UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL

***CAMPUS* ARAPIRACA**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE - PPGAA

MARIA DEYSE SILVA DOS SANTOS

DESEMPENHO DA CEBOLINHA VERDE EM FUNÇÃO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DE DOSES NITROGENADA EM DOIS AMBIENTES DE CULTIVO

ARAPIRACA – AL

2025

MARIA DEYSE SILVA DOS SANTOS

DESEMPENHO DA CEBOLINHA VERDE EM FUNÇÃO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DE DOSES NITROGENADA EM DOIS AMBIENTES DE CULTIVO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Alagoas como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente, para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Aurélio Lins dos Santos

Coorientadora: Drª Julianna Catonio da Silva

ARAPIRACA – AL

2025

Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
Biblioteca Setorial *Campus* Arapiraca - BSCA

S237d Santos, Maria Deyse Silva dos

Desempenho da cebolinha verde em função de lâminas de irrigação e de doses nitrogenada em dois ambientes de cultivo/ Maria Deyse Silva dos Santos. – Arapiraca, 2025.

63 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Aurélio Lins dos Santos
Coorientadora: Drª Julianna Catonio da Silva
Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, *Campus* Arapiraca, Arapiraca, 2025.
Disponível em: Universidade Digital (UD) – UFAL (*Campus* Arapiraca).
Referências: f. 55-63

1. *Allium fistulosum* L 2. Cebolinha verde 3. Irrigação agrícola 4. Adubação nitrogenada 5. Evapotranspiração 6. Ureia I. Santos, Márcio Aurélio Lins dos II. Silva, Julianna Catonio da II. Título.

CDU 631

Bibliotecário responsável: Gerlane Costa Silva de Farias
CRB - 4 / 1802

MARIA DEYSE SILVA DOS SANTOS

DESEMPENHO DA CEBOLINHA VERDE EM FUNÇÃO DE LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DE DOSES NITROGENADA EM DOIS AMBIENTES DE CULTIVO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Alagoas como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente, para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

Data de apresentação: 10 de fevereiro de 2025

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
DANIELLA PEREIRA DOS SANTOS FALCAO
Data: 11/02/2025 21:30:41-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Drª. Daniella Pereira dos Santos Falcão
Examinadora Externa

Documento assinado digitalmente
CICERO GOMES DOS SANTOS
Data: 11/02/2025 20:46:40-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Dr. Cícero Gomes dos Santos
Examinador Interno

Documento assinado digitalmente
JULIANNA CATONIO DA SILVA
Data: 11/02/2025 19:55:21-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Drª. Julianna Catonio da Silva
Examinadora Interna

Documento assinado digitalmente
MARCIO AURELIO LINS DOS SANTOS
Data: 11/02/2025 19:49:39-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Dr. Márcio Aurélio Lins dos Santos
Presidente da Banca

Documento assinado digitalmente
MARIA DEYSE SILVA DOS SANTOS
Data: 11/02/2025 21:44:54-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Maria Deyse Silva dos Santos
Mestranda

“A responsabilidade de conduzir a própria vida
é o grande fardo da existência. Mas é
precisamente isso que nos torna livres: a chance
de nos construirmos, de sermos o que quisermos.
É preciso coragem”. (Patrick Nillo).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, sempre, à Deus. Pois, durante todos estes anos de jornada, não sei o que eu seria sem a sua força e perseverança ao meu lado. Por me guiar com sabedoria para os melhores caminhos e decisões, ser meu ombro amigo em todos os momentos e por me dar o conforto necessário por estar longe da minha família. Toda honra e glória a Ele sejam dadas.

A minha família, em especial a minha mãe Marcela, minha avó Nininha, e ao meu avô Luiz, que por debaixo de tanto sol e tanta chuva, me permitiram chega aqui na sombra. Aos meus irmãos David e Dayvison, e aos meus sobrinhos Ícaro, Pérola e Ian. Eles são o meu farol quando o navio está naufragando, quando as luzes se apagam e não se enxerga o porto, quando o coração padece. Eles são a minha ponte segura para este caminho.

Ao meu irmão Dayvison, em especial, pois todas as vezes em que fraquejei e ousei sequer pensar na possibilidade de desistir, ele esteve ali me lembrando por que e por quem. Por me fazer rir a muitos Km de distância, e falar comigo absolutamente todos os dias. Ele é a minha pessoa.

A minha amiga, colega de profissão e desta jornada de mestrado, Maria Damiana, pelos nossos somados mais de 10 anos de caminhada. Temos inúmeras diferenças, mas acredito que somos a prova viva da amizade que resiste ao tempo, as fases ruins e padece no amor de amigos. Sem ela, eu até chegaria aqui, mas com certeza seria muito mais difícil. Compartilhamos das alegrias mais lindas as inúmeras noites mal dormidas. Superamos jornadas de 48h, lidamos com os fardos da vida pessoal sozinhas, longe das nossas famílias, mas nunca permitimos que a tristeza nos tomasse. E Deus esteve e está sempre conosco. Onde quer que estejamos, em meu coração existirá sempre um espaço de amor e gratidão por tudo que compartilhamos.

A todos os amigos as quais fazem parte desta jornada e não serão citados individualmente. Espero que eu externe sempre todo o amor e carinho que tenho a todos ao meu redor. Em especial, ao meu amigo Luiz Eduardo, por ser como um irmão, que de longe me cuida, me presenteia com chocolate e me salvou tantas vezes desta jornada, ou rindo, ou farreando. E a minha amiga Laura Fernanda. Laura chegou silenciosamente como o vento que trava a poeira no canto da pedra, num momento em que eu não estava bem, e me fez perceber o quanto há vida para viver mesmo em meio a jornada acadêmica, me fez rir, sair, viver a vida, chorar, ser família. Obrigada, minha amiga.

A minha Coorientadora, Julianna Catonio, por ser, literalmente, um ponto de luz para mim nesta jornada. A imprevisibilidade da vida nos assusta, mas é precisamente ela quem também nos faz crer que o amanhã sempre poderá surpreender. Assim foi. Ela chegou, e no silêncio me ensinou sobre calmaria, o que é difícil. Me ensinou sobre amizade, sobre carinho nos cuidados e, principalmente, compartilhou sua ciência monstra de conhecimento todos os dias que pôde. Inicio chamando de coorientadora e finalizo chamando de bússola e amiga, por me guiar na direção da sensibilidade, calmaria e persistência para este trabalho.

Ao meu orientador, Professor Márcio Aurélio Lins dos Santos, que me acolheu como uma filha desde quando ingressei no Grupo Irriga. Por exercer com maestria seu papel de educador e orientador. Por não medir esforços para que as coisas se realizem, e buscar até aquilo que está fora de qualquer possibilidade alcance para que as coisas sejam feitas. Por todos os conselhos pessoais e acadêmicos, por nunca me negar uma oportunidade e me incentivar a não desistir da vida acadêmica e dar seguimento à minha carreira no mestrado. Levarei para sempre seus ensinamentos e sua amizade, que foram tão importantes para atravessar momentos difíceis e estar aqui. Minha eterna gratidão e carinho.

Aos meus amigos do Grupo IRRIGA (Grupo de Pesquisa e Extensão de Inovação Tecnológica em Manejo de Água para Irrigação) que juntos me ajudaram a conduzir tantos trabalhos, tanto me ouviram como supervisora, me ajudaram a evoluir como pessoa e profissional, e que cada um individualmente fez parte diretamente desta trajetória. Espero poder deixar claro a cada um e retribuir o carinho e estima ainda nesta vida. Em especial, aos meus colegas Hugo Rodrigues, Kivia Caroline, Josilene Pereira, João Vitor, Maria Damiana, Erik Vinicius, Edson Magrine, Marcio Aurélio e Julianna Catonio, que foram essenciais para a realização deste trabalho.

A Universidade Federal de Alagoas, *Campus* de Arapiraca, pela oportunidade proporcionada para o meu crescimento e realização profissional.

A Coordenação do Curso de Pós-graduação em Agricultura e Ambiente – PPGAA UFAL, por todo o suporte durante esta trajetória.

A CAPES e a FAPEAL, por todo fomento financeiro para o desempenho desta e de tantas outras pesquisas.

Aos meus professores, que foram peças fundamentais na minha formação, obrigada por todos os ensinamentos, levarei para sempre comigo. Em especial aos professores Cícero Gomes, José Vieira, Antônio Lucrécio e Márcio Aurélio.

A todos os profissionais que compõe a UFAL – *Campus* Arapiraca, em especial ao técnico do laboratório de química do solo, Sivaldo Soares, por todo suporte e apoio sempre nesta instituição. A todos dos serviços gerais, principalmente da equipe ATIVA e da equipe SOLL, por todo suporte técnico para a execução deste trabalho no que compete a resolução de serviços na instituição. Por todo carinho o qual sempre me acolheram, pelo acolhimento aos perrengues em campo; ao pessoal do RU, por todo o carinho de todos os dias no almoço e janta, e pelo vínculo criado fora da universidade também; as tias da cantina e dos lanches, por me proporcionar alegria todos os dias nos corredores, pelo cafezinho quentinho sempre salvando, por deixarem todos os dias as suas casas para desenvolver atividades na universidade como seu trabalho que contribuem para a minha vida, pessoal e acadêmica. Minha gratidão!

Aos membros da banca de avaliação pelas contribuições junto a este trabalho, por serem profissionais as quais admiro e tenho a maior estima em ter opiniões como contribuição a este trabalho e para contribuir ao meu desenvolvimento acadêmico e formação profissional.

Aos amigos externos a universidade que, na sua singularidade, me trouxeram tantas alegrias durante esta trajetória, tornando assim esta jornada de trabalho mais leve. Agradeço a todos que direta ou indiretamente me ajudaram nessa caminhada.

E por último, mas não menos importante, a mim mesma. Por tudo que passei e me mantive de pé, sendo guiada pelo Deus que até aqui me sustentou. Por cada sorriso que dei mesmo chorando por dentro. Pelos dias em que adoeci e no meu silêncio fui a campo fazer aquilo que amo sem fraquejar. Por ter sido meu colo e meu abrigo nos dias em que tudo desabava e por ter passado por tantas provações, e ainda assim não fraquejar e não esquecer que essa vida aqui é minha, que os sonhos são meus e que são por eles que eu realmente vivo.

Por tudo até aqui, toda honra e glória a Ele sejam dadas a todo momento!

RESUMO

A cebolinha verde é uma hortaliça folhosa de grande cultivo, valorizada economicamente e socialmente, além de ser amplamente utilizada na gastronomia. No entanto, a disponibilidade de água para irrigação e a adubação nitrogenada são fatores limitantes na região, sendo determinantes para o aumento produtivo dessa cultura. Assim, objetivou-se avaliar a resposta da cebolinha verde a níveis de irrigação e de adubação nitrogenada em dois ambientes de cultivo. O experimento foi realizado no período de 18 de dezembro de 2024 a 23 de janeiro de 2025, em duas áreas de cultivo: campo e ambiente protegido, na área experimental do Grupo Irriga, *Campus* Arapiraca, na Universidade Federal de Alagoas. Foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados, em um esquema fatorial 5 x 5, com 4 repetições, sendo o cultivo em campo delineado em esquema fatorial com parcelas subdivididas. Nas parcelas foram distribuídas 5 lâminas de irrigação (L), equivalentes a 50, 75, 100, 125 e 150% da Evapotranspiração da cultura (ET_C) e nas subparcelas foram distribuídos os níveis de adubação nitrogenada (N), correspondentes a 50, 75, 100, 125 e 150% da recomendação de adubação nitrogenada para a cultura da cebolinha, totalizando 100 parcelas experimentais para cada tipo de ambiente estudado. A cultivar de cebolinha utilizada foi a Natsuyo. Ambas as áreas foram conduzidas com A evapotranspiração da cultura (ET_C) foi determinada a partir do Sistema Lisimétrico de Informações para Monitoramento do Consumo de Água pelas Plantas (SLIMCAP), baseado na contabilização das entradas e saída de água do solo. A adubação nitrogenada foi calculada baseada na análise de solo e na recomendação de adubação para a cultura da cebolinha. A colheita ocorreu aos 35 dias após o transplantio das mudas. As variáveis analisadas foram: altura da planta (AP); diâmetro do colo da planta (DCP); número de plantas (NPla); número de perfilhos (NPer); massa fresca da parte aérea (MFPA e massa seca da parte aérea (MSPA). A altura da planta (AP), o diâmetro do colo da planta (DCP) o número de perfilhos (NPer) e a massa fresca da parte aérea (MFPA) apresentaram maior representatividade dos dados. No cultivo em campo, a combinação ideal foi de 125% da ETc (221,3 mm) com 125% da dose recomendada de nitrogênio (187,5 kg ha^{-1}). Já no ambiente protegido, os melhores resultados foram obtidos com 125% da ETc (213,8 mm) e 100% da adubação recomendada (152 kg ha^{-1}). Esses achados indicam que a cebolinha verde demanda suprimento hídrico superior à ETc em ambos os ambientes, enquanto, em ambiente protegido, a nutrição nitrogenada padrão foi suficiente para maximizar o desempenho da cultura.

Palavras-chave: *Allium fistulosum* L.; ureia; evapotranspiração.

ABSTRACT

Green onions are a leafy vegetable that is widely cultivated, economically and socially valued, and widely used in gastronomy. However, irrigation water availability and nitrogen fertilization are limiting factors in the region, but they are crucial for increasing the crop's yield. Therefore, this study aimed to evaluate the response of green onions to irrigation and nitrogen fertilization levels in two growing environments. The experiment was conducted from December 18, 2024, to January 23, 2025, in two growing areas: field and protected environment, at the Irriga Group experimental site, Arapiraca Campus, Federal University of Alagoas. A randomized complete block design was adopted, in a 5 x 5 factorial arrangement with four replicates, with field cultivation using a factorial arrangement with split plots. Five irrigation depths (L) were distributed in the plots, equivalent to 50, 75, 100, 125, and 150% of crop evapotranspiration (CET), and nitrogen (N) fertilizer levels were distributed in the subplots, corresponding to 50, 75, 100, 125, and 150% of the recommended nitrogen fertilization for chives, totaling 100 experimental plots for each type of environment studied. The chive cultivar used was Natsuyo. Both areas were managed with Crop evapotranspiration (CET) was determined from the Lysimetric Information System for Monitoring Water Consumption by Plants (SLIMCAP), based on the accounting of soil water inputs and outputs. Nitrogen fertilization was calculated based on soil analysis and fertilizer recommendations for chives. Harvest occurred 35 days after transplanting the seedlings. The variables analyzed were: plant height (AP); plant collar diameter (DCP); number of plants (NPla); number of tillers (NPer); fresh shoot mass (MFPA) and dry shoot mass (MSPA). Plant height (AP), plant collar diameter (DCP), number of tillers (NPer), and fresh shoot mass (MFPA) showed greater representativeness of the data. In field cultivation, the ideal combination was 125% of the ETc (221.3 mm) with 125% of the recommended nitrogen dose (187.5 kg ha^{-1}). In the protected environment, the best results were obtained with 125% of the ETc (213.8 mm) and 100% of the recommended fertilizer (152 kg ha^{-1}). These findings indicate that green onion requires a water supply higher than the ETc in both environments, while, in the protected environment, standard nitrogen nutrition was sufficient to maximize crop performance.

Keywords: *Allium fistulosum* L.; urea; evapotranspiration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização dos experimentos em campo (A) e em ambiente protegido (B)..... 25

Figura 2 - Determinação da densidade do solo..... 27

Figura 3 - Aplicação de herbicida (A) e gradagem do solo (B)..... 28

Figura 4 - Canteiros correspondentes a 20 parcelas experimentais..... 28

Figura 5 - Parcelas experimentais com os recipientes perfurados na base (A), adicionada uma tela de náilon (B) e preenchido com uma camada de brita zero..... 29

Figura 6 - Parcelas experimentais com solo organizadas..... 30

Figura 7 - Croqui demonstrativo de um bloco na área experimental em campo.....31

Figura 8 - Croqui demonstrativo de um conjunto de lisímetros com um bloco na área experimental em ambiente protegido (casa de vegetação) 31

Figura 9 - Transplantio das mudas em campo e em casa de vegetação..... 33

Figura 10 - Variáveis analisadas: altura de planta – AP (A), diâmetro do colo da planta – DCP (B), número de plantas – NPla (C), número de perfilhos – NPer (D), massa fresca da parte aérea - MFPA (E) e massa seca da parte aérea – MSPA (F)..... 35

Figura 11 - Superfície de resposta e isoquantas da altura de plantas da cebolinha, cultivada em campo (A) e em ambiente protegido (B), sob níveis de irrigação e níveis de ureia..... 38

Figura 12 - Superfície de resposta e isoquantas do diâmetro do colo da planta da cebolinha, cultivada em campo (A) e em ambiente protegido (B), sob níveis de irrigação e níveis de ureia..... 40

Figura 13 - Superfície de resposta e isoquantas do número de plantas da cebolinha, cultivada em campo (A) e em ambiente protegido (B), sob níveis de irrigação e níveis de ureia..... 41

Figura 14 - Superfície de resposta e isoquantas do número de perfilhos da cebolinha, cultivada em campo (A) e em ambiente protegido (B), sob níveis de irrigação e níveis de ureia..... 42

Figura 15 - Avaliação do número de perfilhos sob lâminas os cinco níveis de irrigação e mesma recomendação de adubação para a cultura da cebolinha em ambiente protegido..... 43

Figura 16 - Superfície de resposta e isoquantas da massa fresca da parte aérea da cebolinha, cultivada em campo (A) e em ambiente protegido (B), sob níveis de irrigação e níveis de ureia..... 44

Figura 17 - Superfície de resposta e isoquantas da massa seca da parte aérea da cebolinha, cultivada em campo (A) e em ambiente protegido (B), sob níveis de irrigação e níveis de ureia..... 45

Figura 18 - Representação das seis variáveis estudadas da cultura da cebolinha na lâmina de 50% da ET_C nos ambientes de cultivo em campo e protegido, em níveis de nitrogênio N50, N75, N100, N125 e N150 em projeção espacial da ordenação dos vetores 47

Figura 19 - Representação das seis variáveis estudadas da cultura da cebolinha na lâmina de 75% da ET_C nos ambientes de cultivo em campo e protegido, em níveis de nitrogênio N50, N75, N100, N125 e N150 em projeção espacial da ordenação dos vetores 47

Figura 20 - Representação das seis variáveis estudadas da cultura da cebolinha na lâmina de 100% da ET_C nos ambientes de cultivo em campo e protegido, em níveis de nitrogênio N50, N75, N100, N125 e N150 em projeção espacial da ordenação dos vetores 48

Figura 21 - Representação das seis variáveis estudadas da cultura da cebolinha na lâmina de 125% da ET_C nos ambientes de cultivo em campo e protegido, em níveis de nitrogênio N50, N75, N100, N125 e N150 em projeção espacial da ordenação dos vetores 49

Figura 22 - Representação das seis variáveis estudadas da cultura da cebolinha na lâmina de 150% da ET_C nos ambientes de cultivo em campo e protegido, em níveis de nitrogênio N50, N75, N100, N125 e N150 em projeção espacial da ordenação dos vetores 50

Figura 23 - Resultado da análise hierárquica de Cluster (dendograma) das seis variáveis estudadas da cultura da cebolinha cultivada em campo, em resposta as interações de lâminas de irrigação e níveis de adubação nitrogenada (L x N) 51

Figura 24 - Resultado da análise hierárquica de Cluster (dendograma) das seis variáveis estudadas da cultura da cebolinha cultivada em ambiente protegido, em resposta as interações de lâminas de irrigação e níveis de adubação nitrogenada (L x N) 52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físicas do solo da área, na profundidade de 0,0 - 0,20 m 26

Tabela 2 - Características químicas do solo da área, na profundidade de 0,0 - 0,20 m.....26

Tabela 3 - Recomendação de adubação para a cultura da cebolinha verde com base na AR...34

Tabela 4 - Resumo da análise de variância da cultura da cebolinha verde em função dos fatores níveis de irrigação (L), níveis de nitrogênio (N) e ambiente de cultivo (AM) para as variáveis: altura da planta (AP), diâmetro do colo da planta (DCP), número de plantas (NPla), número de perfilhos (NPer), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA).....37

Tabela 5 - Valores dos três primeiros autovalores e das três proporções sucessivas de variações das dimensões para análise de componentes principais (ACP1 e ACP2) para cada nível de nitrogênio para os dois ambientes em estudo (campo e protegido), dentro de cada lâmina 46

.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
2 REVISÃO DE LITERATURA 16
2.1 Cebolinha verde (*Allium fistulosum* L.) **16**
2.1.1 Aspectos gerais da cultura 16
2.1.2 Importância econômica e social da cebolinha verde 17
2.2 Manejo hídrico no cultivo da cebolinha verde 18
2.2.1 Importância do manejo hídrico 18
2.2.2 Efeito do estresse hídrico na cultura 18
2.3 Adubação nitrogenada com ureia 19
2.3.1 Papel do nitrogênio na nutrição de plantas 19
2.3.2 Características da ureia como fonte nitrogenada 20
2.3.3 Impactos do excesso e da deficiência de nitrogênio 20
2.4 Relações entre disponibilidade hídrica e disponibilidade de nitrogênio 21
2.5 Cultivo em campo aberto e ambiente protegido 22
2.5.1 Exigências ambientais e de manejo 22
2.5.2 Cultivo em ambiente protegido 22
2.6 Sustentabilidade e eficiência do manejo hídrico e nutricional 23
3 MATERIAL E MÉTODOS 25
3.1 Caracterização das áreas experimentais 25
3.2 Coleta de solo para análises físico-químicas 26
3.3 Delineamento experimental 27
3.4 Montagem da área experimental 28
3.4.1 Preparo da área em campo 28
3.4.2 Preparo da área em ambiente protegido 29
3.5 Sistema de irrigação 30
3.5.1 Determinação e aplicação da lâmina de irrigação 32
3.6 Cultivar selecionada 31
3.7 Transplantio **32**
3.8 Adubações de fundação e de cobertura **33**
3.9 Variáveis analisadas **34**
3.10 Análise de dados **35**

3.10.1 Função de produção (superfícies de resposta e isoquantas) 35
3.10.2 Análise multivariada 36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 37
4.1 Análise de variância 37
4.2 Superfície de resposta e isoquantas 38
4.3 Análise de componentes principais (ACP) 45
4.4 Análise hierárquica de Clusters (AHC) 50
5 CONCLUSÕES 54
REFERÊNCIAS 55

1 INTRODUÇÃO

A cebolinha (*Allium fistulosum* L.), também conhecida como cebolinha verde ou comum, é uma hortaliça anual originária da Sibéria e pertence à família Alliaceae (Maestrovirtuale, 2022). As partes consumidas da planta são suas folhas e o bulbo, que são ricos em vitaminas A, C e ferro, além de possuírem propriedades que estimulam o apetite, auxiliam na digestão e ajudam no combate a gripes e outras doenças respiratórias (Heredia *et al.,* 2010). Considerada uma das hortaliças mais produzidas e comercializadas no mundo, a cebolinha tem grande presença na culinária brasileira, sendo utilizada como condimentos, e em indústrias alimentícias na forma "in natura" ou processada (Ferreira *et al.,* 2011), o que a torna valorizada pela facilidade de cultivo e pelo seu importante papel socioeconômico na produção rural (Demartelaere *et al*., 2020).

Entre as condições edafoclimáticas, a adequada disponibilidade hídrica, o manejo nutricional correto e o controle do ambiente são fatores limitantes para a cultura da cebolinha verde. Essa hortaliça apresenta em sua composição o acúmulo de água e nitrato em suas paredes celulares, o que garante maior estabilidade fotossintética e, consequentemente, um aumento na produtividade, devido ao crescimento foliar e ao acúmulo de biomassa (Vieira Filho *et al.,* 2017).

Na região Nordeste do Brasil, caracterizada por irregularidade pluviométrica (Carvalho *et al.,* 2020), há uma alternância entre períodos chuvosos e secos, com excessos e déficits hídricos, respectivamente, o que dificulta o cultivo agrícola ao longo de todo o ano (Silva *et al.,* 2014). No Agreste do estado de Alagoas, a precipitação anual total é em torno de 850 mm, com 60% desse total concentrado entre maio e julho. O período de setembro a março, por sua vez, é o menos chuvoso (Xavier; Dornellas, 2012), sendo necessário adotar a irrigação nesse período para melhorar o desempenho agronômico da cultura (Heidari *et al.,* 2011).

A irrigação, por si só, não assegura aumentos satisfatórios na produtividade. Para isso, é necessário adotar um manejo adequado da irrigação, considerando as necessidades hídricas da cultura conforme sua fase fenológica (Lourenço *et al.*, 2018; Munitz *et al.,* 2019). Dessa forma, é fundamental realizar pesquisas com culturas hortícolas irrigadas para determinar o manejo hídrico ideal, o que pode resultar em maior produtividade e na redução do desperdício de água, especialmente em regiões com escassez hídrica devido à irregularidade das chuvas.

Para a cultura da cebolinha, a falta de água pode aumentar ou diminuir os princípios ativos de acordo com a cultivar empregada (Pereira; Santos, 2013), exerce efeito sobre a rapidez de desenvolvimento e pode afetar o estado fitossanitário (Resende; Costa; Yuri, 2015), podendo

comprometer significativamente o crescimento da planta, afetando parâmetros como altura, número de perfilhos e produção de biomassa, além de diminuir o diâmetro do caule, o que impacta diretamente na produtividade e qualidade da cebolinha verde (Alves *et al.,* 2023).

Além do manejo hídrico adequado, a adubação nitrogenada é uma prática essencial para manter ou aumentar a produção de alimentos e atendendo à crescente demanda nutricional gerada pelo aumento populacional (Boaretto *et al.,* 2007). O nitrogênio (N) é o segundo nutriente mais exigido pelas hortaliças, e suas principais fontes de fornecimento incluem ureia, nitrato de amônio e sulfato de amônio. Nas hortaliças folhosas, o efeito desse nutriente resulta em aumento da produtividade, sendo que a aplicação de doses adequadas favorece o crescimento vegetativo, amplia a área fotossintética ativa e contribui para o desenvolvimento de folhas mais atraentes e suculentas, além de reduzir perdas (Filgueira, 2013).

O N é um elemento que é facilmente perdido por processos como lixiviação e volatilização no sistema solo-planta-atmosfera (Caetano *et al.,* 2015). A ureia é considerada o fertilizante sólido nitrogenado mais utilizado no mundo (Souza, 2018), em função do baixo valor de aquisição e da alta concentração (aproximadamente 45% de N) do produto. Paralelamente, o seu uso requer um manejo hídrico adequado, especialmente em condições de déficit ou excesso de umidade (Silva *et al.*, 2020).

Correlacionar manejo da irrigação e nutrição implica na maximização da dinâmica do ambiente para proporcionar aumento de produtividade de forma a manter seus recursos sustentáveis. Neste contexto, fatores como altas temperaturas podem ser determinantes para um melhor aproveitamento do uso da água (Oliveira *et al.*, 2019). O uso de ambientes protegidos contribui para a redução de danos causados por intempéries como o impacto de altas temperaturas, a interferência da radiação, excesso hídrico pela chuva e a lixiviação de nutrientes, promovendo um ambiente mais controlado e favorável ao desenvolvimento da planta (Queiroz *et al.*, 2014)

Nessa perspectiva, a água desempenha um papel fundamental na dinâmica do nitrogênio no solo, facilitando a lixiviação do nitrato (NO_3^-) (Boschiero, 2023). A lâmina de água utilizada na irrigação deve ser gerida de maneira eficiente para minimizar desperdícios, reduzir custos e evitar interferências na liberação de nutrientes, com o objetivo de garantir a sustentabilidade econômica do sistema (Mansour *et al.,* 2017).

Neste contexto, objetivou-se avaliar a resposta da cebolinha verde a níveis de irrigação e de adubação nitrogenada em dois ambientes de cultivo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cebolinha verde (*Allium fistulosum* L.)

2.1.1 Aspectos gerais da cultura

A cebolinha (*Allium fistulosum* L.), popularmente conhecida como cebolinha verde ou comum, é uma hortaliça anual, natural da Sibéria e pertencente à família Alliaceae. O nome do gênero *Allium* é proveniente do latim, originando as palavras *alho*, no português e seu epíteto específico, *fistulosum*, remete à característica tubular de suas folhas cilíndricas e infladas (UNIRIO, 2020). É semelhante à cebola, porém não desenvolve bem o bulbo e é encontrada vários nutrientes, entre eles está o potássio, carboidratos, proteínas, cálcio e vitaminas A e C, que oferecem uma série de benefícios para a saúde, incluindo a prevenção do câncer (Demartelaere *et al*., 2020).

As partes de consumo são as folhas e o bulbo da planta, os quais são fontes ricas de vitaminas A, C e de Fe, e também pode agir como estimulante do apetite, auxiliando também na digestão e no combate à gripe e outras patologias respiratórias (Heredia *et al*., 2010). Conhecida também como "cheiro verde", esta cultura é um dos condimentos mais utilizados na culinária da maioria dos lares, e em indústrias alimentícias na forma "in natura" ou processada (Ferreira *et al.*, 2011). A UNIRIO (2020) destacou em um estudo que além das suas propriedades nutricionais, é muito usada pela medicina tradicional no tratamento doenças da vista e, principalmente, de resfriados e gripes, atuando como expectorante, antipirética e analgésica. Possui também ação bactericida, fungicida, neuro-estimulante e repelente.

A cultura é uma planta herbácea, considerada perene, apresenta folhas cilíndricas e fistulosas, com 0,30 a 0,50 m de altura, coloração verde-escura, produz pequeno bulbo cônico, envolvido por uma película rósea, com perfilhamento e formação de touceiras (Heredia *et al.*, 2003). Na base da haste produz um engrossamento semelhante a bulbos ovais, os quais vão formar tufos bem fechados, onde irão originar folhas finas de coloração verde-escura. Estudos fisiológicos desenvolvidos por Wills *et al.*, (2007), demonstram que as folhas da cebolinha são suscetíveis à rápida perda de água após a colheita, acarretando diversas mudanças na aparência, metabolismo e composição da hortaliça, com consequentes alterações na coloração e qualidade nutricional.

Do ponto de vista fisiológico, a cebolinha verde possui alta taxa metabólica e elevado teor de água, características que influenciam sua durabilidade pós-colheita. Estudos indicam que a espécie apresenta baixa acidez e elevado conteúdo de umidade, além de consideráveis teores de clorofila e carotenoides, que contribuem para sua coloração verde característica, refletindo sua capacidade fotossintética (Silva *et al.*., 2015).

A cebolinha pode ser cultivada em vários tipos de solos, mas apresenta melhor produtividade em áreas com índice de pH de 6,0 a 6,5 (Kaneko, 2006). Existem duas espécies que vêm sendo cultivadas mais amplamente no Brasil, sendo elas, a *Allium fistulosum* L., originária da Sibéria e a *A. schoenoprasum* oriunda da Europa continental (Makishima, 1993; Filgueira, 2008). A colheita é realizada por meio da retirada da planta inteira que geralmente ocorre entre 55 e 60 dias após o plantio ou entre 85 e 100 dias após a semeadura (Filgueira, 2000).

2.1.2 Importância econômica e social da cebolinha verde

A cebolinha verde é amplamente utilizada na gastronomia brasileira, sendo cultivada em diversas regiões do país. Sua presença constante na mesa do consumidor ao longo do ano constitui parte da renda extra de diversas famílias, especialmente em áreas rurais. A produção de cebolinha em hortas domésticas e pequenas propriedades contribui para a segurança alimentar e nutricional, além de promover a inclusão social e a sustentabilidade econômica de comunidades locais (Leão, 2020).

Ela apresenta um importante papel social, pois fixa o homem no campo evitando êxodo rural, gerando emprego e renda, uma vez que é uma hortaliça consumida por quase todos os povos, independente da origem étnica e cultural, sendo um importante componente de ocupação de mão-de-obra familiar (Marrocos, 2015).

Em 2016, foram registrados através do censo agropecuário, um total de 42.391 estabelecimentos de produtores de cebolinha no país com uma produção total de 99.952 toneladas, tendo como os maiores produtores de cebolinha os estados de Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Paraná (IBGE, 2016).

2.2 Manejo hídrico no cultivo da cebolinha verde

2.2.1 Importância do manejo hídrico

Entre os recursos naturais, é indiscutivelmente, a água, o recurso que mais recebe pressão, seja pelo comprometimento da qualidade ou pela demanda crescente por parte da humanidade (Villiers, 2002). A eficiência no uso da água é crucial para a sustentabilidade da produção de hortaliças. Sistemas de irrigação bem planejados e gerenciados reduzem o desperdício de água e energia, promovendo uma produção mais sustentável e competitiva. Além disso, a irrigação adequada minimiza os impactos negativos de períodos secos, garantindo a continuidade da produção e a estabilidade econômica dos produtores (Morais *et al.*, 2021).

A aplicação correta de água influencia diretamente fatores como crescimento, produtividade e qualidade dos produtos colhidos. Para hortaliças, a irrigação é essencial para obter maior produtividade e produtos com qualidade superior, além de possibilitar o cultivo em época fora da safra normal, obtendo maiores ganhos monetários. Essa prática também garante a oferta de alimentos em épocas de escassez de chuvas (Marouelli *et al.*, 2017).

O manejo de água através da irrigação é importante não apenas para suprir as necessidades hídricas das plantas, mas também é o responsável por minimizar problemas como doenças, lixiviação de nutrientes, bem como gastos desnecessários com água e energia (Silva, 2019). De acordo com Marouelli *et al.,* (1989), métodos como o monitoramento da evapotranspiração e o controle da umidade do solo são essenciais para determinar os momentos ideais de irrigação, evitando tanto o déficit hídrico quanto o excesso de água, que podem prejudicar o desenvolvimento das hortaliças.

2.2.2 Efeito do estresse hídrico na cultura

Em estudos desenvolvidos para melhorar a eficiência da irrigação, relatam que buscar novas metodologias é pertinente, pois a produtividade de culturas com alta demanda hídrica, como as hortaliças, só pode ser sustentada melhorando a eficiência do uso da água para irrigação Singh *et al.* (2018). Nesse contexto, Maia Júnior (2018) pontua que a restrição hídrica é, seja a partir do uso de novas ferramentas ou de estratégias como o fracionamento de lâminas de irrigação, a limitação mais comum para o crescimento e desenvolvimento das plantas, constituindo-se um fator seletivo no desenvolvimento das plantas.

Assim, dentre os principais fatores abióticos que interferem na produção das culturas, o déficit hídrico é considerado um dos mais importantes, e ocorre quando a planta perde mais água do que o que consegue absorver pela raiz, provocando danos ao crescimento e desenvolvimento das culturas (Campos *et al.*, 2021). Neste contexto, a resposta das plantas ao estresse hídrico se manifesta geralmente na limitação do crescimento, no estresse nutricional devido a adaptações morfológicas, adaptações fisiológicas e influem em alterações metabólicas (Pincelli, 2010).

Com a utilização inadequada dos recursos hídricos e o déficit de água em determinadas regiões, é crescente a busca de métodos mais eficientes que minimizem o gasto de água sem intervenção na produção máxima da cultura, a irrigação localizada atua na redução do consumo hídrico, quando bem manejado, o que torna o sistema bastante atraente para o produtor (Silva *et al.,* 2018).

2.3 Adubação nitrogenada com ureia

2.3.1 Papel do nitrogênio na nutrição de plantas

O nitrogênio (N) é essencial para o crescimento normal das culturas e para a melhoria da biomassa devido ao seu papel principal na regulação da assimilação de C (Gao *et al.,* 2020). Ele exerce, nas plantas, função estrutural na formação de aminoácidos, proteínas, enzimas, coenzimas, vitaminas e pigmentos, como nas moléculas de clorofila, determinando o crescimento e o desenvolvimento das plantas e a produtividade dos cultivos (Taiz; Zieger, 2004).

Nas hortaliças, especialmente folhosas, o nitrogênio desempenha papel fundamental no crescimento e no rendimento dos produtos colhidos. Um adequado suprimento de nitrogênio está associado à alta atividade fotossintética e ao crescimento vegetativo vigoroso (Filgueira, 2000). Além de influenciar o crescimento vegetativo, o nitrogênio afeta a qualidade nutricional das hortaliças. Estudos desenvolvidos por Pádua *et al.*, (2013) indicam que a adubação nitrogenada pode aumentar os teores de amido e proteína em raízes de mandioquinha-salsa, ao mesmo tempo em que reduz os teores de açúcares totais, características desejáveis para uma indústria de processamento. Sendo assim, é essencial manejar especificamente a adubação nitrogenada.

No solo, a maior parte do nitrogênio absorvido pelas plantas está na forma de nitrato (Faquin; Andrade, 2004). Contudo, as plantas não o absorvem desta maneira, sendo necessário passar por processos químicos de transformação, para suas formas assimiláveis de nitrato (NO_3^-)

e amônio (NH_4^+). O N é absorvido em maior proporção na forma de nitrato, depois do processo denominado nitrificação, tornando-se disponível para a absorção pelas raízes (Malavolta, 1979). Dada a sua importância e a alta mobilidade no solo, o nitrogênio tem sido intensamente estudado, no sentido de maximizar a eficiência do seu uso (Bredemeier; Mundstock, 2000).

2.3.2 Características da ureia como fonte nitrogenada

A eficiência de utilização do N para a produção de alimentos no mundo é muito baixa. A recuperação do N dos fertilizantes nitrogenados pode variar com a espécie vegetal, práticas de manejo, propriedades do solo, condições ambientais e fonte de N utilizada (Espindula *et al.*, 2010). No Brasil, o consumo de fertilizantes nitrogenados está distribuído, principalmente, nas formas de uréia, nitrato de amônio e sulfato de amônio (Cantarella, 2007)

Em função da alta concentração (45%) de N na constituição do produto, a uréia é considerada o fertilizante sólido nitrogenado mais utilizado no mundo (Souza, 2018), por causa da maior concentração de N por quilograma do produto (Galindo *et al.*, 2018). No entanto, a principal desvantagem de fontes minerais são as elevadas perdas por processos de volatilização e lixiviação quando aplicados no solo (Leite *et al.*, 2014).

A uréia não é absorvida diretamente pelas plantas, sendo necessário a conversão em amônio ou nitrato. Ao ser aplicada ao solo, a ureia passa por hidrolização pela ação da urease, resultando em carbonato de amônio, que se decompõe, originando o amônio, bicarbonato e hidroxila. Parte desse amônio pode ser absorvido pelas plantas ou convertido em amônia, e esta pode se perder na atmosfera (Rochette *et al.*, 2009), ou ser convertida em nitrato por microrganismos presentes no solo, nesse caso bactérias nitrificantes.

Seu uso requer um manejo adequado para evitar perdas por volatilização de amônia, especialmente em condições de alta temperatura e pH elevado do solo (Silva *et al.*, 2020). Várias tecnologias vêm sendo agregadas à ureia com o objetivo de reduzir as perdas por volatilização e aumentar a sua eficiência de uso (Trenkel, 2010).

2.3.3 Impactos do excesso e da deficiência de nitrogênio

Os fertilizantes nitrogenados, quando manejados de forma inadequada apresentam-se como potenciais poluidores do meio ambiente, porque podem ser perdidos quando aplicados no solo por lixiviação ou desnitrificação, reduzindo a eficiência da adubação (Silva *et al.*, 2011).

A deficiência de N limita a síntese de proteínas e clorofila, resultando em menor crescimento vegetativo, folhas cloróticas e redução da produtividade (Fonseca, 2001). Por outro

lado, o excesso de N pode levar a um crescimento vegetativo excessivo, retardando o florescimento e a frutificação, além de aumentar a suscetibilidade a práticas e doenças. Estudos indicam que doses elevadas de N podem causar atraso na maturação e prejudicar a coloração dos frutos (ILSA BRASIL, 2016).

Além dos impactos diretos nas plantas, o manejo inadequado da adubação nitrogenada pode resultar em perdas graves de N para o meio ambiente, principalmente por volatilização e lixiviação, contribuindo para a poluição de águas superficiais e subterrâneas (Bissani *et al.*, 2008) Estima-se que uma parcela específica do N aplicado como fertilizante não é aproveitada pelas plantas, sendo perdida para o meio ambiente (Carvalho; Zabot, 2012).

O manejo adequado da adubação nitrogenada é fundamental para melhorar o desempenho agronômico das culturas e minimizar os impactos ambientais. Práticas como o monitoramento do teor de clorofila nas folhas, utilizando clorofilômetros, podem auxiliar na determinação da necessidade de N pelas plantas, permitindo ajustes nas doses de fertilizantes e evitando aplicações excessivas, bem como o aprimoramento da disponibilidade hídrica para as culturas (Argenta *et al.*, 2003).

2.4 Relações entre disponibilidade hídrica e disponibilidade de nitrogênio

A água desempenha um papel crucial na dinâmica do nitrogênio no solo. Ela facilita a lixiviação do nitrato (NO_3^-), especialmente em solos arenosos com baixa capacidade de retenção hídrica. A percolação de água não só pode transportar o nitrato para camadas mais profundas, diminuindo sua disponibilidade para as plantas e aumentando o risco de contaminação de águas subterrâneas (Boschiero, 2023).

O excesso de água pode lixiviar rapidamente o nitrogênio inorgânico, deslocando-o para fora da zona de absorção das raízes e resultando em baixa disponibilidade para as plantas. A lixiviação do N pode ser exacerbada em solos com baixa capacidade de retenção hídrica, comprometendo a eficiência da fertilização nitrogenada (Bortolotto, 2011).

Em situações chuvas fortes, a deficiência de nitrogênio devido ao excesso de água, interfere na absorção de nutrientes solúveis em água pelas raízes das plantas. Essa condição pode levar a sintomas de deficiência de N, como clorose e redução no crescimento das hortaliças (Souza; Cunha, 2017).

No cultivo da alface americana, estudos conduzidos na Universidade Federal de Lavras avaliaram o impacto das lâminas de água e doses de nitrogênio sobre os rendimentos produtivos e econômicos da cultura. Os resultados indicaram que a interação entre esses fatores é

determinante para o sucesso da produção, ressaltando a necessidade de estratégias de manejo que consideram as especificidades de cada cultura (Pereira *et al.*, 2006).

A deficiência de umidade do solo interfere na absorção de nutrientes solúveis em água pelas raízes das plantas, afetando níveis o crescimento e o desenvolvimento das hortaliças. A falta de água pode reduzir a atividade enzimática necessária para a mineralização do N, diminuindo sua disponibilidade para as plantas (Costa; Silva; Oliveira, 2023). Em suma, o manejo adequado da técnica utilizada para irrigação é crucial para equilibrar a disponibilidade de água e nitrogênio no solo, promovendo o crescimento saudável das hortaliças e otimizando a utilização de fertilizantes.

2.5 Cultivo em campo aberto e ambiente protegido

2.5.1 Exigências ambientais e de manejo

A cebolinha ainda é amplamente cultivada de forma tradicional, isto é, em canteiros a céu aberto (Cardoso; Berni, 2012). Nesse sistema, as plantas ficam expostas a diversos fatores bióticos e abióticos, que podem causar reduções da quantidade e da qualidade do produto colhido.

Embora tolere variações climáticas, seu desenvolvimento é favorecido em condições de temperatura moderada. Apresenta melhor desenvolvimento na faixa de temperatura de 8ºC a 22°C e o perfilhamento é maior nos plantios de fevereiro a julho nas regiões produtoras do Brasil (Makishima, 1993; Filgueira, 2013). A planta requer solos com textura média, bem drenados e ricos em matéria orgânica, o que contribui para seu crescimento saudável e vigoroso (EMBRAPA, 2009). Sua durabilidade na pós-colheita é muito curta, devido, principalmente, à alta taxa metabólica e ao alto teor de água (Freddo *et al.*, 2014).

2.5.2 Cultivo em ambiente protegido

O cultivo da cebolinha verde em vasos é adequado, o que permite maior controle das condições ambientais, como presença de pragas, irrigação e exposição à chuva. As irrigações devem ser frequentes, evitando que o solo seque excessivamente em períodos de calor, especialmente em regiões com climas tropicais (UNIRIO, 2020).

A utilização de telas de sombreamento pode minimizar os efeitos adversos das altas temperaturas, permitindo o cultivo em períodos do ano que, sob condições normais, não seriam

ideais para a produção. Além disso, o uso de ambientes protegidos contribui para a redução de danos causados por intempéries, como chuvas intensas e ventos fortes, promovendo um ambiente mais controlado e favorável ao desenvolvimento da planta (Oliveira *et al.*, 2019).

A produção em ambiente protegido promove um determinado controle das condições edafoclimáticas como a temperatura, a umidade do ar, a interferência da radiação, o manejo do solo e o vento, favorecendo espécies que necessitam de menor fluxo de energia radiante. Queiroz *et al.* (2014) estudando as variações de luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes com telas de sombreamento concluíram a eficiência na redução desses parâmetros, demonstrando ser viável o uso destas telas para cultivo em condições tropicais.

A cebolinha cultivada em ambiente controlado sob sistema hidropônico, as deficiências de nitrogênio (N) e fósforo (P) são mais limitantes ao crescimento da cebolinha do que a de potássio (K). Estudos indicam que concentrações adequadas desses nutrientes na solução nutritiva são essenciais para a produção de matéria seca e nutrição mineral da planta. Portanto, o manejo adequado da adubação, seja em cultivo tradicional ou hidropônico, é fundamental para garantir a produtividade e a qualidade da cebolinha verde (Araújo *et al.*, 2016).

2.6 Sustentabilidade e eficiência do manejo hídrico e nutricional

Com o crescimento populacional, a humanidade se vê compelida a usar uma maior quantidade possível de solos agricultáveis, o que vem impulsionando o uso da irrigação, não somente para complementar as necessidades hídricas das regiões úmidas, mas também para tornar produtivas as regiões áridas e semi-áridas do globo, que constituem cerca de 55% de sua área continental total. Atualmente, mais de 50% da população depende de produtos irrigados (Lima; Ferreira; Christofidis, 2004).

O desafio da agricultura moderna é produzir alimentos para a crescente população mundial sem causar prejuízos ou danos à qualidade ambiental (Aquino, 2009). Mansour *et al.,* (2017) destacam que, a água utilizada para a irrigação na produção de alimentos deve ser gerenciada de forma eficiente para minimizar os desperdícios e reduzir custos, visando manter a sustentabilidade econômica do sistema. Outro fator crucial para o aumento da produtividade é o uso de adubos químicos. O uso excessivo, refere-se ao seu potencial para causar danos ao meio ambiente. Um exemplo disso, são os nitratos ($NO3^-$), sendo altamente solúveis, são facilmente lixiviados, comprometendo a qualidade da água para o consumo humano (Rosolem *et al.,* 2003).

No Brasil, a maioria das pesquisas voltadas ao estudo da dinâmica do N, busca melhorar o seu aproveitamento pelas culturas, ou busca viabilizar sistemas de manejo com plantas de cobertura ou dejetos de animais como fontes alternativas, porém, os estudos de contaminação da água pelo nitrogênio usado na agricultura ainda são escassos (Kaiser, 2006).

Nesta perspectiva, nutrição adequada das hortaliças é um aspecto essencial para uma produção sustentável. A fertilização balanceada, especialmente com o uso de fertilizantes de liberação controlada ou orgânicos, pode reduzir o impacto ambiental associado ao uso excessivo de fertilizantes sintéticos. O uso racional do nitrogênio, por exemplo, não apenas promove um melhor crescimento das plantas, mas também reduz a emissão de gases de efeito estufa e a contaminação de corpos d'água (Santos *et al.*, 2009).

A sustentabilidade e a eficiência no manejo hídrico e nutricional das hortaliças são fundamentais para uma produção agrícola responsável e de alta qualidade. A adoção de práticas que otimizam o uso da água e dos nutrientes não apenas aumenta a produtividade, mas também minimiza os impactos ambientais adversos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização das áreas experimentais

A pesquisa foi conduzida em dois ambientes: 1) em campo aberto (Figura 1A), na área experimental do Grupo Irriga (Grupo de Pesquisa, Extensão e Inovação Tecnológica em Manejo de Água para Irrigação), e 2) em ambiente protegido (Casa de vegetação) (Figura 1B) no Campus de Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas, situado na mesorregião Agreste de Alagoas (9° 45’ 09” S, 36° 39’ 40” W, altitude de 325 metros). O período experimental foi de 18 de dezembro de 2024 a 23 de janeiro de 2025.

Figura 1 - Localização dos experimentos em campo (A) e em ambiente protegido (B).

Fonte: A autora (2025).

O município de Arapiraca fica localizado numa região de transição entre a Zona da Mata e o Sertão Alagoano, com o clima classificado como do tipo ‘As’ tropical com estação seca de Verão (Alvares *et al.*, 2014). O período seco é concentrado nos meses de setembro a março, e o período chuvoso no outono/inverno, de abril até início de agosto. A cidade caracteriza-se por apresentar temperaturas elevadas com a média anual de 25° C, apresentando uma precipitação média de 854,27 mm ano^{-1} (Silva, 2019). Considera-se uma região com pluviosidade irregular (Xavier; Dornellas, 2012).

Os dados meteorológicos utilizados no presente trabalho foram obtidos da Estação Meteorológica da Universidade Federal de Alagoas – *Campus* Arapiraca.

3.2 Coleta de solo para análises fisíco-químicas

A coleta do solo foi realizada com auxílio de um trado na profundidade de 0,0 – 0,2 m, para determinar as caracteristicas físico-químicas do solo (Tabelas 1 e 2). Em seguida, a amostra coletada foi destorroada, homogeneizada e peneirada em uma malha de 2,0 mm, acondicionada em saco plástico, identificado e enviado para a análise química no Laboratório da Central Analítica LTDA. O solo utilizado nos recipientes para o cultivo em ambiente protegido foi retirado da mesma área para cultivo em campo.

Tabela 1 - Características físicas do solo da área, na profundidade de 0,0 - 0,20 m**.**

Densidade	**Granulometria**					
Solo	**Areia grossa**	**Areia fina**	**Areia total**	**Silte**	**Argila**	**Classe textural**
------ (g cm^{-3}) --------	---------- (g/Kg) ----------					----------
2,3	475	185	600	135	205	F. Arg. Ar

Nota: F.Arg.Ar. = Franco Argilo Arenoso. Solo Tipo 2. MAPA - IN nº 02 09/11/2021.

Fonte: A autora (2025).

Tabela 2 - Características químicas do solo da área, na profundidade de 0,0 - 0,20 m**.**

Resultados Analíticos de Solo									
pH	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**Al**	**H+Al**	**S.B.**	**t**	**CTC**
	-----(ppm)-----		---------- (meq/100mL) ----------						
6,5	21	151	4,3	1,5	0,00	1,2	4,84	6,04	4,84
Na	**Fe**	**Cu**	**Zn**	**Mn**	**V**	**M**	**Na/CTC**	**K/CTC**	**M.O.**
----------(ppm)----------					----------(%)----------				
35	125,0	0,55	0,20	0,52	80,1	0,0	2,52	6,6	3,22

Fonte: A autora (2025).

A densidade foi determinada a partir do método do densímetro de Bouyoucos (1962), que é amplamente utilizado para determinar a textura do solo, quantificando as frações de areia, silte e argila com base no princípio da sedimentação das partículas em suspensão (Figura 2).

Figura 2 - Determinação da densidade do solo.

Fonte: A autora (2024).

3.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC) em ambos os ambientes de cultivo. Em campo, foi utilizado um esquema fatorial 5x5 em parcelas subdivididas, com 4 blocos. As parcelas corresponderam a cinco lâminas de água equivalentes a 50, 75, 100, 125 e 150% da Evapotranspiração da Cultura (ET_C) e as subparcelas correspondentes a cinco doses de nitrogênio equivalentes a 50, 75, 100, 125 e 150% da adubação recomendada padrão (AR) para a cultura, totalizando 25 tratamentos e 100 parcelas experimentais. Em ambiente protegido, as parcelas foram equivalentes a um recipiente cilíndrico de 4 L, cujo cada parcela possuía uma lâmina combinada com um nível de adubação.

A área experimental total, de 98,5 m², foi subdividida em 4 blocos. Cada bloco possuía 5 canteiros, com dimensões de 5,0 m de comprimento e 0,70 m de largura. Cada canteiro correspondia a uma parcela experimental, na qual foram distribuídas as lâminas de irrigação. Além disso, cada parcela foi dividida em 5 subparcelas, medindo 1,0 m de comprimento e 0,7 m de largura, nas quais os níveis de adubação nitrogenada foram distribuídos de forma aleatória. A subparcela foi representada por 0,7 m^2, sendo a área útil equivalente a 0,12 m^2 das duas fileiras centrais de cada arranjo.

3.4 Montagem da área experimental

3.4.1 Preparo da área em campo

Inicialmente, foi realizada aplicação química de herbicida com o objetivo de dessecação da vegetação presente, para auxiliar na limpeza e preparo físico do solo da área (Figura 3A). Posteriormente, foram realizadas duas gradagens (Figura 3B), para descompactação e aração da camada superficial do solo e facilitar a construção dos canteiros experimentais.

Figura 3 - Aplicação de herbicida (A) e gradagem do solo (B).

Fonte: A autora (2024).

Em seguida, com auxílio do trator e de um equipamento canteirizador, com eixo ajustado para espaçamento de 0,70 m equivalente a largura do canteiro, e posteriormente foram construídos manualmente e demarcados os 20 canteiros experimentais na área (Figura 4).

Figura 4 - Canteiros correspondentes a 20 parcelas experimentais.

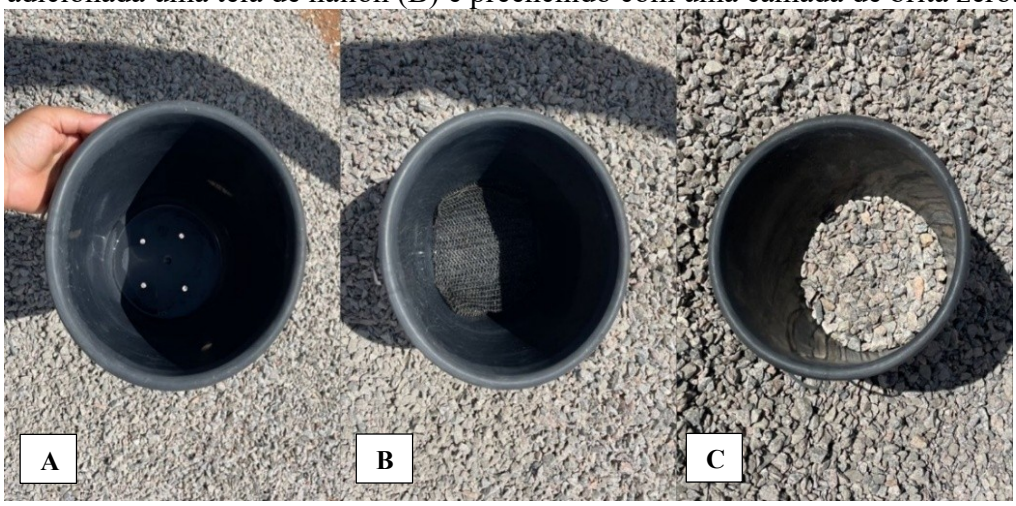
Fonte: A autora (2024).

3.4.2 Preparo da área em ambiente protegido

Inicialmente, o solo utilizado para preenchimento dos recipientes equivalentes as parcelas experimentais, foi coletado na mesma área do experimento em campo.

Para a formação das parcelas experimentais, foi utilizado um recipiente cilíndrico com área de 0,0314 m² e volume de 4L. Cada recipiente foi perfurado em 4 pontos (Figura 5A), com seu fundo forrado com uma tela de náilon (Figura 5B) e uma camada de aproximadamente 2 cm de brita, do tipo zero (Figura 5C), para simular e facilitar o sistema de drenagem da água sem a passagem de sedimentos de solo. Em seguida, os recipientes foram preenchidos com o solo, deixando 2 cm livres em sua superfície.

Figura 5 - Parcelas experimentais com os recipientes perfurados na base (A), adicionada uma tela de náilon (B) e preenchido com uma camada de brita zero.



Fonte: A autora (2024).

Posteriormente, os recipientes foram agrupados em cima de 4 bancadas, na casa de vegetação, com 25 recipientes distribuídos em cada bancada, totalizando assim as 100 unidades experimentais (Figura 6).

Figura 6 - Parcelas experimentais com solo organizadas.

Fonte: A autora (2024).

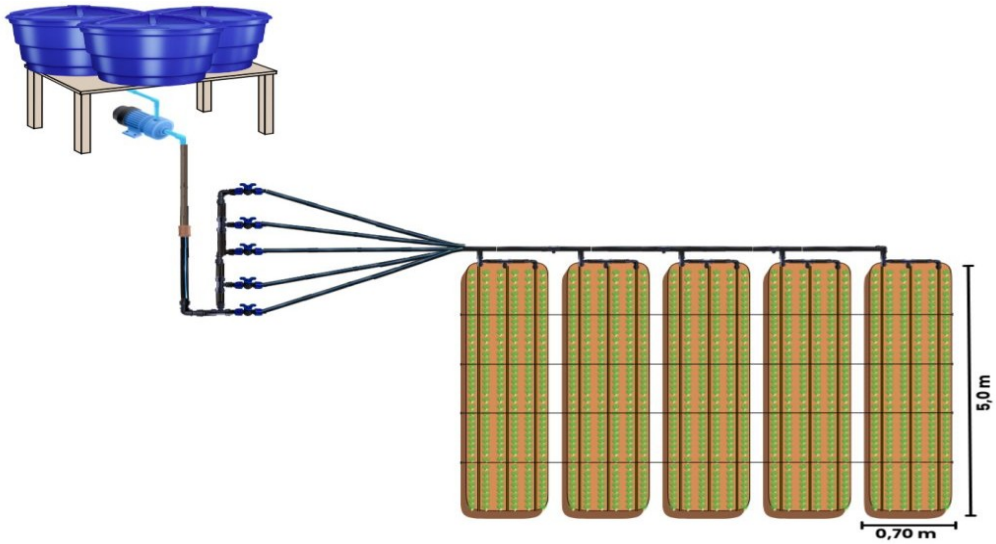
3.5 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, com uma pressão de trabalho adotada de 8,0 mca. A vazão média foi de 1,07 L/h, determinada após a realização da análise do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) (1942 apud Rezende *et al.*, 2002). O espaçamento entre os emissores foi de 0,20 m, cujo cada emissor atendia a necessidade de 4 plantas, sendo distribuídos 15 emissores por subparcela, para 60 plantas totais.

Para as linhas de derivação, foram utilizadas mangueiras cega de 16 mm, e para as linhas principais tubos de PVC de 20 mm. A irrigação foi realizada com água proveniente da Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL), do sistema de abastecimento municipal, armazenada em cisterna de 10.000 L, essa interligada a um sistema de reservatórios com três caixas d'água com capacidade de 500 L cada uma, funcionando com o auxílio de uma bomba de 1,0 CV de potência (Figura 7).

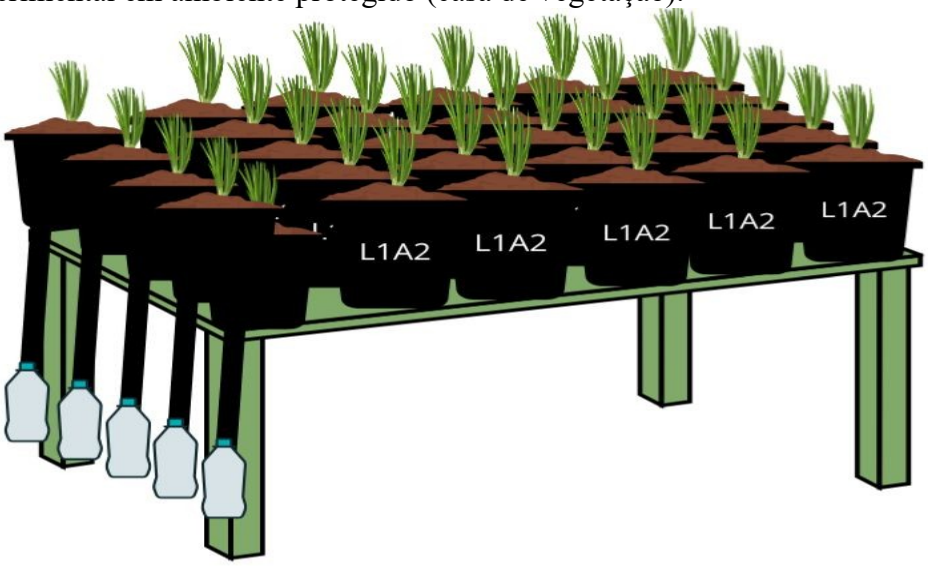
Em casa de vegetação, o manejo da irrigação foi realizado de forma manual. Foi instalada uma caixa d'água de 500 L, com captação de água proveniente da CASAL. Todos os dias, com o auxílio de uma proveta, o volume drenado nos lisímetros era coletado e adicionado ao aplicativo *mobile slimcap.app*. que sugeria as cinco lâminas a serem aplicadas manualmente, em mL, em cada parcela (Figura 8).

Figura 7 - Croqui demonstrativo de um bloco na área experimental em campo.



Fonte: A autora (2025).

Figura 8 - Croqui demonstrativo de um conjunto de lisímetros com um bloco na área experimental em ambiente protegido (casa de vegetação).



Fonte: A autora (2025).

3.5.1 Determinação e aplicação da lâmina de irrigação

A lâmina de água e o tempo de irrigação necessário para fornecer cada lâmina, a partir da Evapotranspiração da cultura (ET_C), foi determinada através do sistema SLIMCAP (Sistema Lisimétrico de Informações para Monitoramento do Consumo de Água pelas Plantas), utilizando um aplicativo *mobile*, e uma bateria com 5 lisímetros de drenagem com capacidade de 20 L instalados na área experimental em campo e 5 lisímetros com capacidade de 4 L

instalados em ambiente protegido (SANTOS *et al.*, 2020). Todos os dados eram fornecidos o manejo da irrigação realizado diariamente.

A ET_C foi determinada a partir do resíduo do método simplificado do balanço de água no solo (Libardi, 2005), conforme Equação 1:

$$ET_C = I - D \qquad \textbf{(Equação 1)}$$

onde: ET_C é a evapotranspiração da cultura (mm dia^{-1}), I é a irrigação (mm) e D é a drenagem (mm).

Considerando os valores de referência adotados para 100% da evapotranspiração da cultura (ET_C), no cultivo em campo a lâmina correspondente é de 177 mm, enquanto no ambiente protegido é de 171 mm. Assim, para o campo, as lâminas equivalentes a 50%, 75%, 100%, 125% e 150% da ET_C são, respectivamente, 88,5, 132,8, 177,0, 221,3 e 265,5 mm. Já para o ambiente protegido, os valores correspondentes são 85,5, 128,3, 171,0, 213,8 e 256,5 mm, respectivamente.

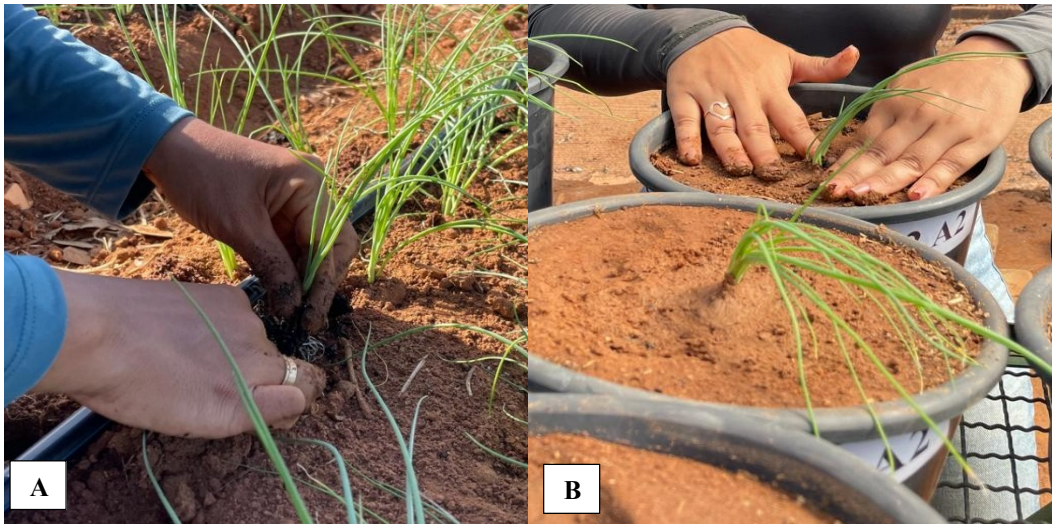
3.6 Cultivar selecionada

A cultivar utilizada foi a Natsuyo, da linha TopSeed, pertencente ao grupo Agristar. Apresenta folhas finas de coloração verde levemente azulada, pouco quebradiças, com parede grossa e tamanho médio de 36 cm. Apresenta tolerância a doenças foliares e ao pendoamento precoce e um ótimo rendimento. Indicada para plantio o ano todo com ótimo desempenho (AGRISTAR, 2024).

3.7 Transplantio

O plantio foi realizado a partir de mudas, cujas foram produzidas por um campo de mudas viveirista local do município de Arapiraca-AL. Foram adquiridas bandejas de 200 alvéolos cada, cujo foi semeado uma média de 5-6 sementes por alvéolo, formando assim uma muda. As mudas foram transplantadas em 18 de dezembro de 2024, com a distribuição de uma muda por cova em campo (Figura 9A), e uma muda por recipiente em casa de vegetação (Figura 9B).

Figura 9 - Transplantio das mudas em campo e em casa de vegetação.



Fonte: A autora (2024).

O espaçamento adotado em campo foi de 0,10 m entre plantas e 0,20 m entre fileiras duplas, totalizando 3 fileiras duplas por canteiro, com uma densidade de 300 plantas por canteiro e 60 plantas por subparcela.

3.8 Adubações de fundação e de cobertura

As adubações foram realizadas com base no resultado da análise química do solo e das necessidades nutricionais da cultura da cebolinha verde segundo a recomendação de adubação do Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA). A fonte de nitrogênio utilizada foi a ureia (46% de N), a de fósforo foi o superfosfato simples (18% de P_2O_5), e fonte potássio o cloreto de potássio (58% de K_2O). O fósforo e o potássio foram aplicados somente em fundação, e a aplicação do nitrogênio foi dividida fundação (43% da recomendação de adubação) e cobertura (57% da recomendação de adubação).

Os níveis de N aplicados foram equivalentes a: N50: 50% AR (76 kg ha^{-1}); N75: 50% AR (112,5 kg ha^{-1}); N100: 100% AR (152 kg ha^{-1}); N125: 125% AR (187,5 kg ha^{-1}) e N150: 150% AR (228 kg ha^{-1}). Na Tabela 4 estão apresentados os quantitativos de N aplicados para a área.

Tabela 3 - Recomendação de adubação para a cultura da cebolinha verde com base na AR.

Ambiente/ aplicação	Níveis de N (%) e doses aplicadas (g m¹ / g)				
	N50 (50%)	**N75 (75%)**	**N100 (100%)**	**N125 (125%)**	**N150 (150%)**
Campo/fundação	1,4 g m¹	2,1 g m¹	2,8 g m¹	3,5 g m¹	4,2 g m¹
Campo/cobertura	1,9 g m¹	2,8 g m¹	3,8 g m¹	4,7 g m¹	5,7 g m¹
Casa de vegetação/ fundação	0,10 g	0,16 g	0,21 g	0,26 g	0,31 g
Casa de vegetação/ cobertura	0,14 g	0,21 g	0,28 g	0,35 g	0,42 g

Fonte: A autora (2025).

3.9 Variáveis analisadas

A colheita foi realizada aos 35 dias após o transplantio (DAT). As variáveis analisadas foram:

A) Altura da planta (AP): mensurada com o auxílio de uma régua graduada, medindo da base do solo até o ápice foliar (Figura 10A);

B) Diâmetro do colo da planta (DCP): medido com o auxílio de um paquímetro analógico (Figura 10B);

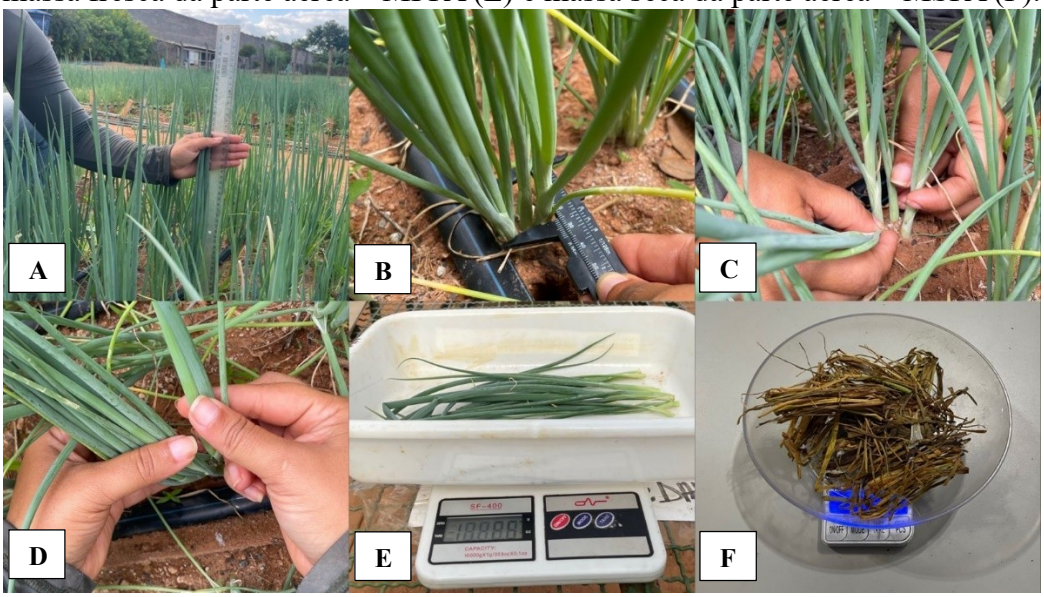
C) Número de plantas (NPla): contabilizadas manualmente (Figura 10C);

D) Número de perfilhos (NPer), contabilizados manualmente (Figura 10D).

E) Massa fresca da parte aérea (MFPA): as plantas foram cortadas na base do colo da planta da superfície do solo e submetidas a pesagem com auxílio da uma balança de precisão (Figura 10E);

F) Massa seca da parte aérea (MSPA): as plantas foram colocadas em sacos de papel identificados, e levadas a estufa a 65º C até atingir peso constante, e em seguida foram submetidas a pesagem para avaliação da massa seca (Figura 10F).

Figura 10 - Variáveis analisadas: altura de planta – AP (A), diâmetro do colo da planta – DCP (B), número de plantas – NPla (C), número de perfilhos – NPer (D), massa fresca da parte aérea – MFPA (E) e massa seca da parte aérea – MSPA (F).



Fonte: A autora (2025).

Em campo, para a análise das variáveis, foram utilizadas as 6 plantas centrais, contidas na parcela útil. Posteriormente, após todos os dados coletados, foi realizada uma média dos valores das 6 plantas para obtenção de um valor único por tratamento para cada variável. Em casa de vegetação, as análises foram feitas individualmente em cada planta por parcela, seguindo a mesma metodologia das medidas em campo.

3.10 Análise de dados

3.10.1 Função de produção (superfícies de resposta e isoquantas)

Os dados obtidos foram processados utilizando o software estatístico R, para obtenção da análise de variância, de acordo com o nível de significância, e ao teste F quando significativos. A análise de regressão foi feita a 5% de probabilidade. Para obtenção de uma melhor análise das variáveis estudadas, foram encontradas as funções de produção com os fatores lâmina e adubação, e confeccionados seus respectivos gráficos de superfície de resposta.

Na função de produção, é dada uma linha geométrica, a isoquanta, que permite várias combinações entre os fatores estudados, como lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. Os pontos obtidos através da isoquanta indicam a quantidade produzida bem como o rendimento da cultura. A partir da função escolhida, foram determinadas as isoquantas, fixando os dados de

níveis de irrigação e de adubação nitrogenada, em função das respostas prévias obtidas, em um gráfico de duas dimensões, a partir do software R.

Diante do modelo da função de produção escolhida, estas podem ser representadas por três tipos de curvas de resposta, sendo elas em elipse (a curva terá sempre um ponto de máximo ou mínimo global), e em hipérbole ou parábola (a curva será representada por um ponto máximo local, dentro do intervalo dos fatores estudados). Neste caso, quando o resultado encontrado para Y for superior ao valor máximo do intervalo analisado, este será considerado como ponto de máximo ou de mínimo.

3.10.2 Análise multivariada

Para a análise multivariada (Análise de Componentes Principais – ACP), as variáveis foram correlacionadas com ACP1, ACP2 e ACP3, cujas contribuições nas variáveis, em porcentagem, e seus autovalores foram contabilizadas nos três primeiros componentes principais (Kaiser, 1960). Os gráficos foram do tipo elipsóide e de pontos diversos, em 3D, para os três primeiros componentes principais, com uma representação de dados multivariados tridimensional, analisados a partir das correlações dos tratamentos estudados.

Para a análise multivariada hierárquica de clusters, foi realizada uma comparação visual de dendogramas, onde os ramos que diferem são marcados com cores diferentes e com uma avaliação da tendência de armazenamento dos dados, e da decisão sobre o número do cluster analisado para validação dos resultados (Kaiser, 1960).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de variância

Não foi observado efeito significativo da interação entre lâminas de irrigação (L) e níveis de nitrogênio (N) sob as variáveis analisadas, indicando que essas variáveis responderam de forma independente a esses dois fatores quando considerados em conjunto. Por outro lado, a interação entre lâmina e ambiente de cultivo (L × AM) influenciou significativamente as variáveis AP, DCP, MFPA e MSPA, revelando que o desempenho dessas características morfofisiológicas variou conforme a combinação entre o nível de irrigação e o ambiente de cultivo. Já as variáveis NPla e NPer não apresentaram sensibilidade a essa interação, sugerindo maior estabilidade em diferentes ambientes sob distintos níveis de irrigação. Além disso, a interação entre nitrogênio e ambiente (N × AM) apresentou efeito significativo para AP, DCP e MFPA, demonstrando que a resposta a doses de nitrogênio foi condicionada pelas condições ambientais, conforme os resultados demonstrados na Tabela 4. Tais resultados evidenciam a importância de considerar o ambiente como fator modulador das respostas da cultura às práticas de manejo hídrico e nutricional.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância da cultura da cebolinha verde em função dos fatores níveis de irrigação (L), níveis de nitrogênio (N) e ambiente de cultivo (AM) para as variáveis: altura da planta (AP), diâmetro do colo da planta (DCP), número de plantas (NPla), número de perfilhos (NPer), massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA).

Causa da variação	**G.L.**	**Quadrados médios**					
		AP	**DCP**	**NPla**	**NPer**	**MFPA**	**MSPA**
Lâmina (L)	4	$544,39^{***}$	$161,66^{***}$	$2,29^{ns}$	$40,48^{**}$	$942,72^{***}$	$11,76^{***}$
Adubação (N)	4	$323,89^{***}$	$100,51^{***}$	$8,24^{***}$	$116,05^{***}$	$488,25^{***}$	$3,84^{***}$
Ambiente (AM)	1	$393,40^{***}$	$106,73^{***}$	$39,69^{***}$	$159,31^{**}$	$612,15^{***}$	$37,55^{***}$
L x N	16	$15,13^{ns}$	$3,17^{ns}$	$0,82^{ns}$	$8,03^{ns}$	$17,63^{ns}$	$0,13^{ns}$
L x AM	4	$241,11^{***}$	$105,86^{***}$	$2,75^{ns}$	$10,84^{ns}$	$507,25^{***}$	$4,13^{***}$
N x AM	4	$141,60^{***}$	$42,42^{***}$	$0,63^{ns}$	$9,59^{ns}$	$282,84^{***}$	$1,35^{***}$
L x N x AM	16	$9,78^{ns}$	$3,39^{ns}$	$0,828^{ns}$	$7,54^{ns}$	$14,36^{ns}$	$0,131^{ns}$
Blocos	3	30,74	11,94	4,29	64,33	54,70	0,304
Resíduos	147	10,05	7,94	1,68	16,40	18,87	0,27
C.V. (%)		**8,46**	**8,55**	**18,70**	**15,76**	**16,79**	**14,30**

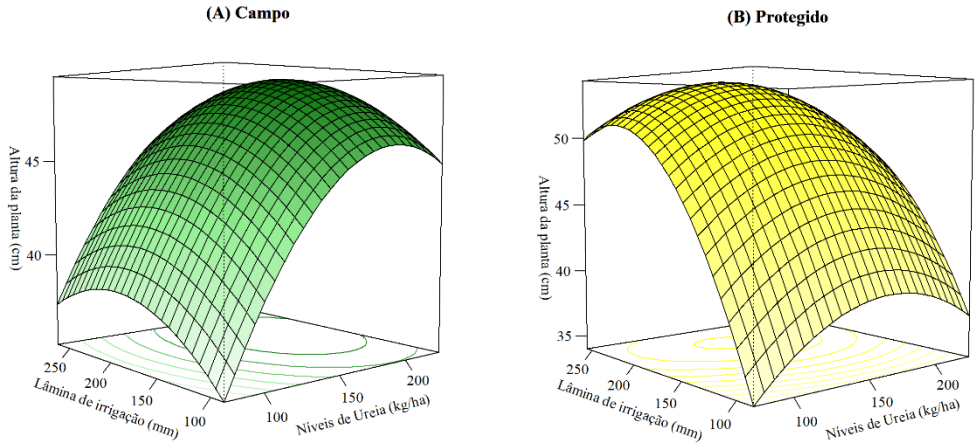
** e *** - significativo a 1 e a 0,1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.
Fonte: A autora (2025).

4.2 Superfície de resposta e isoquantas

Para a variável altura da planta no cultivo em campo, a combinação entre a lâmina de 195 mm (equivalente a 118,2% da ET_C) e adubação de 191,9 kg/ha (122,4% da AR) resultou na maior altura de planta, com 49,4 cm (Figura 11A). Já no cultivo em ambiente protegido, a maior resposta foi obtida com uma lâmina de 213,51 mm (129,3% da ET_C) associada a 147,29 kg/ha de adubação (aproximadamente 94,5% da AR), proporcionando uma altura de planta de 59,2 cm (Figura 11B).

Com relação ao fator lâmina, observa-se que ambas as condições de cultivo apresentaram maiores incrementos quando aplicadas lâminas superiores a 100% da ET_C, evidenciando a resposta positiva da cultura da cebolinha verde ao manejo intensificado da irrigação. No ambiente protegido, a altura da planta apresentou um incremento de aproximadamente 19,8% em relação ao cultivo em campo.

Figura 11 - Superfície de resposta e isoquantas da altura de plantas da cebolinha, cultivada em campo (A) e em ambiente protegido (B), sob níveis de irrigação e níveis de ureia.



$AP_{campo}(A, L)$: 8,06 + 0,123 L + 0,307 A - 0,00031 L^2 - 0,00079 A^2 - 0,00001 LA $R^2 = 0,94$ (1)
$AP_{protegido}(A, L)$: - 8,317 + 0,4213 L + 0,239 A - 0,000916 L^2 - 0,000663 A^2 - 0,000205 LA $R^2 = 0,90$ (2)
Fonte: A autora (2025).

Apesar da maior altura observada no ambiente protegido, é importante destacar que ambas as condições resultaram em plantas dentro do padrão comercial estabelecido para a cultura da cebolinha verde, que varia de 30 a 50 cm (Heredia *et al.*, 2003). No entanto, o ambiente protegido ultrapassou esse limite superior, o que pode ser desejável em sistemas mais tecnificados, nos quais o porte elevado pode representar vantagem comercial ou produtiva.

Um aspecto relevante é que, para atingir o valor máximo de altura, o cultivo em campo demandou aproximadamente 30% a mais de adubação nitrogenada (ureia) em comparação ao cultivo protegido. Essa diferença pode estar associada à ocorrência de chuvas intensas durante o período experimental, com 169 mm acumulados em apenas dois dias (SMDR Arapiraca, 2025), o que possivelmente resultou na lixiviação da ureia no campo. Esse processo de perda ocorre quando o excesso de água transporta o nitrogênio para camadas mais profundas do solo, tornando-o indisponível para as plantas, especialmente em solos com baixa capacidade de retenção. Assim, o excesso hídrico pode ter reduzido a eficiência da adubação nitrogenada no campo, conforme também relatado por Heredia *et al*. (2003).

Estes resultados são corroborados por Silva *et al*. (2020), que também observaram maiores respostas de altura da planta com lâminas de 100% e 150% da evapotranspiração da cultura (ET_C) em dois ciclos de cebolinha verde cultivada em ambiente protegido. Foi observado um comportamento linear crescente com o aumento da lâmina, embora tenham ocorrido decréscimos relativos em comparação à maior lâmina testada (150% ET_C), indicando que volumes próximos a 100% da ET_C tendem a ser os mais eficientes para o crescimento da cultura.

Quanto ao incremento da adubação, resultados distintos foram encontrados por Santana *et al*. (2016), que obtiveram altura máxima de 41,9 cm com uma dose estimada de 205 kg ha^{-1} de nitrogênio, o que representa mais de 150% da recomendação adotada no presente estudo. Isso indica que o ambiente de cultivo pode influenciar diretamente nas relações entre disponibilidade e absorção de nitrogênio pelas plantas, promovendo maior eficiência de assimilação mesmo com doses inferiores a 100% da adubação recomendada. Nesse contexto, Hirata *et al*. (2017) relataram que plantas cultivadas sob telas de sombreamento apresentaram incremento de 18,47% em altura quando comparadas ao cultivo em pleno sol, indicando que condições protegidas favorecem o crescimento vegetativo devido ao microclima mais ameno.

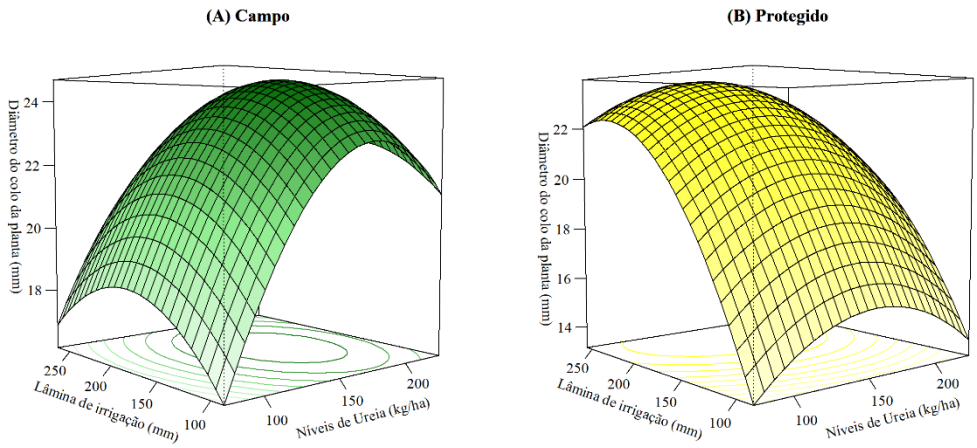
Para a variável diâmetro do colo da planta, no cultivo em campo, a maior resposta (21,2 mm) foi obtida com a combinação da lâmina de 173,8 mm e adubação de 173,5 kg/ha. Já em ambiente protegido, o diâmetro máximo do colo da planta foi de 21,7 mm, atingido com a lâmina de 226,1 mm e adubação de 142 kg/ha. A variável apresentou resultados semelhantes em ambas as condições de cultivo, porém com diferença marcante nos valores de lâmina aplicados. No ambiente protegido, foi necessário um incremento de 30% na lâmina em relação ao cultivo em campo para alcançar um diâmetro levemente superior.

Esse comportamento pode estar associado à maior eficiência do sistema de irrigação por gotejamento no campo, que proporciona uma melhor distribuição da umidade no solo,

favorecendo o acúmulo de biomassa no colo da planta, mesmo sob lâminas menores. Esse uso mais eficiente da água no sistema solo-planta-atmosfera pode ter contribuído para o desenvolvimento da planta, ainda que nem sempre isso se traduza em maior produção total.

Embora o cultivo protegido ofereça vantagens como controle de temperatura, umidade e menor incidência de pragas, em certas condições o campo aberto pode favorecer características específicas do desenvolvimento da planta. De forma semelhante, Purquerio (2005) verificou que, para a cultura da rúcula durante o inverno, não houve diferença significativa entre os sistemas, indicando que o cultivo em campo pode ser tão eficiente quanto o protegido, dependendo do contexto climático e da espécie cultivada.

Figura 12 - Superfície de resposta e isoquantas do diâmetro do colo da planta da cebolinha, cultivada em campo (A) e em ambiente protegido (B), sob níveis de irrigação e níveis de ureia.



DCP_{campo} (A, L): - 4,49 + 0,1008 L + 0,2353 A - 0,0002606 L² - 0,000648 A² - 0,0000589 L R² = 0,90 (3)
$DCP_{protegido}$ (A, L): - 7,97 + 0,2038 L + 0,125 A - 0,000425 L² - 0,000376 A² - 0,0000815 LA R² = 0,91 (4)
Fonte: A autora (2025).

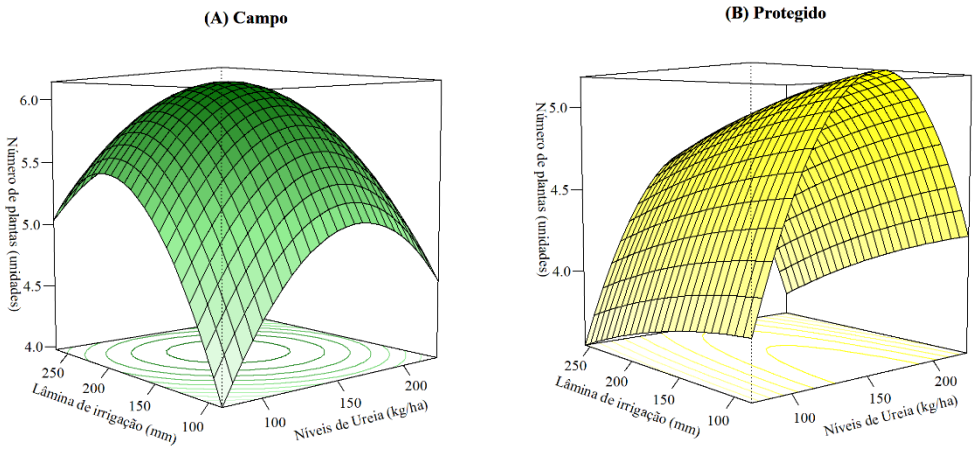
No entanto, Vilas Boas *et al.* (2008) estudaram o efeito de diferentes tensões da água no solo sobre o desenvolvimento e produção de duas cultivares de cebola irrigadas por gotejamento. Os resultados indicaram que a altura da planta e o diâmetro do colo apresentaram respostas lineares decrescentes com o aumento das tensões da água no solo, sugerindo que a disponibilidade hídrica adequada é crucial para o desenvolvimento ideal dessas características. Nesta perspectiva, por Massaranduba (2020), a máxima produtividade total da cebola a partir da relação entre a produtividade do caule e do bulbo foi encontrada usando 122,5% da evapotranspiração da cultura, atingindo produtividade de 48,95 t ha^{-1}.

Não obstante, em um estudo conduzido por Santana *et al.* (2016), foi avaliado o efeito de diferentes doses de nitrogênio no diâmetro do colo das plantas de cebolinha, e os resultados

indicaram que doses crescentes de nitrogênio resultaram em aumentos significativos no diâmetro do pseudocaule, evidenciando a importância desse nutriente para o desenvolvimento estrutural da planta. Diferindo do estudo de Santana *et al*. (2019), realizado em ambiente protegido com a cultura da alface, os quais verificaram que não houve diferença significativa para o diâmetro do caule, ao testar diferentes lâminas de irrigação (entre 25 e 125% da ET_0) e diferentes doses de nitrogênio (entre 0 e 125 kg ha^{-1}), para duas cultivares.

Para a variável número de plantas (NPla), no cultivo em campo, a combinação da lâmina de 188,95 mm com a adubação de 149,72 kg/ha resultou na maior resposta, com 4,7 plantas. Já no cultivo em ambiente protegido, o maior número de plantas foi de 5,3, obtido com a lâmina de 185,5 mm e adubação de 158,5 kg/ha. A resposta superior no ambiente protegido sugere que, mesmo sob condições semelhantes de lâmina e adubação, o controle ambiental contribuiu para um incremento de 12,8% no número de plantas, em relação ao cultivo em campo.

Figura 13 - Superfície de resposta e isoquantas do número de plantas da cebolinha, cultivada em campo (A) e em ambiente protegido (B), sob níveis de irrigação e níveis de ureia.

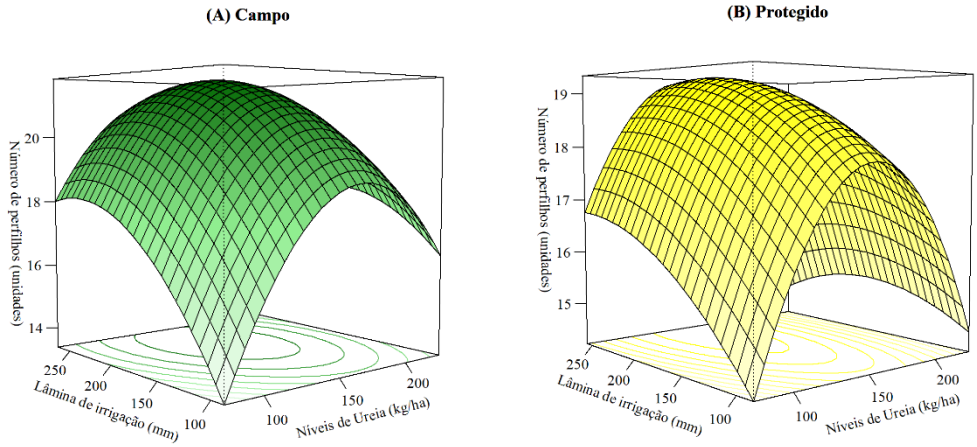


$NPla_{campo}$ (A, L): - 2,046 + 0,0478 L + 0,049 A - 0,000108 L² - 0,000135 A² - 0,000046 LA $R^2 = 0,76$ (5)
$NPla_{protegido}$ (A, L): 0,21 + 0,0015 L + 0,0627 A - 0,0000078 L² - 0,000195 A² - 0,00000923 LA $R^2 = 0,57$ (6)
Fonte: A autora (2025).

No que se refere ao número de perfilhos (NPer), no cultivo em campo, a maior resposta foi de 7,8 perfilhos, sob a aplicação de uma lâmina de 210,6 mm e adubação de 153,1 kg/ha. Já no ambiente protegido, a combinação de 223,5 mm de lâmina e 143,5 kg/ha de adubação proporcionou a resposta máxima de 7,2 perfilhos. Embora o ambiente protegido tenha exigido maior lâmina para alcançar a máxima resposta, o cultivo em campo apresentou um incremento de aproximadamente 8,3% no número de perfilhos, evidenciando uma maior eficiência da planta em campo quanto ao perfilhamento, mesmo sob condições menos controladas.

Neste contexto, observa-se que, embora o número de plantas tenha sido superior no ambiente protegido, o número de perfilhos por planta foi maior no campo. Isso pode indicar que, em condições de maior exigência hídrica, como no campo, as plantas desenvolveram mais perfilhos por unidade, como forma de compensação vegetativa. Esta resposta pode estar associada à maior variabilidade microclimática e às limitações impostas pelo ambiente natural, o que pode ter estimulado a planta a desenvolver mais estruturas vegetativas secundárias para maximizar sua eficiência fisiológica frente ao ambiente. Por exemplo, no estudo de Heredia Z. *et al.* (2003), observou-se que plantas de cebolinha consorciadas com salsa apresentaram um aumento significativo no número de perfilhos em relação ao cultivo solteiro, o que pode implicar em um maior consumo de água devido à maior área foliar.

Figura 14 - Superfície de resposta e isoquantas do número de perfilhos da cebolinha, cultivada em campo (A) e em ambiente protegido (B), sob níveis de irrigação e níveis de ureia.



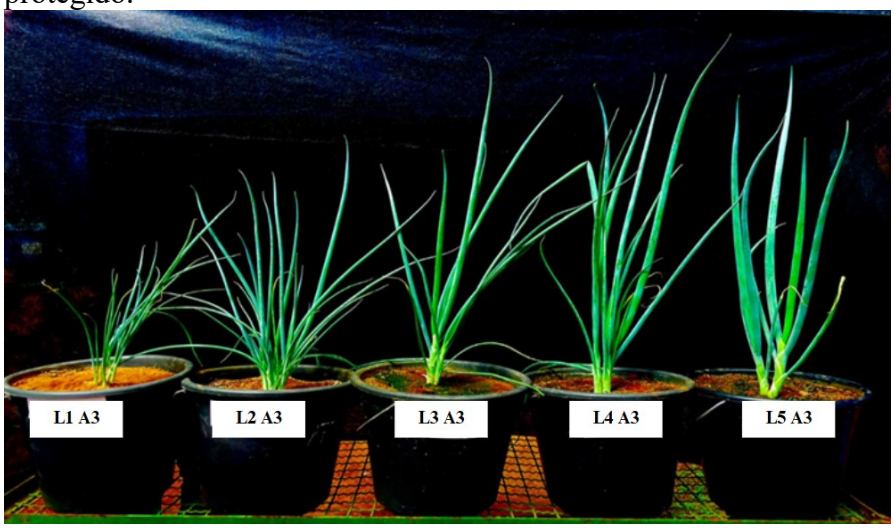
$NPer_{campo}$ (A, L): - 7,571 + 0,1137 L + 0,2275 A - 0,000214 L² - 0,000638 A² - 0,0001524 LA $R^2 = 0,77$ (7)
$NPer_{protegido}$ (A, L): 0,15 + 0,0504 L + 0,189 A - 0,000084 L² - 0,000589 A² - 0,000089 LA $R^2 = 0,58$ (8)
Fonte: A autora (2025).

Souza *et al.,* (2021), afirmam que o estresse hídrico pode afetar o diâmetro e o número dos perfilhos, bem como o aroma característico da cebolinha, que é decorrente da presença de compostos voláteis contendo enxofre, que são biossintetizados a partir do aminoácido não proteico cisteína. Os perfilhos em cebolinha originam-se de gemas laterais e o crescimento destas se subordina às influências endógenas e exógenas, como hormônios e fatores climáticos, conforme observado por Wakchaure *et al.* (2018).

Silva *et al*. (2018), com um estudo sobre o capim-limão, que é uma planta semelhante à cebolinha, obtiveram resultados em que o tratamento com 100% da ET_C, irrigando uma vez por semana, apresentou o melhor resultado em termos de número de perfilhos por touceira. A figura 15, obtida a partir da análise das plantas em ambiente protegido, demonstra visualmente a

diferença obtida quanto ao perfilhamento, em relação aos cinco níveis de irrigação sob a recomendação de adubação de 100% para ambos.

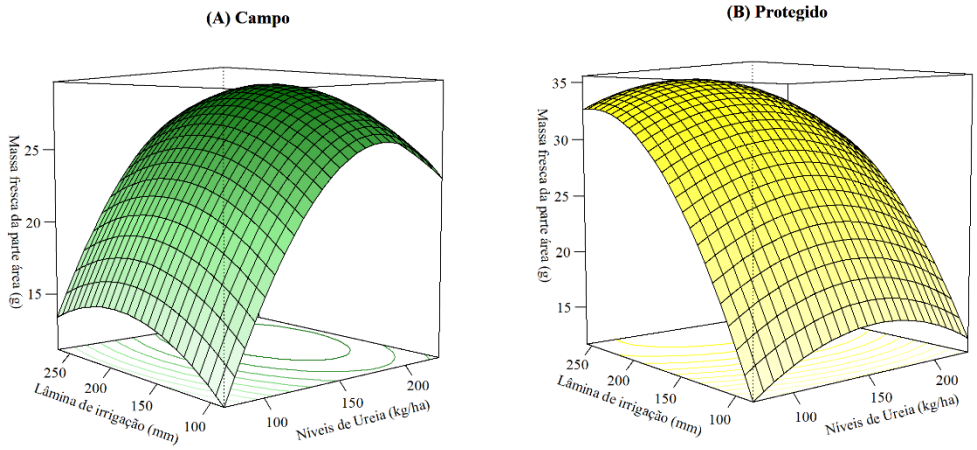
Figura 15 - Avaliação do número de perfilhos sob os cinco níveis de irrigação e mesma recomendação de adubação para a cultura da cebolinha em ambiente protegido.



Fonte: A autora (2025).

Para a variável massa fresca da parte aérea (MFPA), no cultivo em campo, a maior resposta foi de 34,1 g por planta, obtida com a aplicação de uma lâmina de 199,08 mm e adubação de 184,8 kg/ha. Já em ambiente protegido, a melhor resposta foi de 32,5 g por planta, associada à lâmina de 243,8 mm e adubação de 146,5 kg/ha. Apesar de o ambiente protegido receber maior aporte hídrico, o cultivo em campo apresentou um incremento de 4,9% na produção de massa fresca da parte aérea, sugerindo maior eficiência na conversão dos recursos hídricos e nutricionais em biomassa.

Figura 16 - Superfície de resposta e isoquantas da massa fresca da parte aérea da cebolinha, cultivada em campo (A) e em ambiente protegido (B), sob níveis de irrigação e níveis de ureia.

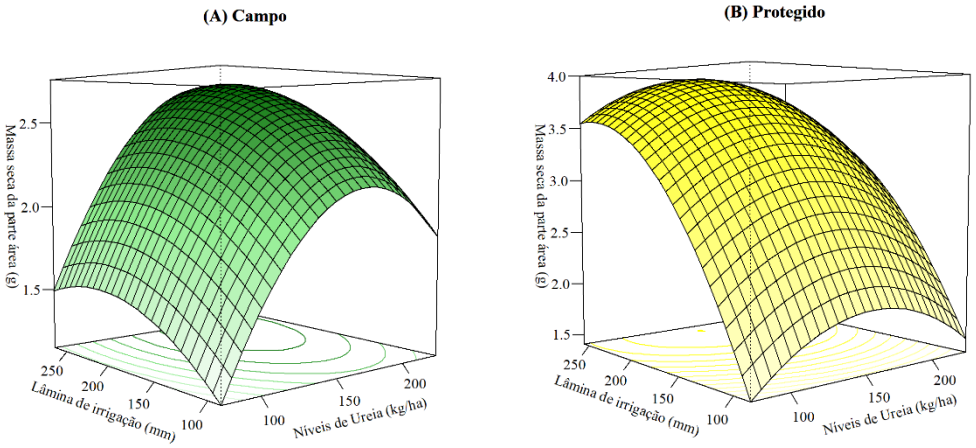


$MFPA_{campo}$ (A, L): - 25,31 + 0,129 L + 0,455 A - 0,000332 L² - 0,00124 A² + 0,000016 LA $R^2 = 0,92$ (9)
$MFPA_{protegido}$ (A, L): = - 27,74 + 0,403 L + 0,1938 A - 0,000799 L² - 0,000586 A² - 0,0000908 LA $R^2 = 0,93$ (10)
Fonte: A autora (2025).

Em relação à massa seca da parte aérea (MSPA), a maior resposta no cultivo em campo foi de 3,1 g por planta, resultado da combinação de uma lâmina de 239,1 mm com adubação de 182,1 kg/ha. No ambiente protegido, a resposta máxima foi de 2,7 g por planta, obtida com 240,2 mm de lâmina e 148,4 kg/ha de adubação. Assim como na massa fresca, o campo apresentou desempenho superior na produção de massa seca, com um incremento de aproximadamente 14,8% em relação ao ambiente protegido.

Esses resultados indicam que, embora o cultivo protegido tenha recebido maiores lâminas de irrigação, o ambiente de campo proporcionou maior acúmulo de biomassa tanto em sua forma fresca quanto seca. Esse comportamento pode estar associado à melhor adaptação das plantas às condições naturais de luz, ventilação e drenagem do solo, fatores que, mesmo sem controle climático, favorecem o crescimento vegetativo e o acúmulo de matéria seca. Além disso, a menor densidade de adubação no ambiente protegido pode ter limitado o aproveitamento do potencial produtivo mesmo com maior aporte hídrico.

Figura 17 - Superfície de resposta e isoquantas da massa seca da parte aérea da cebolinha, cultivada em campo (A) e em ambiente protegido (B), sob níveis de irrigação e níveis de ureia.



$MSPA_{campo}(A, L)$: - 1,76 + 0,01055 L + 0,0355 A - 0,000027 L^2 - 0,000106 A^2 + 0,0000131 LA $R^2 = 0,92$ (11)
$MSPA_{protegido}(A, L)$: - 3,126 + 0,04256 L + 0,02716 A - 0,0000857 L^2 - 0,000084 A^2 - 0,0000092 LA $R^2 = 0,94$ (12)
Fonte: A autora (2025).

Souza *et al.* (2005) avaliaram o efeito da irrigação e da adubação nitrogenada sobre a massa de forragem de diferentes cultivares de *Panicum maximum*, indicando que a irrigação promoveu aumentos significativos na produção de massa de forragem para todos os cultivares avaliados. Além disso, doses crescentes de nitrogênio resultaram em maiores produções de massa fresca, evidenciando a importância da adubação nitrogenada associada à irrigação para o desenvolvimento das plantas.

Em outro estudo, Silva *et al.* (2017) investigaram a influência de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio no desempenho produtivo da cultura do rabanete. Os resultados mostraram que tanto a lâmina de irrigação quanto a adubação nitrogenada influenciaram positivamente a massa fresca da parte aérea, a massa fresca da raiz e a produtividade do rabanete. O aumento do estresse hídrico e a diminuição da quantidade de nitrogênio aplicada resultaram na redução dessas variáveis.

Assim, ressaltando a importância de práticas de manejo que considerem a interação entre irrigação e adubação nitrogenada para maximizar a produtividade e a qualidade das hortaliças, promovendo um uso eficiente dos recursos disponíveis.

4.3 Análise de componentes principais (ACP)

As análises de componentes principais (ACP) demonstram o comportamento das seis variáveis estudadas da cultura da cebolinha sob os cinco níveis de ureia (%AR) (N50, N75,

N100, N125, N150) dentro de cinco lâminas de irrigação (% da ET_C) (L50, L75, L100, L125 e L150), nos dois ambientes de cultivo, em campo e em ambiente protegido. As somas dos primeiros autovalores variaram de 4,20 a 4,95 e os percentuais das proporções de variância de 70,07 a 82,58% para o cultivo em campo, e para o cultivo em ambiente protegido de 3,50 a 4,55 (autovalores) e de 58,39 a 78,52% nas proporções de variância (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores dos dois primeiros autovalores e das duas proporções sucessivas de variações das dimensões para análise de componentes principais (ACP1 e ACP2) para cada nível de nitrogênio para os dois ambientes em estudo (campo e protegido), dentro de cada lâmina.

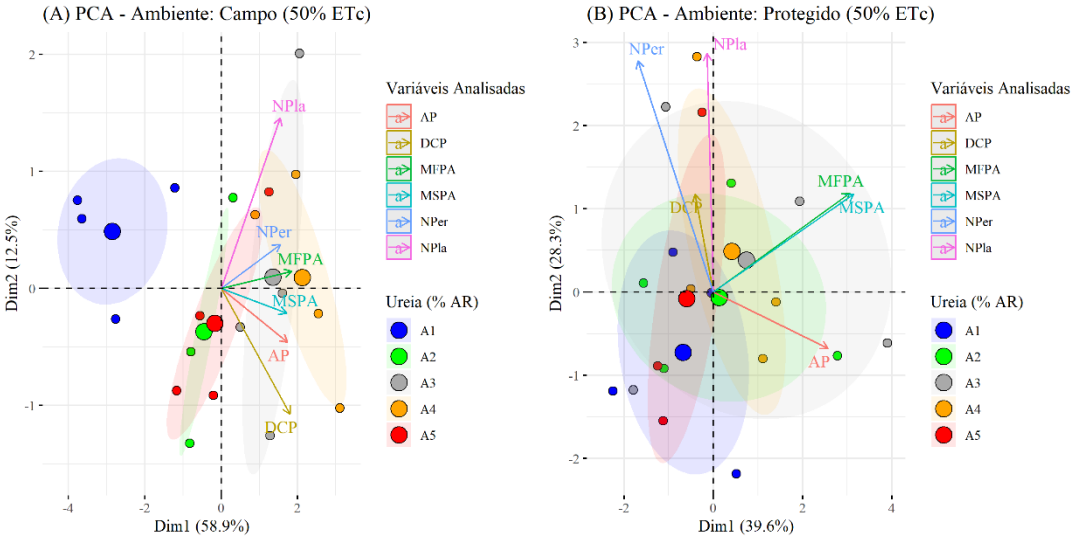
Lâminas de Irrigação	Autovalores				Proporções de variâncias (%)			
	Campo		Protegido		Campo		Protegido	
	ACP1	ACP2	ACP1	ACP2	ACP1	ACP2	ACP1	ACP2
L50	3,54	0,75	2,37	1,70	58,93	12,52	39,57	28,28
L75	3,57	0,87	2,80	0,91	59,52	14,47	46,71	31,81
L100	3,15	1,05	2,32	1,76	52,57	17,50	38,70	29,41
L125	3,43	1,52	2,75	1,80	57,17	25,41	45,76	29,97
L150	2,89	1,34	2,13	1,37	48,13	22,42	35,47	22,92

Fonte: A autora (2025).

Baseado na projeção espacial, é possível avaliar a estrutura das variáveis e as cargas fatoriais dos dois primeiros componentes principais (CPs). As Figuras 18, 19, 20, 21 e 22 representam a Análise de Componentes Principais (ACP) entre os parâmetros produtivos da cebolinha verde em função dos níveis de adubação com ureia (% da AR) (A1, A2, A3, A4 e A5), para cada nível de lâmina de irrigação (50, 75, 100, 125 e 150% da ET_C), correspondentes a L1, L2, L3, L4 e L5, respectivamente. Dois componentes principais foram suficientes para explicar grande parte da variância dos dados originais, com percentuais de explicação para os dois primeiros componentes superiores a 80% em todos os casos.

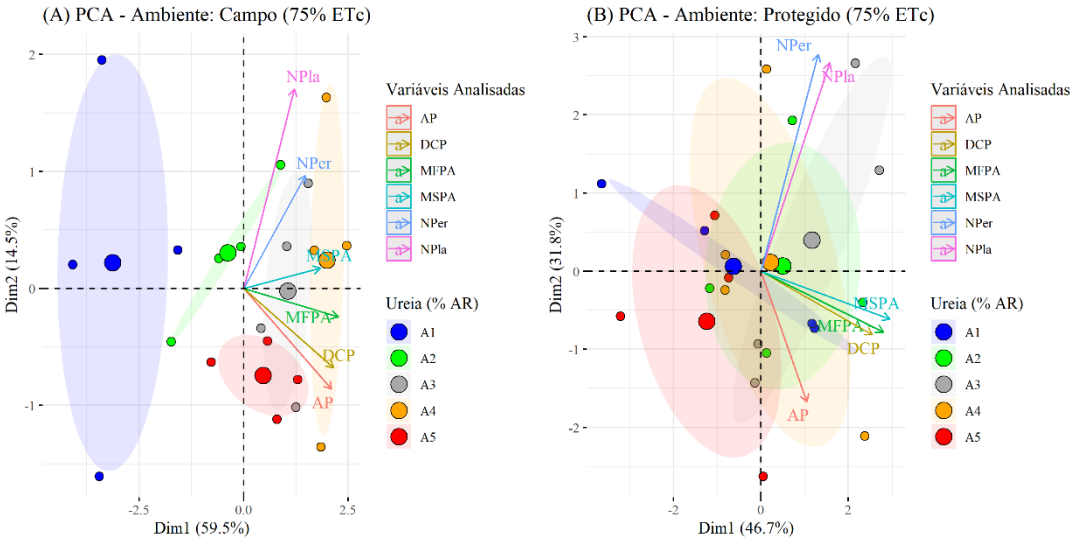
A ACP revelou que, para o cultivo em campo, os parâmetros produtivos da cebolinha verde estiveram mais fortemente associados aos tratamentos com adubações de 100% e 125% da recomendação, independentemente do nível de lâmina aplicado. No ambiente protegido, houve associação predominante com os níveis de 100%, 125% e 150% da AR, demonstrando que, sob condições controladas, adubações mais elevadas promoveram maior expressão das variáveis produtivas. A CP1, representada no eixo horizontal, foi responsável pela maior parte da variação explicada e apresentou correlação positiva com as variáveis analisadas, em especial altura da planta (AP), seguida por diâmetro do colo da planta (DCP), número de plantas (NPla), número de perfilhos (NPer), massa fresca (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA).

Figura 18 - Representação das seis variáveis estudadas da cultura da cebolinha na lâmina de 50% da ET_C nos ambientes de cultivo em campo e protegido, em níveis de nitrogênio N50, N75, N100, N125 e N150 em projeção espacial da ordenação dos vetores.



Fonte: A autora (2025).

Figura 19 - Representação das seis variáveis estudadas da cultura da cebolinha na lâmina de 75% da ET_C nos ambientes de cultivo em campo e protegido, em níveis de nitrogênio N50, N75, N100, N125 e N150 em projeção espacial da ordenação dos vetores.



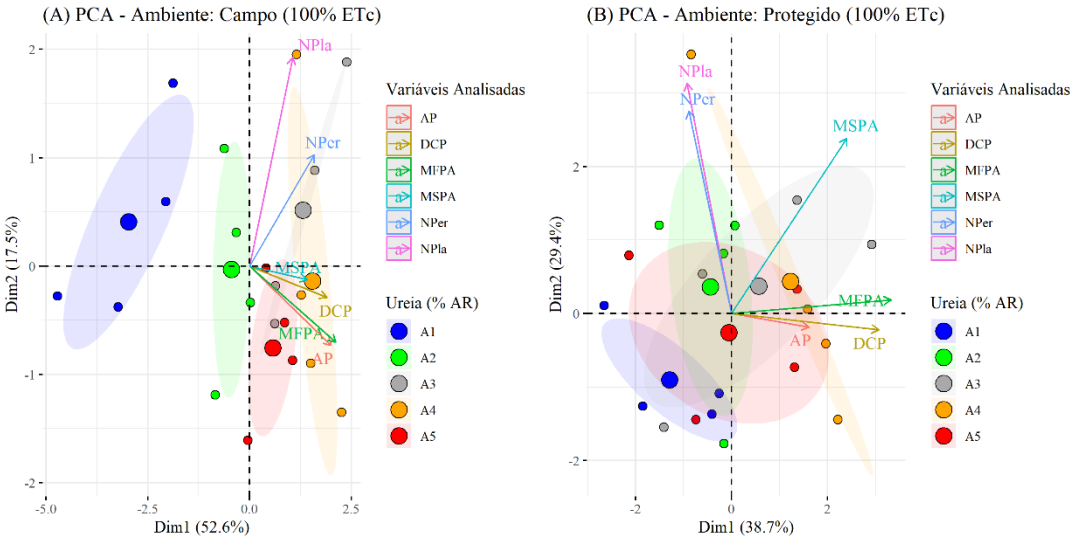
Fonte: A autora (2025).

No cultivo em campo, a CP1 explicou 65,78% da variância total dos dados, sendo fortemente associada às variáveis de crescimento e produtividade, como AP, DCP, NPer, MFPA e MSPA, conforme distribuição vetorial observada na Figura 18. A variável NPla se destacou na CP2, explicando parte da variabilidade de maneira independente das demais, o que indica comportamento particular no estande de plantas. Na Figura 19, observa-se que os tratamentos

com as maiores lâminas (L5) associadas aos níveis médios a altos de adubação (A3 e A4) se agruparam na porção superior direita do plano fatorial, correspondendo aos maiores valores das variáveis produtivas, especialmente MFPA e MSPA. Em contrapartida, os tratamentos com menor disponibilidade hídrica e nutricional (como L1A1 e L2A1) posicionaram-se na região inferior esquerda do gráfico, refletindo baixo desempenho agronômico. Os tratamentos intermediários (como L3A3 e L4A2) apresentaram distribuição mais dispersa, indicando variação moderada entre as variáveis analisadas.

Tendo em vista que em hortaliças, especialmente folhosas, o nitrogênio desempenha papel fundamental no crescimento e no rendimento dos produtos colhidos, um adequado suprimento de nitrogênio está associado à alta atividade fotossintética e ao crescimento vegetativo vigoroso associado a demanda hídrica (Filgueira, 2000). Além de influenciar o crescimento vegetativo, o nitrogênio afeta a qualidade nutricional das hortaliças. Estes parâmetros são considerados essenciais para o sucesso da produção e na escolha pelo consumidor.

Figura 20 - Representação das seis variáveis estudadas da cultura da cebolinha na lâmina de 100% da ET_C nos ambientes de cultivo em campo e protegido, em níveis de nitrogênio N50, N75, N100, N125 e N150 em projeção espacial da ordenação dos vetores.

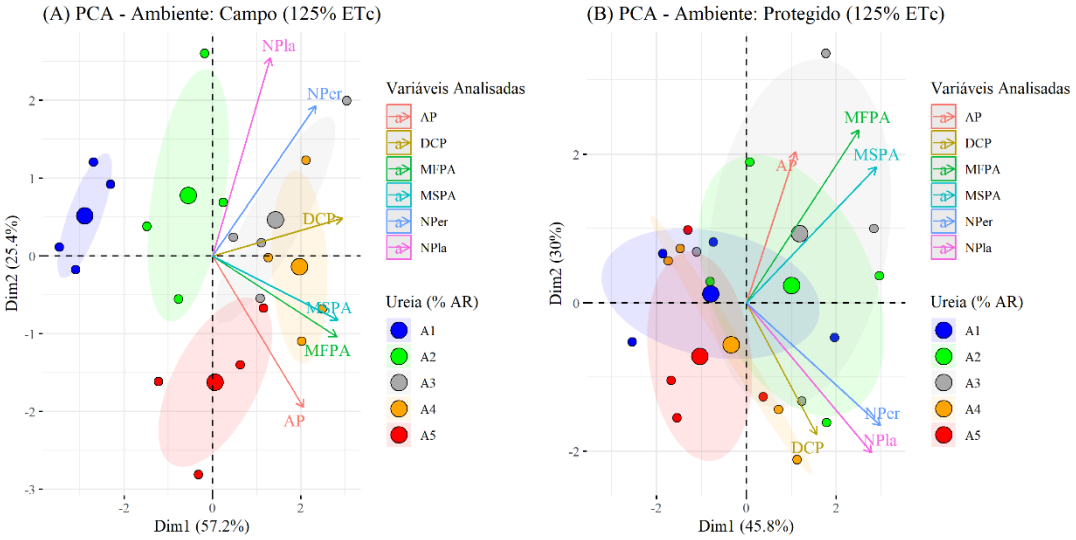


Fonte: A autora (2025).

No ambiente protegido, a CP1 explicou 60,37% da variância total e foi fortemente influenciada pelas variáveis AP, NPla, NPer e MFPA, enquanto a CP2 concentrou parte da explicação nas variáveis DCP e MSPA (Figura 20). Isso indica que, nesse ambiente, o acúmulo de massa seca e o diâmetro do colo da planta apresentaram variação independente em relação

às demais variáveis de crescimento. A Figura 21 evidencia que os tratamentos com melhores desempenhos (L4A3, L5A3 e L5A4) se concentraram no quadrante superior direito, associados aos maiores valores de AP, MFPA e NPer. Por outro lado, os tratamentos L1A1, L1A2 e L2A1 apresentaram os menores desempenhos, agrupando-se no quadrante inferior esquerdo, distantes dos vetores de contribuição positiva. Esses resultados reforçam que, no cultivo protegido, a combinação de lâminas superiores a 120% da ET_C com adubações entre 100 e 125% da AR favoreceu o desenvolvimento vegetativo e produtivo da cebolinha verde.

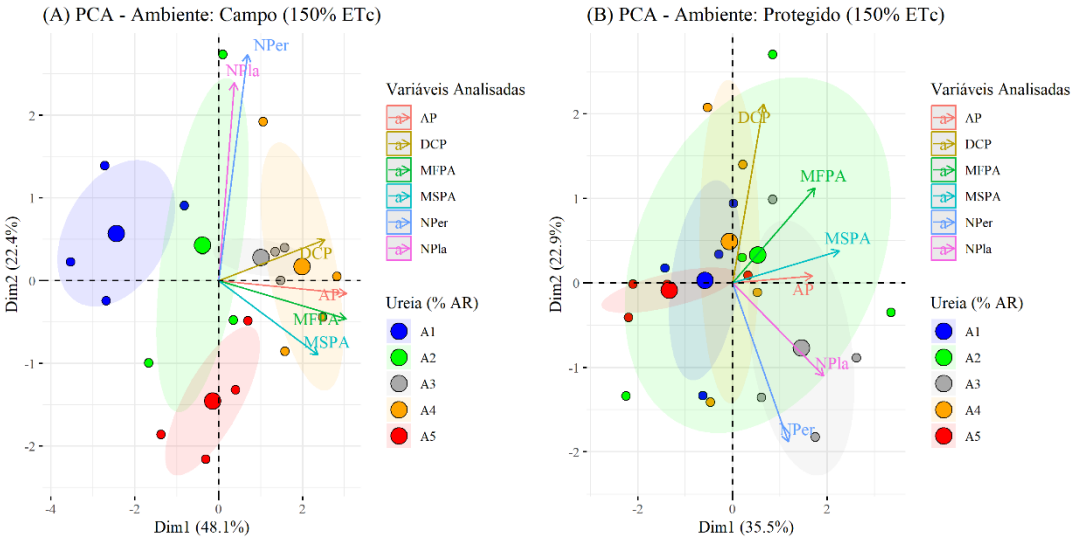
Figura 21 - Representação das seis variáveis estudadas da cultura da cebolinha na lâmina de 125% da ET_C nos ambientes de cultivo em campo e protegido, em níveis de nitrogênio N50, N75, N100, N125 e N150 em projeção espacial da ordenação dos vetores.



Fonte: A autora (2025).

A análise conjunta dos ambientes, ilustrada na Figura 22, evidencia a distinção clara entre os tratamentos conduzidos em campo e em ambiente protegido. Os tratamentos em campo, especialmente aqueles com níveis elevados de adubação (A4), se concentraram mais à direita do plano fatorial, associados às variáveis DCP, MFPA e MSPA. Já os tratamentos do ambiente protegido apresentaram maior dispersão no gráfico, com forte correlação com AP e NPer. Essa distinção sugere que, embora ambos os ambientes tenham favorecido determinados atributos da cultura, o campo mostrou maior influência sobre o acúmulo de biomassa e desenvolvimento do colo da planta, enquanto o ambiente protegido favoreceu o crescimento em altura e perfilhamento. A ACP, portanto, apresenta-se como uma ferramenta eficaz para diferenciar a resposta da cultura da cebolinha verde às combinações de lâmina e adubação, destacando os padrões de desenvolvimento em cada condição de cultivo.

Figura 22 - Representação das seis variáveis estudadas da cultura da cebolinha na lâmina de 150% da ET_C nos ambientes de cultivo em campo e protegido, em níveis de nitrogênio N50, N75, N100, N125 e N150 em projeção espacial da ordenação dos vetores.



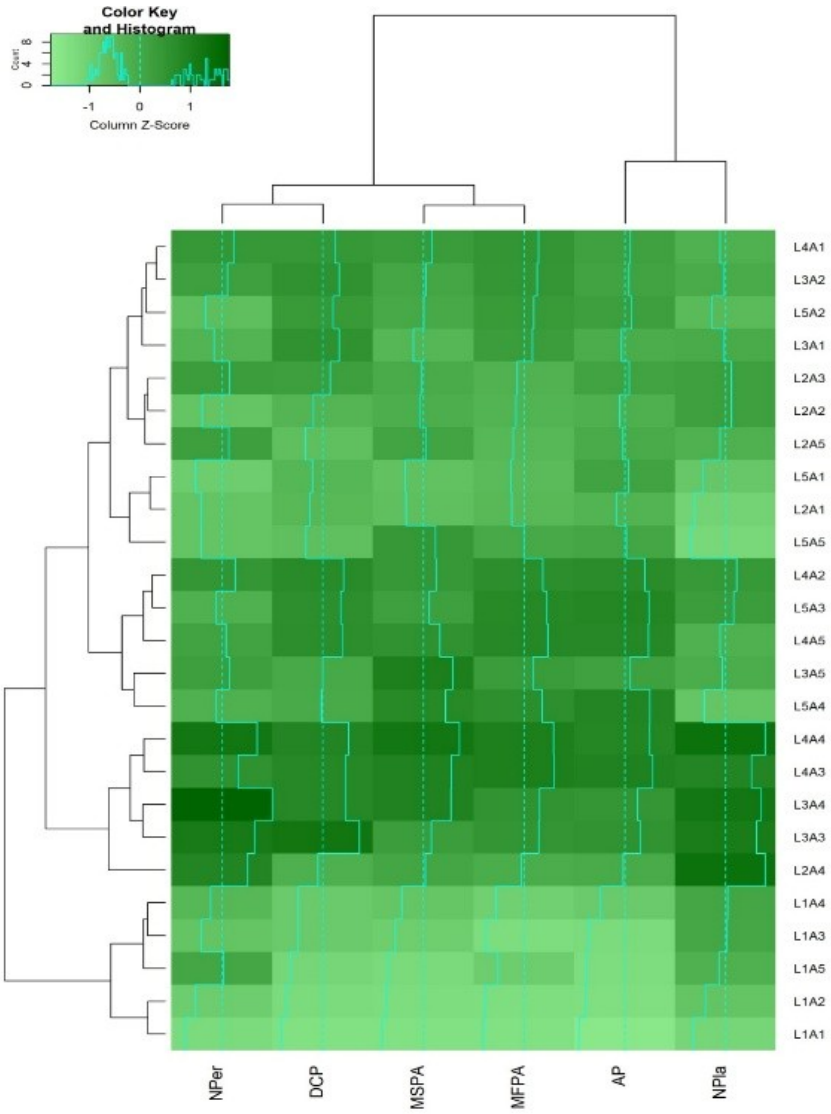
Fonte: A autora (2025).

4.4 Análise hierárquica de Clusters (AHC)

Na Figura 23 estão apresentados os resultados da análise hierárquica de Clusters (AHC) por meio de um agrupamento em propriedade de árvore (dendograma), no qual buscou-se otimizar a visualização das seis variáveis da cultura da cebolinha verde respondendo a interação dos fatores lâminas de irrigação (% ET_C) e níveis de ureia (% AR) no cultivo em campo (Figura 23) e em ambiente protegido (Figura 24).

Para o cultivo em ambiente campo, o dendrograma revela a formação de dois grupos principais. O primeiro agrupa as variáveis relacionadas à biomassa e crescimento vegetativo, como massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da parte aérea (MFPA), altura da planta (AP) e número de perfilhos (NPer). Já o segundo grupo envolve o número de plantas (NPla) e o diâmetro do colo da planta (DCP), com comportamento parcialmente dissociado das demais variáveis. A maior aproximação observada entre MFPA e MSPA indica que os fatores de manejo influenciam de forma conjunta o acúmulo de biomassa fresca e seca na parte aérea. O mesmo padrão se estende ao vínculo entre NPer e AP, que apresentaram forte correlação visual na distribuição de tons intensos (verde escuro), reforçando que o aumento do número de perfilhos esteve associado ao maior crescimento em altura.

Figura 23 - Resultado da análise hierárquica de Cluster (dendograma) das seis variáveis estudadas da cultura da cebolinha cultivada em campo, em resposta as interações de lâminas de irrigação e níveis de adubação nitrogenada (L x N).

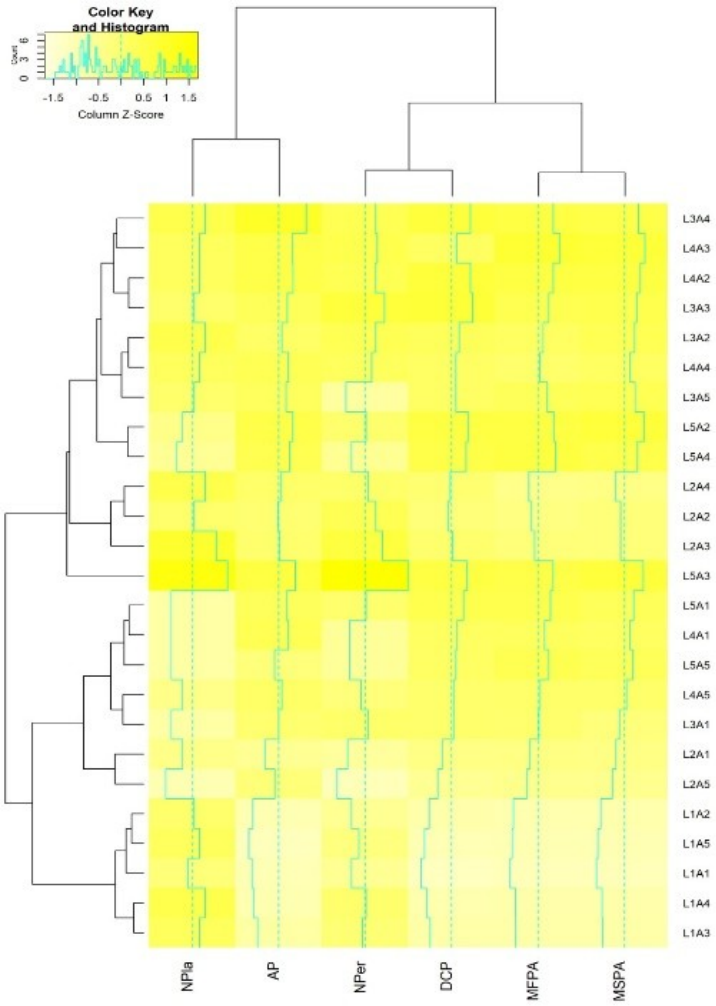


Fonte: A autora (2025).

Quanto aos tratamentos, observou-se que os agrupamentos refletem uma tendência de similaridade principalmente em função dos níveis de adubação nitrogenada, independentemente da lâmina aplicada. Tratamentos com níveis A4 e A5 (125% e 150% da AR), como L5A4, L4A4, L3A4 e L5A5, destacaram-se com coloração mais intensa nas colunas correspondentes às variáveis de produção, indicando maior desempenho agronômico geral. Esses tratamentos foram agrupados em um mesmo ramo do dendrograma, evidenciando comportamento produtivo semelhante. Por outro lado, tratamentos com baixa adubação, como

L1A1, L1A2 e L2A1, apresentaram menor intensidade de cor, e foram agrupados em outra região, reforçando seu menor desempenho.

Figura 24 - Resultado da análise hierárquica de Cluster (dendograma) das seis variáveis estudadas da cultura da cebolinha cultivada em ambiente protegido, em resposta as interações de lâminas de irrigação e níveis de adubação nitrogenada (L x N).



Fonte: A autora (2025).

Para o cultivo em ambiente protegido, a análise evidenciou dois agrupamentos principais entre as variáveis avaliadas. De um lado, número de plantas (NPla), altura da planta (AP) e número de perfilhos (NPer) mostraram comportamento semelhante, relacionados ao desenvolvimento vegetativo. De outro, diâmetro do colo da planta (DCP), massa fresca (MFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) formaram um segundo grupo, associado ao acúmulo de biomassa.

Com relação aos tratamentos, os agrupamentos foram influenciados principalmente pelas lâminas de irrigação, sendo que os maiores valores das variáveis foram observados em tratamentos com lâminas de 100%, 125% e 150% da ET_C, como L3A4, L4A4 e L5A4. Esses resultados indicam que, em ambiente protegido, o manejo da irrigação teve papel mais determinante no desempenho produtivo da cultura do que os níveis de adubação nitrogenada, ressaltando a importância do controle hídrico nesse tipo de sistema.

5 CONCLUSÕES

1. Através da análise multivariada, a altura da planta (AP), o diâmetro do colo da planta (DCP), o número de perfilhos (NPer) e a massa fresca da parte aérea (MFPA) apresentaram maior representatividade dos dados. Então, com base nesses parâmetros, para as condições estudadas em cultivo em campo é indicada a utilização da lâmina de 221,3 mm (equivalente a 125% da ET_C) associada à adubação nitrogenada de 190 kg/ha (equivalente a 125% da AR). Já para o cultivo em ambiente protegido, é indicada a aplicação da lâmina de 213,8 mm (125% da ET_C) associada à adubação nitrogenada de 152 kg/ha (100% da AR).
2. Para os fatores estudados, nas condições do estudo, a cultura da cebolinha verde necessitou de quantidade de água superior à ET_C nos dois ambientes de cultivo, e necessidade nutricional padrão, com 152 kg/ha de nitrogênio, para a recomendação de adubação nitrogenada da cultura em ambiente protegido.

REFERÊNCIAS

AGRISTAR. **Semente Cebolinha Natsuyo**. Disponível em: https://agristar.com.br/topseed-premium/cebolinha/natsuyo/3698/. Acesso em: 15 nov. 2024.

AGROADVANCE. Disponível em: https://agroadvance.com.br/blog-ciclo-do-nitrogenio-no-sistema-solo-planta/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 28 jan. 2025.

ALVARES, C. A. *et al*. **Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*,** Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil. Acesso em: 19 dez. 2024.

ALVES, T. N. B. *et al*. Quantidade e qualidade de água e adubo na produção de cebolinha verde. In: *TECNOLOGIA e inovação em ciências agrárias e biológicas: avanços para a sociedade atual.* [S.l]: Seven, 2023. cap. 15. Disponível em: https://sevenpublicacoes.com.br/editora/article/view/1780/2188. Acesso em: 19 dez. 2024.

AQUINO, B. F. O uso de fertilizantes e corretivos agrícolas e os impactos sobre o meio ambiente. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2009, Fortaleza. **Anais** [...]. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.

ARAÚJO, J. L. *et al*. Crescimento e nutrição mineral de cebolinha verde cultivada hidroponicamente sob diferentes concentrações de N, P e K. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 63, n. 2, p. 232-240, mar./abr. 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rceres/a/sMhwSnYySb3yS4twSCTMFYy/?lang=pt. Acesso em: 02 set. 2024.

ARGENTA, G. *et al*. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, p. 109-119, 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/RR37kTnjW5HWkhWpsbtsQSr/. Acesso em: 02 set. 2024.

BISSANI, C. A. *et al*. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2. ed., 344 p. Porto Alegre, 2008.

BOARETTO, A. E.; MURUOKA, T.; TRIVELIN, P. C. O. Uso eficiente de nitrogênio nos fertilizantes convencionais. **Informações Agronômicas**. IPNI, n. 120, p. 13-14, 2007.

BORTOLOTTO, Rafael Pivotto. **Influência da fertilização nitrogenada no crescimento e na produtividade de hortaliças.** 2011. 154 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

BOSCHIERO, B. N. **Ciclo do nitrogênio**: transformações no sistema solo-planta e implicações na fertilidade do solo. [*S.l: s.n.],* 2023.

BOUYOUCOS, G. J. Método de hidrômetro melhorado para fazer análise granulométrica de solos. **Agronomy Journal**, v. 54, n. 5, p. 464-465, 1962.

BREDEMEIER, Christian; MUNDSTOCK, Cláudio Mário. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 2, p. 365-372, 2000. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/fgh7ZhdCGrrHMSF6XZsS8ZK/abstract/?lang=pt. Acesso em: 02 set. 2024.

CAETANO, A. O.; DINIZ, R. L. C.; BENETT, C. G. S.; SALOMÃO, L. C. Efeito de fontes e doses de nitrogênio na cultura do rabanete. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 4, p. 55-59, 2015. Disponível em: https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/286. Acesso em: 02 set. 2024.

CAMPOS, A. J. de M.; NACARATH, I. R. F. F. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society And Development**, v. 10, e311101523155, 2021. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/23155/20047/273153. Acesso em: 10 dez. 2024.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. *In:* NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CARDOSO, M. O.; BERNI, R. F. Índices agronômicos na cebolinha com doses de sulfato de amônio. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 2375-2382, 2012. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/934882/1/A4632T7252Comp.pdf. Acesso em: 10 dez. 2024.

CARVALHO, A. A.; MONTENEGRO, A. A.; SILVA, H. P.; LOPES, I.; MORAES, J. E. F.; SILVA, T. G. F. Trends of rainfall and temperature in Northeast Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v. 24, n. 1, p. 15-23, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/C7gDRTnZxQTv5bqwttwFC7n/?lang=en. Acesso em: 10 dez. 2024.

CARVALHO, N. L. de; ZABOT, Valdirene. Nitrogênio: nutriente ou poluente? **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 6, p. 960-974, 2012. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/reget/article/download/4671/2990. Acesso em: 10 dez. 2024.

COSTA, A. L.; SILVA, R. M. da; OLIVEIRA, J. G. **Efeitos da fertilização com nitrogênio e da supervisão com água salina na produção de biomassa em plantas forrageiras consorciadas: uma revisão**. ResearchGate, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/xxxx. Acesso em: 10 dez. 2024.

DEMARTELAERE, A. C. F. *et al*. Uso do hidrogel na família das aliáceas: Allium fistulosum e Allium cepa. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 11, p. 90411-90420, nov. 2020. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/20221. Acesso em: 04 jan. 2025.

EMBRAPA SEMIÁRIDO. **Cultivo da cebolinha verde (Allium fistulosum L.) no semiárido brasileiro. Petrolina**: Embrapa Semiárido, 2009. 7 p. (Embrapa Semiárido. Folder técnico, 105). Disponível em:

https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/786582/1/FOL105.pdf. Acesso em: 04 jan. 2025.

ESPINDULA, M. C.; ROCHA, V. S.; SOUZA, M. A.; GROSSI, J. A. S.; SOUZA, L. T. de. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 6, p. 1404-1411, nov./dez. 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cagro/a/CtLXh9DFsJmscXQT9nkLsNn/. Acesso em: 04 jan. 2025.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. **Nutrição mineral e diagnóstico do estado nutricional de hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 88 p.

FERREIRA, F. E. P.; CASIMIRO, M. I. E. C. O cultivo da cebolinha gerando renda na Agricultura Familiar de Juazeiro. ENCONTRO UNIVERSITÁRIO DA UFC NO CARIRI. 3., 2011, Juazeiro. **Anais** [...]. Universidade Federal do Ceará, Juazeiro, 2011. Disponível em: http://encontros.cariri.ufc.br/index.php/eu/eu2011/paper/viewFile/.../417. Acesso em: 04 jan. 2025.

FILGUEIRA, A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa, UFV, 2008. 421 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2013. 421 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FONSECA, A. F. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado**. 2001. 126 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-09052002-091555/pt-br.php. Acesso em: 22 dez. 2024.

FREDDO, A. R.; CECHIM, F. E.; MAZARO, S. M. Conservation of post-harvest leaves of green onion (Allium fistulosum L.) with the use of salicylic acid solution. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 6, n. 3, p. 87-94, 2014. Disponível em: https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/viewFile/2605/2196#:~:text=The%20application%20of%20salicylic%20acid,as%20which%20was%20the%20activated. Acesso em: 22 dez. 2024.

GALINDO, F. S. *et al*. Manejo da adubação nitrogenada no capim-mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 4, p. 900-913, 2018. Disponível em: https://revistas.rcaap.pt/index.php/rca/article/view/16758. Acesso em: 22 dez. 2024.

GAO, L.; SU, J.; TIAN, Q.; SHEN, Y. Estratégias contrastantes de absorção e utilização de nitrogênio em plantas de alfafa sob diferentes estresses hídricos. **J. Soil Sci. Plant Nutr**., v. 20, n. 3, p. 1515–1523, 2020. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-020-00230-0. Acesso em: 10 dez. 2024.

HEIDARI, M.; GALAVI, M.; HASSANI, M. Effect of sulfur and iron fertilizers on yield, yield components and nutrient uptake in sesame (Sesamum indicum L.) under water stress. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 44, p. 8816-8822, 2011. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/0b6d/b472a49700a817c268d115129a72f4145451.pdf. Acesso em: 10 dez. 2024.

HEREDIA ZÁRATE, N. A.; MATTE, L. C.; VIERA, M. C.; GRACIANO, J. D.; HEID, D. M.; HELMICH, M. Amontoas e cobertura do solo com cama-de-frango na produção de cebolinha, com duas colheitas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 449-454, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/asagr/a/Ydt3QdmQNgr7php4QDDKt9s/?lang=pt. Acesso em: 10 dez. 2024.

HEREDIA, N. A.; VIEIRA, M. C.; WEISMANN, M.; LOURENÇÃO, A. L. F. Produção e renda bruta de cebolinha e de salsa em cultivo solteiro e consorciado. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 3, p. 574-577, jul./set. 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/j/hb/a/G9ZLCybdZZqCvbWMc4t7hmm/abstract/?lang=pt. Acesso em: 22 dez. 2024.

HIRATA, A. C. S.; HIRATA, E. K.; MONQUERO, P. A. Manejos do solo associados a telas de sombreamento no cultivo da cebolinha no verão. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 2, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/j/hb/a/54sq6FR65J5bjX44FS5G6Cy/abstract/?lang=pt. Acesso em: 22 dez. 2024.

ILSA BRASIL. **Impactos do uso de nitrogênio nas plantas e suas fontes**. 2016. Disponível em: https://ilsabrasil.com.br/impactos-do-uso-de-nitrogenio-nas-plantas-e-suas-fontes/. Acesso em: 22 jan. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 2006. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2016/. Acesso em: 02 jan. 2025.

KAISER, H. F. The application of electronic computers to factor analysis. **Educational and Psychological Measurement**, v. 20, 1960.

KAISER, D. R. **Nitrato na solução do solo e na água de fontes para consumo humano numa microbacia hidrográfica produtora de fumo**. 2006. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/handle/1/5547?locale-attribute=en. Acesso em: 19 dez. 2024.

KANEKO, Márcia Gonçalves. **Produção de coentro e cebolinha em substratos regionais da Amazônia à base de madeira em decomposição (PAÚ)**. 2006. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) -Universidade de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em: https://repositorio.unb.br/handle/10482/5071. Acesso em: 19 dez. 2024.

LEÃO, Fernanda Silva. **Produção de cebolinha verde (*Allium fistulosum* L.) utilizando diferentes substratos alternativos**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2020. Disponível em:

https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/1560/1/TCC%20Fernanda%20Leao.pdf. Acesso em: 19 dez. 2024.

LEITE, J. M.; VILLALBA, H. A. G.; OTTO, R.; TRIVELIN, P. C. O. Fertilizantes nitrogenados: novas tecnologias. **Informações Agronômicas**, n. 145, 2014. Disponível em: https://www.ipni.net/publication/ia.nsf/ptc/145. Acesso em: 22 dez. 2024.

LIBARDI, P. L**. Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Edusp, 2005.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil**. 2004. Disponível em: http://www.cf.org.br/cf2004/irrigacao.doc. Acesso em: 28 nov. 2024.

LOURENÇO, E. R. C. *et al*. Necessidades hídricas da cultura do gergelim na região da Chapada do Apodi, Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 4, p. 1275-1289, 2018. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/236785. Acesso em: 10 dez. 2024.

MAIA JÚNIOR, S. D. O. *et al*. Caracterização morfológica e produtiva e suas correlações em cultivares de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agrícola**, v. 16, n. 1, p. 31-42, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.28998/rca.v16i1.4060. Acesso em: 29 nov. 2024.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1979. 255 p.

MANSOUR, E. *et al*. Identifying drought-tolerant genotypes of barley and their responses to various irrigation levels in a Mediterranean environment. **Agricultural Water Management**, v. 194, p. 58-67, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.09.003. Acesso em: 15 dez. 2024.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. da. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2017. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1085967/1/digitalizar0249.pdf. Acesso em: 5 jan. 2025.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. da; OLIVEIRA, R. A. de. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 1989. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/773014. Acesso em: 9 dez. 2024.

MARROCOS, S. T. P. **Produtividade e qualidade de cebola fertirrigada em função de doses de potássio e épocas de cultivo.** 2015. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

MASSARANDUBA, W. M. **Produção de cebola sob lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio na bacia do rio Poxim**. 2020. 74 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020. Disponível em: https://ri.ufs.br/handle/riufs/14271?mode=full. Acesso em: 6 dez. 2024.

MORAIS, M. A. R. de *et al*. Importância da irrigação na produção de hortaliças. *In:* ANDRADE, M. V. S. (org.). **Perspectivas na horticultura:** inovação e sustentabilidade. Divinópolis: Editora UEMG, 2021. Cap. 3. p. 55-72.

MUNITZ, S.; SCHWARTZ, A.; NETZER, Y. Water consumption, crop coefficient and leaf area relations of a *Vitis vinifera* cv. 'Cabernet Sauvignon' vineyard. **Agricultural Water Management**, v. 219, p. 1-9, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.049. Acesso em: 6 dez. 2024.

OLIVEIRA, A. J. de *et al*. Produção de cebolinha cultivada sob telas de sombreamento em Cáceres - MT. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, p. 1782-1791, 2019. Disponível em: https://www.conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3887. Acesso em: 3 jan. 2025.

PÁDUA, J. M. *et al*. Nitrogênio no crescimento da planta e na qualidade das raízes da mandioquinha-salsa. **Ciência Rural**, v. 1, p. 32-38, 2013.

PEREIRA, R. C.; SANTOS, O. G. **Plantas Condimentares: cultivo e utilização**. Fortaleza: Embrapa Agroindustrial Tropical, 2013. 42 p. (Documentos – 161).

PEREIRA, A. L.; CRUZ, R. L.; KROLL, L. B. Efeitos de lâminas de água e doses de adubação nitrogenada em cobertura sobre a produção do feijoeiro. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. **Anais [...].** Fortaleza: SBEA, 2000.

PEREIRA, R. S. *et al*. Função de resposta da alface americana aos níveis de água e doses de nitrogênio**. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, p. 1-10, 2006.

PINCELLI, R. P. **Tolerância à deficiência hídrica em cultivares de cana-de-açúcar avaliada por meio de variáveis morfofisiológicas**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2010. Disponível em: https://acervodigital.unesp.br/handle/11449/86349. Acesso em: 16 ago. 2024.

PURQUERIO, L. F. V. **Crescimento, produção e qualidade de rúcula (Eruca sativa Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio**. 2005. 112 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Horticultura) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2005.

QUEIROZ, J. P. S. *et al*. Estabilidade fenotípica de alfaces em diferentes épocas e ambientes de cultivo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 276-283, 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rca/a/TYhzQ9Zm3ggnsfHzW8tChbQ/?lang=pt

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; YURI, J. E. Cultivo da cebolinha: cultivares e ajustes na recomendação de adubação NPK para o Submédio do Vale do São Francisco. **Embrapa Semiárido – Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2015. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1027939. Acesso em: 04 jan. 2025.

REZENDE, R. *et al*. Influência da aplicação de água na uniformidade da umidade no perfil do solo. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1553-1559, 2002.

ROCHETTE, P. *et al*. Banding urea increased ammonia volatilization in a dry acidic soil. **Journal of Environmental Quality**, v. 38, n. 4, p. 1383-1390, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.2134/jeq2008.0499. Acesso em: 10 jan. 2025.

ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; OLIVEIRA, R. H. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 301-309, 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/XqYSFcMk7pCHLS66KBRj5jp/. Acesso em: 05 jan. 2025.

SANTANA, M. J. *et al*. Adubação nitrogenada na produção da cultura da cebolinha: uma experiência de pesquisa. *In*: SILVA, L. L. D. (org.). **Ensino, pesquisa e extensão em desenvolvimento: volume II**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2016. p. 123-130.

SANTANA, J. *et al*. Resposta de cultivares de alface sob diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, p. 1332-1346, 2019. Disponível em: https://www.conhecer.org.br/enciclop/2019a/agrar/resposta.pdf. Acesso em: 05 jan. 2025.

SANTOS, D. C. dos *et al*. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 2, p. 429-438, 2009.

SANTOS, L. A. **Sistema lisimétrico de informações para monitoramento do consumo de água pelas plantas (SLIMCAP)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agronômica) – Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca, 2018. Disponível em: https://ud10.arapiraca.ufal.br/repositorio/publicacoes/1947. Acesso em: 05 jan. 2025.

SANTOS, M. A. L. *et al*. Desempenho agronômico e análise multivariada na produção da cebolinha verde em resposta a lâminas de irrigação e níveis de adubação sintética. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, 2020. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15119. Acesso em: 05 jan. 2025.

SILVA, A. P. G. da *et al*. Características físico-químicas de cebolinhas comum e europeia. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 4, p. 293-298, out./dez. 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/bjft/a/JfkKRs94wQW4wFry3X7hDmc. Acesso em: 04 jan. 2025.

SILVA, C. B. **Desempenho agronômico da alface irrigada com águas salinas em campo e ambiente protegido**. 2019. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca, 2019. Disponível em: https://ud10.arapiraca.ufal.br/repositorio/publicacoes/2928. Acesso em: 04 jan. 2025.

SILVA, C. B. *et al*. Função produção da cultura da cebolinha verde (Allium fistulosum L.): níveis de água e adubo orgânico no Agreste Alagoano. **Revista Ambientale**, v. 10, n. 3, out./dez. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329680207_Funcao_producao_da_cultura_da_cebolinha_verde_Allium_fistulosum_L_niveis_de_agua_e_adubo_organico_no_Agreste_Alagoas. Acesso em: 04 jan. 2025.

SILVA, D. R. G. *et al*. Eficiência nutricional e aproveitamento do nitrogênio pelo capim-marandu de pastagem em estágio moderado de manipulação sob doses e fontes de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 2, p. 242-249, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cagro/a/9CvVnPtSHjSxPZqyKV5R35r/. Acesso em: 04 jan. 2025.

SILVA, J. C. A. *et al*. Crescimento e produção de genótipos de gergelim em função de lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 408–416, 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/zPJDH3tthwsGB6wHJYyPK4n/. Acesso em: 07 jan. 2025.

SILVA, L. S. da *et al*. **Efeito de lâminas de irrigação e adubação nitrogenada na cultura do rabanete. Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SILVA, J. C. A. *et al*. Estratégia de uso de água salobra na produção de cebolinha verde em casa de vegetação. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 42014-42027, 2020. Disponível em: https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/13812. Acesso em: 07 jan. 2025.

SILVA, P. O. da *et al*. Ureia como fonte de nitrogênio na fisiologia e crescimento inicial de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae). **Ciência Florestal**, v. 4, p. 1192-1200, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cflo/a/yhK9LR34q3VCbc7ZTNDKFjB/. Acesso em: 04 jan. 2025.

SILVA, F. O. *et al*. Lixiviação de nitrogênio em um sistema de produção de alface. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, e0180011, 2019.

SINGH, I.; VERMA, R. R.; SRIVASTAVA, T. K. Growth, yield, irrigation water use efficiency, juice quality and economics of sugarcane in Pusa hydrogel application under different irrigation scheduling. **Sugar Tech**, v. 20, n. 1, p. 29-35, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s12355-017-0515-9. Acesso em: 04 jan. 2025.

SOUZA, É. M. de *et al*. Efeitos da irrigação e adubação nitrogenada sobre a massa de forragem de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1160-1169, 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbz/a/mPmdyfvWvQwvhC9vT7xQNbC/?lang=pt. Acesso em: 04 jan. 2025.

SOUZA, L. **O guia completo da adubação nitrogenada para altas produtividades.** *[S. l.]:* Instituto Agro, 2018.

SOUZA, M. P. S. *et al*. Crescimento, fisiologia e compostos voláteis de cebolinha em resposta a diferentes níveis de restrição hídrica. **Revista Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 30, n. 1, p. 1-13, 2021. Disponível em: https://ojs.unesp.br/index.php/rculturaagronomica/article/view/2446-8355.2021v30n1p1-13. Acesso em: 04 jan. 2025.

SOUZA, M. P. de; CUNHA, L. P. **Fertilizantes e seu uso eficiente.** 2017. 44 p. Disponível em: https://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf. Acesso em: 29 jan. 2025.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E. R. *et al*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TRENKEL, M. E. **Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture**. Paris: International Fertilizer Industry Association (IFA), 2010. 160 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – UNIRIO. *Allium fistulosum L.* 2020. Disponível em: https://www.unirio.br/ccbs/ibio/herbariohuni/allium-fistulosum-l. Acesso em: 11 jan. 2025.

VIEIRA FILHO, P. S. *et al*. Fertirrigação com nitrogênio na cultura da rúcula. **Revista Agrarian**, v. 10, n. 38, p. 304-310, 2017. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/4138. Acesso em: 11 jan. 2025.

VILLIERS, M. **Água**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2002. 457 p.

WAKCHAURE, G. C. *et al*. Growth, bulb yield, water productivity and quality of onion (*Allium cepa* L.) as affected by deficit irrigation regimes and exogenous application of plant bio–regulators. **Agricultural Water Management**, v. 199, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377417303852. Acesso em: 11 jan. 2025.

WILLS, R. *et al*. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals.** Wallingford: CABI, 2007.

XAVIER, R. A.; DORNELLAS, P. C. Caracterização ambiental do município de Arapiraca, Região Agreste de Alagoas. **Revista Ambientale**, v. 3, n. 3, p. 108-121, 2012. Disponível em: https://periodicosuneal.emnuvens.com.br/ambientale/article/view/89. Acesso em: 11 jan. 2025.