada planta da área útil.

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.

O número de vagens/planta 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 razão entre o número de vagens totais pelo número de plantas colhidas.

O comprimento das vagens foi determinado a partir das plantas amostrais de cada parcela da área útil. Foram selecionadas aleatoriamente dez vagens da área útil, e seus comprimentos foram medidos com uma régua graduada em centímetros. Por fim, calculou-se o comprimento médio das vagens.

O número de grãos por vagem foi obtido durante a debulha, seleccionou-se dez vagens em cada parcela da área útil e contou-se os grãos e por fim calculou-se o número médio dos grãos por vagem.

O rendimento de grãos de milho e feijão-nhamba foi obtido a partir da razão entre o peso seco dos grãos e a área útil de colheita, sendo posteriormente convertido para toneladas por hectare, conforme a equação proposta por Bergonci *et al.* (2001) (Eq. 7).

$$\text{Rendimento} \left(\frac{\text{ton}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{Peso do grão}(\text{ton})}{\text{Área útil} (\text{m}^2)} \times 10.000\text{m}^2 \text{ (Eq.7)}$$

3.7 Análise de Dados

Para a análise de dados, foi utilizado o Microsoft Office Excel 2016 para a organização dos dados e a posterior análise descritiva, construção de tabelas e gráficos (ver **Anexo F e H**). Inicialmente foram realizados testes para verificar os pressupostos dos dados, o teste de normalidade de Jarque-Bera e o teste de homogeneidade de variâncias de Breusch-Pagan, ambos a um nível de significância de 5%, no Stata/MP 17.0 (ver **Anexo B a E**). A relação entre índice de área foliar e as variáveis analisadas (Biomassa aérea, Componentes de rendimento e Rendimento de grãos) foi avaliada por meio de coeficientes de regressão (R^2) e correlação de Pearson (r), para verificar se duas regressões têm coeficientes estatisticamente diferentes, ou seja, se as relações IAF e as variáveis analisadas são de facto distintas entre os sistemas de cultivo, foi usado o teste de Chow (ver **Anexo G e I**).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Relação entre o índice de área foliar e biomassa aérea na cultura de milho e feijão-nhemba

As Figuras 8 e 9 apresentam os resultados da relação entre o índice de área foliar e a biomassa aérea das culturas de milho e feijão-nhemba, respectivamente, nos sistemas de cultivo puro e consociado, obtidos por meio de regressões lineares. A análise estatística, utilizando o teste de Chow, indicou diferença estatisticamente significativa entre as regressões que descrevem a relação entre o índice de área foliar e a biomassa aérea tanto para o milho (F calculado = 14,79; F crítico = 3,15; $p < 0,05$) quanto para o feijão-nhemba (F calculado = 34,88; F crítico = 3,15; $p < 0,05$).

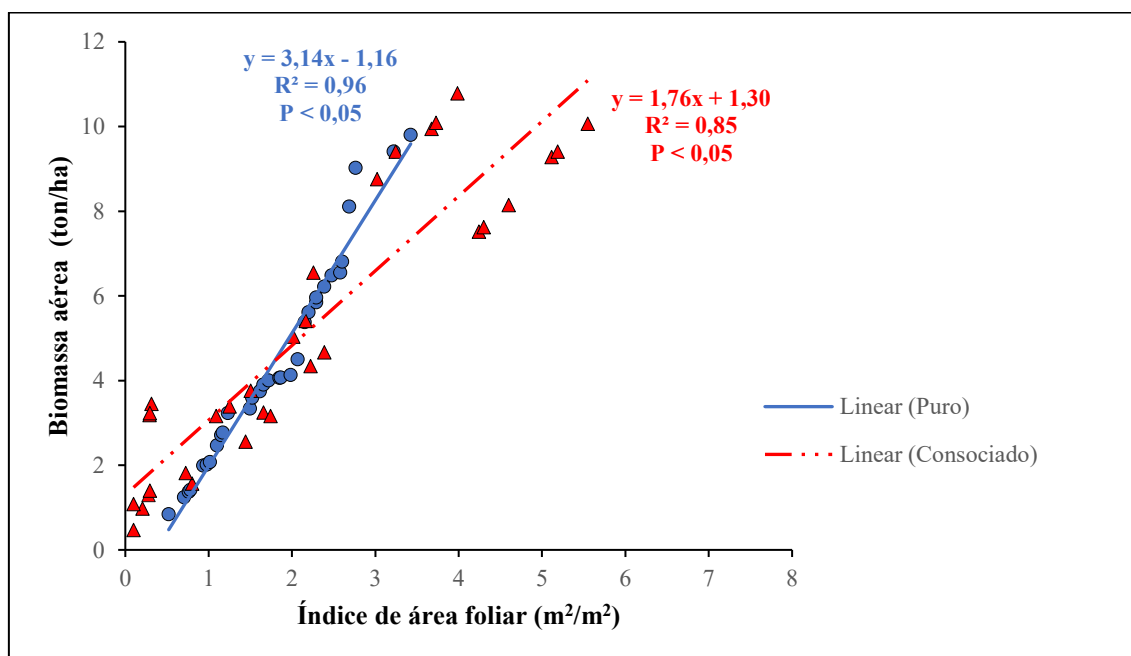


Figura 8: Relação entre o índice de área foliar e biomassa aérea na cultura de milho

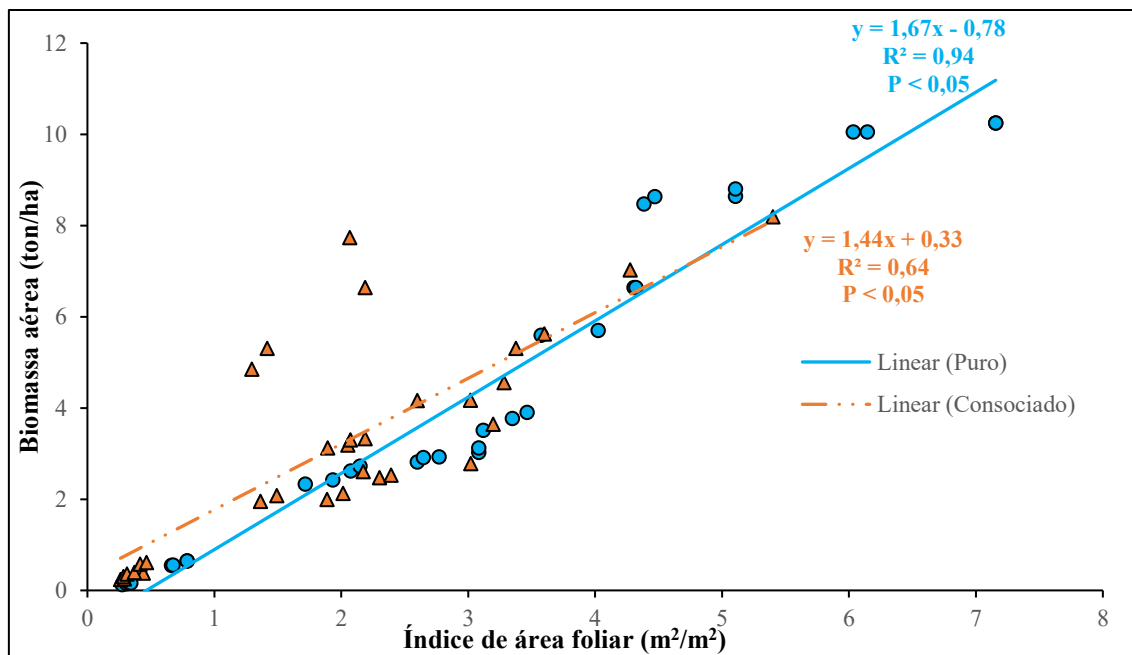


Figura 9: Relação entre o índice de área foliar e biomassa aérea na cultura de feijão-nhamba

Em ambos os sistemas de cultivo e para ambas as culturas avaliadas, verificou-se uma relação linear positiva entre o índice de área foliar e a biomassa aérea. No cultivo consociado, o milho apresentou uma relação linear forte ($R^2 = 0,85$) e para o feijão-nhamba, observou-se uma relação linear moderada ($R^2 = 0,64$).

Os resultados obtidos neste estudo foram semelhantes aos relatados por Souza *et al.* (2014) para o feijão-nhamba, mas divergiram parcialmente no caso de milho. Essa diferença pode estar associada à maior densidade de plantas usada no presente estudo o que proporcionou maior estrutura foliar e maior capacidade de interceptação de radiação solar. Além disso, a competição interespecífica por recursos como luz, água e nutrientes exerce influência significativa sobre o balanço de carbono e a eficiência fotossintética das plantas, resultando em diferenças no acúmulo de biomassa entre as culturas (Ferreira *et al.*, 2008).

No milho, o coeficiente angular (1,76 no consociado; 3,14 no cultivo puro) representa a taxa de incremento de biomassa aérea por unidade de IAF. No cultivo consociado, a interceptação desigual da RFA leva à redução da taxa de assimilação de carbono por unidade de área foliar (Tsubo & Walker, 2002). No cultivo puro, a canópi de milho é mais uniforme, permitindo melhor penetração e distribuição da luz entre os estratos foliares, o que favorece a acumulação de biomassa aérea (Muchow *et al.*, 1990).

O R^2 mais elevado (0,96) no cultivo puro reforça essa consistência, indicando uma relação fortemente previsível entre IAF e biomassa, ou seja, o crescimento foliar explica quase totalmente o acúmulo da biomassa aérea. No feijão-nhemba, a tendência foi semelhante, o coeficiente angular foi maior no cultivo puro (1,67) do que no consociado (1,44), e o coeficiente de determinação também foi superior (0,94 contra 0,64). No cultivo puro, o feijão-nhemba dispõe de maior intensidade luminosa, favorecendo a fotossíntese e, conseqüentemente, a produção de biomassa aérea (Pereira *et al.*, 1987).

O menor coeficiente angular e o menor R^2 nos sistemas consociados refletem a complexidade das interações interespecíficas, que resultam em competição assimétrica por recursos e eficiência fotossintética reduzida por unidade de área foliar. Ainda assim, o intercepto positivo nos sistemas consociados (1,30 no milho; 0,33 no feijão-nhemba) sugere que, mesmo sob baixa área foliar, há uma produção basal de biomassa aérea.

4.2 Relação entre o índice de área foliar e componentes de rendimento na cultura de milho e feijão-nhemba

A Tabela 4 apresenta os resultados da relação entre o índice de área foliar e os componentes de rendimento de milho, nos sistemas de cultivo puro e consociado, por meio da matriz de correlação. A análise estatística, realizada com o teste de Chow, indicou que não houve diferença estatisticamente significativa entre as relações entre o índice de área foliar e o número de espigas por planta (F calculado = 0,42; F crítico = 3,89; $p < 0,05$). Em contraste, verificaram-se diferenças estatisticamente significativas para a relação entre o índice de área foliar e o número de grãos por espiga (F calculado = 19,84; F crítico = 3,89; $p < 0,05$), bem como para a relação entre o índice de área foliar e o peso de grãos (F calculado = 15,21; F crítico = 3,89; $p < 0,05$), quando comparados os sistemas de cultivo puro e consociado.

Tabela 4: Relação entre o índice de área foliar e componentes de rendimento na cultura de milho

	<i>IAF (Cultivo puro)</i>	<i>IAF (Cultivo consociado)</i>
NEP	0,02	0,06
NGP	0,87	0,79
PG	0,79	0,61

Legenda: IAF – Índice da área foliar; NEP –Número de espigas/planta; NGP – Número de grãos/espiga; PG – Peso de grãos.

Nos dados analisados, o número de espigas por planta apresentou correlação muito fraca com o IAF em ambos sistemas de cultivo. Isto se deve ao facto de que o milho normalmente produz uma única espiga por planta, variações no IAF pouco influenciam essa característica determinada geneticamente. Estudos anteriores reforçam que a formação de espigas no milho é pouco sensível a mudanças no sombreamento interno da planta. Ma *et al.* (2025) observaram que híbridos modernos de milho aumentaram o rendimento sem alterar significativamente o IAF, indicando que factores além do IAF determinam o número de espigas. Assim, a falta da correlação sugere que aumentos no IAF não necessariamente promovem mais espigas por planta.

Contrariamente, o número de grãos por espiga correlacionou-se positivamente com o IAF nos dois sistemas de cultivo, especialmente em cultivo puro. Isso indica que plantas de milho com maior IAF produziram mais grãos em cada espiga, possivelmente devido a maior capacidade fotossintética e oferta de fotoassimilados durante o enchimento. No cultivo puro, essa correlação foi $R^2 = 0,87$, o que indica associação significativa, embora não perfeita. No cultivo consociado, observou-se correlação $R^2 = 0,79$, sugerindo que a competição com o feijão-nhamba por recursos reduziu ligeiramente o efeito do IAF de milho sobre a produção de grãos por espiga. Esse padrão é consistente com os resultados obtidos por Chen *et al.* (2017) onde observaram relações positivas significativas entre IAF no florescimento e número de grãos em vários híbridos de milho (R^2 variando de 0,41 a 0,72).

O peso de grãos também mostrou correlação positiva com o IAF. No cultivo puro, o coeficiente de determinação foi $R^2 = 0,79$, possivelmente pela maior produção de fotoassimilados disponíveis para enchimento dos grãos. No cultivo consociado, a correlação caiu para $R^2 = 0,61$ níveis moderados. A literatura sobre fisiologia de milho sugere que cultivares ou maneios que aumentam o IAF geralmente elevam o rendimento

de grãos, em parte pelo maior peso das espigas (Hashimoto *et al.*, 2023). Contudo, como apontado por Ma *et al.* (2025), mesmo que o IAF aumente, outros aspectos a genética, nutrição podem modular o peso de grãos, pois híbridos recentes obtiveram maior peso de grãos sem necessariamente maior IAF.

A Tabela 5 apresenta os resultados da relação entre o índice de área foliar e os componentes de rendimento de feijão-nhamba, nos sistemas de cultivo puro e consociado, por meio da matriz de correlação. A análise estatística, realizada pelo teste de Chow, indicou diferença estatisticamente significativa para a relação entre o índice de área foliar e o número de vagens por planta (F calculado = 14,58; F crítico = 3,89; $p < 0,05$). Por outro lado, não foi observada diferença significativa para a relação entre o índice de área foliar e o comprimento da vagem (F calculado = 1,57; F crítico = 3,89; $p < 0,05$). Verificou-se ainda diferença estatisticamente significativa para a relação entre o índice de área foliar e o peso de grãos (F calculado = 21,12; F crítico = 3,89; $p < 0,05$), bem como para a relação entre o índice de área foliar e o número de grãos por vagem (F calculado = 8,37; F crítico = 3,89; $p < 0,05$), quando comparados os sistemas de cultivo puro e consociado.

Tabela 5: Relação entre o índice de área foliar e componentes de rendimento na cultura de feijão-nhamba

	<i>IAF (Cultivo puro)</i>	<i>IAF (Cultivo consociado)</i>
NVP	0,90	0,81
CV	0,16	0,10
NGV	0,91	0,77
PG	0,87	0,71

Legenda: IAF – Índice da área foliar; NVP – Número de vagens/planta; CV – Comprimento da vagem; NGV – Número de grãos/vagem; PG – Peso de grãos.

Nos dados analisados, verificou-se correlação positiva entre o IAF e o número de vagens por planta nos dois sistemas de cultivo. No cultivo puro, essa correlação foi um pouco mais forte. No cultivo consociado com milho, a correlação decaiu, provavelmente porque o feijão-nhamba recebeu menos luz, maior sombreamento e foi mais limitado em recursos, assim, plantas com IAF relativamente maior ainda produziam mais vagens, mas o efeito foi atenuado. Os resultados observados no presente estudo são semelhantes aos observados por Costa (2017). Estudos de fisiologia de leguminosas indicam que maior

IAF geralmente eleva o número de vagens ou estrutura reprodutiva, devido à maior fotossíntese (Vogel *et al.*, 2021).

O comprimento das vagens apresentou correlação muito fraca com o IAF. Isso indica que, diferentemente do número de vagens por planta, o tamanho individual da vagem depende mais de factores genéticos do que do índice de área foliar. Mesmo plantas com IAF alto não necessariamente geraram vagens muito maiores. Em consonância, a literatura sugere que a morfologia de vagens, longo ou curto em leguminosas é uma característica de linhagem, pouco alterável pela disponibilidade relativa de fotossíntatos (Vogel *et al.*, 2021). Diferente do que foi observado por Costa (2017), onde observou um efeito linear crescente significativo ($p < 0,01$) da profundidade de irrigação sobre o comprimento da vagem e o índice de área foliar.

A correlação entre IAF e o número de grãos por vagem foi positiva para os dois sistemas de cultivo. Plantas de feijão-nhamba com maior índice de área foliar produziram vagens mais cheias, com mais grãos, o que sugere maior recurso para desenvolvimento de grãos dentro da vagem. Isso está alinhado com a ideia de que maior produção de fotoassimilados, maior IAF permite que mais ovários se desenvolvam plenamente (Costa, 2017). No cultivo consociado, novamente a correlação ficou mais baixa, indicando que a competição reduziu o efeito do IAF. Os resultados obtidos no presente estudo foram semelhantes com estudos em leguminosas, variedades ou condições que promovem maior IAF tendem a aumentar o número médio de grãos por vagem (Liu *et al.*, 2005; Vogel *et al.*, 2021)

O peso de grãos correlacionou-se positivamente com o IAF para os dois sistemas de cultivo. No cultivo puro, o coeficiente de determinação foi $R^2 = 0,87$. No cultivo consociado, embora ainda positivo, o coeficiente de determinação foi reduzido $R^2 = 0,71$, sugerindo que parte do ganho foi suprimido pelo estresse de sombreamento e competição nutricional. Este comportamento está de acordo com referências sobre cultivo de leguminosas, onde maior IAF ou duração de área foliar costuma resultar em maior peso de grãos (Vogel *et al.*, 2021).

4.3 Relação entre o índice de área foliar e rendimento de grão na cultura de milho e feijão-nhemba

As Figuras 10 e 11 apresentam os resultados da relação entre o índice de área foliar e o rendimento de grãos das culturas de milho e feijão-nhemba, respectivamente, nos sistemas de cultivo puro e consociado, obtidos por meio de regressões lineares. A análise estatística, utilizando o teste de Chow, indicou diferença estatisticamente significativa entre as regressões que descrevem a relação entre o índice de área foliar e o rendimento de grãos tanto para o milho (F calculado = 76,05; F crítico = 3,15; $p < 0,05$) quanto para o feijão-nhemba (F calculado = 41,87; F crítico = 3,15; $p < 0,05$).

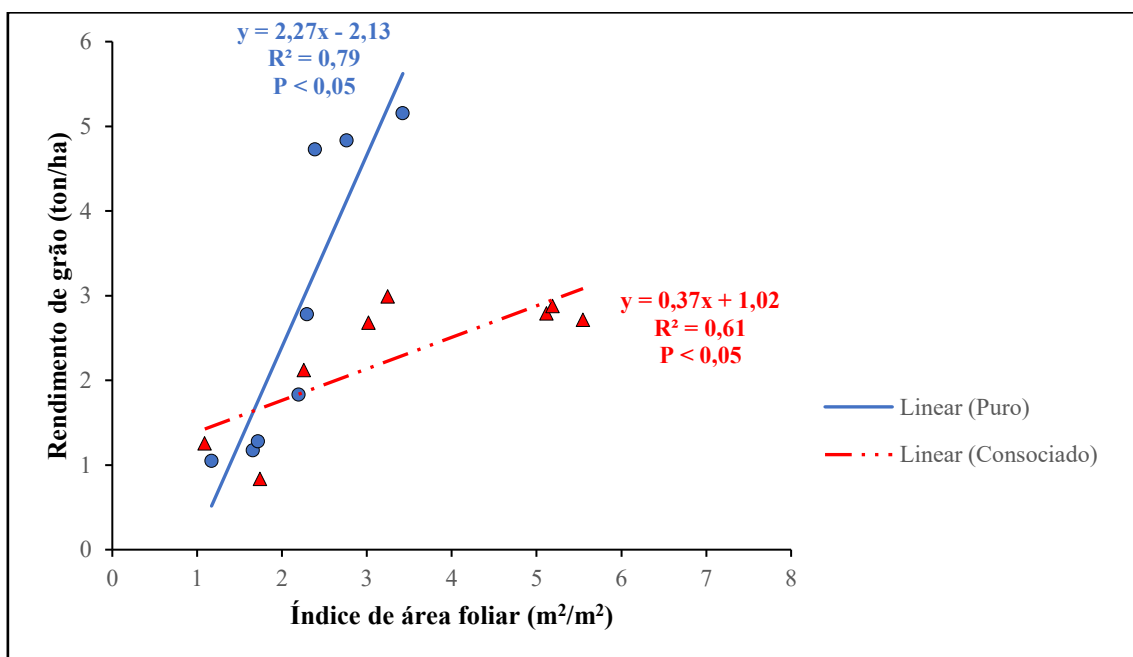


Figura 10: Relação entre o índice de área foliar e rendimento de grão na cultura de milho

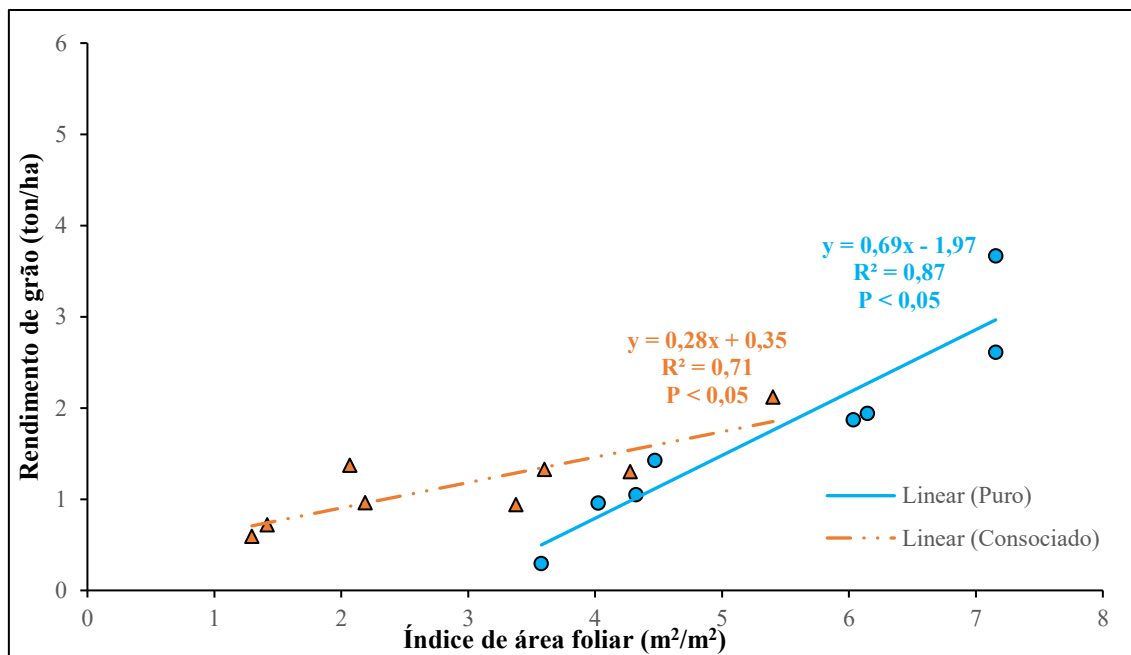


Figura 11: Relação entre o índice de área foliar e rendimento de grão na cultura de feijão-nhamba

No cultivo consociado, na cultura de milho, observou-se uma correlação linear moderada $R^2 = 0,61$, enquanto no feijão-nhamba, observou-se uma correlação linear forte $R^2 = 0,71$. Em ambas as culturas o coeficiente angular é maior no cultivo puro do que no consociado (milho puro 2,27; consociado 0,37 e feijão puro 0,69; consociado 0,28). Logo, uma unidade de IAF gera maior aumento de rendimento no cultivo puro. Bastos *et al.* (2013) também observaram correlação linear forte entre IAF e rendimento de grãos verdes de feijão-nhamba conforme aumentou a lâmina de irrigação ($R^2 = 0,76$). De acordo com Fornasieri Filho (2007), cerca de 80% dos carboidratos acumulados nos grãos de milho são provenientes dos fotoassimilados produzidos pelas folhas.

Os R^2 são consistentemente maiores no cultivo puro (milho puro: 0,79; consociado: 0,61 e feijão puro: 0,87; consociado: 0,71), indicando que IAF explica mais da variação do rendimento em cultivo puro do que em cultivo consociado. Interceptos positivos no cultivo consociado (milho 1,02; feijão 0,34) sugerem níveis basais de rendimento mesmo com IAF baixos, interceptos negativos nos puros denotam que a regressão linear não deve ser extrapolada fora da faixa observada. No cultivo consociado mesmo que o IAF aumente, a disponibilidade local de recursos (N, água) para cada cultura pode ser reduzida, limitando o enchimento de grãos (Sinclair & Muchow, 1999). Isso explica R^2 mais baixos, o rendimento passa a ser influenciado por múltiplos processos além do IAF.

O rendimento final de grãos depende não só da capacidade de produzir assimilados (fonte = folhas/IAF) mas também da capacidade de partição e enchimento dos grãos (dreno). Em cultivo puro com um bom manejo, o aumento do IAF frequentemente se traduz em mais assimilados disponíveis e maior enchimento, daí coeficiente angular maiores (Monteith, 1977). No cultivo consociado, apesar de área foliar adicional, limitações de dreno (número de vagens/espigas, capacidade de enchimento), competição por fotoassimilados, ou stress durante fases críticas podem impedir que o aumento de IAF se explique proporcionalmente em aumento de grãos, resultando em coeficiente angular menores.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

- ✓ No cultivo consociado, o índice de área foliar apresentou correlação linear forte com a biomassa aérea de milho ($R^2 = 0,85$) e correlação linear moderada com a biomassa aérea de feijão-nhemba ($R^2 = 0,64$);
- ✓ Para o milho, no cultivo consociado, o número de espigas por planta apresentou correlação linear muito fraca com o IAF ($R^2 = 0,06$). Em contrapartida, o número de grãos por espiga apresentou correlação linear forte ($R^2 = 0,79$), enquanto o peso de grãos mostrou correlação linear moderada ($R^2 = 0,61$).
No feijão-nhemba, observou-se correlação linear forte entre o IAF e o número de vagens por planta ($R^2 = 0,81$), bem como com o número de grãos por vagem ($R^2 = 0,77$) e o peso de grãos ($R^2 = 0,71$). O comprimento da vagem apresentou correlação linear muito fraca ($R^2 = 0,10$);
- ✓ Quanto ao rendimento no cultivo consociado, verificou-se correlação linear moderada com o IAF no milho ($R^2 = 0,61$) e correlação linear forte no feijão-nhemba ($R^2 = 0,71$).

5.2 Recomendações

- ✓ Para maximizar o rendimento no cultivo consociado, recomenda-se que o milho apresente um IAF entre 3,5 e 5,0, enquanto o feijão-nhemba alcance valores entre 2,0 e 4,0, de modo a garantir uma boa interceptação de luz sem causar sombreamento excessivo entre as culturas;
- ✓ Realização de estudos similares em diferentes tipos de solo, variedades, épocas de cultivo e zonas agro-ecológicas do país para avaliar a robustez e consistência dos resultados obtidos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Awal, M. A., Koshi, H., & Ikeda, T. (2006). **Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy.** *Agricultural and Forest Meteorology*, 139, 74–83.
- Bastos, E. A., Ramos, H. M. M., Cardoso, M. J., Nascimento, F. N., de Brito, R. R., Ramos, H. M. M., & de Brito, R. R. (2013). **Índice de área foliar e rendimento de grãos verdes do feijão-caupi sob diferentes regimes hídricos.**
- Bedoussac, L., Journet, E. P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Hellou, G. C., Jensen, E. S., & Wyatt, G. (2023). *Instant Insights: Intercropping (Vol. 66)*. Burleigh Dodds Science Publishing.
- Bergonci, J. I., Bergamaschi, H., Santos, A. O., França, S., & Radin, B. (2001). **Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(7), 949–956.
- Boedhram, N., Arkebauer, T. J., & Batchelor, W. D. (2001). **Season-long characterization of vertical distribution of leaf area in corn.** *Agronomy Journal*, 93, 1235–1242.
- Cavalli, J., Aragão, L. S., Carvalho, P. D., Pereira, D. H., Pedreira, B. C., & Cavalli, J. (2017). **Comparação de dois métodos para avaliação de índice de área foliar em cultivares de *Panicum maximum*.**
- Chen, K., Camberato, J. J., & Vyn, T. J. (2017). **Maize grain yield and kernel component relationships to morphophysiological traits in commercial hybrids separated by four decades.** *Crop Science*, 57(3), 1641–1657.
- Chiode, A. de S. (2021). **Avaliação de propostas de coeficientes de determinação do tipo R^2 em modelos de regressão logística com resposta nominal (Dissertação de Mestrado).** Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Chow, G. C. (1960). **Tests of equality between sets of coefficients in two linear regressions.** *Econometrica*, 28(3), 591–605.

Costa Junior, M. D. J. D., Bastos, E. A., Cardoso, M. J., & Andrade Júnior, A. D. (2017). **Agronomic performance of the cowpea under different irrigation depths and row spacing.**

de Freitas, I. C. (2022). **Estoques de carbono do solo e fisiologia de feijão-caupi e guandu em sistemas integrados de produção.**

de Souza, N. P., da Costa, T. A. R., Sandmann, A., de Lima, V. L. A., Saboya, L. M. F., de Souza, T. R. A., & de Farias Pinto, Y. M. (2024). **Gestão econômica em pequenas propriedades rurais: um estudo de caso integrando produção de suínos e cultivo de alimentos.** *Revista de Gestão e Secretariado*, 15(9), e4086.

Dhima, K. V., Lithourgidis, A. S., Vasilakoglou, I. B., & Dordas, C. A. (2007). **Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratios.** *Field Crops Research*, 100, 249–256.

Elings, A. (2000). **Estimation of leaf area in tropical maize.** *Agronomy Journal*, 92, 436–444.

Ferreira, V. M., Andrade Jr., A. S., Silva, C. R., & Maschio, R. (2008). **Consumo relativo de água pelo milho e pelo feijão-caupi, em sistema de cultivos exclusivo e consorciado.** *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 16(1), 96–106.

Filho, J. M. P. L. (2000). **Physiological responses of maize and cowpea to intercropping.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(5), 915–921.

Filho, D. B. F., & Júnior, J. A. D. S. (2019). **Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r).** *Revista Política Hoje*, 18(1), 115–146.

Fornasier Filho, D. (2007). *Manual da cultura do milho*. Jaboticabal: Funep.

Forsthofer, E. L., et al. (2006). **Desempenho agrônômico e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 399–407.

Fu, Z., Chen, P., Zhang, X., et al. (2023). **Maize-legume intercropping achieves yield advantages by improving leaf functions and dry matter partition.** *BMC Plant Biology*, 23, 438.

Gaikwad, D. D., Pankhaniya, R. M., Singh, B., Patel, K. G., & Viridia, H. M. (2022). **Studies on growth and productivity of maize-cowpea intercropping system under different spatial arrangements and nutrient levels.** *Pharma Innovation*, 12, 2506–2512.

Gallucci, A. D. (2022). **Relação entre o índice de área foliar e a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa na soja e milho (Tese de doutorado).** Universidade de São Paulo.

Gardiner, T. R., & Craker, L. E. (1981). **Bean growth and light interception in a bean-maize intercrop.** *Field Crops Research*, 4, 313–320.

Giunta, F., Motzo, R., & Pruneddu, G. (2008). **Has long-term selection for yield in durum wheat also induced changes in leaf and canopy traits?** *Field Crops Research*, 106, 68–76.

Gu, Y. R., Ibitoye, R. G., He, J. J., Gao, F., & Zhou, X. B. (2025). **Photosynthetic performance and yield of intercropped maize and soybean are directly opposite under different intercropping ratios and maize planting densities interactions.** *Journal of the Science of Food and Agriculture*.

Guimarães, D. P., Sans, L. M. A., & Moraes, A. D. C. (2002, September). **Estimativa da área foliar de cultivares de milho.** In *24 Congresso Nacional de Milho e Sorgo*, Florianópolis. Anais, EMBRAPA/CNPMS, 96.

Hashimoto, N., Saito, Y., Yamamoto, S., Ishibashi, T., Ito, R., Maki, M., & Homma, K. (2023). **Relationship between leaf area index and yield components in farmers' paddy fields.** *AgriEngineering*, 5(4), 1754–1765.

Instituto de Investigação Agrária de Moçambique. (2011). **Autoridade Nacional de Sementes: Normas de controlo de qualidade de sementes.** Maputo: IIAM.

Jonckheere, I., Fleck, S., Nackaerts, K., Muys, B., Coppin, P., Weiss, M., & Baret, F. (2004). **Review of methods for in situ leaf area index determination: Part I. Theories, sensors and hemispherical photography.** *Agricultural and Forest Meteorology*, 121(1-2), 19–35.

Kwenda, I. W., Falconnier, G. N., Cardinael, R., Affholder, F., Couëdel, A., Baudron, F., & Chikowo, R. (2025). **Intercrop overyielding is maintained under estimated water and nitrogen stress in maize-cowpea on-farm trials in semi-arid Zimbabwe.** *Field Crops Research*, 327, 109890.

Lacerda, M. J. R., Freitas, K. R., & da Silva, J. W. (2009). **Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional.** *Bioscience Journal*, 25(3).

Lasse, N. (2019). **Avaliação da consociação de milho (*Zea mays* L.) e feijão nhemba (*Vigna unguiculata* L. Walp) sob adubação mineral e diferentes níveis de irrigação em clima semiárido.**

Lins, A. A., Da Silva, J. P., Silva, J. M., Acioli, L. R., Do Nascimento, W. V. D. O., & Da Silva, K. L. R. (2024). **Desempenho produtivo de variedades de milho consorciadas com feijão comum e feijão-caupi.** *Cadernos de Agroecologia*, 19(1).

Liu, X., Jin, J., Herbert, S. J., Zhang, Q., & Wang, G. (2005). **Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybeans in Northeast China.** *Field Crops Research*, 93(1), 85–93.

Ma, Y., Ren, J., Yang, S., Ding, R., Du, T., Kang, S., & Tong, L. (2025). **Enhancing maize yield and water productivity through coordinated root-shoot growth under mild water stress in dense planting.** *Field Crops Research*, 323, 109786.

Marassiro, M. J., de Oliveira, M. L. R., & da Purificação Pereira, G. (2021). **Agricultura familiar em Moçambique: Características e desafios.** *Research, Society and Development*, 10(6), e22110615682.

Monteith, J. L. (1977). **Climate.** In P. T. Alvim & T. Kozłowski (Eds.), *Ecophysiology of tropical crops*. New York: Academic Press.

- Muguiu, M., Matule, E., & Moiane, A. (2024). **Avaliação da sustentabilidade da área territorial dos municípios de Maputo e Matola (Moçambique).** *Boletim GeoÁfrica*, 3(11), 132–150.
- Muchow, R. C., Sinclair, T. R., & Bennett, J. M. (1990). **Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations.** *Agronomy Journal*, 82(2), 338–343.
- Nur Arina, I., Martini, M. Y., Surdiana, S., Mohd Fauzi, R., & Zulkefly, S. (2021). **Radiation dynamics on crop productivity in different cropping systems.** *International Journal of Agronomy*, 2021(1), 4570616.
- Pereira, A. R., & Machado, E. C. (1987). **Análise quantitativa do crescimento de comunidade vegetal.** Campinas: Instituto Agrônomo. Boletim Técnico, 114.
- Reis, L. O. (2023). **Produção de biomassa, acúmulo de nutrientes e demanda nutricional do feijão guandu com sorgo ou milho em consórcio e rotacionado.**
- Rowe, E. C., Noordwijk, M. V., Suprayogo, D., & Cadisch, G. (2005). **Nitrogen use efficiency of monoculture and hedgerow intercropping in the humid tropics.** *Plant and Soil*, 268, 61–74.
- RUMSEY, D. J. **What is r value correlation?** Dummies, 6 fev. 2023.
- Sangoi, L., et al. (2002). **Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas.** *Bragantia*, 61, 101–110.
- Sinclair, T. R., & Muchow, R. C. (1999). **Radiation use efficiency.** *Advances in Agronomy*, 65, 215–265.
- Souza, L. S. B. de, Moura, M. S. B. de, Sedyama, G. C., & Silva, T. G. F. da (2014). **Crescimento e produtividade do milho e feijão nhemba em diferentes sistemas e disponibilidade hídrica no semiárido.** *Revista Brasileira de Geografia Física*, 7(3), 524–539.

Souza, A. L. P., Marques Costa, M., de Sena Junior, D. G., & de Oliveira Paz, R. B. (2019). **Avaliação de três métodos de obtenção do índice de área foliar para cultura da soja.** *Nativa*, 7(3).

Teklemariam, E., Yoseph, T., & Ayalew, T. (2025). **Agronomic performance and profitability of maize and cowpea intercropping as affected by increased rows of cowpea in Ethiopia.** *Crop, Forage & Turfgrass Management*, 11(1), e70047.

Tsubo, M., & Walker, S. (2002). **A model of radiation interception and use by a maize–bean intercrop canopy.** *Agricultural and Forest Meteorology*, 110(3), 203–215.

Vogel, J. T., Liu, W., Olhoft, P., Crafts-Brandner, S. J., Pennycooke, J. C., & Christiansen, N. (2021). **Soybean yield formation physiology—a foundation for precision breeding based improvement.** *Frontiers in Plant Science*, 12, 719706.

Walker, S., & Ogindo, H. O. (2003). **The water budget of rainfed maize and bean intercrop.** *Physics and Chemistry of the Earth*, 28, 919–926.

Wang, X., & Liu, H. (2025). **Optimization of water and fertilizer management on the intercropping system between maize and mung bean to improve photosynthetic characteristics & water use and to increase plant yield.** *Frontiers in Plant Science*, 16, 1597198.

Watson, D. J. (1947). **Comparative physiological studies on growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years.** *Annals of Botany*, 11, 41–76.

Zhang, L. W., Van Der, W., Zhang, S., Li, B., & Spiertz, J. H. J. (2007). **Growth, yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems.** *Field Crops Research*, 103, 178–188.

Zhang, N. Y., Van Westreenen, A., Anten, N. P. R., Evers, J. B., & Marcelis, L. F. M. (2019). **Disentangling the effects of photosynthetically active radiation and red to far-red ratio on plant photosynthesis under canopy shading: a simulation study using a functional–structural plant model.** *Annals of Botany*, 126, 635–646.

7 ANEXOS

Anexo A

Registo da programação de rega

Data	Tempo (hr)	I (mm/hr)	h (mm)
10/27/2023	2	4.8	9.6
11/02/2023	2	4.8	9.6
11/06/2023	2	4.8	9.6
11/08/2023	2	4.8	9.6
11/10/2023	2	4.8	9.6
11/21/2023	2	4.8	9.6
11/23/2023	2	4.8	9.6
11/27/2023	2	4.8	9.6
11/29/2023	2	4.8	9.6
12/01/2023	2	4.8	9.6
12/05/2023	2	4.8	9.6
12/07/2023	2	4.8	9.6
12/11/2023	2	4.8	9.6
12/13/2023	2	4.8	9.6
12/15/2023	2	4.8	9.6
12/19/2023	2	4.8	9.6
12/21/2023	2	4.8	9.6
12/26/2023	2	4.8	9.6
12/27/2023	2	4.8	9.6
12/29/2023	2	4.8	9.6
01/02/2024	2	4.8	9.6
01/04/2024	2	4.8	9.6
01/08/2024	2	4.8	9.6
01/10/2024	2	4.8	9.6
01/12/2024	2	4.8	9.6
1/15/2024	2	4.8	9.6
1/17/2024	2	4.8	9.6
1/19/2024	2	4.8	9.6
1/22/2024	2	4.8	9.6
1/24/2024	2	4.8	9.6
1/26/2024	2	4.8	9.6
1/30/2024	2	4.8	9.6
02/01/2024	2	4.8	9.6
02/02/2024	2	4.8	9.6
02/05/2024	2	4.8	9.6
Total	70	168.0	335.9

Teste de Normalidade (Jarque-Bera)

Hipóteses:

H₀: Os resíduos seguem uma distribuição normal;

H_a: Os resíduos não seguem uma distribuição normal.

Teste de Heteroskedasticidade (Breusch-Pagan)

Hipóteses:

H₀: Os resíduos são homoskedásticos;

H_a: Os resíduos não são homoskedásticos.

Critério de decisão

Valor de Probabilidade (P-value) > nível de significância de 5% (0.05): Não se rejeita H₀

Valor de Probabilidade (P-value) < nível de significância de 5% (0.05): Rejeita-se H₀

Legenda: lai, índice de área foliar; mp, milho puro; mc, milho consociado; fp, feijão-nhemba puro; fc, feijão-nhemba consociado

Anexo B

Teste de normalidade de Jarque-Bera e o teste de homogeneidade de variâncias de Breusch-Pagan de índice de área foliar e biomassa aérea, cultura de milho no sistema de cultivo puro e consociado

<pre>. regress biomp laimp</pre> <table border="1"><thead><tr><th>Source</th><th>SS</th><th>df</th><th>MS</th></tr></thead><tbody><tr><td>Model</td><td>178.794557</td><td>1</td><td>178.794557</td></tr><tr><td>Residual</td><td>6.70152991</td><td>30</td><td>.22338433</td></tr><tr><td>Total</td><td>185.496087</td><td>31</td><td>5.98374474</td></tr></tbody></table> <table border="1"><thead><tr><th>biomp</th><th>Coefficient</th><th>Std. err.</th><th>t</th><th>P> t </th><th>[95% conf. interval]</th></tr></thead><tbody><tr><td>laimp</td><td>3.138624</td><td>.1109401</td><td>28.29</td><td>0.000</td><td>2.912054 3.365194</td></tr><tr><td>_cons</td><td>-1.157344</td><td>.2153174</td><td>-5.38</td><td>0.000</td><td>-1.59708 - .7176067</td></tr></tbody></table> <pre>. estat hettest</pre> <p>Breusch-Pagan/Cook-Weisberg test for heteroskedasticity Assumption: Normal error terms Variable: Fitted values of biomp H0: Constant variance</p> <p>chi2(1) = 0.18 Prob > chi2 = 0.6735</p>	Source	SS	df	MS	Model	178.794557	1	178.794557	Residual	6.70152991	30	.22338433	Total	185.496087	31	5.98374474	biomp	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	laimp	3.138624	.1109401	28.29	0.000	2.912054 3.365194	_cons	-1.157344	.2153174	-5.38	0.000	-1.59708 - .7176067
Source	SS	df	MS																															
Model	178.794557	1	178.794557																															
Residual	6.70152991	30	.22338433																															
Total	185.496087	31	5.98374474																															
biomp	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]																													
laimp	3.138624	.1109401	28.29	0.000	2.912054 3.365194																													
_cons	-1.157344	.2153174	-5.38	0.000	-1.59708 - .7176067																													
<pre>. predict resid1, residuals</pre> <pre>. sktest resid</pre> <p>Skewness and kurtosis tests for normality</p> <table border="1"><thead><tr><th>Variable</th><th>Obs</th><th>Pr(skewness)</th><th>Pr(kurtosis)</th><th>Adj chi2(2)</th><th>Prob>chi2</th></tr></thead><tbody><tr><td>resid</td><td>32</td><td>0.0285</td><td>0.5162</td><td>5.10</td><td>0.0780</td></tr></tbody></table>	Variable	Obs	Pr(skewness)	Pr(kurtosis)	Adj chi2(2)	Prob>chi2	resid	32	0.0285	0.5162	5.10	0.0780																						
Variable	Obs	Pr(skewness)	Pr(kurtosis)	Adj chi2(2)	Prob>chi2																													
resid	32	0.0285	0.5162	5.10	0.0780																													

Source	SS	df	MS	Number of obs =	32
Model	284.071961	1	284.071961	F(1, 30)	= 165.10
Residual	51.6166555	30	1.72055518	Prob > F	= 0.0000
Total	335.688617	31	10.828665	R-squared	= 0.8452
				Adj R-squared	= 0.8411
				Root MSE	= 1.3117

biomc	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
laimc	1.763856	.1372724	12.85	0.000	1.483508 2.044204
_cons	1.30155	.3787162	3.44	0.002	.5281081 2.074991


```

. estat hettest
Breusch-Pagan/Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
Assumption: Normal error terms
Variable: Fitted values of biomc
H0: Constant variance
chi2(1) = 2.57
Prob > chi2 = 0.1087

```

Anexo C

Teste de normalidade de Jarque-Bera e o teste de homogeneidade de variâncias de Breusch-Pagan de índice de área foliar e biomassa aérea, cultura de feijão-nhemba no sistema de cultivo puro e consociado

Source	SS	df	MS	Number of obs =	32
Model	351.696128	1	351.696128	F(1, 30)	= 488.94
Residual	21.5789797	30	.719299322	Prob > F	= 0.0000
Total	373.275107	31	12.0411325	R-squared	= 0.9422
				Adj R-squared	= 0.9403
				Root MSE	= .84812

biofp	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
laifp	1.67163	.0755982	22.11	0.000	1.517238 1.826022
_cons	-.7764455	.2757378	-2.82	0.009	-1.339577 -.2133139


```

. estat hettest
Breusch-Pagan/Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
Assumption: Normal error terms
Variable: Fitted values of biofp
H0: Constant variance
chi2(1) = 0.51
Prob > chi2 = 0.4760

```

Source	SS	df	MS	Number of obs =	32
Model	104.266614	1	104.266614	F(1, 30)	= 52.67
Residual	59.3938176	30	1.97979392	Prob > F	= 0.0000
Total	163.660431	31	5.27936876	R-squared	= 0.6371
				Adj R-squared	= 0.6250
				Root MSE	= 1.4071

biofc	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
laifc	1.440041	.1984323	7.26	0.000	1.034788 1.845294
_cons	.330534	.4652916	0.71	0.483	-.6197183 1.280786


```

. estat hettest
Breusch-Pagan/Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
Assumption: Normal error terms
Variable: Fitted values of biofc
H0: Constant variance
chi2(1) = 0.00
Prob > chi2 = 0.9758

```

Anexo D

Teste de normalidade de Jarque-Bera e o teste de homogeneidade de variâncias de Breusch-Pagan de índice de área foliar e rendimento de grão, cultura de milho no sistema de cultivo puro e consociado

. regress rendmp laimp						. predict resid, residuals					
Source	SS	df	MS	Number of obs	= 8						
				F(1, 6)	= 22.87						
Model	17.6889643	1	17.6889643	Prob > F	= 0.0031						
Residual	4.64119738	6	.773532897	R-squared	= 0.7922						
				Adj R-squared	= 0.7575						
Total	22.3301617	7	3.1900231	Root MSE	= .87951						
rendmp						Skewness and kurtosis tests for normality					
	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Variable	Obs	Pr(skewness)	Pr(kurtosis)	Adj chi2(2)	Prob>chi2
laimp	2.265434	.4737396	4.78	0.003	1.106235 3.424633	resid	8	0.3009	0.9815	1.19	0.5582
_cons	-2.134341	1.088714	-1.96	0.098	-4.798327 .5296455						
. estat hettest											
Breusch-Pagan/Cook-Weisberg test for heteroskedasticity											
Assumption: Normal error terms											
Variable: Fitted values of rendmp											
H0: Constant variance											
chi2(1) = 0.08											
Prob > chi2 = 0.7787											

. regress rendmc laimc						. predict resid, residuals					
Source	SS	df	MS	Number of obs	= 8						
				F(1, 6)	= 9.26						
Model	2.8134938	1	2.8134938	Prob > F	= 0.0227						
Residual	1.8238917	6	.303981951	R-squared	= 0.6067						
				Adj R-squared	= 0.5411						
Total	4.63738551	7	.662483644	Root MSE	= .55135						
rendmc						Skewness and kurtosis tests for normality					
	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Variable	Obs	Pr(skewness)	Pr(kurtosis)	Adj chi2(2)	Prob>chi2
laimc	.3721349	.1223211	3.04	0.023	.072826 .6714438	resid	8	0.9915	0.9790	0.00	0.9996
_cons	1.019268	.4594468	2.22	0.068	-.1049581 2.143494						
. estat hettest											
Breusch-Pagan/Cook-Weisberg test for heteroskedasticity											
Assumption: Normal error terms											
Variable: Fitted values of rendmc											
H0: Constant variance											
chi2(1) = 0.64											
Prob > chi2 = 0.4236											

Anexo E

Teste de normalidade de Jarque-Bera e o teste de homogeneidade de variâncias de Breusch-Pagan de índice de área foliar e rendimento de grão, cultura de feijão-nhemba no sistema de cultivo puro e consociado

. regress rendfp laifp						. predict resid, residuals					
Source	SS	df	MS	Number of obs	= 8						
				F(1, 6)	= 41.41						
Model	6.82297418	1	6.82297418	Prob > F	= 0.0007						
Residual	.988497616	6	.164749603	R-squared	= 0.8735						
				Adj R-squared	= 0.8524						
Total	7.8114718	7	1.11592454	Root MSE	= .40589						
rendfp						Skewness and kurtosis tests for normality					
	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Variable	Obs	Pr(skewness)	Pr(kurtosis)	Adj chi2(2)	Prob>chi2
laifp	.689378	.107123	6.44	0.001	.4272574 .9514985	resid	8	0.2115	0.8008	1.91	0.3848
_cons	-1.966735	.5918686	-3.32	0.016	-3.414985 -.5184844						
. estat hettest											
Breusch-Pagan/Cook-Weisberg test for heteroskedasticity											
Assumption: Normal error terms											
Variable: Fitted values of rendfp											
H0: Constant variance											
chi2(1) = 2.60											
Prob > chi2 = 0.1068											

Source	SS	df	MS	Number of obs =	8
Model	1.1502959	1	1.1502959	F(1, 6)	= 14.84
Residual	.465881123	6	.07751352	Prob > F	= 0.0084
Total	1.61537702	7	.230768146	R-squared	= 0.7121
				Adj R-squared	= 0.6641
				Root MSE	= .27841

Variable	Obs	Pr(skewness)	Pr(kurtosis)	Joint test	Adj chi2(2)	Prob>chi2
resid	8	0.3848	0.7988	0.88	0.6437	

rendfc	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
laifc	.2786474	.0723334	3.85	0.008	-.1016539 .456409
_cons	.3465674	.2351796	1.47	0.191	-.2288964 .9220311

. estat hettest
Breusch-Pagan/Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
Assumption: Normal error terms
Variable: Fitted values of rendfc
H0: Constant variance
chi2(1) = 0.10
Prob > chi2 = 0.7557

Anexo F

Estatística descritiva do índice de área foliar e biomassa aérea da cultura de milho e feijão-nhemba.

Milho	LAI (Puro)	Biomassa (Puro)	LAI (Consociado)	Biomassa (Consociado)
Média	1,78876766	4,456925538	2,181286478	5,149024663
Erro-padrão	0,135263935	0,432425745	0,303385797	0,581717948
Mediana	1,784971001	4,030281348	1,879150206	4,052904744
Desvio-padrão	0,765168365	2,446169413	1,716209235	3,290693645
Variância da amostra	0,585482627	5,983744795	2,94537414	10,82866466
Curtose	-0,760662168	-0,345377625	-1,024211024	-1,346565433
Assimetria	0,223908644	0,605959124	0,474622245	0,343039047
Intervalo	2,903484012	8,959041545	5,448804686	10,31522652
Mínimo	0,520765569	0,842000122	0,098931323	0,469595521
Máximo	3,42424958	9,801041667	5,547736009	10,78482205
Soma	57,24056513	142,6216172	69,8011673	164,7687892
Contagem	32	32	32	32
Nível de confiança (95%)	0,275872614	0,881938121	0,618759413	1,186421576

Feijão-nhemba	IAF (Puro)	Biomassa (Puro)	IAF (Consociado)	Biomassa (Consociado)
Média	3,061128	4,340629	1,98167	3,184221
Erro-padrão	0,356195	0,613421	0,225134	0,406178
Mediana	3,083628	3,078267	2,05896	2,953918
Desvio-padrão	2,014943	3,470034	1,273553	2,297688
Variância da amostra	4,059994	12,04113	1,621936	5,279369
Curtose	-0,62562	-1,12982	0,256684	-0,48721
Assimetria	0,339528	0,487872	0,501673	0,508844
Intervalo	6,880786	10,12122	5,140644	7,953752
Mínimo	0,27495	0,132043	0,260664	0,240942
Máximo	7,155736	10,25327	5,401308	8,194693
Soma	97,95609	138,9001	63,41345	101,8951
Contagem	32	32	32	32
Nível de confiança (95%)	0,726464	1,251081	0,459165	0,828405

Anexo G

Estatística de regressão da relação entre o índice de área foliar e biomassa aérea na cultura de milho e feijão-nhemba.

a) Milho consociado		b) Milho puro	
Correlação de Pearson (r)	0,919911136	Correlação de Pearson (r)	0,981770031
Coefficiente de Determinação (R ²)	0,846236497	Coefficiente de Determinação (R ²)	0,963872394
Quadrado de R ajustado	0,841111047	Quadrado de R ajustado	0,96266814
Erro-padrão	1,311699351	Erro-padrão	0,472635507
Observações	32	Observações	32

ANOVA (Milho consociado)					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significância</i>
Regressão	1	284,071949	284,071949	165,1048167	9,91699E-14
Residual	30	51,61665563	1,720555188		
Total	31	335,6886046			

ANOVA (Milho Puro)					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significância</i>
Regressão	1	178,794559	178,794559	800,3899158	3,42635E-23
Residual	30	6,701529671	0,223384322		
Total	31	185,4960886			

a) Feijão-nhemba consociado		b) Feijão-nhemba puro	
Correlação de Pearson (r)	0,79818	Correlação de Pearson (r)	0,970665
Coefficiente de Determinação (R ²)	0,637091	Coefficiente de Determinação (R ²)	0,94219
Quadrado de R ajustado	0,624994	Quadrado de R ajustado	0,940263
Erro-padrão	1,407051	Erro-padrão	0,848115
Observações	32	Observações	32

ANOVA (Feijão-nhemba consociado)					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significância</i>
Regressão	1	104,2666	104,2666	52,66539	4,44E-08
Residual	30	59,39382	1,979794		
Total	31	163,6604			

ANOVA (Feijão-nhemba puro)					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significância</i>
Regressão	1	351,6961	351,6961	488,9426	4E-20
Residual	30	21,57898	0,719299		
Total	31	373,2751			

Anexo H

Estatística descritiva do índice de área foliar e rendimento de grão da cultura de milho e feijão-nhemba.

Milho	IAF (Puro)	Rendimento (Puro)	IAF (Consociado)	Rendimento (Consociado)
Média	2,202397306	2,855045573	3,401255002	2,28499349
Erro-padrão	0,248087966	0,631468837	0,602321732	0,287768055
Mediana	2,246400252	2,308072917	3,13322519	2,698828125
Desvio-padrão	0,701698732	1,786063586	1,703623125	0,813930971
Variância da amostra	0,492381111	3,190023134	2,902331753	0,662483626
Curtose	0,203177672	-2,153441367	-1,727633672	-0,197026013
Assimetria	0,349972568	0,364967458	0,084236633	-1,162028852
Intervalo	2,254532258	4,105989583	4,457762354	2,156770833
Mínimo	1,169717322	1,049739583	1,089973654	0,836979167
Máximo	3,42424958	5,155729167	5,547736009	2,99375
Soma	17,61917845	22,84036458	27,21004002	18,27994792
Contagem	8	8	8	8
Nível de confiança (95%)	0,586634821	1,493186525	1,424264575	0,680463321

Feijão-nhemba	IAF (Puro)	Rendimento (Puro)	IAF (Consociado)	Rendimento (Consociado)
Média	5,360267421	1,728516	2,95284	1,169368
Erro-padrão	0,506332115	0,373484	0,514347	0,169841
Mediana	5,251890923	1,649089	2,78183	1,133984
Desvio-padrão	1,432123488	1,056373	1,454792	0,480383
Variância da amostra	2,050977684	1,115925	2,116419	0,230768
Curtose	-1,926605664	0,486304	-0,82409	1,407754
Assimetria	0,160465163	0,689331	0,497335	0,998988
Intervalo	3,579323971	3,372917	4,104808	1,527083
Mínimo	3,576411648	0,295313	1,2965	0,595052
Máximo	7,155735619	3,668229	5,401308	2,122135
Soma	42,88213937	13,82813	23,62272	9,354948
Contagem	8	8	8	8
Nível de confiança (95%)	1,197285198	0,88315	1,216236	0,401611

Anexo I

Estatística de regressão da relação entre o índice de área foliar e rendimento de grão na cultura de milho e feijão-nhemba.

a) Milho consociado		b) Milho puro	
Correlação de Pearson (r)	0,778908411	Correlação de Pearson (r)	0,890031263
Coefficiente de Determinação (R ²)	0,606698312	Coefficiente de Determinação (R ²)	0,792155649
Quadrado de R ajustado	0,541148031	Quadrado de R ajustado	0,757514923
Erro-padrão	0,551345551	Erro-padrão	0,879507251
Observações	8	Observações	8

ANOVA (Milho consociado)					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significância</i>
Regressão	1	2,813493884	2,813493884	9,255464662	0,022736195
Residual	6	1,823891497	0,303981916		
Total	7	4,637385381			

ANOVA (Milho puro)					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significância</i>
Regressão	1	17,68896391	17,68896391	22,8677559	0,003056488
Residual	6	4,641198024	0,773533004		
Total	7	22,33016194			

a) Feijão-nhemba consociado		b) Feijão-nhemba puro	
Correlação de Pearson (r)	0,843855	Correlação de Pearson (r)	0,934588
Coefficiente de Determinação (R ²)	0,712091	Coefficiente de Determinação (R ²)	0,873456
Quadrado de R ajustado	0,664106	Quadrado de R ajustado	0,852365
Erro-padrão	0,278413	Erro-padrão	0,405894
Observações	8	Observações	8

ANOVA (Feijão-nhemba consociado)					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significância</i>
Regressão	1	1,150296	1,150296	14,83994	0,008438
Residual	6	0,465081	0,077514		
Total	7	1,615377			

ANOVA (Feijão-nhemba puro)					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significância</i>
Regressão	1	6,822974	6,822974	41,4142	0,000666
Residual	6	0,988498	0,16475		
Total	7	7,811472			

Anexo J

Pesticidas usados, (A) Cipermetrina, (B) Bulldock, (C) Belt



Anexo K

(A) Emergência, (B) estágios iniciais, (C) e (D) Estágios avançados do desenvolvimento das culturas

