



FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL

Departamento de Engenharia Rural

Secção de Uso De Terra e Água

Licenciatura em Engenharia Agronómica

Projecto final

**Avaliação do Crescimento de Alface em Campo Aberto e sob Sombrite com
diferentes níveis de Irrigação e Adubação Nitrogenada**



Autora

Manuela Maira Manuel Muchanga

Supervisor:

Prof. Doutor Sebastião, Famba

Maputo, Junho de 2026

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Manuela Maira Manuel Muchanga, declaro por minha honra que o presente trabalho de conclusão de curso é da minha autoria e nunca foi submetido nesta ou em outra instituição para aquisição de qualquer outro grau académico e que ele constitui o resultado do meu esforço individual e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto e na bibliografia final.

Manuela Muchanga

Data: ____/____/2026

Maputo, Junho de 2026

DEDICATÓRIA

Consagro este trabalho aos meus queridos pais, Manuel Agostinho Muchanga e Pascoa José, e aos meus irmãos, Caetano Muchanga, Janete Muchanga, Lorita Muchanga e Leticia Muchanga, pelo apoio ao longo da minha caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar a Deus, pelo dom da vida e pelo discernimento necessário para superar os desafios e a perseverança para concluir esta etapa fundamental da minha vida.

Ao Prof. Doutor Sebastião Famba, pela orientação, pelas correções, pela exigência e pelos ensinamentos durante a elaboração do trabalho.

Aos meus pais, Manuel Agostinho Muchanga e Pascoa José, minha base e meu exemplo de força e perseverança. Obrigada por cada esforço, cada conselho, pelos valores investidos para que eu pudesse chegar até aqui. Aos meus irmãos, Caetano Muchanga, Janete Muchanga, Lorita Muchanga e Leticia Muchanga, esta conquista também é vossa.

Ao meu parceiro, Lennart Ricotso pela paciência, compreensão e apoio constante, pois encorajou-me a superar os dias difíceis e por celebrar comigo cada pequena conquista ao longo deste percurso.

Aos meus amigos e colegas da faculdade: Rosimila Munguambe, Neide Cuna, Gizela Adriana, Edna Jossai, Gércia Manuel, Francisca Nguetsa, José Rego, Imanishimue Adelina, Humeid Bică, Vânia Zibia, Eunice Maungue, Áurea Macamo, toda Team Sunday, e em especial a Ester Cossa, obrigada pelo suporte e por celebrar comigo cada pequena conquista e em memória a Esperança Cossa.

A todos que, de forma directa ou indirecta, contribuíram para esta conquista, o meu muito obrigada.

EPÍGRAFE

"Ainda antes que houvesse dia, eu sou;
e ninguém há que possa fazer escapar das minhas mãos:
operando eu, quem impedirá?"

Isaías 43:13

RESUMO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das hortícolas folhosas mais cultivadas e consumidas em Moçambique, sendo sensível às condições ambientais. O presente estudo teve como objectivo avaliar o crescimento e o rendimento da alface cultivada em campo aberto e sob sombrite, diferentes níveis de irrigação e doses de nitrogénio. O ensaio foi conduzido no campo experimental da Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, no período de maio a julho de 2024 (época fresca) em solo arenoso. Foi utilizado o Delineamento de Blocos Completos Casualizado em arranjo factorial, considerando 2 ambientes de cultivo (campo aberto e sombrite), 2 níveis de irrigação (nível óptimo 100% das necessidades hídricas e intermédio 50% necessidades hídricas) e 2 níveis de adubação (nível óptimo 40 kg. ha⁻¹ de Nitrogénio e intermédio 20 kg. ha⁻¹ Nitrogénio), totalizando 8 tratamentos com 3 repetições. Foi feita a monitoria de variáveis meteorológicas (temperatura e humidade relativa). As variáveis de crescimento e produção avaliadas incluíram altura da planta, diâmetro da alface, matéria fresca e a matéria seca. Os resultados mostraram que no cultivo em sombrite observa-se uma tendência de maior temperatura de ar e menor temperatura do solo; as variáveis de crescimento altura da planta, matéria fresca e seca foram significativamente afectadas pelos diferentes ambientes de cultivo. Este estudo leva a concluir que o cultivo em campo aberto proporcionou maior produção de matéria fresca (27 ton ha⁻¹), enquanto o cultivo sob sombrite favoreceu maior altura das plantas (28,4 cm) na época fresca. Pelo que, se recomenda a produção da alface em campo aberto no período fresco.

Palavras-Chave: Alface, Ambientes de cultivo, níveis de irrigação, doses de adubação.

ABSTRACT

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is one of the most cultivated and consumed leafy vegetables in Mozambique, being sensitive to environmental conditions. The present study aimed to evaluate the growth and yield of lettuce grown in open field and under shade, different levels of irrigation and nitrogen doses. The trial was conducted in the experimental field of Eduardo Mondlane University, Maputo, from May to July 2024 (cool season) in sandy soil. A Randomized Full Block Design was used in a factorial arrangement, considering 2 cropping environments (open field and shade), 2 irrigation levels (optimal level 100% of water needs and intermediate 50% water needs) and 2 levels of fertilization (optimal level 40 kg. ha⁻¹ of Nitrogen and intermediate 20 kg. ha⁻¹ of Nitrogen), totaling 8 treatments with 3 replications. Meteorological variables (temperature and relative humidity) were monitored. The growth and yield variables evaluated included plant height, lettuce diameter, fresh matter and dry matter. The results showed that in the shade cultivation there is a trend of higher air temperature and lower soil temperature; The growth variables plant height, fresh and dry matter were significantly affected by the different growing environments. This study leads to the conclusion that the cultivation in the open field provided higher production of fresh matter (27 ton ha⁻¹), while the cultivation under shade favored greater plant height (28.4 cm) in the fresh season. Therefore, it is recommended to produce lettuce in the open field in the cool season.

Keywords: Lettuce, Growing environments, irrigation levels, fertilization rates.

INDICE

DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
EPIGRAFE.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
ANEXOS.....	x
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	xi
I. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Problema de estudo e Justificação	2
1.3. Objectivos	3
1.3.1. Objectivo geral.....	3
1.3.2. Objectivos específicos	3
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Descrição geral da cultura de alface	4
2.2. Produção de hortícolas em diferentes Condições de Cultivo.....	5
2.3. Efeitos da Temperatura e Humidade em Sistemas de Cultivo	8
III. MATERIAIS E MÉTODOS	10
3.1. Descrição da área de estudo	10
3.2. Delineamento Experimental.....	11
3.3. Maneio do Ensaio	11
3.4. Variáveis avaliadas.....	14
3.4.1. Avaliação de dados meteorológicos.....	14
3.4.2. Análise dos Parâmetros de Crescimento e Rendimento	14
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17

4.1.	Características Ambientais dos Cultivos em Campo Aberto e Sombrite.....	17
4.1.1.	Temperatura do solo e temperatura do ar.....	17
4.1.2.	Humidade relativa.....	18
4.1.3.	Avaliação Integrada da Temperatura e Humidade Relativa e os Impactos.....	19
4.2.	Impacto do Ambiente de Cultivo e Diferentes Níveis de Irrigação e Adubação Nitrogenada no Crescimento da Alface;	20
4.2.1.	Altura da Planta.....	21
4.2.2.	Diâmetro da Alface	22
4.2.3.	Matéria Seca.....	23
4.3.	Rendimento em Campo Aberto e Sombrite, em diferentes níveis de irrigação e doses de nitrogénio;	25
4.4.	Teor de clorofila na Alface Cultivadas em Campo Aberto e Sombrite.....	27
V.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	29
5.1.	Conclusões	29
5.2.	Recomendações.....	29
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	30
	ANEXOS	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da área de estudo, Campo Experimental da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF).....	10
Figura 2: Registo da Temperatura do solo (a) e Temperatura do ar (b).....	17
Figura 3: Registo Humidade relativa.....	18
Figura 4: Efeito do ambiente de cultivo (a); níveis de rega (b); e níveis de adubação (c), sobre a altura da planta.....	21
Figura 5: Efeito dos níveis de rega (a); e níveis de adubação (b) sobre o diâmetro.....	22
Figura 6: Efeito do ambiente de cultivo (a); níveis rega (b); e níveis adubação (c), sobre a matéria seca.....	23
Figura 7: Efeito do ambiente de cultivo (a), níveis de rega (b); e níveis de adubação (c) sobre o rendimento fresco.....	25
Figura 8: Efeito da interacção entre ambiente e o nível de rega 50% sobre a clorofila.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos tratamentos usados no ensaio.....11

Tabela 2: Análise da probabilidade dos parâmetros produtivos em função das condições de cultivo, níveis de irrigação, doses de adubação e suas interações.....20

Anexos

Anexo 1: Imagens referentes à fase de preparação e implementação do ensaio

Anexo 2: *Layout* do estudo experimental

Anexo 3: Resumo de resultados de testes estatísticos

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ETc	Evapotranspiração da cultura
Eto	Evapotranspiração de referência
Kc	Coeficiente da cultura
SB	Sombrite
Ca	Campo Aberto
AW	Classificação Climática de Köppen
DP	Diâmetro da Planta
AP	Altura da Planta
MF	Matéria Fresca
MS	Matéria Seca
CV	Coeficiente de Variação
GL	Graus de Liberdade
%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
ANOVA	Análise de variância
kg.ha⁻¹	Quilograma por hectare
N	Nitrogénio
ton.ha⁻¹	Tonelada por hectare
FAEF	Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal

I. INTRODUÇÃO

1.1. Antecedentes

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das hortícolas mais cultivadas e consumidas a nível mundial, sendo geralmente consumida em saladas, destacando-se pelo seu valor nutricional e ciclo curto de produção (Queiroz *et al.*, 2017). Em Moçambique, esta cultura é amplamente produzida nas cidades de Maputo, Matola, Beira e Nampula, desempenhando um papel relevante na segurança alimentar e na geração de rendimento para pequenos e médios produtores (MADER, 2022; Embrapa, 2016).

A produção da alface é altamente dependente das condições ambientais, principalmente da temperatura, radiação solar, humidade relativa, disponibilidade de água e nutrição mineral (Resende *et al.*, 2019). Por ser uma cultura de clima temperado, apresenta melhor desempenho sob condições amenas, típicas da época fresca, nas quais há maior estabilidade térmica e menor incidência de pragas e doenças (Menezes *et al.*, 2012). Temperaturas muito baixas retardam o crescimento, por outro lado, períodos de calor intenso podem provocar folhas menores, amargas e um caule alongado deixando a planta imprópria para o consumo (Santos *et al.*, 2020).

A radiação solar, essencial para a fotossíntese, deve ser moderada, pois pouca luz resulta em crescimento sem vigor (Gonçalves *et al.*, 2017), e o excesso pode causar queimaduras (Silva *et al.*, 2016). A humidade relativa óptima, esta directamente correlacionada com o desenvolvimento foliar e produtividade da alface, pois, tanto o excesso, que favorece o aparecimento de doenças (Lucas *et al.*, 2018), quanto a escassez, que causa murchamento (Tassinari *et al.*, 2021), são prejudiciais

Entre os factores de produção, destacam-se o manejo da irrigação e a adubação nitrogenada, considerados determinantes para o desenvolvimento vegetativo da alface (Grangeiro *et al.*, 2011). O nitrogénio exerce um papel fundamental na síntese de proteínas, enzimas e clorofila, influenciando directamente o acúmulo de biomassa e o vigor das plantas (Marschner, 2012; Malavolta, 2006). Por outro lado, a disponibilidade de água está directamente relacionada com o turgor celular, a absorção de nutrientes e a taxa fotossintética, sendo a alface altamente sensível ao défice hídrico (Doorenbos *et al.*, 1979; Kramer *et al.*, 1995).

O ambiente de cultivo também exerce influência significativa sobre o desenvolvimento da cultura, podendo modificar o microclima ao redor das plantas. O uso de estruturas de sombreamento (sombrite) tem sido apontado como uma estratégia para reduzir a radiação solar excessiva e a temperatura, contribuindo para condições mais favoráveis ao crescimento (Shahak et al., 2004; Oliveira et al., 2020). No entanto, em determinadas épocas do ano, como a época fresca, o cultivo em campo aberto pode proporcionar melhor aproveitamento da radiação solar e favorecer o rendimento da cultura (Filgueira, 2013; Ricardo *et al* 2014).

Apesar da importância da cultura da alface, ainda há limitações na compreensão da interação entre o ambiente de cultivo, a irrigação e a adubação nitrogenada, principalmente nas condições edafoclimáticas de Moçambique. A maioria dos estudos aborda esses factores de forma isolada, dificultando a definição de estratégias integradas de manejo (Taiz *et al.*, 2017). Assim, torna-se necessário avaliar o efeito conjunto desses factores visando melhorar a eficiência produtiva da cultura

1.2. Problema de estudo e Justificação

A produção de alface em Moçambique, apesar do seu elevado potencial produtivo, enfrenta desafios relacionados à gestão eficiente dos factores de produção, principalmente a água, os nutrientes e o ambiente de cultivo. Em sistemas produtivos dominados por pequenos e médios produtores, o uso inadequado da irrigação e da adubação nitrogenada, associado à escolha pouco otimizada do ambiente de cultivo, pode resultar em baixos rendimentos e o uso ineficiente dos recursos (Filgueira, 2013).

O nitrogénio é um dos nutrientes mais exigidos pela cultura, estando directamente, ligado ao crescimento vegetativo e à produtividade (Epstein & Bloom, 2005). A disponibilidade de água influencia processos fisiológicos essenciais, sendo a alface altamente sensível ao défice hídrico (Kramer *et al.*, 1995). O ambiente de cultivo pode modificar as condições microclimáticas, afectando a resposta da cultura a esses factores (Shahak *et al.*, 2004).

A realização deste estudo está associada à falta de estudos em Moçambique que avaliem a interação entre níveis de irrigação e adubação nitrogenada no cultivo de alface sob sombrite e campo aberto. Nesse contexto, torna-se fundamental investigar a influência dos sistemas de cultivo (Sombrite e campo aberto), a fim de identificar práticas mais eficientes para maximizar a produtividade da alface em diferentes condições ambientais.

1.3. Objectivos

1.3.1. Objectivo geral

- Avaliar o crescimento da cultura de alface sob cultivo protegido (sombrite) e em campo aberto.

1.3.2. Objectivos específicos

- Determinar o impacto do ambiente de cultivo, comparando campo aberto e sombrite, em diferentes níveis de irrigação e doses de nitrogénio;
- Determinar o rendimento da alface sob as condições de campo aberto e sombrite, em diferentes níveis de irrigação e doses de nitrogénio;
- Analisar o teor de clorofila presente nas plantas de alface cultivadas em campo aberto e sob sombrite.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Descrição geral da cultura de alface

A cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortícola que apresenta grande importância alimentar, destacando-se como fonte de vitaminas e sais minerais, com uma vasta adaptação climática, com um ciclo curto, que permite sucessivas produções durante o ano, garantindo a sua comercialização e produção diversificada (Ziech *et al.*, 2014;). A alface é amplamente cultivada em diversas regiões do mundo, com sua origem remonta à Ásia Menor e ao Mediterrâneo, sendo uma das hortícolas mais consumidas em dietas saudáveis, devido ao baixo teor calórico e elevado conteúdo de fibras, vitaminas (A, C, K), minerais (potássio, cálcio, ferro) e antioxidantes (Filho *et al.*, 2019).

O ciclo do cultivo da alface varia de acordo com a variedade e as condições de cultivo, que maioritariamente dura entre 60 e 90 dias (Ryder, 1999; Maynard & Hochmuth, 2007). A alface apresenta melhor desenvolvimento em solos bem drenados, ricos em matéria orgânica e com pH entre (6 e 6,8), condições que favorecem a absorção de nutrientes e o crescimento vegetativo adequado.

A temperatura e a luz são factores cruciais para a produção da alface (Benincasa 2003; Larcher 2000), pois, temperaturas baixas ou altas podem acelerar o processo de desenvolvimento e reduzir a qualidade das folhas (Filgueira, 2008) e a luz é essencial para a formação da clorofila, pois permite a transformação da protoclorofilida em clorofilida, etapa necessária para que a planta fique verde e realize fotossíntese, quando não há luz suficiente, a planta cresce fraca e amarelada.

A adubação deve ser realizada com base na análise do solo, garantindo um fornecimento equilibrado de nutrientes conforme as necessidades da cultura. As pragas mais comuns destacam-se lagartas e moscas brancas, enquanto doenças como o mosaico também representam um risco significativo para a produção. A colheita deve ser feita quando as plantas atingem o desenvolvimento vegetativo adequado, com cuidado para não danificar as folhas, preservando assim a qualidade comercial do produto (IIAM, 2017).

O florescimento da alface é influenciado principalmente pelo fotoperíodo, sendo estimulado por dias longos. No entanto, quando combinadas com temperaturas mais baixas e períodos de luz mais curtos, tende a favorecer o desenvolvimento vegetativo em detrimento da fase reprodutiva na maioria das cultivares (Silva *et al.*, 2010).

A alface em cultivos de campo é plantada em canteiros, geralmente irrigados por aspersão ou gota-gota, no entanto, práticas que aumentam a eficiência no uso dos recursos naturais estão a ser adotadas, como é o caso da utilização de cultivo sob plástico, mulching e túneis plásticos (Sganzarla, 1990).

O manejo da irrigação em cultivos hortícolas fundamenta-se na compreensão da resposta fisiológica das plantas ao regime hídrico. Segundo destacam Doorenbos *et al.*, (1979), as hortícolas são classificadas como culturas de elevada sensibilidade ao déficit de água, mostrando etapas críticas de vulnerabilidade, sobretudo durante a fase de crescimento vegetativo rápido.

A produtividade da alface esta essencialmente ligada à sua capacidade de expansão foliar, este crescimento é controlado pela pressão de turgor exercida contra a parede celular, quando a planta mantém um status elevado, a pressão interna excede o limite de plasticidade da parede, permitindo o alongamento celular, e consequentemente, o desenvolvimento da área foliar necessária para a maximização da fotossíntese e do peso comercial (Nobel, 2009).

2.2. Produção de hortícolas em diferentes Condições de Cultivo

- **Ambiente Protegido (Sombríte)**

As telas de sombreamento são estruturas utilizadas na agricultura protegida, sendo constituídas principalmente por materiais sintéticos como o polietileno, que apresentam diferentes níveis de sombreamento que regulam a quantidade de radiação solar incidente sobre a cultura. De acordo com Shahak *et al.*, 2004, as telas não apenas reduzem a intensidade da luz, mas também alteram a qualidade luminosa, influenciando processos fisiológicos das plantas, como fotossíntese e crescimento vegetativo e são classificadas de acordo com a sua capacidade de sombreamento, sendo comuns níveis de 30%, 50%, 70% e até 90%, que indicam a proporção de radiação bloqueada.

No entanto, o excesso de sombreamento pode limitar a fotossíntese e afectar o rendimento produtivo, tornando necessária a escolha adequada do nível de cobertura conforme as exigências da cultura e as condições climáticas locais (Cermeño, 1990). A plasticidade morfológica das plantas permite ajustes no padrão de crescimento em resposta às variações ambientais. Segundo Taiz *et al.* (2015) & Souza *et al.*, (2022), a diminuição na intensidade da luz pode atuar como um sinal ambiental que estimula o alongamento celular, esse processo,

caracterizado como um mecanismo de adaptação na busca por luz que resulta em maior crescimento vertical (altura) em detrimento da expansão lateral.

Na avaliação dos parâmetros de crescimento vegetativo, a produção da matéria seca em sombrites tem a tendência de garantir maior otimização da fotossíntese em condições de temperatura e luz controladas, tendo em conta que embora o acúmulo de matéria seca ocorra a uma velocidade semelhante nos dois ambientes, os valores dentro da sombrite são consistentemente superiores, refletindo um desenvolvimento mais robusto na planta (Andriolo, 2000; Taiz *et al.*, 2017).

- **Em Campo Aberto**

O cultivo em campo aberto caracteriza-se pela exposição directa das plantas às condições naturais, que apresenta menor custo de implementação e manutenção, sendo amplamente utilizado por pequenos e médios produtores. No entanto, está sujeito a estresses abióticos que podem comprometer o desenvolvimento da alface e favorecer a incidência de pragas e doenças (Filgueira, 2008). Por outro lado, a ventilação natural em condições naturais equilibradas contribui para a redução da humidade excessiva ao redor das plantas, diminuindo a incidência de doenças e favorecendo a actividade fotossintética proporcionando melhor desenvolvimento das plantas e maior uniformidade de crescimento (Maroto, 2002).

O cultivo em campo aberto permite maior exploração do ambiente radicular, especialmente quando o solo apresenta boas condições físicas e químicas. Os solos bem estruturados e férteis favorecem a absorção de nutrientes, contribuindo directamente para o aumento da produção (Taiz *et al.*, 2015).

- **Irrigação**

O manejo de água é importante para a produção de alface, e a determinação do nível de irrigação ideal para a produção, que permite a racionalização do uso desse factor de produção. Os autores Andrade Jr. *et al.*, (1992), avaliaram quatro níveis de irrigação (50%, 75%, 100% e 125% da Evaporação do Tanque Classe A) em canteiros, observaram uma resposta quadrática no peso da matéria fresca na parte aérea, permitindo que a maior produtividade tenha sido alcançada a 75% da evaporação do tanque A. Por outro lado, Araújo *et al.*, (2010) realizou o experimento da cultura da alface em diferentes níveis de irrigação (20%, 40%, 60%, 80%, 100% da Evaporação do Tanque Classe A) que influenciaram de forma crescente variáveis

como número de folhas, área foliar, acúmulo de matéria seca e peso da matéria fresca da parte aérea, que obteve o máximo de produtividade alcançada a 120%.

A escassez hídrica atua como o principal limitador do crescimento ao diminuir o potencial hídrico e o turgor celular, e esta condição induz ao fecho de estomas como mecanismo de preservação hídrica, o que, por sua vez, restringe a difusão de CO₂ para o mesófilo foliar que consequentemente, a taxa de assimilação líquida de carbono é severamente comprometida, resultando em uma redução directa na produção de fotoassimilados e, por extensão, no acúmulo final da matéria seca pela planta (Kramer *et al.*, 1995).

Ao avaliar a resposta da alface-americana a diferentes manejos hídricos e nutricionais, os autores Vilas Boas *et al.*, (2007), verificaram que a produtividade da cultura é extremamente dependente da manutenção de altos níveis de humidade do solo, os autores demonstraram também que a aplicação das lâminas de irrigação equivalentes a 100% da evapotranspiração de referência verificou o máximo acúmulo de matéria fresca da parte aérea, evidenciando que o suprimento pleno das necessidades hídricas é fundamental para a expansão foliar e o rendimento comercial.

- **Adubação**

O nitrogénio é o nutriente extraído em grandes quantidades pelas hortícolas folhosas, a sua presença é o factor determinante para o índice de área foliar e a taxa de expansão celular e o incremento nas doses de nitrogénio, dentro das faixas adequadas, promove um aumento linear na produção de biomassa fresca e seca, tornando a planta comercialmente mais atrativa (Malavolta, 2006; Fontes *et al.*, 2005). O nitrogénio regula a divisão e expansão celular, sendo o principal motor de crescimento vegetativo (folhas e caules), assim o suprimento adequado deste elemento não apenas garante a coloração verde característica, mas define o vigor e o acúmulo de biomassa da cultura (Marschner, 2012; Havlin *et al.*, 2014).

A adubação nitrogenada é um dos principais factores que influenciam a produtividade da alface, porque é um nutriente mineral com destaque na matéria seca das plantas, com teores entre 2% e 5%, tendo em conta a fase de desenvolvimento (Malavolta, 1981; Marschner, 1995). Pesquisas indicam que, a alface, produzida em ambientes protegidos não altera os teores de micronutrientes, pois, nitrogénio aumenta o acúmulo desses micronutrientes, por conta do maior crescimento da planta (Alvarenga *et al.*, 2000). A aplicação de doses de nitrogénio acima da exigência da cultura resulta em irregularidades metabólicas e fisiológicas (Raij, 2011).

De acordo com Salisbury *et al.*, (1992), a quantidade de pigmentos nas plantas, como clorofila, não é fixa pois ela depende de um processo contínuo entre a formação e a degradação desses compostos. Quando os factores do ambiente, como luz, disponibilidade de água e nutrientes se mantêm estáveis a planta tende a entrar num equilíbrio, ajustando e mantendo os níveis de pigmentos adequados as condições em que esta inserida. A relação entre o suprimento de nitrogénio e o teor de clorofila nas folhas é amplamente descrita como uma correlação linear positiva, uma vez que o nitrogénio é um componente estrutural central das moléculas de pigmento e das enzimas fotossintéticas (Epstein & Bloom, 2005).

2.3. Efeitos da Temperatura e Humidade em Sistemas de Cultivo

Os principais factores meteorológicos que influenciam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das plantas incluem a precipitação, a temperatura e a radiação solar (Hoogenboom, 2000). Os outros elementos que também influenciam, como o fotoperíodo, a humidade do ar e do sol, assim como a velocidade e a direcção do vento (Pereira *et al.*, 2002; Mavi & Tupper, 2004).

A temperatura tem grande influência em vários processos nas plantas, como a respiração, transpiração, crescimento vegetativo, desenvolvimento fenológico, indução ao florescimento e a taxa de germinação (Pereira *et al.*, 2002; Mavi & Tupper, 2004). Os períodos de seca causam fechamento dos estómatos que reduzem a fixação de dióxido de carbono (CO₂), afectando a fotossíntese. O período de chuvas excessivas, contribuem para diminuir a oxigenação do solo, prejudicando a actividade radicular e a absorção de água e nutrientes, que resulta em menor produtividade (Hoogenboom, 2000). A radiação solar elevada, aumenta a respiração da planta que resulta na diminuição da fotossíntese, reduzindo o crescimento e desenvolvimento da planta (Otoni *et al.*, 2012). O solo actua como um reservatório dinâmico de água, regulando a disponibilidade hídrica para as plantas através de processos de retenção, infiltração e redistribuição da água na zona radicular (Hillel, 1998).

A humidade do ar que actua de forma indirecta nas culturas, influencia a evapotranspiração potencial e a transpiração do ar das plantas. Em ambientes secos, ocorre um aumento excessivo da perda de água podendo causar alterações fisiológicas, enquanto, a alta humidade prolonga a humidade foliar, favorecendo o desenvolvimento de doenças que reduzem a produtividade e a qualidade das culturas (Sentelhas, 2002).

A humidade relativa do ar corresponde à proporção entre a quantidade de vapor de água presente na atmosfera e a quantidade máxima que o ar pode reter sob as mesmas condições de temperatura, sendo expressa em percentagem (Guyot, 1997).

Este parâmetro permite avaliar o grau de saturação do ar e varia principalmente em função da temperatura. De acordo com Monteith e Unsworth (2013), a humidade relativa exerce influência directa sobre os processos de evaporação e transpiração, afectando o funcionamento fisiológico das plantas, principalmente no que diz respeito à perda de água e à regulação estomática. Segundo Pereira et al., (2002), este elemento climático é essencial para o balanço hídrico das culturas, sendo amplamente utilizado na estimativa da evapotranspiração e no manejo eficiente de irrigação.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado na época fresca no período de Maio a Julho de 2024, no Campo experimental da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane localizado na cidade de Maputo nas coordenadas geográficas seguintes: latitudes 25° 57' 07" S e 25° 57' 09" S; longitudes 32° 36' 05" E e 32° 36' 10" E, e altitude de 60 m. (figura 1).

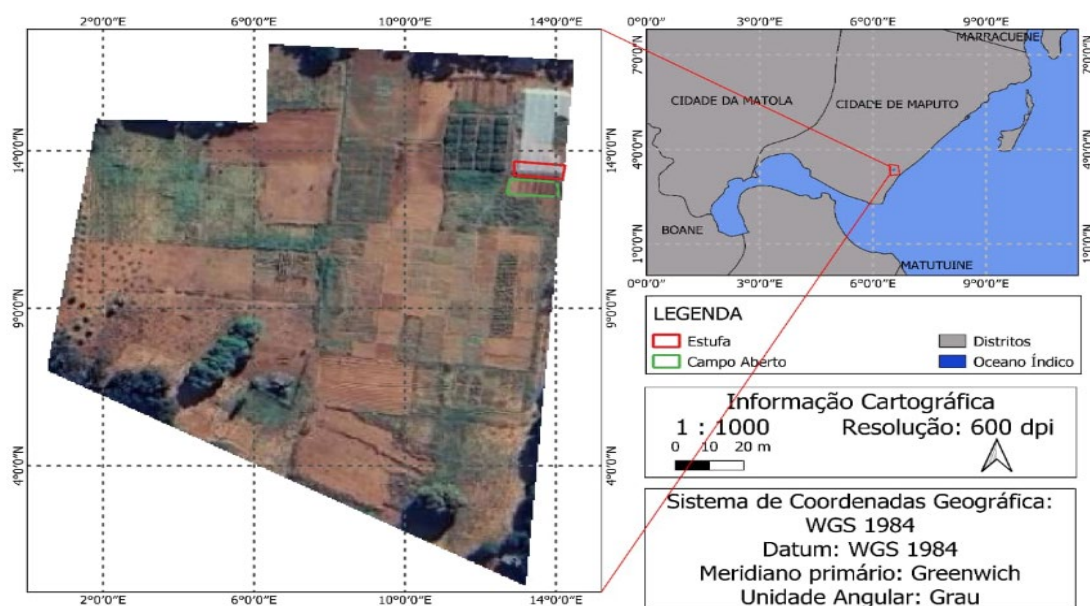


Figura 1: Área de estudo localizada no Campo Experimental da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF)

Segundo a classificação de Koppen o clima da região é do tipo Aw caracterizado como clima tropical de savana, com estação chuvosa no verão e estação seca bem definida no inverno. De acordo com Peel *et al.* (2007), o clima Aw apresenta precipitação anual moderada a elevada, forte concentração das chuvas em poucos meses e um período seco pronunciado, com temperatura média anual superior a 18 °C, condições compatíveis com uma média anual de 22,8°C, a média anual das chuvas é de 767mm, variando entre o pico em fevereiro (137mm) e a mínima em agosto (12mm).

Solos arenosos possuem menor capacidade de retenção hídrica, resultado da elevada proporção de macrósporos, o que favorece a rápida drenagem e reduz o armazenamento hídrico disponível para as plantas. Além disso, baixos teores de matéria seca orgânica (como 1,6% nos primeiros

10cm) estão associados a menor capacidade de troca catiónica e, conseqüentemente, menor fertilidade natural (Brady *et al.* 2016).

3.2. Delineamento Experimental

O ensaio foi estruturado em um Delineamento Blocos Completos Casualizado, utilizando o esquema factorial, envolvendo 2 ambientes de cultivo (campo aberto e sombrite), 2 níveis de irrigação (100% ETc nível ótimo e 50% ETc nível intermediário) e duas doses de adubação nitrogenada (40 kg. ha⁻¹ nível ótimo e 20 kg. ha⁻¹ nível intermediário). No total, foram 8 tratamentos, cada um repetido 3 vezes, resultando em 24 parcelas experimentais, cada uma com tamanho individual de (3 x 1,6) m e com espaçamento de 0,5 m entre elas e de 1m entre blocos (sombrite e campo aberto). A área total ocupada foi de 146 m². O ambiente protegido, utilizou-se sombrite branco com 40% de sombreamento.

Tabela 1: Descrição dos tratamentos usados no ensaio

Tratamento	Ambiente	Irrigação (% ETC)	Nitrogénio (kg/ha)	Descrição
T1	CA	100%	40	Campo Aberto + irrigação a 100% da ETC + adubação com 40kg N/há
T2	CA	100%	20	Campo Aberto + irrigação a 100% da ETC + adubação com 20kg N/há
T3	CA	50%	40	Campo Aberto + irrigação a 50% da ETC + adubação com 40kg N/há
T4	CA	50%	20	Campo Aberto + irrigação a 50% da ETC + adubação com 20kg N/há
T5	SB	100%	40	Sombrite + irrigação a 100% da ETC + adubação com 40kg N/há
T6	SB	100%	20	Sombrite + irrigação a 100% da ETC + adubação com 20kg N/há
T7	SB	50%	40	Sombrite + irrigação a 50% da ETC + adubação com 40kg N/há
T8	SB	50%	20	Sombrite + irrigação a 50% da ETC + adubação com 20kg N/há

Onde: CA - Campo Aberto; SB – Sombrite.

3.3. Maneio do Ensaio

- **Preparação da Área**

A preparação da área experimental iniciou com a realização de lavoura profunda, que atingiu uma profundidade de 25 cm. Esta prática teve como objectivo revolver o solo, eliminar infestantes, nivelar a superfície e compactar o solo, permitindo uma homogeneização adequada da unidade experimental e promovendo uma boa cama e uniforme para o desenvolvimento das plantas. Em seguida, procedeu-se ao nivelamento final da área e à demarcação das parcelas experimentais, usando instrumentos como enxadas, ancinhos, fita métrica, cordas e estacas, de forma a delimitar claramente cada parcela e permitir a condução organizada do ensaio.

- **Preparação dos Viveiros**

As mudas de alface (variedade Great Lakes) foram produzidas em viveiros localizados em campo aberto, com boa incidência de luz e drenagem adequada, tendo o viveiro sido estabelecido no dia 10 de abril. O transplante das mudas foi realizado no dia 09 de maio, seguindo um espaçamento de 40 cm entre linhas e 30 cm entre plantas, de acordo com o sistema gota-gota, resultando em uma densidade de 83.333 plantas ha⁻¹. Cada parcela experimental era composta por 4 linhas com 10 plantas por linha, totalizando 40 plantas por parcela.

- **Adubação**

O transplante das mudas foi precedido pela aplicação de adubação de fundo, usando 30 ton ha⁻¹ de esterco de galinha, que foi aplicado uniformemente em todos tratamentos de modo a garantir um crescimento inicial uniforme, realizadas no dia 11 de abril, ou seja, 30 dias antes do transplante, com o objectivo de fornecer nutrientes essenciais e melhorar a fertilidade do solo. Posteriormente, 20 dias após o transplante, concretamente no dia 28 de maio de 2024, realizou-se a adubação de cobertura com ureia, aplicando-se 40kg ha⁻¹ para o nível ótimo e 20kg ha⁻¹ do nível intermediário, considerando uma concentração de 46%N.

- **Rega**

Durante o período experimental, os dados de precipitação não foram registados, em consequência da vandalização do pluviómetro utilizado, no entanto a precipitação observada foi negligenciável no período entre o transplante (9 de maio) e a colheita (13 de julho). O controlo da quantidade de água para o nível de irrigação ótimo (100%), correspondeu à aplicação de uma lâmina de 6 mm em 2 horas de irrigação. O nível intermediário (50%) correspondeu à aplicação de uma lâmina de 3 mm durante 1 hora de irrigação. Ajustando o

tempo de funcionamento com uso de válvulas para cada parcela, por meio do sistema de rega gota-gota instalado na área experimental.

O intervalo entre irrigações foi definido conforme a necessidade hídrica da cultura. Para a determinação das lâminas de irrigação, usou-se a equação proposta por (Allen *et al.*, 2004):

$$ET_c = K_c \times ET_o (\text{mm/dia})$$

Em que ET_c (mm/dia) representa a evapotranspiração da cultura, K_c o coeficiente de cultura, que integra a transpiração da planta e a evaporação do solo, e o ET_o (mm/dia) a evapotranspiração de referência.

- **Sacha**

As operações de sacha foram parte essencial do manejo adotado no experimento, com objectivo de minimizar a competição das infestantes com a cultura. Esse procedimento foi realizado de forma manual, usando enxada nos espaços entre as linhas de cultivo. A frequência das operações não foi fixa, mas ajustada de acordo com a intensidade de infestação observada ao longo do ciclo da cultura. A decisão sobre o momento da sacha esteve directamente relacionado à necessidade de manter o campo livre de competição. No total, foi realizada duas sachs, logo após o pico de emergência das infestantes.

3.4. Variáveis avaliadas

3.4.1. Avaliação de dados meteorológicos

A monitorização da humidade relativa, da temperatura do ar e do solo envolveu o uso de dispositivos Tinytag que foram programados via Software Tinytag Explorer 6.0 para o registo. Os sensores foram instalados em estacas de 1,5 m posicionadas no campo aberto e na sombrite. Os medidores de temperatura foram enterrados a 15 cm de profundidade tanto no campo aberto assim como na sombrite. Os valores máximos e mínimos de temperatura do ar e do solo, bem como da humidade relativa, foram registados a cada 30 minutos, permitindo uma análise detalhada das condições ambientais durante o experimento nos dois ambientes.

3.4.2. Análise dos Parâmetros de Crescimento e Rendimento

- **As variáveis de crescimento e rendimento a serem avaliados**

O desenvolvimento da alface cultivada em campo aberto e sob sombrite foi acompanhado por meio da análise de diferentes parâmetros, com avaliações realizadas a cada 7 dias até aos 45 dias após o transplante. As variáveis analisadas incluíram a altura da planta, diâmetro da alface, matéria fresca, matéria seca e o teor de clorofila.

a) Altura

A medição das plantas foi realizada em duas linhas da área útil da parcela, utilizando régua graduada de 50 cm, considerando a distância do solo até a extremidade das folhas mais altas, e em cada parcela foram avaliadas duas plantas, cujas medidas permitiram o cálculo da média, expressa em centímetros na fase de colheita.

b) Diâmetro das plantas

A determinação do diâmetro foliar foi realizada pela medição da distância ao longo da superfície da folha em cada parcela, utilizando-se uma régua graduada em centímetros. Foram selecionadas duas plantas representativas por parcela.

c) Medição do Teor de Clorofila

O teor de clorofila foi determinado com o clorofilometro digital SPAD, realizando-se três leituras por planta (nas partes superior, média e inferior) em duas plantas centrais da parcela.

A média dessas leituras representou o valor da parcela, ligado à capacidade fotossintética e o rendimento, que reflete a produtividade final.

d) Rendimento da matéria fresca e peso da matéria seca

Para determinar o rendimento da matéria fresca, as plantas da área útil foram colhidas e pesadas directamente em balança de precisão. A partir desses valores e da densidade populacional, calculou-se o rendimento da cultura em kg. ha⁻¹ e o peso da matéria seca das amostras foi obtida após a remoção completa da água, mantendo o peso constante, para isso, as amostras permaneceram na estufa a 65 °C até a estabilização, relacionadas à produção de biomassa.

• Análise de Dados

A organização dos dados e a elaboração de gráficos e tabelas foram realizadas no Microsoft Excel. A análise estatística foi conduzida no Software R-Studio, para as análises estatísticas, foram utilizadas as médias das plantas avaliadas dentro de cada parcela experimental, considerando as observações obtidas durante o período experimental para a construção da base de dados e análise das variáveis. Iniciando-se pelo teste de Normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilks) para validar os pressupostos à 5 % de significância. Posteriormente, aplicou-se a análise de variância (ANOVA) para o Delineamento de Blocos Completos Causalizados em arranjo factorial. Para a comparação de médias, utilizou-se o teste de Tukey com nível de significância de 5%.

Modelo estatístico geral para experimento factorial com três factores:

Um experimento com três factores (Rega, Adubo, Ambiente), a equação do modelo é:

$$Y_{ijkl} = \mu + Bl + Ai + Rj + Nk + (AR)ij + (AN)ik + (RN)jk + (ARN)ijk + \epsilon_{ijkl}$$

Onde:

- Y_{ijkl} = Valor observado da variável resposta no nível i de Rega, j de Adubo e k de Ambiente.
- μ = média geral.
- Bl = Efeito do bloco no nível l.
- Ai = Efeito do ambiente de cultivo no nível i.
- Rj = Efeito do nível de irrigação no nível j.

- N_k = Efeito da dose de adubação nitrogenada no nível k .
- $(AR)_{ij}$ = Efeito da interação entre Ambiente e irrigação.
- $(AN)_{ik}$ = Efeito da interação entre Ambiente e Adubação Nitrogenada.
- $(RN)_{jk}$ = Efeito da interação entre irrigação e Adubação Nitrogenada.
- $(ARN)_{ijk}$ = Efeito da interação tripla entre Ambiente, irrigação e Adubação Nitrogenada.
- ε_{ijkl} = Erro experimental associado a cada parcela experimental.

O modelo foi aplicado às variáveis altura da planta, diâmetro da alface, matéria fresca, matéria seca e teor de clorofila.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características Ambientais dos Cultivos em Campo Aberto e Sombrite

As principais variáveis ambientais monitoradas foram a temperatura do ar, a humidade relativa do ar e a temperatura do solo a 15 cm de profundidade.

4.1.1. Temperatura do solo e temperatura do ar

Variação das temperaturas do solo e do ar durante o ensaio.

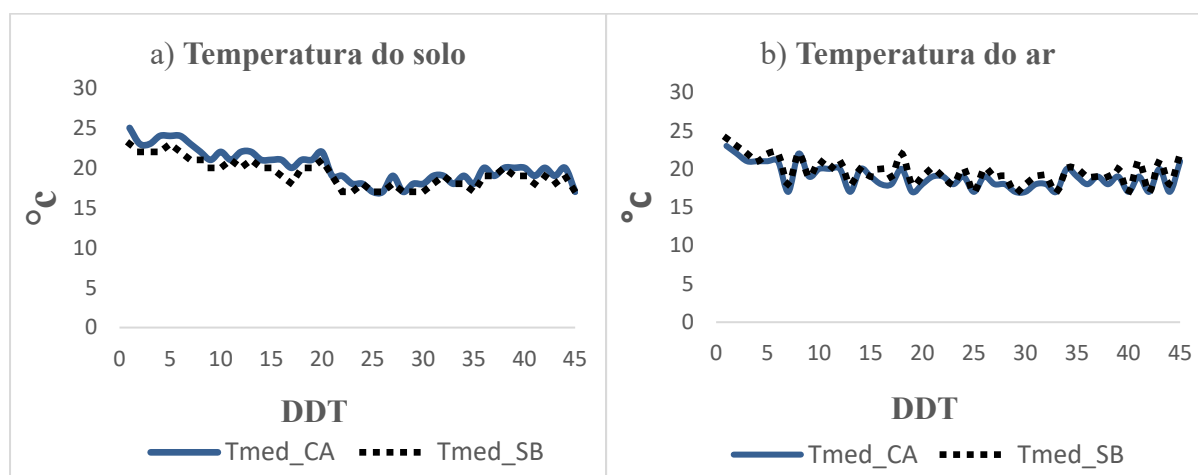


Figura 2: Registo da Temperatura do solo (a) e Temperatura do ar (b).

A temperatura do solo durante os 45 dias de cultivo foi de 25°C em campo aberto e 23°C em sombrite, ilustrada na (figura 2a) que apresentou uma diferença de (2°C), essa pequena diferença observada pode ser considerada esperada, pois com o sistema de rega gota-gota e as características físicas do solo próximas, a humidade do solo tende a manter-se estável, mesmo sob diferentes condições. Resultados consistentes com os de Xie *et al.*, (2020) que destacam que a irrigação localizada promove uma distribuição mais eficiente da água no volume explorado pelas raízes, reduzindo oscilações no teor de humidade do solo. Complementarmente Hillel, (1998) destaca que solos com boa capacidade de retenção de água tendem a apresentar menor variabilidade hídrica, o que reforça a estabilidade térmica observada entre os sistemas.

A temperatura do ar foi muito semelhante entre os dois ambientes 24°C sob sombrite e 23°C em campo aberto (figura 2b), com tendência de diminuição ao longo do tempo. Esses resultados sugerem que, na época fresca, o sombreamento tem pouco efeito sobre a temperatura do ar, atuando mais na modificação do microclima, principalmente na redução da radiação solar

incidente. Esse comportamento está de acordo com Taiz *et al.*, (2017), que afirmam que o sombreamento reduz a radiação fotossinteticamente activa, afectando directamente o balanço energético da planta. De forma complementar, Pereira *et al.*, (2002) referem que a temperatura do ar tende a sofrer variações reduzidas em ambientes com boa ventilação, mesmo quando há alteração na radiação incidente.

4.1.2. Humidade relativa

A análise demonstrou que o ambiente sombrite apresentou valores de humidade relativa superiores em comparação a do campo aberto durante o ensaio.

Dinâmica da humidade relativa do ar durante o ensaio.

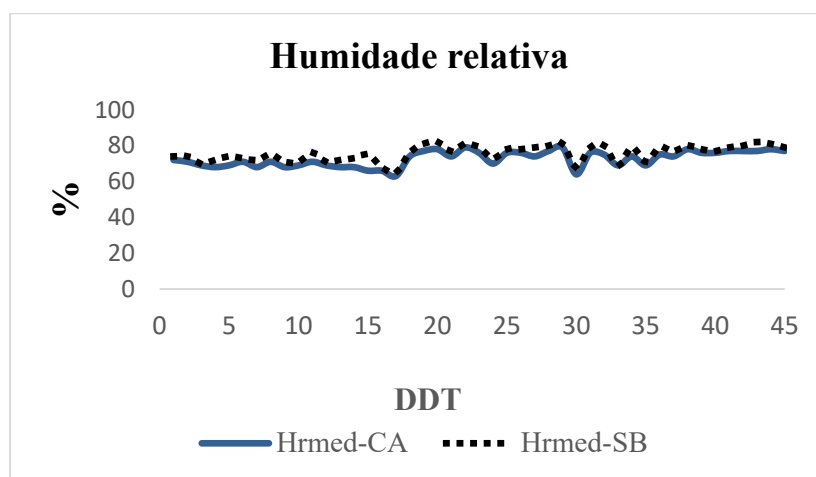


Figura 3: Registo Humidade relativa.

A humidade relativa em sombrite variou entre 65% e 82%, e em campo aberto variou entre 63% e 79% (figura 3), evidenciando o efeito do ambiente de cultivo sobre o microclima. O uso da sombrite tende a reduzir a incidência de radiação solar directa e a velocidade do vento, favorecendo a retenção de vapor de água e promovendo uma humidade relativa ligeiramente superior ou estável. Resultados semelhantes foram observados por Cumbe (2024), que reportou humidade relativa ligeiramente superior em sistemas protegidos, bem como por Radin *et al.*, (2004), ao compararem condições de cultivo protegido e campo aberto. A diferença da humidade observada foi pequena, o que indica um efeito moderado da sombrite. Ainda assim, os valores registados situam-se dentro da faixa ideal entre (60%-80%), conforme descrito por Cermeño (1990), mostrando que ambos os ambientes proporcionam condições adequadas para o cultivo da alface.

4.1.3. Avaliação Integrada da Temperatura e Humidade Relativa e os Impactos

Os resultados deste estudo, em conformidade com as observações de Cumbe (2024) no estudo comparativo do desenvolvimento da cultura de alface em sistemas de campo aberto e protegido sob distintos níveis de irrigação e adubação na época quente, mostram que a presença do sombrite actua directamente sobre as variáveis microclimáticas do ambiente de cultivo. No caso da temperatura do solo, as diferenças entre os ambientes foram reduzidas entre 1-2°C, indicando um efeito limitado na sombrite. O que sugere que o sistema de irrigação gota-gota e a boa retenção de água do solo, ajudaram a manter as condições térmicas mais uniformes entre os ambientes, conforme descrito por Xie *et al.*, (2020).

Relativamente à temperatura do ar, observou-se um padrão pouco consistente entre os estudos, com variações mínimas entre os ambientes e, em determinadas condições, registou-se um ligeiro aumento sob sombrite, o que indica que não atua de forma directa como sistema de redução da temperatura e pode, em alguns casos, favorecer a retenção de calor, sobre tudo quando a ventilação é semelhante entre os tratamentos (Radin *et al.*, 2004).

A humidade relativa apresentou valores ligeiramente superiores sob sombrite. Este comportamento está associado à redução da radiação directa e da velocidade do vento, o que diminui a evaporação e favorece maior retenção de vapor de água, conforme descrito por Pereira *et al.*, (2002), que mesmo assim as diferenças foram moderadas, indicando um efeito de estabilização mais do que de alteação forte do ambiente.

4.2. Impacto do Ambiente de Cultivo e Diferentes Níveis de Irrigação e Adubação Nitrogenada no Crescimento da Alface;

Os resultados da análise de variância (ANOVA), a análise estatística considerou as observações obtidas nas avaliações sucessivas realizadas ao longo dos 45 dias após o transplante. Os parâmetros de crescimento são apresentados no Anexo 3. A tabela 2 apresenta a compilação dos resultados de probabilidade dos diversos parâmetros analisados.

O ambiente, a irrigação e a adubação nitrogenada influenciaram significativamente a altura da planta, o diâmetro da alface e a produção da biomassa (matéria fresca e seca), sem efeitos consistentes sobre o teor de clorofila e o diâmetro da alface. Apenas a interação Ambiente x Rega foi significativa para a clorofila, enquanto as demais interações não foram significativas.

Tabela 2: A Análise da probabilidade dos parâmetros produtivos em função das condições de cultivo, níveis de irrigação, doses de adubação e as interações, compilados a partir do anexo 3.

Fonte de Variação	GL	AP	DP	Clorofila	MS	MF
Ambiente	1	0,0453*	0,3826	0,4467	0,0003*	0,0042*
Rega	1	0,0000*	0,0000*	0,9440	0,0000*	0,0000*
Adubação	1	0,0017*	0,0001*	0,3028	0,0447*	0,0351*
Ambiente × Rega	1	0,0752	0,4095	0,0165*	0,9534	0,9312
Ambiente × Adubação	1	0,8120	0,4824	0,3947	0,4698	0,5289
Rega × Adubação	1	0,7076	0,1172	0,8118	0,6813	0,7662
Amb. × Rega × Adubação	1	0,6384	0,8033	0,2483	0,9048	0,8207

Onde: Grau de Liberdade (G.L); Altura da planta (AP); Diâmetro da planta (DP); Matéria seca (MS); Matéria fresca (MF);

4.2.1. Altura da Planta

A ANOVA para a variável Altura demonstrou que o ambiente, a rega e a adubação influenciaram significativamente o crescimento das plantas. As interações não foram significativas, permitindo análise isolada dos factores. O coeficiente de variação 7,98% foi baixo, evidenciando excelente fiabilidade dos dados. A figura 4 mostra os valores da altura da planta.

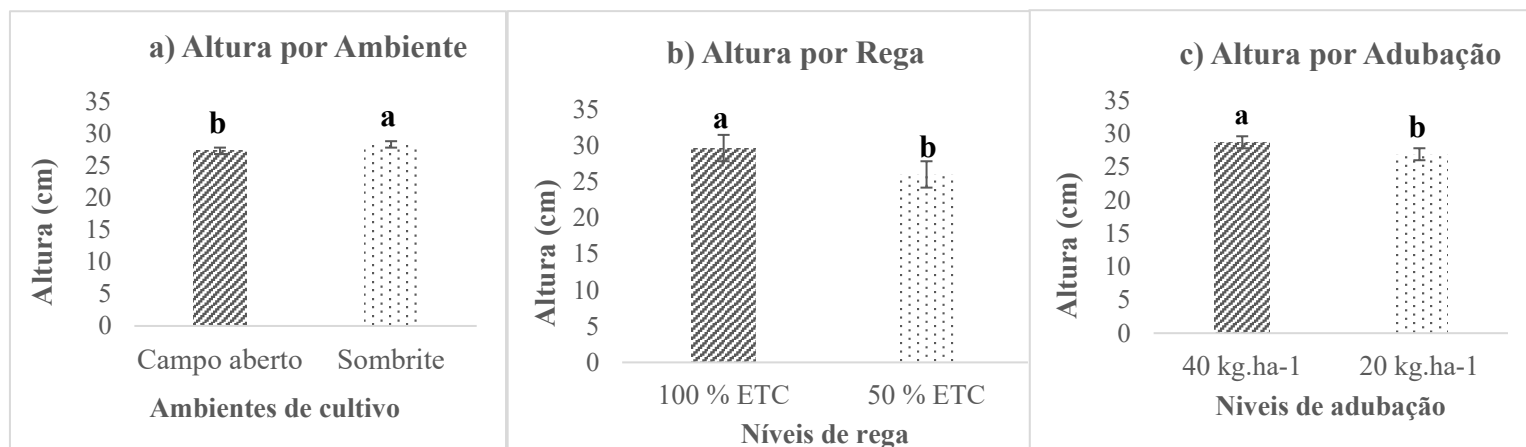


Figura 4: Efeito do ambiente de cultivo (a); níveis de rega (b); níveis de adubação (c), sobre a altura da planta.

Na avaliação desta variável, observou-se maior altura no ambiente sombrite (28 cm) em comparação ao ambiente campo aberto que apresentou menor altura (27 cm) (figura 4a). Quanto à rega, a maior altura da planta (30 cm) foi observada no nível óptimo (100% ETC) em comparação com o nível intermediário (50% ETC) que foi observado menor valor (26 cm) (Figura 4b). Quanto ao nível de adubação, altura da planta (29 cm) com a dose de 40 kg. ha⁻¹ de N, apresentou maior valor em contraste com a dose de 20 kg. ha⁻¹ que obteve menor valor da altura da planta (27 cm) (Figura 4c).

O maior crescimento observado no cultivo sob sombrite pode ser explicado, segundo Taiz *et al.*, (2015), pelo facto de que, em condições de menor luminosidade, as plantas tendem a direccionar mais energia para o crescimento vertical, como estratégia de adaptação para aumentar a captação da luz. Resultados semelhantes foram observados por Souza *et al.*, (2022), ao avaliarem cultivares de alface sob diferentes níveis de sombreamento, verificando que telas de 50 e 70% proporcionaram plantas com maior porte e maior altura em comparação ao cultivo em campo aberto. Durante a época fresca, quando a radiação já é reduzida, o efeito do sombrite

torna-se mais evidente, intensificando a resposta adaptativa das plantas ao sombreamento. O aumento da altura da alface nos maiores níveis de irrigação demonstra a importância da água no crescimento vegetativo da cultura. Resultados semelhantes foram descritos por Doorenbos *et al.*, (1979) que referem que o déficit hídrico reduz o crescimento vegetativo. De forma semelhante, Brady *et al.*, (2016) destacam que a limitação de água no solo reduz a actividade fisiológica da planta, comprometendo a expansão foliar e o desenvolvimento da parte aérea. O efeito positivo da adubação nitrogenada sobre a altura das plantas, segundo Marschner (2012), está relacionado ao papel fundamental que o nitrogénio desempenha no crescimento vegetal, principalmente na participação da formação de proteínas, enzimas e clorofila, promovendo maior crescimento da parte aérea das plantas. Da mesma forma, Havlin *et al.*, (2014) destacam que o fornecimento adequado de nitrogénio aumenta o crescimento vegetativo, promovendo maior desenvolvimento da parte aérea.

4.2.2. Diâmetro da Alface

Para o Diâmetro, a ANOVA mostrou que não houve efeito significativo do ambiente, enquanto os factores rega e adubação foram altamente significativos. Nenhuma interação foi observada. O coeficiente de variação foi de 8,73%, indicando elevada precisão experimental.

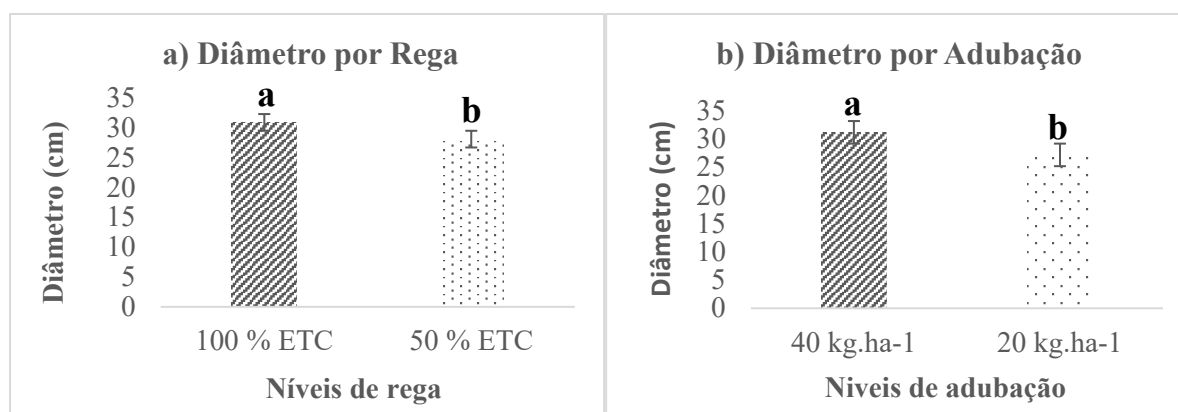


Figura 5: Efeito dos níveis de rega (a) e níveis de adubação (b) sobre o diâmetro.

Na avaliação desta variável, verificou-se maior diâmetro da alface (31 cm) sob irrigação ao nível óptimo (100% ETC) em comparação com o nível intermediário (50% ETC), que apresentou menor valor (28 cm) (Figura 5a). Quanto ao nível de adubação, o maior diâmetro (31 cm) foi obtido com a dose de 40 kg. ha⁻¹ de N, enquanto o menor (27 cm) ocorreu na dose de 20 kg. ha⁻¹ (Figura 5b).

O maior diâmetro da alface observado na irrigação a 100% ETC demonstra que a adequada disponibilidade de água favorece a expansão foliar e o crescimento vegetativo da cultura. De acordo com Doorenbos *et al.*, (1979), o déficit hídrico reduz o crescimento vegetativo das culturas devido à limitação da expansão celular. Quanto à adubação, o maior diâmetro observado na dose de 40 kg. ha⁻¹ de N demonstra que o nitrogénio favorece o desenvolvimento foliar e a expansão da planta, resultando em maior diâmetro. Segundo Malavolta (2006), o nitrogénio estimula o crescimento vegetativo e a formação de folhas, influenciando directamente os parâmetros morfológicos das hortícolas. De forma semelhante, Marschner (2012) afirma que o adequado fornecimento de nitrogénio promove maior expansão foliar e desenvolvimento da parte aérea.

4.2.3. Matéria Seca

A variável Matéria Seca também apresentou efeitos significativos dos factores ambientais, rega e adubação ($p < 0,05$), sem ocorrência de interações significativas. Assim, os efeitos simples foram analisados individualmente (figura 6).

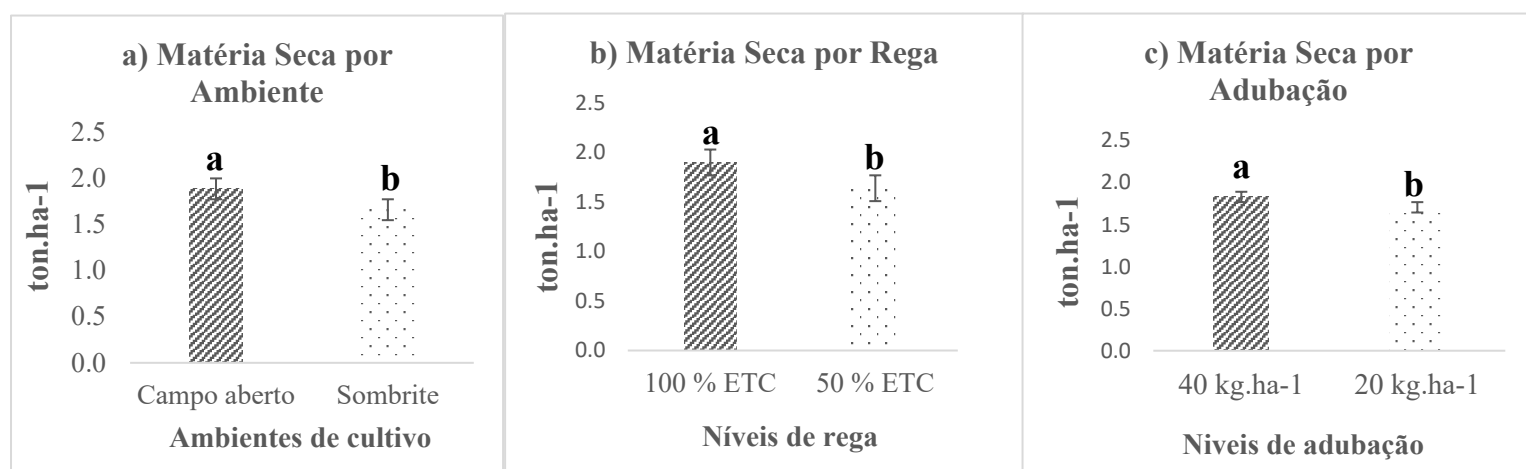


Figura 6: Efeito do ambiente de cultivo (a); níveis rega (b); e níveis adubação (c), sobre a matéria seca.

Na avaliação desta variável, observou-se maior valor da matéria seca no cultivo em campo aberto (1,9 ton ha⁻¹) em comparação ao cultivo sob sombrite que apresentou menor valor da matéria seca (1,7 ton ha⁻¹) (figura 6a). Quanto à rega, o maior valor da matéria seca (1,9 ton ha⁻¹) foi observada no nível óptimo (100% ETC) em comparação com o nível intermediário (50% ETC) que foi observado menor valor (1,6 ton ha⁻¹) (Figura 6b). Quanto ao nível de adubação, o

valor da matéria seca ($1,8 \text{ ton ha}^{-1}$) com a dose de 40 kg. ha^{-1} de N, apresentou maior valor, em comparação com a dose de 20 kg. ha^{-1} que obteve menor valor da matéria seca ($1,7 \text{ ton ha}^{-1}$) (Figura 6c).

O resultado do ambiente de cultivo, está relacionado com a maior incidência de radiação solar em campo aberto na época fresca, favorecendo a taxa fotossintética mais intensa e, conseqüentemente, maior produção de fotoassimilados. Conforme descrito por Taiz *et al.*, (2017), a luz exerce influência directa sobre a taxa fotossintética até atingir o ponto de saturação, sendo considerada um dos principais factores que condicionam o crescimento das plantas, ambientes com maior disponibilidade luminosa tendem a promover maior acúmulo de biomassa seca. Conforme descreve Filgueira, (2013), as hortícolas folhosas, como a alface, demonstram melhor desempenho à boa luminosidade, desde que não estejam submetidas há estresse hídrico severo.

Relativamente à rega, o maior valor da matéria seca obtido no nível de 100% ETc demonstra a importância da disponibilidade adequada de água para o crescimento e acúmulo de biomassa da alface. Conforme descrito por Kramer *et al.*, (1995), o défice hídrico reduz a produção de matéria seca devido à diminuição da fotossíntese e da expansão celular, comprometendo o crescimento das plantas. Resultados semelhantes foram observados por Allen *et al.*, (1998) em culturas hortícolas submetidas a condições adequadas de disponibilidade hídrica, apresentando maior acumulação de biomassa nas culturas agrícolas.

O nitrogénio participa na síntese de proteínas, clorofila e compostos orgânicos essenciais ao desenvolvimento vegetativo. Segundo Marschner (2012), o nitrogénio é um dos nutrientes que mais influenciam o acúmulo da biomassa nas plantas. Resultados similares foram observados por Fontes *et al.*, (2005), que verificaram aumento no crescimento e na produção de matéria seca da alface com a elevação das doses de nitrogénio, devido ao maior crescimento vegetativo e maior actividade fotossintética.

4.3. Rendimento em Campo Aberto e Sombrite, em diferentes níveis de irrigação e doses de nitrogénio;

A análise de variância para matéria fresca revelou que os factores ambiente, rega e adubação exerceram efeitos significativos ($p < 0,05$), enquanto as interações entre os factores não foram significativas. O coeficiente de variação foi de 14%, considerado adequado para ensaios de campo (figura 7).

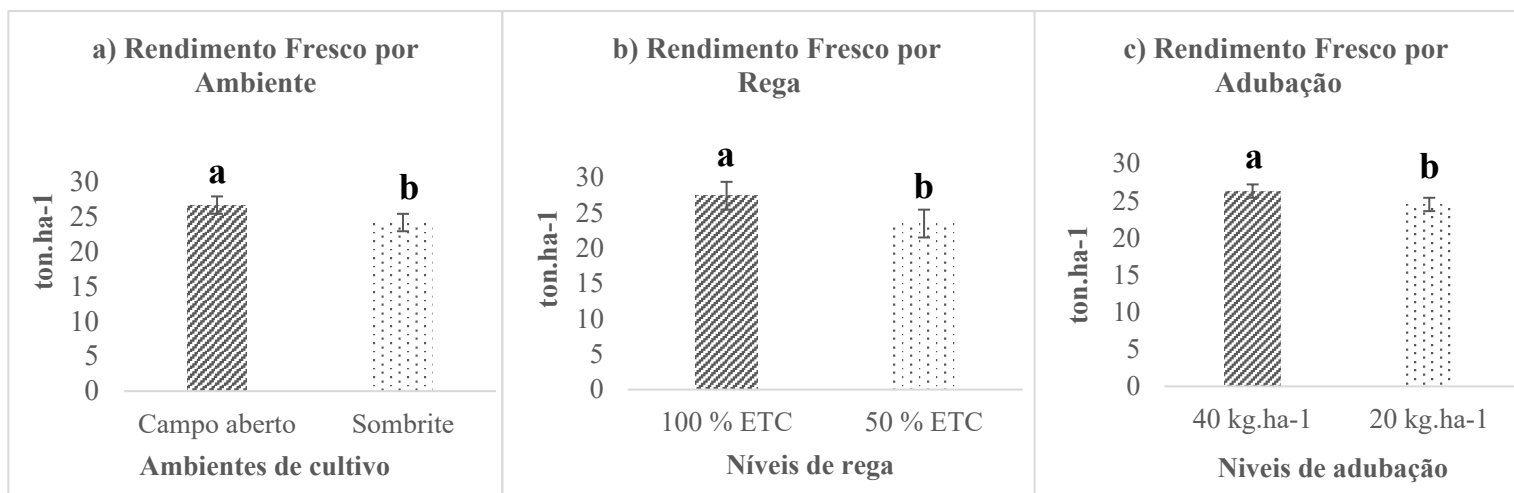


Figura 7: Efeito do ambiente de cultivo (a), níveis de rega (b) e níveis de adubação (c) sobre o rendimento fresco.

O ambiente de cultivo teve efeito significativo sobre o rendimento da cultura, tendo-se observado um desempenho superior no cultivo em campo aberto 27 ton ha⁻¹ em comparação ao ambiente sob sombrite 24 ton ha⁻¹ (figura 7a), representando uma diferença que correspondeu a um aumento aproximado de 10%. O resultado está associado à maior disponibilidade de radiação solar no campo aberto, que favorece a fotossíntese e, consequentemente, a produção da biomassa. Os resultados apresentados estão em conformidade com os estudos de Ricardo *et al.*, (2014), que avaliando diferentes ambientes de cultivo para alface, verificaram maior produtividade em campo aberto quando comparado aos ambientes com telas de sombreamento. Os autores observaram produtividade de aproximadamente 32 ton ha⁻¹ para a cultivar Regiane e 30 ton ha⁻¹ para Angelina em cultivo a campo aberto, enquanto os ambientes sombreados apresentaram produtividade inferiores, variando entre 22 e 27 ton ha⁻¹, que evidenciou a maior disponibilidade de radiação solar em campo aberto, favorecendo o crescimento vegetativo e o acúmulo de massa fresca das plantas.

De acordo com Taiz *et al.*, (2017), a intensidade da luz regula directamente a taxa fotossintética e o acúmulo de fotoassimilados. Resultados semelhantes foram descritos por Larcher (2000), que aponta a luz como um dos principais factores limitantes da produtividade vegetal, sobretudo em condições onde não há excesso de radiação. Em culturas folhosas, Filgueira (2013) destaca que culturas a pleno sol tendem a apresentar maior rendimento quando não há limitações hídricas ou nutricionais.

O nível de água a 100% obteve maior rendimento da matéria fresca 27 ton ha⁻¹ em relação ao nível da água de 50%, que obteve a média de 23 ton ha⁻¹ (figura 7b), equivalente a aproximadamente 14% de redução no rendimento sob condição de défice hídrico, resultado que apresenta à redução da disponibilidade hídrica.

Resultados similares foram mencionados por Vilas Boas *et al.* (2007), que, aplicando irrigação por gotejamento, verificaram que a utilização de lâminas equivalentes a 100% da evapotranspiração garantiu maior produção de massa fresca, por outro lado, lâminas defeituosas reduziram significativamente o rendimento. Resultados também descritos por Cumbe (2024), que apresentou melhor resposta ao nível óptimo (100% ETc), que observou que com o aumento do nível de água de irrigação, o rendimento fresco da alface tende a ser maior.

Na adubação nitrogenada, a dose de 40 kg. ha⁻¹ de N obteve um rendimento de 26 ton ha⁻¹, que foi superior à obtida com a dose de 20 kg. ha⁻¹ de N que foi 25 ton ha⁻¹ (figura 7c), resultado que pode ser explicado pela resposta da cultura ao nitrogénio, nutriente essencial para o crescimento vegetativo. A sua disponibilidade favorece a síntese de clorofila, proteínas e a expansão foliar.

Segundo Marschner (2012), o aumento do fornecimento de N pode duplicar o crescimento vegetativo em condições limitantes, enquanto Taiz *et al.*, (2015) destacam aumentos até 50% na actividade fotossintética em plantas bem nutridas. Epstein & Bloom (2005) indicam que a deficiência de nitrogénio em culturas folhosas pode reduzir o rendimento entre 30% e 70%, evidenciando a sua forte influência no peso fresco das plantas.

4.4. Teor de clorofila na Alface Cultivadas em Campo Aberto e Sombrite.

A variável Clorofila apresentou um comportamento distinto das anteriores, uma vez que houve interação significativa entre ambiente e rega, e os resíduos não seguiram distribuição normal. Devido à interação, os efeitos simples tiveram de ser analisados separadamente. O coeficiente de variação foi de 9,95%, considerado aceitável. A figura 8 abaixo ilustra os valores do teor de clorofila.

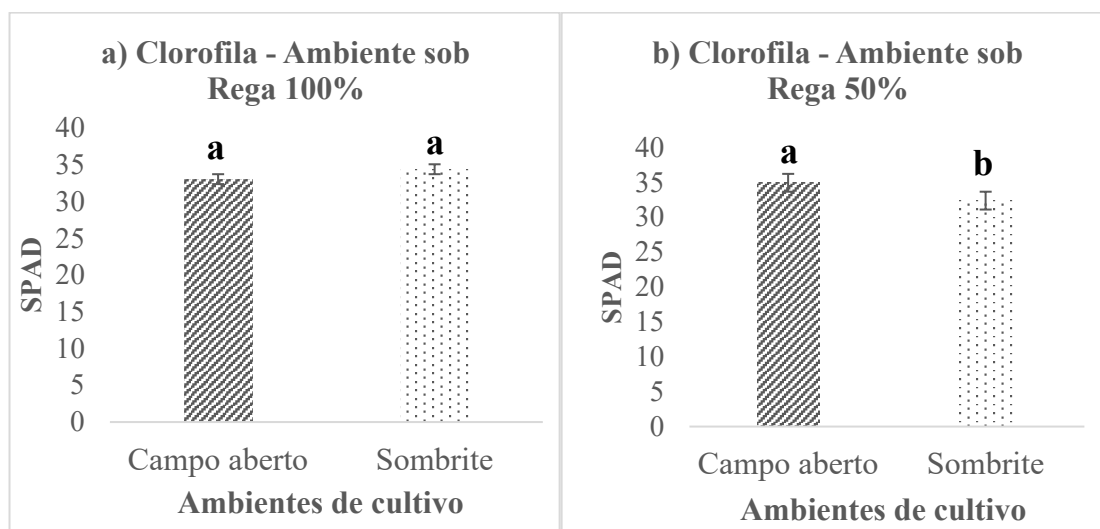


Figura 8: Efeito do ambiente e dos níveis rega 50% e 100% sobre a clorofila.

A presença de interação significativa entre ambiente e rega mostra que a resposta do teor da clorofila depende da combinação dos factores, e não apenas os efeitos isolados. Quando há interação significativa em experimentos factoriais, a interpretação deve priorizar os efeitos simples, porque a média geral pode ocultar comportamentos específicos dos tratamentos (Steel & Torrie 1980).

Quando analisado o ambiente dentro de cada nível de rega, verificou-se que, para a rega com 50%, o ambiente campo aberto apresentou teor de clorofila significativamente maior que o ambiente sombrite (figura 8). O resultado está associado à maior intensidade de luz disponível no campo aberto, promovendo a actividade fotossintética mesmo sob leve limitação hídrica. De acordo com Hopkins *et al.* (2009), a luminosidade funciona como reguladora da biossíntese de clorofila, estimulando a formação de pigmentos quando há limitação severa de água e nutrientes. Na rega de 100%, não houve diferença entre ambientes, isso demonstra que, em condições hídricas ideais (figura 8a). O factor luz deixa de ser um factor limitante para a síntese

de clorofila. Segundo Salisbury & Ross (1992), quando os principais factores ambientais (nutrientes, luz e água) estão estáveis, a planta tende a estabilizar sua produção de pigmentos fotossintéticos, mantendo níveis relativamente constantes.

V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

Com base nos resultados obtidos neste estudo pode concluir-se que:

- Altura da planta, matéria seca e a matéria fresca foram significativas afectados pelos diferentes ambientes de cultivo (sombrite e campo aberto), enquanto o diâmetro não foi influenciado pelo ambiente. O cultivo sob sombrite promoveu maior altura das plantas, enquanto o campo aberto proporcionou maiores valores de matéria fresca e seca. Os níveis de irrigação e as doses de nitrogénio influenciaram positivamente o crescimento e a produção da cultura, sendo maiores valores observados sob irrigação a 100% da ETc e adubação de kg. ha⁻¹ de N.
- O rendimento fresco da alface obteve maior produção em campo aberto, alcançando 27 ton. ha⁻¹ em condições de adequada disponibilidade hídrica e adubação nitrogenada, em comparação com 24 ton. ha⁻¹ obtidos no ambiente sob sombrite nas mesmas condições
- Os resultados indicaram influência significativa do ambiente e da irrigação sobre o teor de clorofila, sendo o nível de rega 50% em campo aberto o que apresentou maior valor, o qual foi de 35 SPAD.

5.2. Recomendações

Para Agricultores:

- Recomenda-se o cultivo da alface em campo aberto na época fresca.

Para Investigadores:

- Avaliação do efeito de diferentes combinações de sombreamento e densidade de cultivo, associadas a variações na irrigação e na adubação nitrogenada, com o objectivo de analisar como essas estratégias influenciam o desempenho agronómico e fisiológico.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2004). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56)*. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Alvarenga, M. A. R. (2000). Efeito de doses de nitrogénio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e o acúmulo de micronutrientes em alface americana. *Ciência e Agrotecnologia*, 24(4), 905-916.
- Andrade Junior, A. S. (1992). Resposta de cultivares de alface a diferentes níveis de irrigação. *Horticultura Brasileira*, 10(2), 95-97.
- Andriolo, J. L. (2000). *Olericultura geral: Princípios e técnicas*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria.
- Araújo, W. F., Souza, K. T. S., Viana, T. V. A., Azevedo, B. M., & Oliveira, G. A. (2010). Rendimento e eficiência do uso da água pela alface em função da lâmina de irrigação. *Revista Caatinga*, 23(4), 115-120.
- Benincasa, M. M. P. (2003). *Análise de crescimento de plantas: Noções básicas* (2.^a ed.). Jaboticabal: FUNEP.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Columbus: Pearson.
- Cermeño, Z. S. (1990). *Invernadores: diseño, construcción y manejo*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Cumbe, P. (2024). Avaliação do desempenho da cultura de alface em campo aberto e sombrite sob diferentes níveis de irrigação e adubação (Trabalho de conclusão de curso) Universidade Eduardo Mondlane.
- Doorenbos, J., & Kassam, A. H. (1979). *Yield response to water (FAO Irrigation and Drainage*

Paper No. 33). Rome: Food and Agriculture Organization.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (2016). *Horticultura em Moçambique: Características, tecnologias de produção e de pós-colheita*. Brasília: Embrapa Gado de Leite.

Epstein, E., & Bloom, A. J. (2005). *Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas* (2.^a ed.). Londrina: UEL.

Fontes, P. C. R., Pereira, P. R. G., & Conde, R. M. (2005). *Nitrogen fertilization in lettuce: growth and yield*. Horticultura Brasileira, 23(3), 764-767.

Filgueira, F. A. R. (2008). *Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.

Filgueira, F. A. R. (2013). *Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças* (3.^a ed.). Viçosa: UFV.

Guyot, G. (1997). *Climatologie l'environnement*. Paris: Dunod.

Gonçalves, M. N. (2017). Influência da intensidade luminosa no crescimento e produção de alface em sistema hidropônico. *Ciência Rural*, 47(7), e20160893.

Grangeiro, L. C., Moura, M. S. B., & Guimarães, M. J. M. (2011). Desempenho de cultivares de alface em diferentes condições edafoclimáticas. *Revista Ciência Agronômica*, 42(2), 387-393.

Hillel, D. (1998). *Environmental Soil Physics*. San Diego: Academic Press.

Havlin, J. L.; Tisdale, S. L.; Nelson, W. I.; Beaton, J. D. (2014). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management*. Pearson

Hoogenboom, G. (2000). *Contribution of agrometeorology to the simulation of agricultural*

production and its applications. Agricultural and Forest Meteorology, 103(1-2), 137-157.

Hopkins, W. G., & Hüner, N. P. A. (2009). *Introdução à fisiologia vegetal* (4.^a ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM). (2017). *Tipo e características da alface: Manual de produção*. Maputo: IIAM.

Kramer, P. J., & Boyer, J. S. (1995). *Water relations of plants and soils*. San Diego: Academic Press.

Larcher, W. (2000). *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima Editora

Lucas, S. M. (2018). Doenças da alface em diferentes sistemas de cultivo e condições ambientais. *Summa Phytopathologica*, 44(2), 119-126.

Malavolta, E. (1981). *Manual de química agrícola: Adubos e adubação* (3.^a ed.). São Paulo: Ceres.

Malavolta, E. (2006). *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres.

Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press.

Marschner, P. (Ed.). (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). San Diego: Academic Press.

Maynard, D. N., & Hochmuth, G. J. (2007). *Knott's handbook for vegetable growers* (5th ed.). Wiley.

Mavi, H. S., & Tupper, G. J. (2004). *Agrometeorologia: Princípios e aplicações dos estudos climáticos na agricultura*. Guaíba: Agropecuária.

Monteith, J. L., & Unsworth, M. H. (2013). *Principles of environmental physics: Plants, animals, and the atmosphere* (4th ed.). Academic Press.

Menezes, C. B., Melo, P. C. T., & Carrijo, O. A. (2012). Produção de alface em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido e a céu aberto. *Horticultura Brasileira*, 30(3), 600-606.

Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural (MADER). (2022). Relatório sobre produção de hortícolas em Moçambique. Maputo.

Nobel, P. S. (2009). *Fisiologia físico-química e ambiental de plantas*. Oxford: Oxford University Press.

Oliveira, M. K. T., Santos, A. S., & Silva, A. L. (2020). Cultivo de hortaliças sob telas de sombreamento: Efeitos na produtividade e qualidade. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 15(2), 223-230.

Otoni, B. S., Mota, W. F., Belfort, G. R., Silva, A. R. S., Vieira, J. C. B., & Rocha, L. S. (2012). Produção de híbridos de tomateiro cultivados sob diferentes percentagens de sombreamento. *Revista Ceres*, 59(6), 816-825.

Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). *Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification*. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11, 1633-1644.

Pereira, A. R., Angelocci, L. R., & Sentelhas, P. C. (2002). *Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações*. Guaíba: Agropecuária.

Queiroz, A., Cruvinel, V., & Filgueiro, K. M. (2017). Produção de alface americana em função da fertilização com organomineral. *Enciclopédia Biosfera*, 14(25), 1053-1063.

Radin, B., Reisser, J. C.; Matzenauer, R. (2004). *Crescimento de cultivares de alface em estufa e a campo*. *Horticultura Brasileira*, 22(2), p.178-181.

Raij, B. van. (2011). *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes*. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute.

Ryder, E. J. (1999). Leafy salad vegetables. Springer

Resende, G. M. (2019). Desempenho de cultivares de alface em diferentes épocas de plantio na região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 54, e00599.

Ricardo, A. S., Vargas, P. F., Ferrari, S., & Pavarini, G. M. P. (2014). Telas de Sombreamento no desempenho de cultivares de alface. *Nucleus*, 11(2), 433-442.

Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1992). *Plant physiology* (4th ed.). Belmont: Wadsworth Publishing Company.

Santos, L. P. (2020). Influência da temperatura e fotoperíodo no pendoamento da alface. *Semina: Ciências Agrárias*, 41(4), 1121-1130.

Sentelhas, P. C. (2002). *Agrometeorologia aplicada à irrigação*. Piracicaba: ESALQ/USP.

Sganzerla, E. (1990). Nova agricultura: A fascinante arte de cultivar com os plásticos (2a ed.). Petroquímica Triunfo.

Shahak, Y., Gussakovsky, E. E., Cohen, Y., Lurie, S., Stern, R., Kfir, S., Naor, A., Atzmon, I., Doron, I., & Greenblat-Avron, Y. (2004). Crop protection and light-quality manipulation in one technology. *Acta Horticulturae*, 659, 143-151.

Silva, E. N., Ferreira, R. L. F., Araujo Neto, S. E., & Silva, J. R. (2010). Fenologia e produção de cultivares de alface em diferentes épocas de plantio. *Revista Ciência Agronômica*, 41(4), 614-621.

Silva, J. A. L. (2016). Respostas da alface à radiação solar e temperatura em cultivo protegido. *Revista Caatinga*, 29(2), 433-441.

Silva, J. R., Oliveira, A. L., & Moura, C. R. W. (2018). Evapotranspiration, water use efficiency and crop coefficient of three lettuce varieties grown in a tropical region. *Agricultural Water Management*, 210, 1-10.

Souza, R. C., Silva, J. A., Oliveira, E. C. (2022). Crescimento e produção de cultivares de alface sob diferentes níveis de sombreamento. *Revista FAEMA*, 13(1), 58-67.

Taiz, L., & Zeiger, E. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal* (6.^a ed.). Porto Alegre: Artmed.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Porto Alegre: Artmed.

Tassinari, M. A. (2021). Impacto da baixa humidade relativa na ocorrência de tipburn em alface hidropônica. *Engenharia na Agricultura*, 29(1), 23-30.

Vilas Boas, R. C. (2007). Efeito de doses de nitrogénio e níveis de irrigação na produtividade da alface-americana. *Horticultura Brasileira*, 25(1), 20-24.

Xie, X., Machikowa, T., & Wonprasaid, S. (2020). *Drip irrigation systems controlled by soil moisture sensors and a soil water balance model for cassava grown in soils of two different textures*. *South African Journal of Plant and Soil*, 37(4), 255-264.

Zhang, Y. (2019). Melhorando a eficiência do uso de água e fertilizantes para produção agrícola sustentável. *Gestão de Água Agrícola*, 213, 109-118.

Ziech, A. R. D. (2014). Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes de adubação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(9), 948-954.

ANEXOS

Anexo 1: Imagens referentes à fase de preparação e implementação do ensaio com destaque para sombrite e campo aberto, uso do SPAD para medição do teor de Clorofila e secagem na Estufa da matéria vegetal.



Cultura de alface Sombrite



Cultura de alface em Campo Aberto



Estufa usada, temperatura ajustada 65 °C



Secagem de matéria seca na Estufa

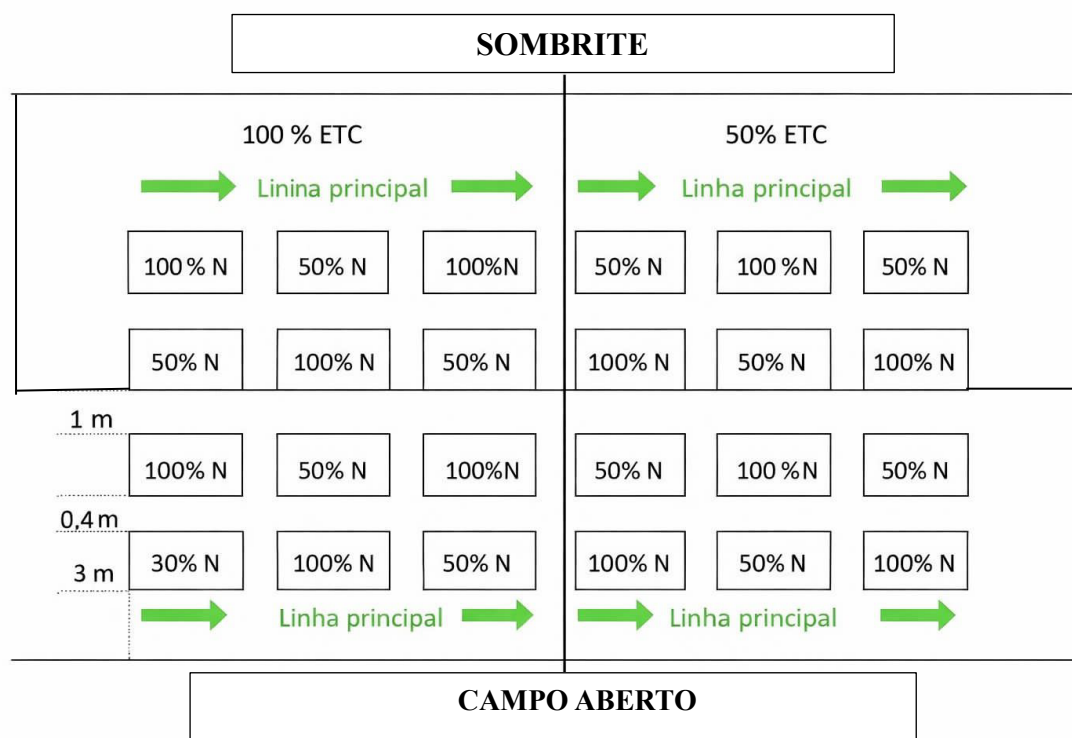


Medição de Teor de clorofila com SPAD



Colheita

Anexo 2: Layout do estudo experimental



Anexo 3: Resumo de resultados de testes estatísticos

- MATERIA FRESCA**

Análise de variância (ANOVA)

 Legenda: MATERIA FRESCA

FATOR 1: ambiente

FATOR 2: rega

FATOR 3: adub

Quadro da análise de variância

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	8	3.688175e+06	461021.88222	251.4514	0
ambiente	1	1.620900e+04	16209.00125	8.8407	0.0042
rega	1	4.024757e+04	40247.57347	21.9519	0
adub	1	8.508601e+03	8508.60125	4.6408	0.0351
ambiente*rega	1	1.378125e+01	13.78125	0.0075	0.9312
ambiente*adub	1	7.353613e+02	735.36125	0.4011	0.5289
rega*adub	1	1.635035e+02	163.50347	0.0892	0.7662
ambiente*rega*adub	1	9.499014e+01	94.99014	0.0518	0.8207
Resíduo	62	1.136735e+05	1833.44344		
Total	69	3.867821e+06			

CV = 14 %

Teste de Normalidade (Shapiro Wilk)

 Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk)

valor-p: 0.7709964

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância, os resíduos podem ser considerados normais.

Comparação de médias dos tratamentos, pelo teste de Tukey (a 5% de nível de significância).

Interação não significativa: analisando os efeitos simples

ambiente

Teste de Tukey

Grupos Tratamentos Medias

a	ca	320.7694
b	sb	290.7611

rega

Teste de Tukey

Grupos Tratamentos Medias

a	100	329.4083
b	50	282.1222

adub

Teste de Tukey

Grupos Tratamentos Medias

a	40Kg/ha	316.6361
b	20Kg/ha	294.8944

• MATERIA SECA

Análise de variância (ANOVA)

Legenda: MATERIA SECA

FATOR 1: ambiente

FATOR 2: rega

FATOR 3: adub

Quadro da análise de variância

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	8	28249.68749	3531.21094	272.9057	0
ambiente	1	195.44952	195.44952	15.1051	3e-04
rega	1	266.26781	266.26781	20.5782	0
adub	1	54.33406	54.33406	4.1991	0.0447
ambiente*rega	1	0.04446	0.04446	0.0034	0.9534
ambiente*adub	1	6.84327	6.84327	0.5289	0.4698
rega*adub	1	2.20269	2.20269	0.1702	0.6813
ambiente*rega*adub	1	0.18648	0.18648	0.0144	0.9048
Resíduo	62	802.23700	12.93931		
Total	69	29577.25277			

CV = 13.92 %

Teste de Normalidade (Shapiro Wilk)

Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk)

valor-p: 0.6343762

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância, os resíduos podem ser considerados normais.

Comparação de médias dos tratamentos, pelo teste de Tukey (a 5% de nível de significância).

Interação não significativa: analisando os efeitos simples

ambiente

Teste de Tukey

Grupos Tratamentos Medias

a ca 27.49602

b sb 24.20083

rega

Teste de Tukey

Grupos Tratamentos Medias

a 100 27.77149

b 50 23.92536

adub

Teste de Tukey

Grupos Tratamentos Medias

a 40Kg/ha 26.71712

b 20Kg/ha 24.97972

- DIAMETRO

Análise de variância (ANOVA)

Legenda: DIAMÊTRO

FATOR 1: ambiente

FATOR 2: rega

FATOR 3: adub

Quadro da análise de variância

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	8	1802.52445	225.31556	97.1039	0
ambiente	1	1.79446	1.79446	0.7734	0.3826
rega	1	85.58681	85.58681	36.8852	0
adub	1	39.95187	39.95187	17.218	1e-04

ambiente*rega	1	1.60006	1.60006	0.6896	0.4095
ambiente*adub	1	1.15858	1.15858	0.4993	0.4824
rega*adub	1	5.85580	5.8558	2.5237	0.1172
ambiente*rega*adub	1	0.14520	0.1452	0.0626	0.8033
Resíduo	62	143.86197	2.32035		
Total	69	2082.47920			

CV = 8,73 %

Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk)

valor-p: 0.03327355

ATENCAO: a 5% de significância, os resíduos não podem ser considerados normais!

Interação não significativa: analisando os efeitos simples

ambiente

De acordo com o teste F, as médias desse fator são estatisticamente iguais.

Níveis Médias

1 ca 30.20000

2 sb 29.00000

rega

Teste de Tukey

Grupos Tratamentos Médias

a 100 30.90235

b 50 28.10235

adub

Teste de Tukey

Grupos Tratamentos Medias

a	40Kg/ha	31.20000
b	20Kg/ha	27.20000

• ALTURA

Análise de variância (ANOVA)

Legenda: ALTURA

FATOR 1: ambiente

FATOR 2: rega

FATOR 3: adub

Quadro da análise de variância

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	8	10819.57333	1352.44667	274.2223	0
ambiente	1	20.58681	20.58681	4.1742	0.0453
rega	1	240.17014	240.17014	48.6969	0
adub	1	53.21681	53.21681	10.7902	0.0017
ambiente*rega	1	16.15014	16.15014	3.2746	0.0752
ambiente*adub	1	0.28125	0.28125	0.057	0.812
rega*adub	1	0.70014	0.70014	0.142	0.7076
ambiente*rega*adub	1	1.10014	1.10014	0.2231	0.6384
Resíduo	62	305.78000	4.93194		
Total	69	11457.55875			

CV = 7.98 %

Teste de Normalidade (Shapiro Wilk)

Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk)

valor-p: 0.4800261

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância, os resíduos podem ser

considerados normais.

Comparação de médias dos tratamentos, pelo teste de Tukey (a 5% de nível de significância).

Interação não significativa: analisando os efeitos simples

ambiente

Teste de Tukey

Grupos Tratamentos Medias

a	sb	28.38056
b	ca	27.31111

rega

Teste de Tukey

Grupos Tratamentos Medias

a	100	29.67222
b	50	26.01944

adub

Teste de Tukey

Grupos Tratamentos Medias

a	40Kg/ha	28.70556
b	20Kg/ha	26.9861

• CLOROFILA

Análise de variância (ANOVA)

Legenda: CLOROFILA

FATOR 1: ambiente

FATOR 2: rega

FATOR 3: adub

Quadro da análise de variância

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	8	783.62956	97.95369	8.696	0
ambiente	1	6.60661	6.60661	0.5865	0.4467
rega	1	0.05611	0.05611	0.005	0.944
adub	1	12.16067	12.16067	1.0796	0.3028
ambiente*rega	1	68.42550	68.4255	6.0746	0.0165
ambiente*adub	1	8.27567	8.27567	0.7347	0.3947
rega*adub	1	0.64411	0.64411	0.0572	0.8118
ambiente*rega*adub	1	15.29967	15.29967	1.3583	0.2483
Resíduo	62	698.37809	11.26416		
Total	69	1593.47599			

CV = 9.95 %

Teste de Normalidade (Shapiro Wilk)

Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk)

valor-p: 0.04429734

ATENCAO: a 5% de significância, os resíduos não podem ser considerados normais!

Interação ambiente*rega significativa: desdobrando a interação

Desdobrando ambiente dentro de cada nível de rega

Quadro da análise de variância

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
ambiente:rega 50	1	58.77778	58.77778	5.2181	0.0258
ambiente: rega 100	1	16.25434	16.25434	1.443	0.2342
Resíduo	62	698.37809	11.26416		

Ambiente dentro do nível 50% de rega**Teste de Tukey**

Grupos Tratamentos Medias

a	ca	34.97778
b	sb	32.42222

Ambiente dentro do nível 100% de rega

De acordo com o teste F, as medias desse fator são estatisticamente iguais.

	Níveis	Medias
1	ca	33.08389
2	sb	34.42778

Desdobrando rega dentro de cada nível de ambiente

Quadro da análise de variância

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
rega: ambiente ca	1	32.28134	32.28134	2.8658	0.0955

rega: ambiente sb 1 36.20028 36.20028 3.2138 0.0779

Resíduo 62 698.37809 11.26416

Rega dentro do nível ca de ambiente

De acordo com o teste F, as medias desse fator são estatisticamente iguais.

	Níveis	Medias
1	100	33.08389
2	50	34.97778

Rega dentro do nível sb de ambiente

De acordo com o teste F, as medias desse fator são estatisticamente iguais.

	Níveis	Medias
1	100	34.42778
2	50	32.42222

Analisando os efeitos simples do fator adub

adub

De acordo com o teste F, as medias desse fator são estatisticamente iguais.

	Níveis	Medias
1	20Kg/ha	33.31694
2	40Kg/ha	34.13889