



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

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 desempenho da cultura de alface em campo aberto e sombrite
sob diferentes níveis de irrigação e adubação.**



Autor

Paulo Humberto Cumbe

Supervisor:

Prof. Doutor Sebastião Famba

Co-Supervisor:

Mestre Jone L. Medja

Maputo, Outubro de 2024

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro por minha honra que este trabalho de culminação 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 labor individual e das orientações do meu supervisor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto e na bibliografia final.

Paulo Cumbe

Data: ____/____/2024

Por ser verdade, confirmo que o trabalho foi realizado pela candidata sob minha supervisão

Prof. Doutor: Sebastião Famba

Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal,
Universidade Eduardo Mondlane

Data: ____/____/2024

Maputo, Outubro de 2024

Projecto Final Submetido ao departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, da Universidade Eduardo Mondlane, como um dos requisitos para a obtenção do grau de Licenciado em Engenharia Agronómica, sob supervisão do Professor Doutor Sebastião Famba e Mestre Jone L. Medja.

RESUMO

A cultura da alface (*Lactuca sativa L*) é uma das principais hortícolas produzidas em Moçambique. Entretanto, existem diversos factores que limitam a sua produtividade. A aplicação da quantidade apropriada de água e nutrientes, associado ao ambiente de cultivo, e potencial genético das variedades, permite maximizar a produtividade da alface. Neste sentido surge o presente estudo com o objetivo de avaliar o desempenho da cultura de alface cultivada em campo aberto e na sombrite sob diferentes níveis de irrigação e doses de nitrogénio. O ensaio foi conduzido no Campo Experimental da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, da Universidade Eduardo Mondlane, em Maputo, no período de Julho à Outubro de 2023 em solo arenoso. Foi utilizado o Delineamento Completamente Casualizado em arranjo factorial, considerando 2 ambientes de cultivo (campo aberto e sombrite), 2 níveis de irrigação (nível óptimo - 100% de ETc e intermédio - 50% de ETc) e 2 níveis de adubação nitrogenada (nível óptimo - 30 kg/ha e intermédio - 15 kg/ha), totalizando 8 tratamentos com 3 repetições. Para avaliação do desempenho da cultura foram analisadas as variáveis de crescimento e produção, aos 15, 30 e 45 dias após o transplante. Foi feita a monitoria de variáveis meteorológicas, temperatura e humidade relativa do ar e bem assim a temperatura do solo. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e os que obtiveram diferença significância, realizou-se teste de comparação de médias, através do teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. A análise dos resultados revelou que todos os parâmetros de crescimento determinados foram significativamente influenciados pelos diferentes ambientes de cultivo, níveis de água, e doses de nitrogénio, tendo-se observado um incremento nas plantas sob a sombrite, nível de água 100% evapotranspiração da cultura, e dose de nitrogénio 30 kg.ha⁻¹. O rendimento fresco da alface foi maior com o uso da sombrite do que em campo aberto, tendo sido equivalente a aproximadamente 20 ton.ha⁻¹. Com o uso da dosagem de nitrogénio de 30 kg.ha⁻¹ o rendimento foi de 20 ton.ha⁻¹, e com o uso do nível de rega de 100% ETc o rendimento foi de 19 ton.ha⁻¹. Com estes resultados recomenda-se a produção da cultura de alface em sombrites no verão.

Palavras-Chave: Alface, Ambientes de cultivo, e níveis de água.

ABSTRACT

Lettuce (*Lactuca sativa* L) is one of the main vegetables produced in Mozambique. However, there are several factors that limit its productivity. Applying the appropriate amount of water and nutrients, associated with the cultivation environment and genetic potential of the varieties, allows to maximize the productivity of lettuce. In this sense, the present study was carried out with the objective of evaluating the performance of lettuce grown in open fields and in the shade under different levels of irrigation and nitrogen doses. The trial was conducted at the Experimental Field of the Faculty of Agronomy and Forestry Engineering, Eduardo Mondlane University, in Maputo, from July to October 2023 in sandy soil. A completely randomized design in a factorial arrangement was used, considering 2 cultivation environments (open field and shaded field), 2 irrigation levels (optimal level - 100% ETc and intermediate - 50% ETc) and 2 nitrogen fertilization levels (optimal level - 30 kg/ha and intermediate - 15 kg/ha), totalizing 8 treatments with 3 replicates. To evaluate crop performance, growth and production variables were analysed at 15, 30 and 45 days after transplanting. Meteorological variables, temperature and relative humidity of the air and soil temperature were monitored. Data were subjected to analysis of variance by the F test ($p < 0.05$) and those that obtained significant differences were tested for comparison of means, using the Tukey test at the 5% probability level. The analysis of the results revealed that all growth parameters determined were significantly influenced by the different growing environments, water levels, and nitrogen doses, with an increase in plants under shaded areas, a water level of 100% crop evapotranspiration, and a nitrogen dose of 30 kg.ha⁻¹. The fresh yield of lettuce was higher with the use of shaded areas than in the open field, being equivalent to approximately 20 ton.ha⁻¹. With the use of a nitrogen dose of 30 kg.ha⁻¹, the yield was 20 tons.ha⁻¹, and with the use of an irrigation level of 100% ETc, the yield was 19 tons.ha⁻¹. Based on these results, it is recommended to produce lettuce crops under shaded areas in the summer.

Key-words: Lettuce, Growing environments, and water levels.

DEDICATÓRIA

Aos meus tios: Sebastião José Biza e Gilda João langa, que me ensinaram que o bem, o esforço, dedicação e o conhecimento são sempre o melhor caminho.

A minha irmã Amélia Munguambe, família e amigos pelo apoio e incentivo em horas difíceis.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

O meu sucesso no curso de Graduação em Engenharia Agronómica não teria sido possível sem ajuda de várias pessoas. Através dos seus conhecimentos e amor, a minha formação académica tornou-se realidade. Assim, endereço meus agradecimentos:

Ao Prof. Doutor Sebastião Famba e Mestre Jone L. Medja, supervisores deste trabalho, pelos ensinamentos transmitidos, apoio e orientação desde a introdução de métodos de investigação científica, montagem e condução do ensaio até a elaboração do projecto final. A eles vai a minha gratidão infinita.

À Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF) da Universidade Eduardo Mondlane (UEM) desde o dr. António Machava, Sr.Edy, Sr.Betuel Sigauque, Sérgio Miguel, Sra. Gilda e Sra. Lília pela facilidade na disponibilização do material, acompanhamento durante a condução do ensaio, à todos docentes da FAEF que directa ou indirectamente transmitiram valiosos conhecimentos e que me foram úteis na elaboração deste trabalho, sou grato por seus esforços.

Aos meus tios Sebastião José Biza, Gilda João Langa, Calisto Langa e Saugineta Langa por me darem motivação, educação e suporte incondicional. À minha irmã Amélia Munguambe, aos meus irmãos Marden Biza, Hermano, ao meu amigo Henriques Matlava e em especial à Rute Inguane pela confiança no meu potencial e incentivo durante toda a minha vida.

Aos meus colegas e amigos da Faculdade: Horácio Munguambe, Justino Pelembe, Osvaldo Renato, Neide Brás, Ângelica Ngale, Lucas, Lúcia Chine, Shélcia Nhacudini e Chelton Mate por me suportarem em várias formas durante a minha formação académica. E aos colegas do curso de Engenharia Agronómica da turma de 2019 e a tantos outros da FAEF por me apoiarem incondicionalmente.

E não menos importante a DEUS, pelo dom da vida.

O meu muito obrigado.

Índice

RESUMO	i
Dedicatória.....	iii
AGRADECIMENTOS	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problema de estudo e justificação.....	2
1.3 Objectivos	3
1.3.1 Objectivo de geral.....	3
1.3.2 Objectivos específicos	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Cultura de Alface (<i>Lactuca sativa</i> L.)	4
2.2 Crescimento da alface	4
2.3 Influência da Irrigação e Adubação Nitrogenada na Cultura de Alface	5
2.4 Ambientes de cultivo	6
2.4.1 Em Campo aberto	6
2.4.2 Ambiente protegido	6
2.5 Variáveis agrometeorológicas	7
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
3.1 Área de Estudo.....	9
3.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos	10
3.3 Procedimento de amostragem	10
3.4 Condução do ensaio	11
3.4.1 Preparação do terreno e demarcação	11

3.4.2	Alfobre e adubação	11
3.4.3	Rega	11
3.4.4	Sacha, controlo de pragas e doenças	12
3.5	Variáveis avaliadas	12
3.5.1	Variáveis meteorológicas	12
3.5.2	Variáveis de crescimento	13
3.5.3	Análise de Dados	14
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1	Temperatura e Humidade relativa.....	15
4.1.1	Temperatura do solo e temperatura do ar	15
4.1.2	Humidade relativa.....	16
4.2	Análise de variância dos parâmetros de Crescimento.....	16
4.2.1	Altura da planta.	18
4.2.2	Diâmetro da Alface.....	20
4.2.3	Rendimento fresco.....	21
4.2.4	Matéria seca.....	23
4.2.5	Teor de Clorofila	25
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	27
5.1	Conclusões	27
5.2	Recomendações	27
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
7	ANEXOS	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos tratamentos usados no ensaio.....	10
Tabela 2 : Probabilidade e sua significância nos parâmetros de produção afectados por ambientes de cultivo, níveis de rega, níveis de adubação e suas interacções.....	17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da área de estudo (Campo experimental da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal- FAEF).....	9
Figura 2: Temperatura média do solo (a) e Temperatura média do ar (b).	15
Figura 3: Humidade relativa média.....	16
Figura 4: Altura das plantas de alface em relação ao ambiente de cultivo aos 30 (a) e aos 45 (b) DDT; níveis de irrigação (c) e doses de nitrogénio (d) aos 45 DDT.	18
Figura 5: Diâmetro da alface em relação ao factor ambiente de cultivo aos 15 (a), 30 (b) e 45 (c) DDT; factores níveis de irrigação (d) e doses de nitrogénio (e) aos 45 DDT... ..	20
Figura 6: Rendimento fresco em relação aos níveis de irrigação aos 15 (a) e aos 45 (e) DDT; doses de nitrogénio aos 30 (b) e aos 45 (d) DDT; Ambiente de cultivo aos 45 (c) DDT.....	22
Figura 7: Doses de nitrogénio aos 30 DDT (a); interacção entre os factores ambientes de cultivo, níveis de rega (b); interacção entre os factores ambientes de cultivo, níveis de adubação (c).....	24
Figura 8: Teor de clorofila em relação a interacção entre os factores ambientes de cultivo, níveis de rega aos 15 DDT (a); ambientes de cultivo aos 30 DDT (b); níveis de rega aos 30 DDT (c);	25

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
ANOVA	Análise de variância
AP	Altura da planta
CA	Campo aberto
cm	Centímetros
DA	Diâmetro da alface
DCC	Delineamento completamente Casualizado
DDT	Dias depois do transplante
ETc	Evapotranspiração de referência da cultura
G.l	Graus de liberdade
Kc	Coefficiente da cultura
kg.ha⁻¹	Quilograma por hectare
mm	Milímetros
MS	Matéria fresca
N	Nitrogénio
REND Fresco	Rendimento fresco
SBT	Sombrite
T	Temperatura
ton.ha⁻¹	Tonelada por hectare

1 INTRODUÇÃO

1.1 Antecedentes

As hortícolas são de grande importância não só como alimentos, mas também como produtos comerciais ao nível mundial. A alface (*Lactuca Sativa L.*) pode ser produzida em campo aberto ou em ambiente protegido (estufas) (Viana, 2012; Henz et al., 2009). É uma das hortícolas mais importantes no mundo tanto pelos aspectos socioeconómicos, quanto pelo teor nutricional, o que contribui para o aumento da renda dos produtores e o enriquecimento da dieta dos consumidores (Brito, 2012).

Em Moçambique, nos últimos anos tem-se verificado um aumento constante da produção da alface. Esse aumento deve-se à maior procura da mesma para o consumo. Nas zonas urbanas de Moçambique como Maputo, Beira, Nampula, Tete e Pemba, o consumo da alface constitui a renda dos agricultores (Haber et al, 2015).

Para a produção de alface, factores como radiação solar, temperatura e humidade relativa do ar desempenham um papel crucial (Costa, 2000; Henz et al., 2009). Regiões com temperaturas moderadas, baixa precipitação e altitudes médias são ideais para seu desenvolvimento (Passos, 2007). Esta cultura, em Moçambique, particularmente na região sul, é largamente produzida durante à segunda época da campanha agrícola que se estende desde meados de Março à Agosto (época fresca), o que contribui para a abundância do produto no fim da época em causa, e escassez na época seguinte (quente) sobretudo nos meses de Janeiro e Fevereiro (Malia *et al.*, 2015), ocasionando menor oferta do produto o que possibilita a aplicação de elevados preços.

A escassez de alface durante a época quente é atribuída à insuficiente produção devido às condições climáticas desfavoráveis, especialmente altas temperaturas, que também favorecem a ocorrência de pragas, resultando em menor rendimento e qualidade do produto (Filgueira, 2003). Assim, a produção fora de época é crucial para manter a oferta. Além disso, o cultivo em ambiente protegido tem crescido significativamente, impulsionado pelos benefícios como menor interferência dos factores climáticos, aumento da produtividade e qualidade dos produtos, produção fora da época e redução no uso de recursos como água, fertilizantes e defensivos (Fernandes et al., 2014).

O nitrogénio (N) é o nutriente mais determinante na produção da alface (Reis et al., 2012). Este nutriente é determinante no rendimento da alface e é amplamente destacado e reconhecido pela sua importância no crescimento de alface e principalmente, pelo incremento de produtividade. Num estudo feito por Lucena et al. (2011), demonstraram que a produtividade da alface foi directamente proporcional com as doses de N a aplicar no solo.

A baixa disponibilidade dos recursos hídricos, sobretudo em regiões áridas e semiáridas onde a água é o factor limitante, o manejo de irrigação deve ser considerado prática importante para obtenção de alta qualidade e produtividade das culturas (Tivele et al, 2011; Viana, 2012). O conhecimento das necessidades hídricas da cultura de alface e dose óptima de fertilização é fundamental para maximizar a sua produtividade, daí que, faz-se necessária a optimização do uso da água, de modo que a lâmina total responda às exigências hídricas das plantas (Viana, 2012). Nesse contexto, a avaliação de diferentes lâminas de irrigação tem sido utilizada para determinar as necessidades hídricas de uma cultura em condições específicas de cultivo, pois, o desenvolvimento da mesma é afectado de maneira considerável pela disponibilidade de água, nutrientes, tanto pela sua falta quanto pelo excesso (Fernandes et al., 2014)

1.2 Problema de estudo e justificação

O cultivo da alface em regiões áridas e semiáridas de Moçambique enfrenta desafios devido às condições meteorológicas, como a alta radiação solar, altas temperaturas e baixa disponibilidade de água, o que limita a produção (Viana, 2012; Malia et al., 2015). A radiação solar desempenha um papel crucial no processo de fotossíntese, influenciando directamente outros parâmetros meteorológicos e afectando o desenvolvimento das plantas (Viana, 2012). Além disso, a alface é sensível à disponibilidade de água e nutrientes no solo, sendo que a falta de humidade pode reduzir a produtividade e a qualidade das folhas produzidas (Klar, 1991). A aplicação adequada de nitrogénio é essencial para o crescimento e a produtividade da alface. Para minimizar os efeitos das condições climáticas adversas, o uso de sombrites tem sido destacado como uma técnica agrícola promissora, pois reduz os danos causados pelo excesso de sol e calor, mantendo a temperatura e a humidade do solo em níveis óptimos para o desenvolvimento das culturas (Oliveira, 2019).

Entretanto, resultados de pesquisa sobre avaliação do desempenho da alface em sombrites associado a diferentes níveis de irrigação são escassos em Moçambique, daí que existe a necessidade de melhorar o conhecimento sobre o impacto das sombrites no crescimento e desenvolvimento de hortícolas, neste caso sobre a alface.

1.3 Objectivos

1.3.1 Objectivo de geral

- ✓ Avaliar o desempenho da cultura de alface cultivada em campo aberto e na sombrite.

1.3.2 Objectivos específicos

- ✓ Determinar o efeito do ambiente de cultivo (campo aberto e sombrite) associado a lâminas de irrigação e doses de nitrogénio nos parâmetros de crescimento da cultura de alface;
- ✓ Determinar o rendimento da cultura de alface em campo aberto e sombrite sob lâminas de irrigação e doses de nitrogénio;
- ✓ Comparar o teor de clorofila entre plantas cultivadas em campo aberto e em sombrite.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura de Alface (*Lactuca sativa* L.)

A alface (*Lactuca Sativa* L.) é uma planta herbácea, com coloração em vários tons de verde e roxa, conforme sua variedade, possui caule pequeno, através do qual as folhas se prendem, com sistema radicular ramificado e superficial, explorando os primeiros 0.25 m do solo (Filgueira, 2003). Segundo Oliveira et al. (2004), a alface é uma hortícola de grande importância na alimentação e na saúde humana, por ser fonte de vitaminas, sais minerais e apresentar baixo valor energético.

Em Moçambique, a alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das principais hortícolas folhosas comercializadas e consumida pela população, pela facilidade de aquisição e por ser produzida durante o ano inteiro (Malia et al., 2015). Esse facto é devido o curto ciclo de produção e de sua colheita aos trinta dias após o transplante. É cultivada tradicionalmente por pequenos produtores, que confere grande importância económica e social (Malia et al., 2015).

O desenvolvimento vegetativo da alface é afectado directamente pela humidade do solo, disponibilidade de nutrientes, ambiente de cultivo, sendo necessária uma aplicação de água com maior frequência e menor intensidade de aplicação ao longo do ciclo da cultura (Santos e Pereira, 2004), ou seja, aplicar pequenas lâminas de água com menor intervalo entre irrigações, e selecção e aplicação de nutrientes adequados.

2.2 Crescimento da alface

Esse processo é entendido como o aumento do tamanho da planta, pode ser determinado mediante medidas directas de altura, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar e massa seca/fresca e indirecta como taxa de assimilação líquida, taxa de crescimento relativo da planta dentre outros parâmetros (Barraza et al., 2004). As medidas directas retratam o acréscimo absoluto da planta e as indirectas mostram sua eficiência em acumular matéria seca como produto de seus processos metabólicos (Geraud et al., 1995).

A contagem do número de folhas fornece informações sobre a fenologia (Peixoto, 2004), sendo uma característica própria de cada variedade (Oliveira et al., 2004). Queiroga (2001), ao avaliar o crescimento das cultivares de alface, constatou um efeito significativo entre elas, destacando a cultivar Regina das demais. Este resultado concorda em parte

com Porto (1999), que observou diferenças para essa característica devido à genética de cada cultivar. A cultivar Regina destacou-se em relação às cultivares Great Lakes e Tainá quanto ao número de folhas por planta.

A área foliar, conforme Lucena et al. (2011), pode ser obtida de forma indirecta. Gotos et al. (2001) observaram um incremento significativo da área foliar uma semana antes da época da colheita ao estudar três variedades de alface em ambiente protegido e ao ar livre. A área foliar específica foi maior em ambos os ambientes.

Quanto à massa fresca e seca da planta, Reis e Muller (1978) destacam a grande sensibilidade às variações climáticas, especialmente à humidade relativa e temperatura do ar. Gotos et al. (2001) avaliaram três variedades de alface em ambiente protegido e ao ar livre, observando que as variedades cultivadas em condições de campo apresentaram maior acúmulo de matéria fresca. No entanto, em ambiente protegido, atingiram o ponto de colheita mais precocemente, sendo uma grande vantagem para o produtor, resultando em um maior retorno financeiro, além de minimizar os riscos.

2.3 Influência da Irrigação e Adubação Nitrogenada na Cultura de Alface

Estudos sobre lâminas de irrigação na cultura de alface, conduzidos por Slomp et al. (2011), utilizando quatro lâminas (40, 70, 100 e 130% da ETc) em solo descoberto e com mulching, evidenciaram que a aplicação das lâminas de 100 e 130% de ETc resultou em um maior número de folhas, massa fresca e seca. Outro estudo por Lacerda et al. (2017), utilizando quatro lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125% da ETc), mostrou que a maior produtividade foi alcançada com uma lâmina de 50% da ETc. A irrigação, de acordo com os estudos citados, demonstrou resultados positivos para variáveis agronômicas, apresentando melhoria na eficiência do uso da água em sistemas de gotejamento e aumento da produtividade com menor aplicação de lâmina de irrigação.

Quanto ao efeito da adubação nitrogenada na cultura de alface, a subestimação pode levar à redução na produtividade, enquanto a superestimação aumenta os custos pelo uso desnecessário de adubo (Ribeiro et al., 2007). O nitrogénio é o nutriente mais exigido pela cultura de alface, e a resposta à sua aplicação depende da dose e época de aplicação (Viana, 2012). Entre as deficiências nutricionais, a de nitrogénio é a mais frequente, sendo crucial determinar a dose e épocas corretas para garantir uma boa nutrição da planta no

momento em que ainda é possível aumentar o número de folhas por planta (Tivele et al., 2011). Em um estudo sobre doses e épocas de aplicação de nitrogénio na alface irrigada em plantio directo, constatou-se que a máxima produtividade foi alcançada com a aplicação de 60 kg/ha de N em cobertura, independentemente do estágio de desenvolvimento (Barraza et al., 2004).

2.4 Ambientes de cultivo

2.4.1 Em Campo aberto

Um factor de grande influência na produção de hortícolas é o clima, em especial quando são cultivadas em campo aberto. A precipitação e altas temperaturas afectam o rendimento produtivo das culturas, pois não é possível controlar as variáveis climáticas a que as plantas estão expostas (Purquerio e Tivelli, 2006).

A exposição à radiação directa ocasiona o aumento da taxa de transpiração das plantas, podendo ser mais eficiente à realização da fotossíntese, quando comparados com o cultivo protegido, porém quando em excesso o mesmo prejudica o desempenho produtivo da mesma (Felippe, 1986).

2.4.2 Ambiente protegido

O cultivo em ambiente protegido (sombrites) ou estufas, é construído com estruturas em madeira ou metálicas. O tipo de material (rede, plástico ou tela) utilizado na construção altera os níveis de radiação no seu interior, característica que influencia directamente no crescimento e desenvolvimento da planta. Um factor de extrema importância na produção agrícola em ambiente protegido é o posicionamento da estrutura no terreno, tendo em vista que a orientação da construção está directamente relacionada com a quantidade de radiação que irá incidir no interior da mesma (Teruel, 2010; Clemente et al., 2011).

O cultivo protegido originalmente era feito em ambiente revestido com vidro, devido às suas excelentes propriedades físicas, no entanto, actualmente, o polietileno de baixa densidade é o material mais utilizado para a cobertura, por possuir propriedades de transparência e serem flexíveis, facilitando seu manuseio, e mais económicos quando comparados ao vidro (Purquerio e Tivelli, 2006).

Actualmente são comercializados pelas indústrias de plástico diferentes materiais capazes de filtrar comprimentos de onda específicos da radiação que permitem o controlo da temperatura interna da estufa, plásticos biodegradáveis, redes, aditivados contra radiação ultravioleta (UV), difusor de luz, como também com acção inibidora do desenvolvimento de fungos (Silva et al., 2014). Em estufa agrícola com cobertura plástica, ou sombrites, a fracção da radiação solar difusa é maior que em campo aberto, devido ao efeito de difusão da radiação provocado pela própria cobertura, desta forma, atinge as plantas com maior eficiência.

O cultivo em ambiente protegido tem como função básica, portanto, aliar a obtenção de um produto de melhor qualidade associado a um melhor custo de produção, vias de maior interesse para o produtor (Silva et al., 2007; Silva et al., 2012). O cultivo em ambiente protegido possibilita a obtenção de condições de microclima adequadas de produção, com redução dos efeitos negativos das variações de temperatura, humidade relativa do ar e radiação (Duarte et al., 2010).

2.5 Variáveis agrometeorológicas

O clima é um factor de extrema importância para diversas actividades humanas, e o entendimento de sua dinâmica proporciona um melhor planeamento no que diz respeito ao uso dos dados a cerca dos recursos naturais, sobretudo em actividades agrícolas (Lopes et al., 2012).

Para Souza et al. (2010), dentre as informações climáticas mais importantes para a caracterização do ambiente, destaca-se a temperatura do ar e humidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar e precipitação.

A radiação solar funciona como a energia de partida para diversos processos físico-químicos e dinâmicos que ocorrem na superfície terrestre e na interacção atmosfera-superfície. A sua variabilidade no espaço e no tempo ocasiona diferentes respostas no ambiente (Porfirio, 2012).

O espectro radiante do sol é dividido em três faixas distintas de comprimento de onda, representadas por radiação ultravioleta com comprimento de 0,3 a 0,4 nm, banda visível ou radiação fotossinteticamente activa de 0,4 a 0,7 nm, e infravermelho próximo de 0,7 a 2,8 nm (Monteithe Unsworth, 1990).

A luminosidade é um factor necessário para que ocorra uma das fases da fotossíntese, facto que está directamente relacionado ao desenvolvimento dos vegetais. Um ambiente com deficiência luminosa, pode promover o estiolamento de plantas, comprometendo a produção (Filgueira, 2003). Por este motivo, Maskishima (1993) ressalta a importância de cultivar hortícolas em lugares longe de árvores frondosas, muros altos ou de outros obstáculos que possam fazer sombreamento.

Segundo Lamberts (2014), a humidade relativa do ar é o vapor de água em relação com o máximo de vapor de água que o ar pode conter a uma dada temperatura. De acordo com Cunha (2013), a presença de vapor de água no ar tem origem principalmente na evaporação natural da água e na transpiração dos vegetais.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado no período de Julho à Outubro de 2023 no campo experimental da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF), na Universidade Eduardo Mondlane (UEM), província de Maputo, com as seguintes coordenadas geográficas: 25° 57' 07" de Latitude Sul e 32° 36' 05" de Longitude Este e a 60 m acima do nível médio das águas do mar (Figura 1).

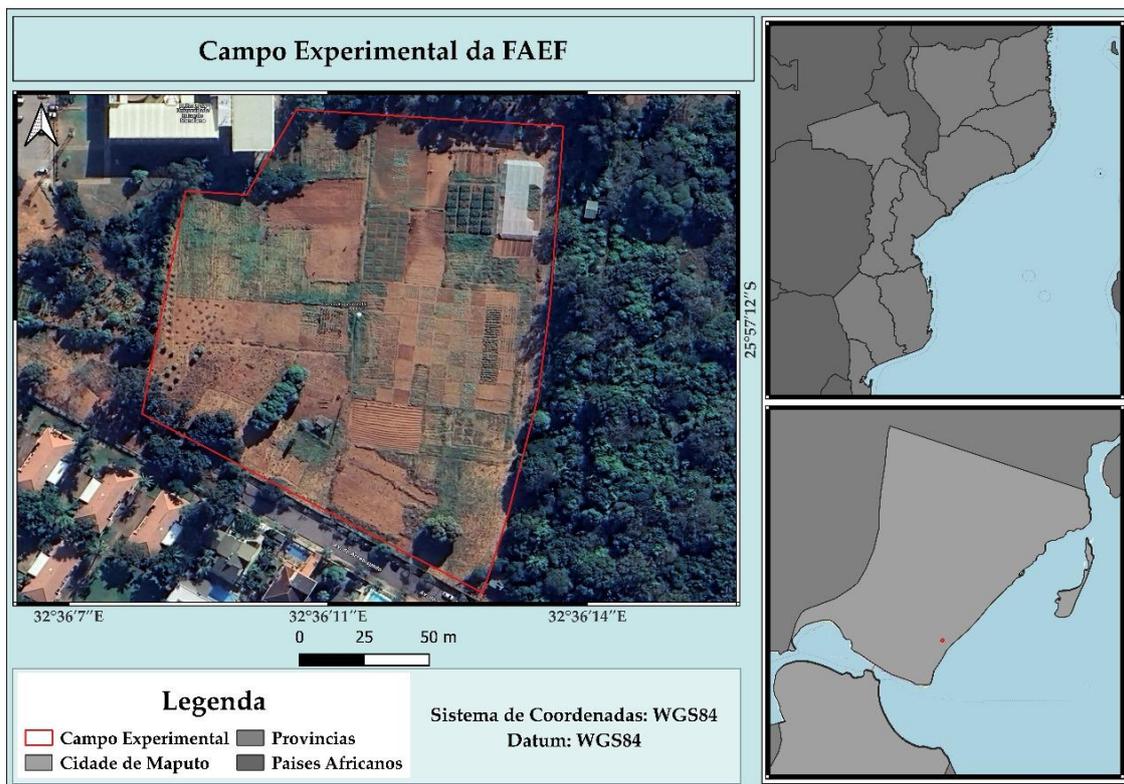


Figura 1: Mapa da área de estudo (Campo experimental da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal- FAEF).

Segundo a classificação de Köppen a região é classificada como clima tropical chuvoso de savana (Aw). A precipitação média anual é de cerca de 767 mm, sendo o mês mais chuvoso o de Fevereiro com 137 mm e o mês mais seco o de Agosto com uma média de apenas 12 mm. A temperatura média anual é cerca de 22,8 °C (Fernando et al., 2019).

O solo é de textura arenosa, com teor de matéria orgânica igual a 1,6% nos primeiros 10 cm de profundidade, verificando-se uma baixa capacidade de retenção de água, o pH do solo é de 6,4 (ligeiramente ácido), baixa salinidade e fertilidade (Ussene, 2011).

3.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O experimento foi conduzido seguindo um Delineamento Completamente Casualizado em arranjo factorial, considerando 2 ambientes de cultivo (campo aberto e sombrite), 2 níveis de irrigação (nível óptimo - 100% de ETc e intermédio - 50% de ETc) e 2 níveis de adubação nitrogenada (nível óptimo - 30 kg/ha e intermédio - 15 kg/ha), totalizando 8 tratamentos com 3 repetições. Isso resultou em um total de 24 parcelas, cada uma com tamanho individual de (3 x 1,6) m e com 0,5 m de separação entre parcelas, e 1 m entre blocos (sombrite e campo aberto), a área total do ensaio foi de 146 m² (Tabela 1). Usou-se sombrite branca com capacidade de sombreamento de 40 %.

Tabela 1: Descrição dos tratamentos usados no ensaio.

Descrição dos Tratamentos	Factores		
	Ambiente	Irrigação (ETc)	Adubação (kg.ha ⁻¹)
1	SBT	I1	A1
2	SBT	I0	A1
3	SBT	I1	A0
4	SBT	I0	A0
5	CA	I1	A1
6	CA	I0	A1
7	CA	I1	A0
8	CA	I0	A0

Onde: SBT-Sombrite; CA-Campo; I0-50% ETc, I1-100% ETc, A0-15kg.ha-1, A1-30kg.ha-1

3.3 Procedimento de amostragem

Para colher as amostras da população de plantas nas unidades experimentais, usou-se o método de amostragem sistemático. Para a recolhas de dados referentes às variáveis relacionadas à cultura, foi considerada a área útil de cada parcela as duas (2) linhas centrais, desprezando-se uma linha em cada extremidade vertical e horizontal das parcelas. A área útil de cada parcela foi composta por 16 plantas.

3.4 Condução do ensaio

3.4.1 Preparação do terreno e demarcação

Foi realizada lavoura profunda (profundidade média de 30 cm) com o objectivo de revolver a terra, destruir as infestantes, destorar, nivelar, assentar o solo (homogeneizar no máximo a unidade experimental) e criar uma boa cama para as plântulas. Posteriormente, fez-se o nivelamento, demarcação das parcelas usando enxadas, ancinhos, fita métrica, cordas e estacas.

3.4.2 Alfobre e adubação

Para a produção de mudas foram utilizadas sementes de alface da variedade Great Lakes, sendo as mesmas produzidas no solo, numa área de (2x1) m com 0.1 m de separação entre linhas. O transplante foi feito a um compasso de 40 cm x 30 cm seguindo o espaçamento dos gotejadores, totalizando uma densidade de 83 333 plantas.ha⁻¹. Cada parcela continha 4 linhas e 10 plantas.linha⁻¹ totalizando 40 plantas por parcela.

O transplante foi antecedido com adubação de fundo com 40 ton.ha⁻¹ de estrume, 21 dias antes do transplante. A adubação foi uniforme em todos tratamentos de modo a garantir um crescimento inicial uniforme. Vinte dias (20) depois do transplante, fez-se adubação de cobertura com 30 kg.ha⁻¹ de ureia para nível óptimo e 15kg.ha⁻¹ para intermédio na formulação (46% de nitrogénio).

3.4.3 Rega

As lâminas de irrigação foram determinadas de acordo com as necessidades da cultura do mês que absorveu maior quantidade durante o seu ciclo de crescimento, segundo a equação (1), este método foi aplicado por Allen et al. (2004).

$$ETc = Kc * ETo \quad (mm/dia) \quad (1)$$

Onde: ETc (mm/dia): evapotranspiração da cultura; Kc: coeficiente de cultura que mede a transpiração da cultura e a evaporação do solo; ETo (mm/dia): corresponde aos dados da evapotranspiração de referência.

Para o presente estudo, os dados de ETo foram obtidos nos dados climáticos históricos do Campo experimental da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF). Os

valores de Kc da cultura de alface foram obtidos do estudo realizado por Doorenbos e Kassamah (1979). O intervalo de rega foi determinado de acordo com a necessidade de água da cultura e o déficit da água no solo.

Para a medição da precipitação fixou-se o pluviómetro numa estaca com 1,5 m de altura, estrategicamente instalado numa área próxima aos campos de ensaios. As leituras eram realizadas diariamente às 9h, expressas em milímetros. Após cada leitura, esvaziava-se o pluviómetro, preparando-o para a medição do dia seguinte.

3.4.4 Sacha, controlo de pragas e doenças

Durante a condução do ensaio, as espécies de infestantes mais frequentes na área foram: *Cyperus rotundus*, *Tribulus terrestris*, *Gomphrena celosioides* e *Commelina bengalensis*. As operações de sacha foram realizadas manualmente, utilizando uma enxada nos espaços entre as linhas e arrancando manualmente as infestantes nos espaços entre as plantas, sendo executadas de acordo com as necessidades e exigências do campo ao longo do crescimento da cultura. No total, foram realizadas duas operações de sacha, sendo a primeira efetuada aos 15 DDT e a segunda aos 35 DDT. Durante a condução do ensaio verificou-se ataque de pragas como rocas, que foram controladas usando a Cipermentrina.

3.5 Variáveis avaliadas

3.5.1 Variáveis meteorológicas

Para medir a temperatura e humidade relativa, foram instaladas em áreas previamente seleccionadas estacas de 1,5 metros tanto no sombreamento como no campo aberto, com pequenos abrigos para proteger os sensores de temperatura. Os medidores de temperatura do solo foram enterrados nos pontos identificados a 15 centímetros de profundidade. Utilizando a aplicação Tinytag Explorer 6.0, os dispositivos Tinytag foram programados para registar a temperatura máxima e mínima do ambiente, temperatura máxima e mínima do solo e a humidade relativa máxima e mínima a cada meia hora em graus Celsius.

3.5.2 Variáveis de crescimento

As variáveis analisadas para avaliar o desempenho da cultura de alface cultivada em campo aberto e na sombrite sob diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogénio durante os 15, 30 e 45 dias depois do transplante foram: altura da planta, diâmetro, matéria fresca, matéria seca, clorofila e rendimento.

a) Altura da planta

A medição da altura das plantas foi realizada numa área útil composta por duas linhas, utilizando uma régua graduada de 50 cm. A altura média de plantas foi obtida, medindo-se duas plantas por parcela a partir do nível do solo até a extremidade das folhas mais altas, sendo feito a média das duas plantas na fase de colheita expressas em centímetros.

b) Diâmetro das plantas

Para determinar o diâmetro foliar utilizou-se uma régua para medir a distância entre as margens opostas do disco foliar. Foram seleccionadas duas plantas na área útil para a realização das medições. O procedimento envolveu o cuidadoso posicionamento da régua entre as margens do disco foliar, com o registo da distância em centímetros. A média do diâmetro foi calculada a partir das duas plantas seleccionadas por parcela.

c) Medição do teor de Clorofila

A determinação dos teores de clorofila das plantas de alface foi realizada utilizando o clorofilometro digital SPAD. Foram realizadas três leituras por planta, nas duas plantas centras da parcela, na região superior, mediana e inferior da alface, obtendo-se assim a média da parcela.

d) Rendimento fresco e peso de matéria seca

O peso da matéria fresca determinou-se através da colheita das plantas na área útil usando o método directo de pesagem em balança de precisão. O rendimento da cultura foi determinado multiplicando os valores de matéria fresca das plantas pela densidade populacional em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. A massa seca das amostras foi determinada após perderem toda a sua massa de água, mantendo seu peso constante. Para isso as amostras foram mantidas em estufa a temperatura constante de 65 °C.

3.5.3 Análise de Dados

Para o efeito, foi utilizado o Microsoft Excel 2019, para a organização de dados e a posterior análise descritiva, construção de tabelas, gráficos. Procedeu-se com a análise de variância (ANOVA) e para validar os pressupostos, foram feitos testes de especificação, nomeadamente, normalidade dos resíduos (Shapiro Wilks) e heteroskedasticidade (Breusch Pagan) à 5 % de significância. Para os parâmetros com ($P < 0.05$) procedeu-se com o teste de Tukey (0.05) a fim de comparação de médias, de modo a identificar até que ponto os tratamentos são diferentes utilizando o Software STATA 14.2 (Tostão et al., 2010). Os modelos estatísticos usados no processo de geração dos dados foram:

$$Y_{ijkl} = \mu + \theta_i + \alpha_j + \tau_k + (\theta\alpha)_{ij} + (\theta\tau)_{ik} + (\alpha\tau)_{jk} + (\theta\alpha\tau)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \quad (2)$$

Onde:

Y_{ijkl} —Rendimento da cultura de alface observada na unidade experimental, submetida ao ambiente de cultivo i , níveis de irrigação j e doses de nitrogénio k .

μ —Média geral;

θ_i —Efeito do nível i de ambiente de cultivo

α_j —Efeito do nível j de irrigação

τ_k —Efeito do nível k de doses de nitrogénio

$(\theta\alpha)_{ij}$ —Efeito da interação entre nível do ambiente de cultivo i e níveis de irrigação j

$(\theta\tau)_{ik}$ —Efeito da interação entre nível do ambiente de cultivo i e nível k de doses de nitrogénio

$(\alpha\tau)_{jk}$ —Efeito da interação entre nível j de irrigação e nível k de doses de nitrogénio

$(\theta\alpha\tau)_{ijk}$ —Efeito da interação entre nível do ambiente de cultivo i , níveis de irrigação j e nível k de doses de nitrogénio.

ε_{ijkl} —Erro experimental, $\varepsilon_{ijkl} \sim \text{iidN}(0, \sigma^2)$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Temperatura e Humidade relativa

4.1.1 Temperatura do solo e temperatura do ar

A figura 2 mostra a variação da temperatura do solo e temperatura do ar durante a condução do ensaio.

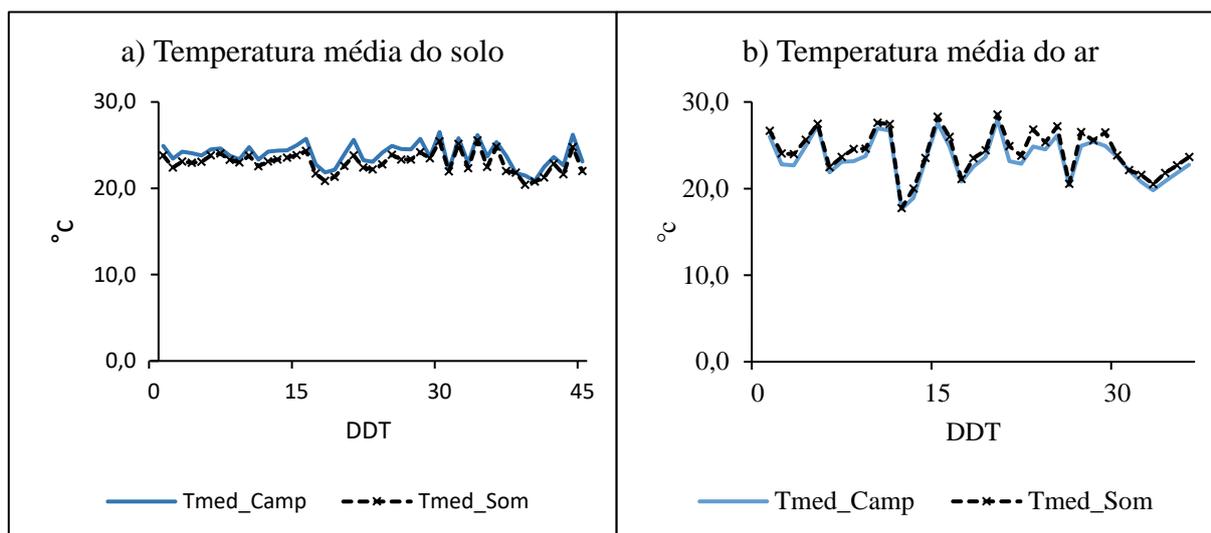


Figura 2: Temperatura média do solo (a) e Temperatura média do ar (b).

A temperatura média mensal do solo foi de 27°C em campo aberto e 26°C em sombrite. Embora a diferença possa parecer pequena, ela ilustra como o sombrite pode moderar a temperatura do solo. Essa mínima diferença de temperatura do solo em diferentes ambientes de cultivo pode ser justificada a partir da humidade do solo em que se manteve em condições semelhantes para ambos os ambientes, através do sistema de rega utilizado (gota-a-gota) e lâminas de água aplicadas, o que também é sustentado por Batista (2012). A temperatura média do ar mensal no campo aberto foi de 27°C, enquanto sob sombrite, foi de 29°C. Este aumento de 2°C em relação ao campo aberto pode ser atribuído à retenção de calor pelo sombrite, que pode ser menos eficaz na dissipação do calor acumulado. Resultados de temperatura do ar similares aos do presente estudo foram relatados por Radin *et al.* (2004), num estudo onde avaliou-se o crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo.

Esse fenómeno pode ser atribuído ao efeito de retenção térmica proporcionado pelo sombrite, que pode resultar em condições mais quentes durante o dia (Santos et al., 2018; Oliveira et al., 2019).

4.1.2 Humidade relativa

A figura 3 mostra a variação da humidade relativa do ar durante a condução do ensaio.

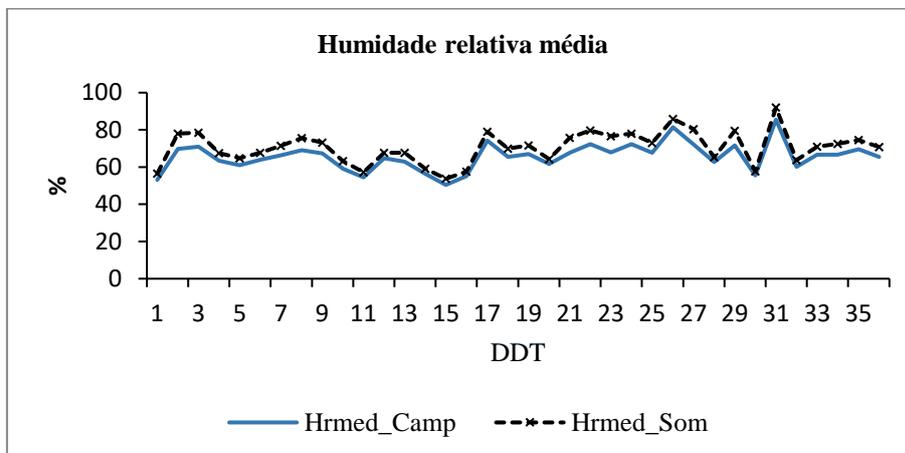


Figura 3: Humidade relativa média

A humidade relativa média em sombrite apresentou variação proporcional à da humidade relativa média no campo aberto durante o ensaio, sendo a humidade relativa em sombrite ligeiramente superior em relação à do campo aberto durante todo o período do experimento. A humidade relativa média mensal em sombrite variou entre 53 e 91%, e em campo aberto variou entre 50 e 85%. Resultados similares aos do presente estudo foram constatados por Radin *et al.* (2004) e De Melo (2018) quando comparam a humidade relativa do ar do interior da estufa com a do campo aberto (Figura 3).

A humidade ideal para o melhor desenvolvimento da alface segundo Cermeño (1990) e Martinez (2006) está entre 60 a 80%, logo se evidencia que em ambos os ambientes de estudo, a humidade relativa está em geral dentro do intervalo aceitável para alface. No entanto, a parte inferior dos intervalos em ambos os casos (50% em campo aberto e 53% na sombrite) pode ser um pouco baixa e pode exigir monitoramento adicional e possíveis ajustes no manejo para garantir que as alfaces recebam humidade suficiente.

4.2 Análise de variância dos parâmetros de Crescimento

Os resultados da análise de variância (ANOVA) mostraram diferenças significativas em diversos parâmetros ao longo do período de crescimento das plantas. Aos 15 dias após o transplante (DDT), observou-se influência do ambiente de cultivo no diâmetro da alface. A Matéria seca e fresca, bem como o teor de clorofila foram influenciados por níveis de

rega e adubação nitrogenada. Ao atingir os 30 DDT, observou-se a altura e o diâmetro da alface, tendo ambos sido influenciados pelo ambiente de cultivo, enquanto que o teor de clorofila foi afectado pela rega e ambiente de cultivo. Por outro lado, o nível de adubação nitrogenada afectou apenas a biomassa (MF e MS). Já aos 45 DDT, notaram-se diferenças significativas na matéria seca e no rendimento fresco, influenciados pelo ambiente, rega e adubação. Esses resultados são mostrados na tabela a seguir (Tabela 2).

Tabela 2 : Probabilidade e sua significância nos parâmetros de produção afectados por ambientes de cultivo, níveis de rega, níveis de adubação e suas interações.

DDT	Factor de variação	G.L	Variáveis				
			AP	D A	Clorofila	MS	REND Fresco
15DDT	Ambiente	1	0.9644	0.0004*	0.3177	0.6630	0.4712
	Rega	1	0.2906	0.2750	0.0036*	0.2566	0.0051*
	Adubação	1	0.1680	0.2329	0.0815	0.2566	0.8038
	Ambiente X Rega	1	0.1856	0.7241	0.0012*	0.8271	0.8822
	Ambiente X Adubação	1	0.1455	0.3760	0.7683	0.4363	0.4500
	Rega X Adubação	1	0.7636	0.6840	0.1169	0.1523	0.2789
	Ambiente X Rega X Adubação	1	0.7997	0.7241	0.0697	0.6918	0.5505
30DDT	Ambiente	1	0.0004*	0.0004*	0.0376*	0.0863	0.0982
	Rega	1	0.8639	0.2750	0.0089*	0.1733	0.9919
	Adubação	1	0.2420	0.2329	0.0718	0.0011*	0.0006*
	Ambiente X Rega	1	0.3619	0.7241	0.7902	0.6918	0.3048
	Ambiente X Adubação	1	0.0067	0.3760	0.6856	0.8245	0.5641
	Rega X Adubação	1	0.0755	0.6840	0.0788	0.2566	0.4045
	Ambiente X Rega X Adubação	1	0.1231	0.7241	0.0774	0.8245	0.4392
45DDT	Ambiente	1	0.000*	0.0001*	0.5170	0.0001*	0.0003*
	Rega	1	0.0127*	0.0003*	0.0825	0.0000*	0.0260*
	Adubação	1	0.0414*	0.0000*	0.5528	0.0000*	0.0003*
	Ambiente X Rega	1	0.1481	0.4028	0.3135	0.0310*	0.2384
	Ambiente X Adubação	1	0.2059	0.4530	0.7243	0.779	0.7790
	Rega X Adubação	1	0.0876	0.3140	0.0562	0.0140*	0.0140*
	Ambiente X Rega X Adubação	1	0.1481	0.9644	0.9084	0.7161	0.7161

* Anova foi significativa; DDT=Dias depois do transplante; (AP) – Altura da planta; (G.L) – Grau de Liberdade; (MF) – Matéria fresca; (MS) – Matéria seca; (DA) – Diâmetro da alface; (REND Fresco) – Rendimento fresco.

4.2.1 Altura da planta.

Os resultados da análise de variância mostraram que a 5% do nível de significância não houve efeito significativo ($p > 0.05$) da interação entre os ambientes de cultivo, níveis de rega e doses de adubação nitrogenada para altura da planta aos 15, 30 e 45 DDT (Tabela 2). Aos 30 DDT, observou-se apenas o efeito significativo ($p < 0.05$) do factor ambiente de cultivo, e aos 45 DDT, observou-se efeito significativo singular ($p < 0.05$) de todos factores em estudo. A figura 4 abaixo ilustra os valores da altura da planta.

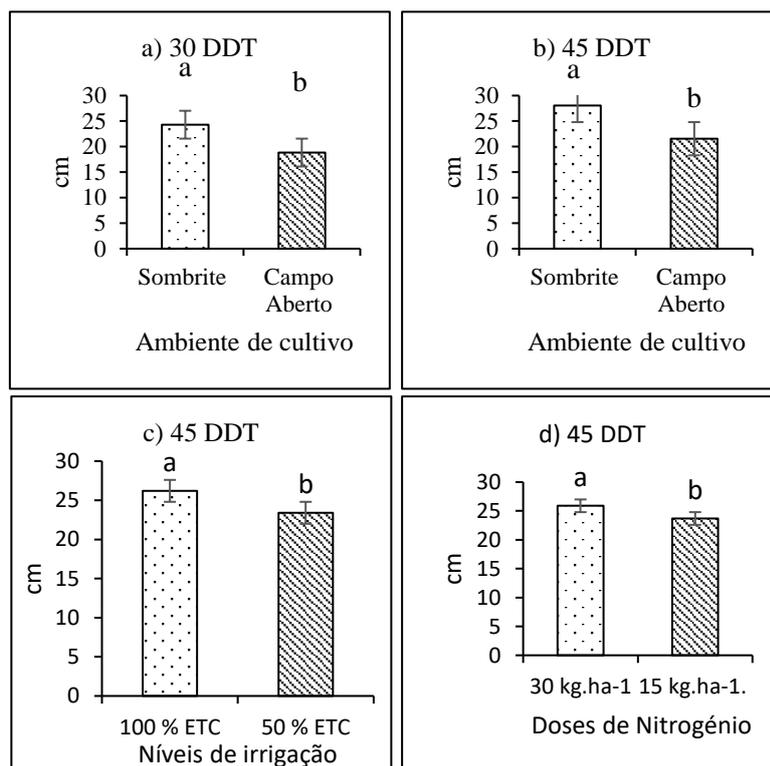


Figura 4: Altura das plantas de alface em relação ao ambiente de cultivo aos 30 (a) e aos 45 (b) DDT; níveis de irrigação (c) e doses de nitrogénio (d) aos 45 DDT.

Aos 30 DDT, a altura média das plantas variou entre 19 e 26 cm. A maior altura das plantas foi observada na sombrite. Aos 45 DDT, a altura das plantas teve comportamento similar ao registado aos 30 DDT, tendo-se observado maior altura de alface no sombrite com altura média de 26 cm e menor em campo aberto com altura média de 19 cm (figura 4).

Resultados semelhantes foram relatados por Radin *et al.* (2004), Viana (2012) e Brzezinski (2017), em que a variável altura das plantas da alface, cultivada em estufa e a campo, apresentaram respostas semelhantes à da actual pesquisa. Radin *et al.* (2004)

concluiu em estudo realizado no Brasil, que a alface cultivada em estufa apresentou uma altura das plantas superior às cultivadas a campo. Assim como Brzezinski *et al.* (2017) avaliando o efeito de diferentes ambientes de cultivo (protegido e a campo), constatou diferença significativa para a altura das plantas da alface, sendo o ambiente protegido mais favorável ao cultivo.

Segundo Rebouças *et al.* (2015) essa diferença produtiva pode estar associada ao microclima existente no ambiente protegido, que modificou a temperatura, a humidade relativa do ar, a radiação solar e a velocidade do vento, influenciando no desenvolvimento, e no crescimento da cultura.

Em relação ao factor rega, com o aumento de nível de água de irrigação, a altura da planta tende a ser maior. Observou-se neste estudo uma altura média que variou de 23 a 26 cm correspondentes ao nível de irrigação intermédia (50%ETc) e nível óptimo (100% ETc) respectivamente, aos 45 DDT. Noreto *et al.* (2012) e Chiconato *et al.* (2013) em seus estudos com irrigação por gotejamento observaram que a lâmina de 50% da ETc apresentou a menor altura das plantas quando comparado com as demais lâminas (100, 150 e 200%ETc). Klar (1991), que em seu trabalho relatou que a aplicação da lâmina de rega 50% da ETc pode prejudicar o crescimento porque a água em quantidades óptimas é essencial para muitos processos fisiológicos nas plantas. A deficiência ou falta de água pode afectar a capacidade da planta de absorver nutrientes do solo, realizar a fotossíntese e transportar nutrientes para todas as partes da planta. Isso pode resultar em um crescimento mais lento, altura menor, folhas menores e menos saudáveis, além de afectar a qualidade geral da planta.

Aos 45 DDT, altura da alface respondeu melhor à adubação com dose de nitrogénio de 30 kg.ha⁻¹, com uma altura média de 26 e 24 cm para o tratamento com dosagem nitrogenada de 15 kg.ha⁻¹. O fornecimento de nitrogénio nas doses adequadas para a alface favorece o bom desenvolvimento do sistema radicular o que resulta no aumento da absorção de nutrientes e de água, conseqüentemente promove o aumento do vigor das plantas, favorecendo o rendimento fresco (Almeida *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2010). No presente estudo o incremento da aplicação do nitrogénio resultou no aumento da altura das plantas.

4.2.2 Diâmetro da Alface

A figura abaixo ilustra os resultados da análise de variância da variável diâmetro da alface em relação ao factor ambiente de cultivo aos 15 (a), 30 (b) e 45 (c) DDT. A mesma figura ilustra o diâmetro em relação aos factores níveis de irrigação (d) e doses de nitrogénio (e).

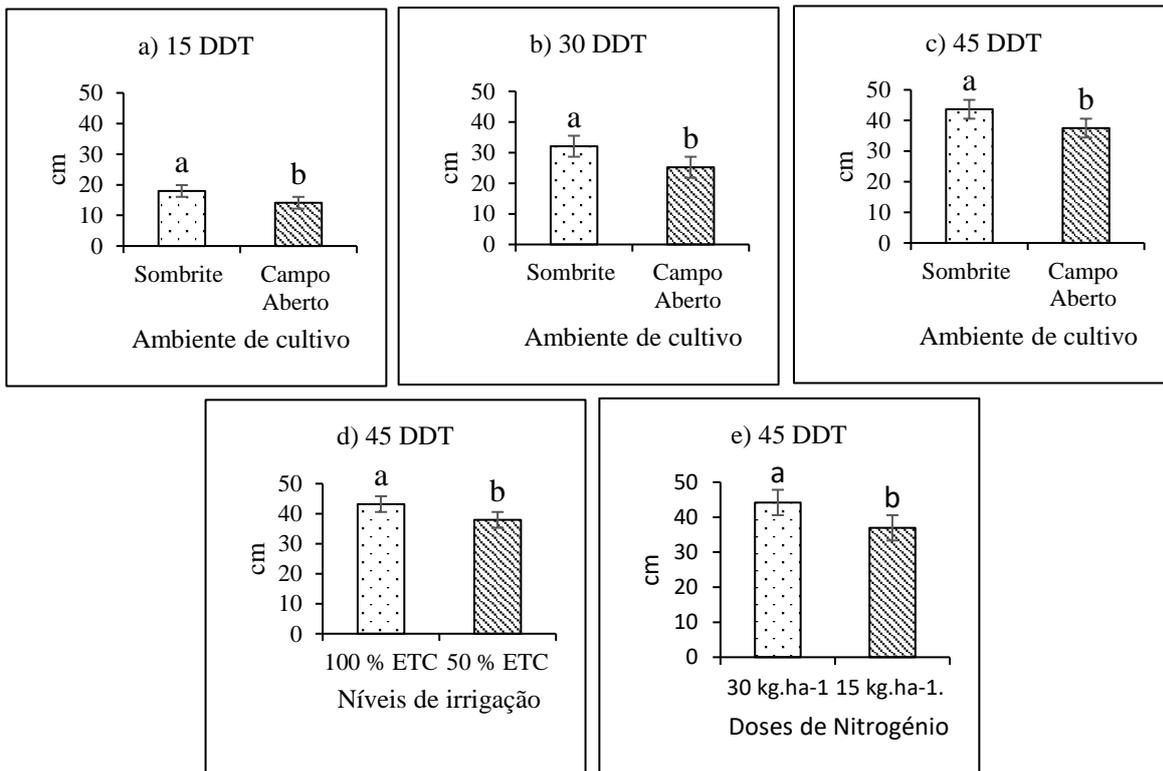


Figura 5: Diâmetro da alface em relação ao factor ambiente de cultivo aos 15 (a), 30 (b) e 45 (c) DDT; factores níveis de irrigação (d) e doses de nitrogénio (e) aos 45 DDT.

Para o factor ambiente do cultivo, durante todo ciclo, observou-se maior diâmetro da alface que estava na sombrite. Nos primeiros 15 dias DDT, observou-se diâmetro médio da alface de 18 cm para sombrite e 14 cm para campo aberto. Comportamento similar foi registado aos 30 e 45 DDT (figura 5). Tal como foi para a variável altura das plantas, resultados semelhantes aos do presente estudo foram relatados por Radin *et al.* (2004), Viana (2012) e Brzezinski (2017), em que a variável diâmetro da alface cultivada em sombrite apresentou maiores valores em relação em Campo aberto. As plantas na sombrite se favoreceram do microclima existente no ambiente protegido, que modificou

a temperatura, a humidade relativa do ar, a radiação solar e a velocidade do vento, influenciando positivamente no desenvolvimento das plantas (Rebouças *et al.*, 2015).

Aos 45 DDT, para o factor níveis de irrigação observou-se que o diâmetro da alface variou entre de 42 e 38 cm correspondentes ao nível de irrigação óptimo (100%ETc) e nível intermédia (50% ETc) respectivamente. Aos 45 DDT, o diâmetro da alface respondeu melhor à adubação com dose de nitrogénio de 30 kg.ha⁻¹, com um diâmetro da alface de 44 cm e o tratamento com dosagem nitrogenada de 15 kg.ha⁻¹ apresentou diâmetro de 37 cm. Resultados deste estudo confirmam os resultados obtidos por Silva *et al.* (2008), onde constatou-se aumento do diâmetro das plantas da alface com o incremento de níveis de água e doses de nitrogénio.

4.2.3 Rendimento fresco

Os resultados da análise de variância mostraram que não houve efeito significativo ($p > 0.05$) da interacção entre os ambientes de cultivo, níveis de rega e doses de adubação nitrogenada para matéria fresca aos 15 e 30 DDT. Aos 15 DDT, observou-se apenas o efeito significativo ($p < 0.05$) do factor rega. Aos 30 DDT, observou-se apenas o efeito significativo ($p < 0.05$) do factor adubação e aos 45 DDT observou-se apenas o efeito significativo ($p < 0.05$) dos factores de estudo isoladamente. A figura 6 abaixo ilustra os valores da matéria fresca aos 15, 30 e 45 DDT.

Aos 15 DDT, o rendimento fresco variou entre 0.4 e 0.65 ton.ha⁻¹. Maior teor de matéria seca foi observada no nível de rega 100% Etc. Silva (2011), afirma que a rega insuficiente pode limitar o desenvolvimento das plantas, reduzindo o teor de matéria seca devido ao estresse hídrico e à menor capacidade de crescimento. Assim, a rega em quantidades óptimas fornece as condições ideais para maximizar o crescimento e a produtividade, refletindo em um aumento significativo no rendimento fresco.

Aos 30 DDT, maior conteúdo da matéria fresca foi notório na dose de nitrogénio de 30 kg.ha⁻¹, com valor de cerca de 8 kg.ha⁻¹, e 5 kg.ha⁻¹ para o tratamento com dosagem nitrogenada de 15 kg.ha⁻¹. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Mantovani *et al.* (2005), onde também verificaram maiores valores de massa fresca de plantas de alface em resposta ao aumento da dose de N e níveis de rega.

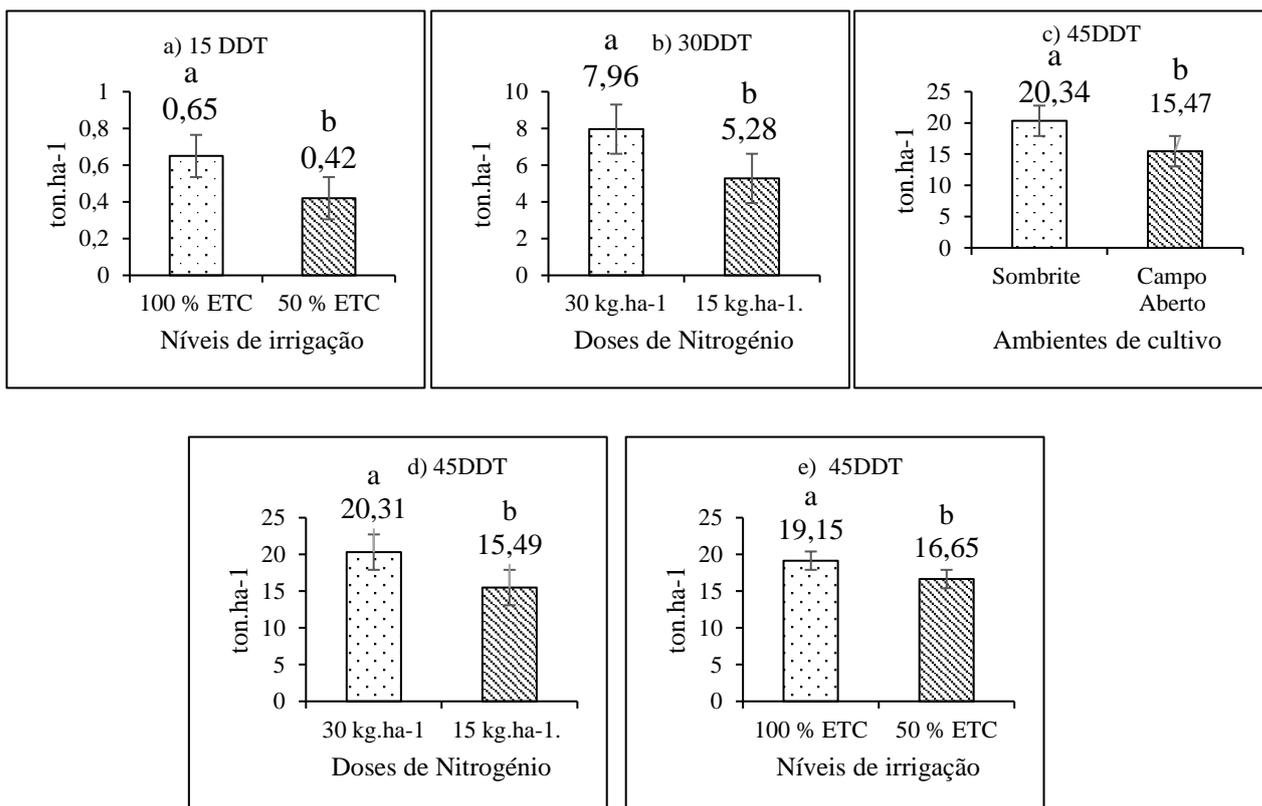


Figura 6: Rendimento fresco em relação aos níveis de irrigação aos 15 (a) e aos 45 (e) DDT; doses de nitrogénio aos 30 (b) e aos 45 (d) DDT; Ambiente de cultivo aos 45 (c) DDT.

Para o factor ambiente de cultivo aos 45 DDT, maior rendimento fresco da alface foi observado no sombrite com um rendimento médio de 20 ton.ha⁻¹, e no campo aberto se observou um rendimento médio de 15 ton.ha⁻¹ (figura 6). Referente ao factor adubação nitrogenada, o rendimento fresco da alface respondeu melhor à adubação com dose de nitrogénio de 30 kg.ha⁻¹, com uma matéria fresca de 20 ton.ha⁻¹, e 15 ton.ha⁻¹ para o tratamento com dosagem nitrogenada de 15 kg.ha⁻¹. Em relação ao factor níveis de rega, observou-se que com o aumento de nível de água de irrigação, a rendimento fresco da alface tende a ser maior. Observou-se neste estudo rendimento que varia de 17 a 19 ton.ha⁻¹ correspondentes ao nível de irrigação intermédia (50%ETc) e nível óptimo (100% ETc) respectivamente.

Resultados similares ao deste estudo foram obtidos por Silva *et al.* (2011), trabalhando no Brasil com a cultura da alface sob quatro doses de N (0, 80, 160, 320 kg.ha⁻¹), e 4 lâminas de rega (50, 75, 100 e 125 %ETc), onde constataram que as doses crescentes de N e os níveis crescentes de lâminas de rega afectaram positivamente o rendimento fresco da alface. Também foram constatados resultados similares aos do presente estudo pelos

Autores Radin *et al.* (2004), Viana (2012), Silva *et al.* (2008) e De Melo (2018), nas suas pesquisas avaliando o efeito de diferentes ambientes de cultivo (protegido e a campo aberto), associados a adubação nitrogenada e diferentes lâminas de rega.

Maior rendimento fresco da alface registada sob sombrite, Segundo De Melo (2018), pode ser explicada pelo facto deste estar associada ao microclima existente no ambiente protegido, que modificou a temperatura, a humidade relativa do ar, a radiação solar e a velocidade do vento, influenciando positivamente no crescimento, desenvolvimento e consequente maior rendimento fresco.

Resultado obtido neste estudo, também pode ser explicado pelo facto de o incremento dos níveis de água proporcionar maior crescimento vegetativo que contribui na captação da radiação solar e consequentemente maior acúmulo dos fotoassimilados, estes que serão transcolados para a formação da folhagem, o que é reforçado pelos autores Bergamaschi *et al.* (2004) e De Melo (2018).

O rendimento de uma cultura depende dos factores de produção disponíveis, sendo a água e nutrientes indispensáveis. Deste modo, o nitrogénio é o principal nutriente que garante o crescimento vegetativo, portanto, a sua interacção com os níveis de água garante maior cobertura da área e consequentemente área foliar (Gomes *et al.*, 2007).

Entretanto, a combinação de níveis de água, ambiente de cultivo e fertilidade mostra-se eficiente na maximização do rendimento.

4.2.4 Matéria seca

Os resultados da análise de variância mostram que houve efeito significativo da interacção entre os factores ambientes de cultivo, níveis de rega e doses de adubação nitrogenada para o teor de matéria seca aos 15, 30 e 45 DDT ao nível de significância de 5%. Aos 30 DDT verificou-se apenas efeito significativo singular do factor adubação nitrogenada. Aos 45 DDT registou-se interacção significativa entre os factores ambientes de cultivo e níveis de rega, e também interacção entre os factores ambientes de cultivo e adubação nitrogenada.

Aos 30 DDT, à adubação com dose de nitrogénio $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ proporcionou maior peso seco com valor médio de $0.51 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$, e m relação ao tratamento dosagem nitrogenada $15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($0.37 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$) conforme a figura 7a.

A figura 7b ilustra os resultados da interacção entre os factores ambiente de cultivo e níveis de rega aos 45 DDT. O maior peso seco foi observado na interacção entre Sombrite e nível de rega 100% ETC e o menor foi observado na interacção entre Campo aberto e nível de rega 100% ETC. Por sua vez, a figura 7c mostra os resultados da interacção entre os factores ambiente de cultivo e doses de adubação nitrogenada aos 45 DDT. O maior peso seco foi observado na interacção entre sombrite e dose de nitrogénio de $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ e o menor foi observado na interacção entre campo aberto e dose de nitrogénio de $15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Resultados semelhantes aos do presente estudo, foram observados por Blat *et al.* (2011) e Brzezinski (2017), quando avaliou a influência de diferentes ambientes combinadas a doses de nitrogénio e lâminas de rega no desenvolvimento de cultivares da alface (Angelina, Rubette, Grandes Lagos 659 e Tainá). Segundo Edmond *et al.* (1967), quando uma cultura está sendo conduzida dentro de uma variação óptima de luminosidade, com outros factores favoráveis (quantidades óptimos de factores de produção), a fotossíntese é elevada e a quantidade de carboidratos utilizados para o crescimento e desenvolvimento da planta é alta, o que pode justificar a maior produção de biomassa no interior da estufa e consequentemente maior peso seco.

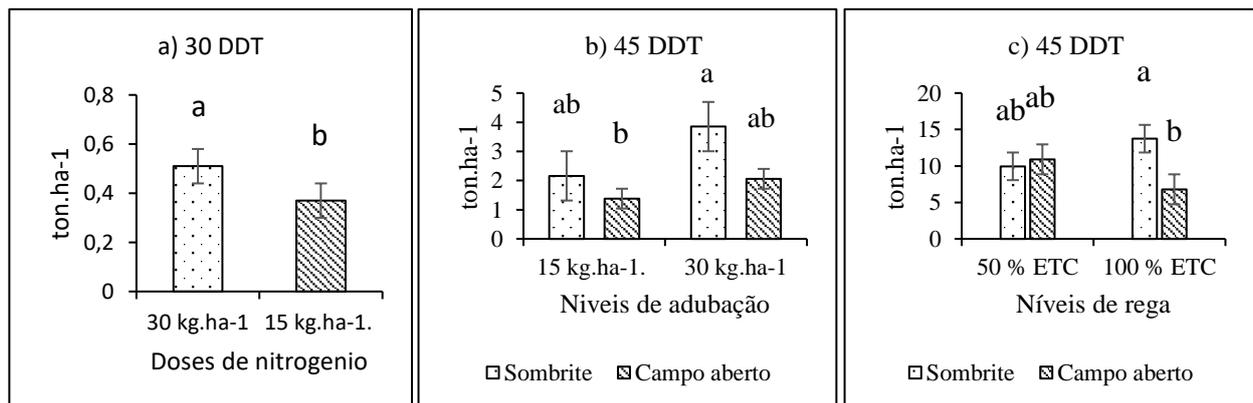


Figura 7: Doses de nitrogénio aos 30 DDT (a); interacção entre os factores ambientes de cultivo, níveis de rega (b); interacção entre os factores ambientes de cultivo, níveis de adubação (c).

4.2.5 Teor de Clorofila

Os resultados da análise de variância mostraram que não houve efeito significativo ($p > 0.05$) da interacção entre os ambientes de cultivo, níveis de rega e doses de adubação nitrogenada para teor de clorofila aos 15 DDT (tabela 2). Aos 15 DDT observou-se efeito significativo ($p < 0.05$) da interacção entre os factores ambientes de cultivo e níveis de rega aos 15 DDT. Aos 30 DDT, observou-se apenas o efeito significativo ($p < 0.05$) dos factores Ambientes de cultivo e níveis de rega isoladamente (tabela 2). Aos 45 DDT nenhum factor foi significativo.

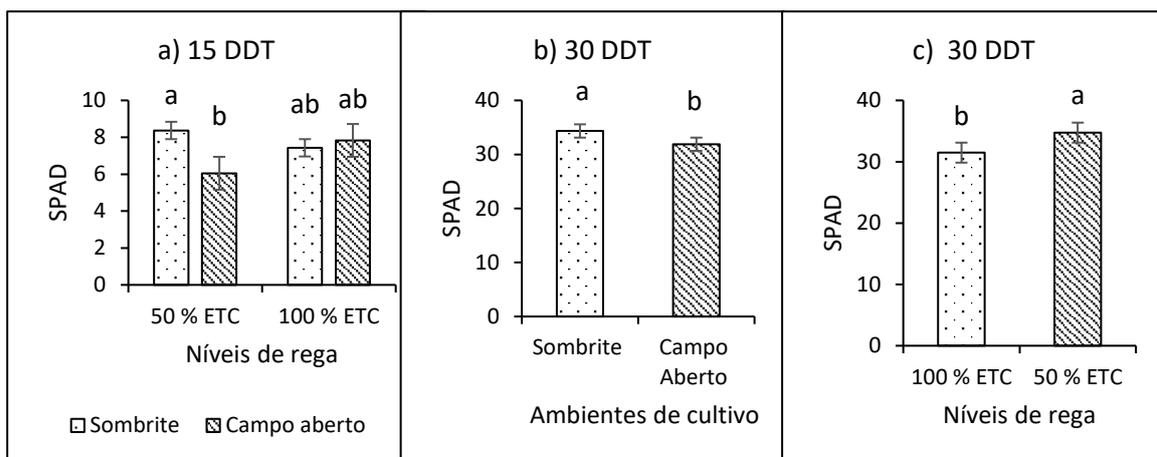


Figura 8: Teor de clorofila em relação a interação entre os factores ambientes de cultivo, níveis de rega aos 15 DDT (a); ambientes de cultivo aos 30 DDT (b); níveis de rega aos 30 DDT (c);

A figura 8a ilustra os resultados da interacção entre os factores ambiente de cultivo e níveis de rega aos 15 DDT para o teor de clorofila. Maiores valores do teor de clorofila foram observados na interacção entre Sombrite e nível de rega 50% ETC e o menor foi observado na interacção entre Campo aberto e nível de rega 50% ETC.

A figura 8b e 8c ilustram o teor de clorofila nos ambientes de cultivo e níveis de irrigação respectivamente aos 30 DDT. Para o factor ambiente do cultivo, observou-se maior teor de clorofila nas plantas que estavam na sombrite e menor teor ao campo aberto. Referente ao factor rega, maior teor de clorofila foi observada com aplicação do nível de rega de 50% ETC. Santos *et al.* (2010) encontraram resultados de teor de clorofila que corroboram com os do presente estudo, com maiores incrementos desta variável na alface cultivada sob sombreamento, o que pode ter auxiliado na menor temperatura no interior da estufa. Andriolo (2000), afirma que a radiação directa, associada à alta temperatura, pode degradar os pigmentos de clorofila, reduzir a fotoassimilados e aumentar a respiração da

planta, contribuindo para diminuição do crescimento e do acúmulo de fitomassa, facto observado nas plantas em campo aberto.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

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

- ✓ Os parâmetros de crescimento determinados (altura da planta, diâmetro da planta de alface, matéria fresca e seca), foram significativamente influenciados pelos diferentes ambientes de cultivo (sombrite e campo aberto), níveis de água, e doses de nitrogénio, tendo sido maiores nas plantas dentro da sombrite, com níveis óptimos de água e com adubação nitrogenada.
- ✓ O rendimento fresco da alface aumentou com o uso da sombrite, o qual foi de 20 ton.ha⁻¹ em condições de bom abastecimento de água e adubação contra 15 ton.ha⁻¹ em campo aberto nas mesmas circunstâncias.
- ✓ O teor de clorofila foi significativamente influenciado pelo ambiente de cultivo e níveis de irrigação, tendo-se observado maior teor de clorofila na sombrite, o qual foi de 34 SPAD, sob nível de rega de 50%.

5.2 Recomendações

Para Agricultores:

- ✓ Recomenda-se a produção da cultura de alface em sombrites no verão.

Para Investigadores:

- ✓ Realização de estudos similares em várias regiões agro-ecológicas do País, envolvendo mais doses de adubação com N e lâminas de água de forma a produzir informações consistentes.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, R. G; Pereira, L. S; Raes, D; Smith, M. (2004) **FAO Irrigation and Drainage Paper Crop**

Almeida, J. M., et al. (2017). **Impacto das práticas de manejo no aumento da temperatura do solo em cultivos de alface.** *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, p.455-463.

Andriolo, J. L. (2000). **Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido.** *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.18, p.26-33, Suplemento.

Barraza, A., López, J., & Gomes, M. (2004). **Doses de nitrogênio em alface irrigada: um estudo comparativo.** *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9(2), 120-125.

Barraza, A., López, J., & Pérez, M. (2004). **Efeitos no crescimento das plantas: medições diretas e indirectas.** *Revista de Botânica Agrícola*, 12(3), 45-56.

Bergamaschi, H; Antonio, G.; Bergonci, J. I.; Adriane, C.; Bianchi, M. (2004) **Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos**, (1), pp. 831–839;

Blat, S. F.; Sanchez, S.V.; Araújo J.A.C.; Bolonhezi D. (2011). **Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico.** *Hortic. Bras.* 29: 135-138.

Brito, J. F. P. (2012). **Produção de tomate (*Solanumlycopersicum*L.) reutilizando substratos sob cultivo protegido no município de Iranduba-Am.** *Faculdade de Ciências Agrárias- UFA: Brasil.*

Brzezinski, C., Almeida, J., & Pires, L. (2017). **Efeito de diferentes ambientes de cultivo na altura das plantas de alface.** *Revista Brasileira de Horticultura*, 35(2), 123-130.

Cermeño, Z.S. (1990). **Estufas - Instalações e manejo.** Lisboa. Litexa Editora, Ltda. 355 p.

Chiconato, D., Ferreira, P., & Santos, J. (2013). **Avaliação de lâminas de irrigação na produção de alface.** *Horticultura Brasileira*, 31(4), 456-463.

Clemente, F. M. V. T.; Mendonça, J. L. De; Alvarenga, M. A. (2011). **Árvore do conhecimento: tomate**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica – AGEITEC. Brasília.

Costa, A.N.; Igarashi, G.S.; Ebina, K.; Tanaka, M.S.; Maluf, W.R. (2000). **Cultivo da beterraba**. Lavras: UFLA.

Cunha, D. (2013). **Evaporação e transpiração: o papel da umidade no ambiente**. *Revista de Ciências Ambientais*.

De Melo, D. F. (2018). **Desempenho da alface cultivada em ambiente protegido e à campo**. *Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Campina Grande-PB*.

Duarte, A., Pires, A., & Martins, E. (2010). **Microclimas em cultivo protegido: impacto nas condições de produção**. *Boletim de Agricultura Sustentável*, 19(1), 12-20.

Edmond, J. B., & D. A. (1967). **Influence of Light on Plant Growth and Development**. *Plant Physiology*.

Felippe, G. M. (1986). **Fotomorfogênese**. In: FERRI, M. G. (coord.). **Fisiologia Vegetal**. São Paulo: EPU; EDUSP, v.2, p.231-280.

Fernandes, C. N. V.; Azevedo, B. M.; Nascimento Neto, J. R.; Viana, T. V. De A.; Campêlo, A. R. (2014). **Desempenho produtivo e econômico da cultura da melancia submetida a diferentes turnos de rega**. Irriga, Botucatu

Fernando, D.M.Z.; Marcus, V.C.C.; Matheus, R.R.; Alexandre, D.P. (2019). **Irradicação solar global para cidade de Maputo- Moçambique**: Evolução temporal das medidas e modelagem estatística. Botucatu. Unesp v. 34, n. 1, pp. 82-93;

Filgueira, F. A. R. (2003). **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia Moderna na Produção e Comercialização de Hortaliças**. 2ª ed. Viçosa: UFV.

Geraud, A., Silva, R., & Almeida, T. (1995). **Métodos de avaliação do crescimento de plantas**. *Journal of Plant Growth*, 20(2), 123-130.

Gomes, T. M.; Botrel, T.A.; Modolo, V.A.; Oliveira, R. F. (2007). **Aplicação de CO₂ via água de irrigação na cultura da alface**. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.2, p.316-319,

- Gotos, R., Almeida, F., & Lima, A. (2001). **Área foliar em diferentes condições de cultivo da alface.** *Horticultura em Ambiente Protegido*, 15(1), 50-57.
- Henz, G. P.; Suinaga, F. A. (2009). **Tipos de alface cultivados no Brasil.** *Embrapa Hortaliças-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*.
- KLAR, A. E. (1991). **Irrigação: frequência e quantidade de aplicação de água.** São Paulo: Nobel, 156p.
- Klar, M. (1991). **Efeitos da irrigação insuficiente no crescimento da alface.** *Boletim de Fitotecnia*, 8(2), 70-76.
- Lacerda, M., Souza, F., & Almeida, T. (2017). **Efeito de lâminas de irrigação na produtividade da alface.** *Horticultura Brasileira*, 35(4), 453-459.
- Lamberts, R. (2014). **Definições e conceitos sobre umidade relativa do ar.** *Climatologia Aplicada*.
- Lopes, A. R., Silva, J. D., & Costa, M. S. (2012). **Impactos do clima na agricultura: análise de variáveis climáticas e suas influências.** *Revista Brasileira de Meteorologia*.
- Lucena, S., Costa, D., & Ribeiro, M. (2011). **Métodos indirectos de avaliação da área foliar.** *Revista de Ciências Agrárias*, 34(3), 210-218.
- Mália, H. A; Ecole, C. C.; Melo, W. F; Resende, F. V. (2015). **Caracterização da horticultura em Moçambique. In: HABER, L. et al. Horticultura em Moçambique: Características, Tecnologias de Produção e de Pós- Colheita.** Ed. Embrapa e IIAM: UF: Brasília.
- Mantovani, E. C., Almeida, A. R., & Costa, L. M. (2005). **Influência da adubação nitrogenada na produção de alface.** *Horticultura Brasileira*.
- Martinez, H. E. P. (2006). **Manual prático de hidroponia.** Viçosa: Aprenda Fácil. 271p.
- Maskishima, Y. (1993). **A importância da luminosidade na cultura de hortícolas.** *Horticultural Science Journal*.
- Monteith, J. L., & Unsworth, M. (1990). **Principles of Environmental Physics.** *Academic Press*.
- Noreto, J., Silva, R., & Martins, A. (2012). **Irrigação por gotejamento e seu impacto no crescimento da alface.** *Revista de Irrigação e Drenagem*, 18(1), 35-42.

Oliveira, A. C. B.; Sedyama, M. A. N.; Pedrosa, M. W.; Garcia, N. C. P.; Garcia, S. L. R. (2004). **Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico.** *Acta Scientiarum*, p.211-217.

Oliveira, L., & Santos, P. (2004). **Caraterísticas fenológicas de variedades de alface.** *Horticultura Brasileira*, 22(1), 15-20.

OLIVEIRA, M. C., et al. (2019). **Influência do sombreamento na temperatura do ar em cultivos protegidos de alface** *Revista de Agricultura Urbana e Suburbana*, p.127-135.

Passos, M. L. (2007). **Crescimento e produção de alface em diferentes condições climáticas.** *Horticultura Brasileira*.

Peixoto, S. (2004). **Fenologia e crescimento vegetal: a contagem de folhas como indicador.** *Agronomia Brasileira*, 29(4), 341-348.

Porfirio, D. (2012). **A variabilidade climática e suas repercussões no ambiente.** *Journal of Environmental Studies*.

Porto, F. (1999). **Genética e caraterísticas de crescimento em cultivares de alface.** *Revista de Genética Vegetal*, 7(2), 75-82.

Purquerio, L. F. V.; Tivelli, S. W. (2006). **Manejo do ambiente em cultivo protegido. Manual técnico de orientação: projeto hortaliçmento.** São Paulo: Codeagro, p. 15-29.

Purquerio, L., & Tivelli, R. (2006). **Evolução dos materiais de cobertura no cultivo protegido.** *Revista Brasileira de Agricultura*, 31(2), 145-152.

Queiroga, J. (2001). **Avaliação do crescimento de cultivares de alface: um estudo comparativo.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(6), 987-994.

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

Radin, B.; Reisser J. C.; Matzenauer, R.(2003). **Eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes.** *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1017- 1023, 2003.

Rebouças, T., Lima, M., & Costa, R. (2015). **Influência do microclima no cultivo de alface em ambiente protegido.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50(3), 215-222.

Reis, L. S.; De Souza, J. L.; De Azevedo, C. A.; Lyra, G. B.; Junior, R. A. F.; De Lima, V. L. (2012). **Componentes da radiação solar em cultivo de tomate sob condições de ambiente protegido.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 16 (7).

Reis, L., & Muller, C. (1978). **Sensibilidade das plantas às variações climáticas.** *Boletim de Estudos Climáticos*, 5(4), 89-95.

Ribeiro, A., Silva, J., & Pinto, L. (2007). **A importância da adubação nitrogenada na cultura de alface.** *Revista de Agricultura*, 32(1), 65-70.

Santos, C. M.. (2010). **Actividade fotossintética em alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a diferentes compostagens de resíduos agroindustriais.** *Pesquisa Aplicada &Agrotecnologia*, v. 3, n. 3, p. 103-112.

Santos, L. A., *et al.* (2018). **Variação da temperatura do ar em sistemas de cultivo protegido de alface sob diferentes materiais de cobertura.** *Engenharia Agrícola*, p. 852-859.

Santos, S. R.; Pereira, G. M (2004). **Comportamento da alface tipo americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido.** *Engenharia Agrícola*, p.569- 577.

Sedyama, M. A. N.; Ribeiro, J. M. O.; Pedrosa, M. W. Alface. In: Paula Júnior, T. J. de.; Venzon, M. (2007). **101 Culturas: manual de tecnologias agrícolas.** Belo Horizonte: EPAMIG, p. 53-62, 2007.

Silva, A., Santos, M., & Oliveira, T. (2014). **Novos materiais plásticos para cultivo protegido: filtração de radiação e controle de temperatura.** *Horticultura Brasileira*, 32(3), 300-307.

Silva, B., Almeida, F., & Lima, J. (2007). **Cultivo protegido: qualidade do produto e custos de produção.** *Revista de Ciências Agrárias*, 26(1), 55-62.

Silva, C., Ferreira, R., & Rocha, P. (2012). **Benefícios do cultivo em ambiente protegido: uma revisão.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(4), 450-458.

Silva, J. R. (2011). **Efeitos da irrigação no crescimento de plantas: impacto da rega insuficiente.** *Revista Brasileira de Agricultura*.

- Silva, P. A. M., Pereira, G. M., Reis, R. P., Lima, L. P., Taveira, J. H, S. (2008). **Response function of the crisphead lettuce under irrigation depths and nitrogen rates.** *Ciênc. agrotec., Lavras*, v. 32, n. 4, p. 1266-1271.
- Slomp, J., Costa, L., & Ferreira, R. (2011). **Estudos sobre lâminas de irrigação na cultura de alface.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(8), 815-821.
- Souza, A. C., Pereira, J. F., & Santos, E. L. (2010). **Informações climáticas e sua importância para o meio ambiente.** *Revista de Climatologia e Meteorologia*.
- SOUZA, F. C., et al. (2019). **Influência da irrigação na humidade relativa do ar em sistemas de cultivo de alface.** *Agropecuária Catarinense*, p.54-61.
- TERUEL, B. J. (2010). **Controle automatizado de casas de vegetação: variáveis climáticas e fertigação.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande*, v.14, n.3, p.237-245;
- Tivele, L., Santos, A., & Oliveira, R. (2011). **Deficiências nutricionais em alface: foco no nitrogênio.** *Boletim de Nutrição de Plantas*, 19(3), 123-130.
- Tivelli, S. W.; Factor, T. L.; Teramoto, J. R. S.; Fabri, E. G. V.; de Moraes, A. R. A.; Trani, P. E.; May, A. (2011). **Beterraba: do plantio à comercialização.** *Campinas: Instituto Agronômico*;
- Tostão, E.; Manuel, L.; Givá, N.; Popat, M. (2010). **Análise de dados experimentais - Manual de experimentação**, FAEF-UEM.
- Ussene, O.M. (2011). **Dinâmica do Nitrogênio Inorgânico num Solo Arenoso tratado com Sulfato de Amônio.** Tese de licenciatura. Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, p.32.
- VIANA, E. P. T. (2012). **Desempenho de cultivares de alface em diferentes condições ambientais.** *Dissertação*. UFCG. Campina Grande-PB
- Viana, E.P.T.; Dantas, R.T.; Silva, R.T.S.; Costa, J.H.S.; Soares, L.A. Dos A. (2012). **Cultivo de alface sob diferentes condições ambientais.** *Agropecuária Científica no Semiárido*.
- Viana, J. (2012). **Resposta da alface à adubação nitrogenada: doses e épocas de aplicação.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(5), 645-652.

7 ANEXOS

Anexo 1: Fotos da preparação ao estabelecimento do ensaio



Medição de Teor de clorofila



Secagem de matéria seca



Estufa à temperatura
constante 65 °C



Medição da Temperatura do
ar e Humidade Relativa



Medição da Temperatura
do solo



Pulverização



Cultura de alface no Sombrite



Cultura de alface em campo aberto

Anexo 2: Resumo de resultados de testes estatísticos

- **Matéria Seca ao 15 DDT**

Análise de variância (ANOVA)

```
. anova materiasecatha ambiente rega Adubação ambiente# rega ambiente# Adubação rega# Adubação ambiente# rega# Adubação
```

```
Number of obs =      24      R-squared      = 0.7412
Root MSE      =    .018819  Adj R-squared = 0.6280
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	.01622917	7	.00231845	6.55	0.0009
ambiente	4.167e-06	1	4.167e-06	0.01	0.9150
rega	.00920417	1	.00920417	25.99	0.0001
Adubação	.00350417	1	.00350417	9.89	0.0063
ambiente#rega	4.167e-06	1	4.167e-06	0.01	0.9150
ambiente#Adubação	.00020417	1	.00020417	0.58	0.4587
rega#Adubação	.00070417	1	.00070417	1.99	0.1777
ambiente#rega#Adubação	.00260417	1	.00260417	7.35	0.0154
Residual	.00566667	16	.00035417		
Total	.02189583	23	.00095199		

Teste de Normalidade (Shapiro Wilk)

```
. swilk b
```

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
b	24	0.98236	0.476	-1.514	0.93498

```
. hettest b
```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: b

chi2(1) = 0.00

Prob > chi2 = 0.9859

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

```
. pwmean materiasecatha, over(rega) mcompare(tukey) cimeans groups sort
```

Pairwise comparisons of means with equal variances

```
over          : rega
```

note: option tukey ignored since there is only one comparison

materiasec~a	Mean	Std. Err.	Unadjusted Groups
rega			
2	.06	.0069336	
1	.0991667	.0069336	

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

```
. pwmean materiasecatha, over(Adubação) mcompare(tukey) cimeans groups sort
```

Pairwise comparisons of means with equal variances

```
over          : Adubação
```

note: option tukey ignored since there is only one comparison

materiasec~a	Mean	Std. Err.	Unadjusted Groups
Adubação			
1	.0675	.0083466	A
2	.0916667	.0083466	A

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

- **Altura das plantas aos 15 DDT**

Análise de variância (ANOVA)

```
. *(8 variables, 24 observations pasted into data editor)
. anova alturadaplantacm ambiente rega Adubação ambiente# rega ambiente# Adubação rega# Adubação ambiente# rega# Adubação
```

```
Number of obs =      24    R-squared      = 0.2704
Root MSE      = 1.86682    Adj R-squared = -0.0488
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	20.664996	7	2.9521422	0.85	0.5657
ambiente	1.6016661	1	1.6016661	0.46	0.5075
rega	2.2816653	1	2.2816653	0.65	0.4303
Adubação	5.0416649	1	5.0416649	1.45	0.2466
ambiente#rega	5.4149978	1	5.4149978	1.55	0.2305
ambiente#Adubação	5.8016678	1	5.8016678	1.66	0.2153
rega#Adubação	.4816671	1	.4816671	0.14	0.7149
ambiente#rega#Adubação	.04166667	1	.04166667	0.01	0.9143
Residual	55.760001	16	3.4850001		
Total	76.424996	23	3.3228259		

Teste de Normalidade (Shapiro Wilk)

```
. predict c,r
. swilk c
```

```
Shapiro-Wilk W test for normal data
```

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
c	24	0.98433	0.423	-1.756	0.96047

```
. hettest c
```

```
Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
Ho: Constant variance
Variables: c

chi2(1)      =      0.16
Prob > chi2  =      0.6850
```

- **Diâmetro aos 15 DDT**

Análise de variância (ANOVA)

```
. anova diametrocm ambiente rega Adubação ambiente# rega ambiente# Adubação rega# Adubação ambiente# rega# Adubação
```

```
Number of obs =      24    R-squared      = 0.6312
Root MSE      = 1.97163    Adj R-squared = 0.4698
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	106.4378	7	15.2054	3.91	0.0113
ambiente	88.935003	1	88.935003	22.88	0.0002
rega	5.4912662	1	5.4912662	1.41	0.2520
Adubação	6.6149964	1	6.6149964	1.70	0.2105
ambiente#rega	.55206648	1	.55206648	0.14	0.7112
ambiente#Adubação	3.5573998	1	3.5573998	0.92	0.3530
rega#Adubação	.7349996	1	.7349996	0.19	0.6695
ambiente#rega#Adubação	.5520659	1	.5520659	0.14	0.7112
Residual	62.197328	16	3.887333		
Total	168.63513	23	7.331962		

Teste de Normalidade (Shapiro Wilk)

```
. predict d,r
```

```
. swilk d
```

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
d	24	0.97207	0.754	-0.577	0.71805

```
. hettest d
```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: d

```
chi2(1)      =      0.00
```

```
Prob > chi2  = 0.9602
```

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

```
. pwmean diametrocm, over(ambiente) mcompare(tukey) cimeans groups sort
```

Pairwise comparisons of means with equal variances

```
over      : ambiente
```

note: option tukey ignored since there is only one comparison

diámetrocm	Mean	Std. Err.	Unadjusted Groups
ambiente			
2	14.11667	.5494492	
1	17.96667	.5494492	

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

- **Rendimento fresco aos 30 DDT**

Análise de variância (ANOVA)

```
. *(10 variables, 24 observations pasted into data editor)
```

```
. anova materiafrescata ambiente rega Adubação ambiente# rega ambiente# Adubação rega# Adubação ambiente# rega# Adubação
```

```
Number of obs =      24    R-squared      = 0.6386
Root MSE      =  .337417    Adj R-squared = 0.4804
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	3.2182622	7	.45975175	4.04	0.0099
ambiente	.38760415	1	.38760415	3.40	0.0836
rega	.00010417	1	.00010417	0.00	0.9762
Adubação	2.4768372	1	2.4768372	21.76	0.0003
ambiente#rega	.13953752	1	.13953752	1.23	0.2846
ambiente#Adubação	.04593747	1	.04593747	0.40	0.5343
rega#Adubação	.09003747	1	.09003747	0.79	0.3870
ambiente#rega#Adubação	.07820421	1	.07820421	0.69	0.4194
Residual	1.8216	16	.11385		
Total	5.0398622	23	.21912444		

Teste de Normalidade (Shapiro Wilk)

```
. predict e,r
. swilk e
```

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
e	24	0.94179	1.570	0.920	0.17876

```
. hettest e
```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
 Ho: Constant variance
 Variables: e

```
chi2(1)      =      0.06
Prob > chi2  =      0.8143
```

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

```
. pwmean materiafrescata, over(Adubação) mcompare(tukey) cimeans groups sort
```

Pairwise comparisons of means with equal variances

```
over      : Adubação
```

note: option tukey ignored since there is only one comparison

materiafre~a	Mean	Std. Err.	Unadjusted Groups
Adubação			
2	1.2675	.0985314	
1	1.91	.0985314	

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

• **Matéria seca aos 30 DDT**

Análise de variância (ANOVA)

. anova materiasecatha ambiente rega Adubação ambiente# rega ambiente# Adubação rega# Adubação ambiente# rega# Adubação

Number of obs = 24 R-squared = 0.5981
 Root MSE = .018708 Adj R-squared = 0.4222

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	.00833333	7	.00119048	3.40	0.0202
ambiente	.00106667	1	.00106667	3.05	0.1000
rega	.0006	1	.0006	1.71	0.2089
Adubação	.00601667	1	.00601667	17.19	0.0008
ambiente#rega	.00006667	1	.00006667	0.19	0.6684
ambiente#Adubação	.00001667	1	.00001667	0.05	0.8300
rega#Adubação	.00041667	1	.00041667	1.19	0.2914
ambiente#rega# Adubação	.00015	1	.00015	0.43	0.5220
Residual	.0056	16	.00035		
Total	.01393333	23	.0006058		

Teste de Normalidade (Shapiro Wilk)

. predict f,r
 . swilk f

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
f	24	0.96660	0.901	-0.213	0.58425

. hettest f

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: f

chi2(1) = 0.03

Prob > chi2 = 0.8642

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

```
. pwmean materiasecatha, over(Adubação) mcompare(tukey) cimeans groups sort
Pairwise comparisons of means with equal variances
over      : Adubação
note: option tukey ignored since there is only one comparison
```

materiasecatha	Mean	Std. Err.	Unadjusted Groups
Adubação			
2	.0908333	.0054761	
1	.1225	.0054761	

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

- **Clorofila aos 30 DDT**

Análise de variância (ANOVA)

```
. anova clorofila ambiente rega Adubação ambiente# rega ambiente# Adubação rega# Adubação ambiente# rega# Adubação
Number of obs =      24  R-squared   =  0.6242
Root MSE      =  2.59267  Adj R-squared =  0.4598
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	178.63618	7	25.519455	3.80	0.0129
ambiente	36.605408	1	36.605408	5.45	0.0330
rega	63.896091	1	63.896091	9.51	0.0071
Adubação	26.292272	1	26.292272	3.91	0.0654
ambiente#rega	.51041555	1	.51041555	0.08	0.7864
ambiente#Adubação	1.1881518	1	1.1881518	0.18	0.6798
rega#Adubação	24.92883	1	24.92883	3.71	0.0721
ambiente#rega#Adubação	25.215013	1	25.215013	3.75	0.0706
Residual	107.55067	16	6.7219167		
Total	286.18685	23	12.442906		

Teste de Normalidade (Shapiro Wilk)

```
. predict i,r
. swilk i
```

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
i	24	0.97415	0.697	-0.735	0.76888

```
. hettest i
```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
 Ho: Constant variance
 Variables: i

```
chi2(1) = 0.19
Prob > chi2 = 0.6645
```

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

```
. pwmean clorofila, over(rega) mcompare(tukey) cimeans groups sort
```

Pairwise comparisons of means with equal variances

```
over      : rega
```

note: option tukey ignored since there is only one comparison

clorofila	Mean	Std. Err.	Unadjusted Groups
rega			
2	31.4775	.9176113	
1	34.74083	.9176113	

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

```
. pwmean clorofila, over(ambiente) mcompare(tukey) cimeans groups sort
```

Pairwise comparisons of means with equal variances

```
over      : ambiente
```

note: option tukey ignored since there is only one comparison

clorofila	Mean	Std. Err.	Unadjusted Groups
ambiente			
1	31.87417	.9723087	A
2	34.34417	.9723087	A

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

- **Rendimento fresco aos 45 DDT**

Análise de variância (ANOVA)

```

. *(11 variables, 24 observations pasted into data editor)

. anova rendimentotha ambiente rega Adubação ambiente# rega ambiente# Adubação rega# Adubação ambiente# rega# Adubação

                Number of obs =          24    R-squared      = 0.7891
                Root MSE      =    .585719    Adj R-squared   = 0.6969

Source | Partial SS |    df |    MS |    F | Prob>F
-----|-----|-----|-----|-----|-----
Model | 20.543664 |     7 | 2.9348091 | 8.55 | 0.0002
  ambiente | 8.1666647 |     1 | 8.1666647 | 23.80 | 0.0002
  rega | 2.1720161 |     1 | 2.1720161 | 6.33 | 0.0229
  Adubação | 8.0504165 |     1 | 8.0504165 | 23.47 | 0.0002
  ambiente#rega | .53401643 |     1 | .53401643 | 1.56 | 0.2301
  ambiente#Adubação | .22041675 |     1 | .22041675 | 0.64 | 0.4346
  rega#Adubação | .11206668 |     1 | .11206668 | 0.33 | 0.5756
  ambiente#rega#Adubação | 1.2880665 |     1 | 1.2880665 | 3.75 | 0.0705
Residual | 5.4890673 |    16 | .34306671 |
-----|-----|-----|-----|-----|-----
Total | 26.032731 |    23 | 1.1318579 |
    
```

Teste de Normalidade (Shapiro Wilk)

```

. predict j,r

. swilk j

                Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable | Obs | W | V | z | Prob>z
-----|-----|-----|-----|-----|-----
j | 24 | 0.94957 | 1.360 | 0.627 | 0.26523

. hettest j

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
Ho: Constant variance
Variables: j

chi2(1) = 0.08
Prob > chi2 = 0.7769
    
```

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

```
. pwmean rendimentotha, over(ambiente) mcompare(tukey) cimeans groups sort
```

Pairwise comparisons of means with equal variances

```
over      : ambiente
```

note: option tukey ignored since there is only one comparison

rendimento-a	Mean	Std. Err.	Unadjusted Groups
ambiente			
2	3.713333	.2601432	
1	4.88	.2601432	

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

```
. pwmean rendimentotha, over(rega) mcompare(tukey) cimeans groups sort
```

Pairwise comparisons of means with equal variances

```
over      : rega
```

note: option tukey ignored since there is only one comparison

rendimento-a	Mean	Std. Err.	Unadjusted Groups
rega			
2	3.995833	.3006352	A
1	4.5975	.3006352	A

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

```
. pwmean rendimentotha, over(Adubação) mcompare(tukey) cimeans groups sort
```

Pairwise comparisons of means with equal variances

```
over      : Adubação
```

note: option tukey ignored since there is only one comparison

rendimento-a	Mean	Std. Err.	Unadjusted Groups
Adubação			
2	3.7175	.2609882	
1	4.875833	.2609882	

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

- **Altura da planta aos 45 DDT**

Análise de variância (ANOVA)

```
. anova alturadaplantacm ambiente rega Adubação ambiente# rega ambiente# Adubação rega# Adubação ambiente# rega# Adubação
```

```
Number of obs =      24    R-squared    = 0.8268
Root MSE      = 2.24833    Adj R-squared = 0.7511
```

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	386.15999	7	55.165712	10.91	0.0000
ambiente	253.49999	1	253.49999	50.15	0.0000
rega	47.03999	1	47.03999	9.31	0.0076
Adubação	29.040008	1	29.040008	5.74	0.0291
ambiente#rega	13.499997	1	13.499997	2.67	0.1217
ambiente#Adubação	10.14	1	10.14	2.01	0.1759
rega#Adubação	19.440001	1	19.440001	3.85	0.0675
ambiente#rega#Adubação	13.500003	1	13.500003	2.67	0.1217
Residual	80.879991	16	5.0549995		
Total	467.03998	23	20.306086		

Teste de Normalidade (Shapiro Wilk)

```
. predict k,r
```

```
. swilk k
```

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
k	24	0.98693	0.352	-2.126	0.98326

```
. hettest k
```

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

H0: Constant variance

Variables: k

chi2(1) = 0.05

Prob > chi2 = 0.8263

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

```
. pwmean alturadaplantacm, over(ambiente) mcompare(tukey) cimeans groups sort
```

Pairwise comparisons of means with equal variances

over : ambiente

note: option tukey ignored since there is only one comparison

alturadapl-m			Unadjusted
	Mean	Std. Err.	Groups
ambiente			
2	21.55	.8993684	
1	28.05	.8993684	

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

```
. pwmean alturadaplantacm, over(Adubação) mcompare(tukey) cimeans groups sort
```

Pairwise comparisons of means with equal variances

```
over          : Adubação
```

note: option tukey ignored since there is only one comparison

alturadapl-m	Mean	Std. Err.	Unadjusted Groups
Adubação			
2	23.7	1.288057	A
1	25.9	1.288057	A

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

```
. pwmean alturadaplantacm, over(rega) mcompare(tukey) cimeans groups sort
```

Pairwise comparisons of means with equal variances

```
over          : rega
```

note: option tukey ignored since there is only one comparison

alturadapl-m	Mean	Std. Err.	Unadjusted Groups
rega			
2	23.4	1.261312	A
1	26.2	1.261312	A

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

Anexo 3: Layout do ensaio

