



**UEPB**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**

**CAMPUS IV**

**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E AGRÁRIAS**

**DEPARTAMENTO DE AGRÁRIAS E EXATAS**

**CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**MILENA EMANUELA DE JESUS BARROS**

**MAGNÉSIO COMO ATENUANTE DO DÉFICIT HÍDRICO NA CULTURA DO  
RABANETE**

**CATOLÉ DO ROCHA, PB**

**2024**

MILENA EMANUELA DE JESUS BARROS

**MAGNÉSIO COMO ATENUANTE DO DÉFICIT HÍDRICO NA CULTURA DO  
RABANETE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Agronomia da  
Universidade Estadual da Paraíba, Campus IV,  
como requisito parcial a obtenção do título de  
Bacharel em Agronomia.

**Área de concentração:** Fisiologia de Plantas  
Cultivadas

**Orientadora:** Prof<sup>fa</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rayane Nunes Gomes

CATOLÉ DO ROCHA, PB

2024

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B277m Barros, Milena Emanuela de Jesus.

Magnésio como atenuante do déficit hídrico na cultura do rabanete [manuscrito] / Milena Emanuela de Jesus Barros. - 2024.

31 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Humanas e Agrárias, 2024.

"Orientação : Prof. Dra. Rayane Nunes Gomes, Departamento de Agrárias e Exatas - CCHA".

1. Estresse abiótico. 2. Macronutriente secundário. 3. Produção vegetal. I. Título

21. ed. CDD 635.15

MILENA EMANUELA DE JESUS BARROS

MAGNÉSIO COMO ATENUANTE DO DÉFICIT HÍDRICO NA CULTURA DO  
RABANETE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Coordenação do Curso de Agronomia da  
Universidade Estadual da Paraíba, como  
requisito parcial à obtenção do título de  
Bacharela em Agronomia

Aprovada em: 16/05/2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado eletronicamente por:

- **Danielly da Silva Lucena** (\*\*\*.427.484-\*\*), em **26/12/2024 18:43:41** com chave **7967c9a0c3d211ef83901a1c3150b54b**.
- **Rayane Nunes Gomes** (\*\*\*.797.904-\*\*), em **26/12/2024 17:38:29** com chave **5d96cd56c3c911efa6351a1c3150b54b**.
- **Paulo Cássio Alves Linhares** (\*\*\*.581.244-\*\*), em **26/12/2024 17:39:59** com chave **92ed103cc3c911ef868d1a1c3150b54b**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do  
QRCode ao lado ou acesse [https://suap.uepb.edu.br/comum/  
autenticar\\_documento/](https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/) e informe os dados a seguir.

**Tipo de Documento:** Folha de Aprovação do Projeto Final

**Data da Emissão:** 03/01/2025

**Código de Autenticação:** 014a80



## **DEDICATÓRIA**

Primeiramente à Deus, que foi essencial nos momentos difíceis, me proporcionando força e coragem durante toda a caminhada. À toda minha família pelo apoio incondicional e ao meu orientador pelo o apoio e incentivo, DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, a minha fonte inesgotável de Esperança e Fé! Sem Ele eu jamais teria chegado até aqui.

Ao Professor, Dr. Paulo Cássio Alves Linhares pela orientação e contribuição grandiosa na minha formação acadêmica.

À prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Lúcia Maurício da Silva e ao prof. Dr. Danilo Silva pela colaboração e contribuição para a melhoria desse trabalho.

À Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) pela oportunidade de realizar um Curso de Graduação em Agronomia.

Aos professores do Curso de Graduação em Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias e Exatas, UEPB, Campus IV, pelos ensinamentos e experiências compartilhadas.

Aos meus pais, Maria Francisca e Manoel Barros, pela vida concedida e todo apoio que me deram na minha jornada.

A minha esposa e companheira de vida, Vivia França pelo apoio, companheirismo, compreensão, paciência que teve comigo durante a escrita deste trabalho, por me dá conselhos nos momentos difíceis do curso e por sempre acreditar que eu seria capaz de chegar até aqui.

Aos amigos, Viviane Martins, Carla Regina e Dirce Maria por colaborarem com a execução desse trabalho e, aos demais, pela convivência harmoniosa e alegrias compartilhadas.

**Obrigada!**

## **EPÍGRAFE**

*“Enquanto você sonha, você está fazendo o rascunho do seu futuro.”*

*Charles Chaplin*

## RESUMO

O estresse hídrico é uma das principais limitações que afetam a produção de culturas em regiões áridas e semiáridas, resultando em perdas significativas de rendimento. Nesse contexto, a busca por estratégias sustentáveis e eficazes para mitigar os efeitos negativos do estresse hídrico se torna imperativa. O magnésio é um elemento essencial para o crescimento das plantas e desempenha papéis cruciais em processos fisiológicos, incluindo a regulação da abertura estomática, síntese de clorofila e metabolismo energético. No entanto, seu efeito específico no enfrentamento do estresse hídrico na cultura do rabanete ainda não foi completamente elucidado. O presente estudo investigou o potencial do magnésio em atenuar o estresse hídrico na cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.). Este estudo empregou uma abordagem experimental, utilizando uma concentração de magnésio a 2% em condições controladas de estresse hídrico, sob três lâminas de irrigação (80%, 50% e 30% da capacidade de campo), realizada em casa de vegetação. Os parâmetros avaliados incluíram crescimento vegetativo, taxa de fotossíntese e produção das plantas submetidas às condições de estresse e tratamentos com magnésio. Obtendo respostas positivas nos tratamentos com magnésio a 2% sob estresse hídrico, com lâmina de irrigação a 50% da capacidade de campo, como maior número de folhar, massa fresca e seca da parte aérea, como também bom desempenho das trocas gasosas. Sob condições normais de água e com aplicação do Mg as plantas apresentaram maior atividade fotossintética e crescimento. O Mg2% foi eficiente para atenuar os efeitos do déficit hídrico a 50% CC. Em condições de déficit hídrico de 30% CC o magnésio não atenua os efeitos causados por esse estresse abiótico.

**Palavras-chave:** estresse abiótico; macronutriente secundário; produção vegetal.

## ABSTRACT

Water stress is one of the main limitations affecting crop production in arid and semi-arid regions, resulting in significant yield losses. In this context, the search for sustainable and effective strategies to mitigate the negative effects of water stress becomes imperative. Magnesium is an essential element for plant growth and plays crucial roles in physiological processes, including the regulation of stomatal opening, chlorophyll synthesis and energy metabolism. However, its specific effect on coping with water stress in radish crops has not yet been completely elucidated. The present study investigated the potential of magnesium in alleviating water stress in radish (*Raphanus sativus* L.) crops. This study employed an experimental approach, using a 2% magnesium concentration under controlled water stress conditions, under three irrigation levels (80%, 50% and 30% of field capacity), carried out in a greenhouse. The parameters evaluated included vegetative growth, photosynthesis rate and production of plants subjected to stress conditions and magnesium treatments. Obtaining positive responses in treatments with 2% magnesium under water stress, with irrigation depth at 50% of field capacity, such as greater number of leaves, fresh and dry mass of the aerial part, as well as good gas exchange performance. Under normal water conditions and with Mg application, plants showed greater photosynthetic activity and growth. Mg2% was efficient in mitigating the effects of water deficit at 50%CC. In conditions of water deficit of 30%CC, magnesium does not mitigate the effects caused by this abiotic stress.

**Keywords:** abiotic stress; secondary macronutrient; vegetables production.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Número de folhas (NF, A), massa fresca da parte aérea (MFPA, B), área foliar (AF, C), diâmetro longitudinal da raiz (DL, D), diâmetro transversal da raiz (DT, E) e °Brix (F)..... 20
- Figura 2.** Assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A, A), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*, B), transpiração (*E*, C) e concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*, D) ..... 22
- Figura 3.** Massa seca da parte aérea (MSPA, A), relação raiz/parte aérea (R/PA, B), massa seca da raiz (MSR, C) e massa seca total (MST, D) 23

## LISTA DE TABELAS DOS APÊNDICES

<b>APÊNDICE A</b> - Valores de F para número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), área foliar (AF), diâmetro longitudinal da raiz (DL), diâmetro transversal da raiz (DT), °Brix, assimilação líquida de CO <sub>2</sub> (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci), massa seca da parte aérea (MSPA), relação raiz/parte aérea (R/PA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST).....	29
---	----

## LISTA DE FIGURAS DOS APÊNDICES

<b>APÊNDICE B</b> - Mudas referente aos tratamentos (1), pesagem da parte aérea (2), pesagem da raiz tuberosa (3).....	30
<b>APÊNDICE C</b> - Análise de trocas gasosas com IRGA (1), mudas cobertas com tela de sombreamento (2), pesagem do sulfato de magnésio (3), aplicação foliar do Mg (4).....	31

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 A cultura do rabanete .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 O déficit hídrico na cultura do rabanete.....</b>	<b>14</b>
<b>2.3 O magnésio como atenuante do déficit hídrico .....</b>	<b>15</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Local do experimento.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 Delineamento experimental.....</b>	<b>16</b>
<b>3.3 Condução experimental.....</b>	<b>16</b>
<b>3.4 Variáveis analisadas.....</b>	<b>17</b>
<b>3.5 Análise estatística.....</b>	<b>18</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>24</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>28</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O rabanete (*Raphanus sativus* L.), planta da família Brassicaceae, que também inclui vegetais como couve, repolho e mostarda, é conhecido pelo seu pequeno e característico bulbo de raiz comestível, que pode variar em tamanho, forma e cor, dependendo da variedade (POHLMANN, 2019). É um vegetal de crescimento rápido, o qual é cultivado em todo o mundo, devido à sua facilidade em se adaptar em diferentes climas e por ser uma cultura de ciclo curto, tornando-se uma opção interessante para o produtor rural.

Essa cultura é considerada uma das mais antigas do mundo, cultivada a milhares de anos pelos egípcios, gregos e romanos. Originada na Europa e Sudeste da Ásia, espalhou-se pelo mundo ao longo do tempo, à medida que as pessoas trocavam informações e sementes. O rabanete destaca-se por apresentar propriedades medicinais e vitaminas dos tipos A, C, B1, B2 e B6, e ainda nutrientes como magnésio, cálcio, potássio e fósforo de baixa caloria, podendo ser consumido na forma de saladas e pratos principais (FERNANDES et al., 2018). Além disso, essa hortaliça é rica em carboidratos, açúcares, fibras alimentares e proteínas (BANIHANI, 2017).

O cultivo dessa hortaliça é uma atividade fácil e de baixo custo financeiro, principalmente em pequenas áreas, sendo uma ótima alternativa para pequenos agricultores, a exemplo de agricultores familiares. Além disso, o rabanete pode ser cultivado em consórcio com outras hortaliças, aproveitando o espaço, melhorando a qualidade do solo e aumentando a produtividade e renda dos produtores (MESQUITA et al., 2011).

Assim como todas as culturas, o rabanete exige uma nutrição adequada em nitrogênio, fósforo e potássio para se desenvolver adequadamente, entretanto, na literatura especializada, são incipientes os trabalhos relacionados a nutrição de plantas dessa cultura, especificamente, quando o fator limitante é o estresse hídrico. Diante disso, é de suma importância a realização de pesquisas com uso de nutrientes alternativos, como o magnésio, macronutriente secundário, principalmente para a geração de conhecimento e aumento da produção dessa hortaliça.

Plantas sob estresse hídrico respondem com o fechamento dos estômatos, para evitar a perda excessiva de água, e como consequência, a entrada de CO<sub>2</sub> é reduzida, juntamente com a taxa de fotossíntese e transpiração, o que contribui para a perda do potencial produtivo. Uma alternativa para reduzir o estresse hídrico é a suplementação com o magnésio, pois esse nutriente tem função de ativar diversas enzimas essenciais ao metabolismo das plantas, como as enzimas fosforilativas, as quais são importantes para a fotossíntese, respiração e reação de produção de compostos orgânicos (MALAVOLTA, 2006).

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo testar o magnésio, como

suplementação foliar, para atenuar os efeitos do déficit hídrico na cultura do rabanete, uma vez que esse macronutriente secundário estimula a fotossíntese e o acúmulo de açúcares na raiz, além de que a aplicação foliar tem efeito imediato e de baixo custo financeiro.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A cultura do rabanete**

O rabanete (*Raphanus sativus* L.), pertencente à família Brassicaceae, é uma hortaliça de pequeno porte e ciclo curto, que possui propriedades medicinais e estimulantes, com ação digestiva, diurética, antiescorbútica e expectorante muito utilizado como xarope em casos de bronquite, além de ser um vegetal que apresenta um grande valor nutricional (FILGUEIRA, 2008; GOUVEIA, 2016).

No Brasil, a produção anual dessa cultura é de aproximadamente nove mil toneladas, sendo essa produção em sua maior parte realizada em pequenas propriedades de até cinco hectares (IBGE, 2017). Apesar do rabanete ainda não ser considerado um cultivo de expressão econômica muito forte, a possibilidade de ser produzido por pequenos e médios produtores se reveste de grande importância social. É uma espécie com grande adaptabilidade, que pode ser cultivada em diferentes regiões, além de ser uma hortaliça de ciclo curto podendo ser cultivada o ano inteiro, apresentando uma variabilidade em ser produzida de forma única ou consorciada com outras culturas, a exemplo da alface (DAMASCENO *et al.*, 2016).

Assim como todas as culturas, o rabanete exige condições edafoclimáticas ideais para a obtenção de uma boa produção, considerando-se como clima ideal, temperaturas na faixa de 20 a 30 °C, resultando em uma ótima germinação e produtividade de raízes tuberosas. A semeadura deve ser realizada no local definitivo, uma vez que o rabanete é uma cultura intolerante ao transplantio. Na semeadura, as sementes são colocadas de maneira uniforme em sulcos com 10 a 15 mm de profundidade e espaçamento ideal de 20 a 25 cm. O desbaste é feito quando as plantas atingem altura média de 5 cm, permanecendo apenas as mais vigorosas, podendo, portanto, ser cultivada em qualquer época do ano (FILGUEIRA, 2008), inclusive com outras culturas de ciclo mais longos (AKRAM *et al.*, 2016a; GOYENECHE *et al.*, 2015).

O ciclo fenológico da cultura do rabanete, período que compreende desde a semeadura até a maturidade fisiológica, está dividido em duas fases ou estágios: vegetativo e reprodutivo. O estágio vegetativo é caracterizado pela emissão de folhas e desenvolvimento do bulbo, com

raiz tuberosa de aspecto branco no seu interior e rosado no exterior, enquanto o estágio reprodutivo tem início com o pendoamento, seguido do florescimento e posterior frutificação. Estudos apontam o pendoamento é uma espécie de dispersão “forçada” de sementes devido ao estresse causado por fatores abióticos (GOUVEIA, 2016).

## **2.2 O déficit hídrico na cultura do rabanete**

O rabanete é uma cultura que requer uma quantidade de água adequada para crescer e se desenvolver de forma saudável, e assim trazer bons frutos para o produtor. A distribuição correta de água na cultura do rabanete, além de constituir um importante fator de produção, também pode favorecer o aumento da produtividade, bem como o aprimoramento da qualidade do produto (PEREIRA *et al.*, 2018).

As plantas podem estar sujeitas a diferentes tipos de estresses abióticos, entretanto o estresse hídrico causado pela seca se destaca por ser um dos mais comuns nos ecossistemas e por ocasionar sérias disfunções fisiológicas nas plantas (TAIZ *et al.*, 2017). O déficit hídrico pode ser determinado pela redução na disponibilidade de água no solo, como também pela morfologia, respostas fisiológicas e bioquímicas das plantas relacionadas a restrição de água e, os efeitos que ocorrem na planta dependem da intensidade e do período de exposição a falta de água (IHUOMA; MADRAMOOTOO, 2017).

Em condições de déficit hídrico, o rabanete sofre várias consequências negativas, como a restrição de água nas células, delimitação da área foliar, diminuição da transpiração, redução do número de folhas, abscisão foliar e alternância da textura e sabor da raiz tuberosa (TAIZ; ZEIGER, 2013). Dentre os efeitos ocasionados pela deficiência hídrica na célula vegetal, destaca-se a desidratação, seguida por redução do potencial hídrico e da resistência hidráulica nos vasos do xilema. Já os efeitos secundários estão relacionados com a diminuição e expansão foliar, atividades metabólicas, fechamento estomático, inibição fotossintética e abscisão foliar, cessando o crescimento da planta (TAIZ *et al.*, 2017).

Quando ocorre a redução da área foliar, a capacidade de competição por luz fica limitada, reduzindo a taxa fotossintética, o que resulta na aceleração da taxa de senescência das folhas, inibição das ramificações, assim como no retardamento do crescimento e desenvolvimento da planta, resultando em redução significativa da produtividade (SANTOS *et al.*, 2018).

As plantas de rabanete respondem ao déficit hídrico com redução no seu crescimento geral (HENSCHEL *et al.*, 2022), realocando menos assimilados para suas raízes tuberosas que

para as folhas (STAGNARI *et al.*, 2017), resultando, portanto, em um produto de qualidade inferior. Em um estudo avaliando o efeito do déficit hídrico na cultura do rabanete, Akram *et al.* (2016 b) constataram que a restrição hídrica favoreceu o acúmulo de açúcares solúveis totais e a atividade de enzimas como superóxido dismutase e peroxidase. De forma semelhante, Soares (2023) observou que, o déficit hídrico reduziu o crescimento geral das plantas de rabanete, resultando em menores teores de massa seca e fresca, tanto para as raízes quanto para as folhas.

### **2.3 O magnésio como atenuante do déficit hídrico**

O magnésio (Mg) é um nutriente muito importante para as plantas e tem papel fundamental para o crescimento e desenvolvimento das mesmas, uma vez que é responsável ativamente por vários processos metabólicos que permitem o crescimento e desenvolvimento da planta, sendo um componente chave na síntese de clorofila, que é responsável pelo processo da fotossíntese, no qual a planta obtém energia para crescer e produzir (ALTARUGIO *et al.*, 2017).

Os processos metabólicos e as reações individuais influenciados pelo Mg são múltiplos, e podem incluir a fotofosforilação (formação de ATP nos cloroplastos), fixação fotossintética do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), síntese proteica, formação de clorofila, carregamento dos nutrientes no floema e separação e utilização de fotoassimilados (CHEN; PENG, 2018). Além de que, o magnésio pode melhorar a capacidade das plantas de se adaptarem a condições de seca, aumentando a eficiência do uso da água e reduzindo o impacto do déficit hídrico.

Já a falta deste nutriente na planta ocasiona vários problemas, sendo um deles a inibição da fixação de CO<sub>2</sub>, ou seja, sem a fixação de CO<sub>2</sub> as reações enzimáticas são reduzidas ou até mesmo inibidas, algumas destas sendo a reação de fosforilação que é responsável pela regeneração do açúcar (ribulose difosfato) que aceita o CO<sub>2</sub> fixado pela fotossíntese e ativação da própria enzima. Isso desencadeia um processo de estresse para a planta, afetando a síntese de proteínas e ativação de aminoácidos (FERNANDES, SOUZA e SANTOS, 2018).

O magnésio pode ser absorvido pelas plantas de duas maneiras, sendo a mais comum em sua forma iônica (Mg<sup>2+</sup>), que ocorre pelo contato direto entre a raiz e a solução no solo e a outra via de absorção é a foliar, que se processa por meio de pulverizações na forma de sulfato de magnésio (MgSO<sub>4</sub>). Com isso é importante ressaltar que a absorção do Mg está diretamente ligada à presença de outros cátions como Ca<sup>2+</sup>, H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> (HAWKESFORD *et al.*, 2012).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local do experimento**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no Centro de Ciências Humanas e Agrárias, pertencente a Universidade Estadual da Paraíba, Campus IV, no município paraibano de Catolé do Rocha, durante o período de dezembro de 2023 a janeiro de 2024. Esse município está localizado geograficamente sob Latitude de 6° 20' 28" Sul e Longitude de 37° 44' 59" Oeste, apresentando clima tropical, predominando o semiárido no interior, com médias térmicas elevadas (em torno de 27 °C) e chuvas escassas e irregulares (menos de 800 mm por ano). O cultivar de rabanete utilizado nesse experimento foi o híbrido Rubro F1, o qual foi cultivado em solo areno-argiloso, com acréscimo de substrato a base de esterco bovino.

#### **3.2 Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), fatorial 2x3, correspondendo a 6 tratamentos, com 6 repetições = 36 unidades experimentais. Os tratamentos (T) foram a suplementação com Mg foliar (sem: Mg0% e com: Mg2%) de plantas de rabanete em diferentes condições hídricas [irrigado e déficit hídrico (DH)], com base na capacidade de campo (CC): T1 = Irrigado + Mg0%; T2 = Irrigado + Mg2%; T3 = DH50%CC + Mg0%; T4 = DH50%CC + Mg2%, T5 = DH30%CC + Mg0% e T6 = DH30%CC + Mg2%.

Cada repetição correspondeu a uma unidade experimental composta por um saco plástico de polietileno com capacidade de 3 kg, contendo uma planta de rabaneteiro. Visando garantir que todas as folhas da planta de rabaneteiro recebessem os tratamentos uniformemente, foram realizadas aplicações nas folhas tanto na superfície abaxial, quanto na adaxial (FERNÁNDEZ et al., 2006). No momento de cada aplicação, foram tomados os cuidados necessários a fim de evitar o contato das plantas do tratamento controle (Mg 0%) com o Mg aplicado nas plantas dos demais tratamentos.

#### **3.3 Condução experimental**

Inicialmente, as sementes de rabanete foram semeadas em bandejas de polietileno para

que elas atingissem o máximo de germinação e aproveitamento das mudas. Após 7 dias da germinação, as mudas foram transplantadas para os sacos de polietileno e protegidas por tela sombrite, com taxa de sombreamento de 50%, a fim de evitar prejuízos devido à alta radiação solar, e em seguida, foram irrigadas normalmente até o surgimento das primeiras folhas verdadeiras.

A aplicação de magnésio nas plantas de rabanete foi dividida em dois ciclos, como descritos a seguir: a) no décimo dia após o transplante, foram feitas as primeiras aplicações do magnésio a 2% e iniciada a irrigação com as três diferentes lâminas de água, as quais foram sendo aplicadas até o final do experimento; b) a segunda aplicação de magnésio foi realizada 15 dias após a primeira aplicação.

Nos tratamentos em que as plantas de rabanete receberam aplicação de magnésio foliar (Mg 2%) utilizou-se como fonte o Sulfato de Magnésio [ $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (Sinth – PA)], aplicado na concentração de 2% (V/V), conforme Linhares (2021).

As aplicações referentes a cada tratamento, foram realizadas utilizando-se um pulverizador manual com capacidade para 1,5 litros (Compressão Prévia; Palisad<sup>®</sup>). Na preparação da solução de Mg foi adicionado detergente neutro na concentração de 0,01%, como forma de quebrar a tensão superficial da água, e assim aumentar a área de molhamento das folhas, sendo a aplicação realizada até o ponto de escorrimento.

### 3.4 Variáveis analisadas

Para estudar a influência do magnésio e das diferentes lâminas de água sobre o rabanete, foram realizadas diversas determinações ao longo do experimento, a saber: análises de trocas gasosas, a fim de apresentar os seguintes parâmetros: assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ,  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ,  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ), através de um analisador de gases por infravermelho de fluxo aberto (IRGA) (CIRAS-3, PP System, Amesbury, MA, EUA). A análise do conteúdo relativo da água (CRA) foi calculada a partir dos discos retirados das folhas, usando-se a relação entre a diferença do peso fresco e seco com a diferença do peso túrgido e seco.

Ao final do experimento, realizou-se as seguintes análises biométricas: o número de folhas por planta, a relação da área foliar, o diâmetro da raiz tuberosa (mm), o peso (g) da massa fresca e seca da parte aérea e, o peso (g) da massa fresca e seca da raiz tuberosa (o rabanete).

O número de folhas por plantas foi determinado considerando-se as folhas que se

encontravam totalmente expandidas. Em seguida a parte aérea e o sistema radicular foram separados, mensurando-se o diâmetro da raiz tuberosa com auxílio de um paquímetro digital (erro 0,01 mm) e os resultados foram expressos em centímetros. Enquanto para a determinação do peso da massa fresca e seca da parte aérea e da raiz tuberosa, as mesmas foram pesadas, individualmente, em balança analítica com precisão de 0,001 g, e em seguida, acondicionadas em sacos de papel *kraft* e colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por um período de 48h ou até atingir peso constante, determinando-se em seguida, a massa seca. Antes de ser acondicionado no saco de papel kraft, o bulbo foi cortado em três partes visando uma secagem adequada.

### 3.5 Análise estatística

Para verificar se seguem distribuição normal, os dados foram submetidos a testes de homogeneidade das variâncias (LEVENE; BARTLETT,  $p \geq 0,05$ ) e normalidade (SHAPIRO-WILK,  $p \geq 0,05$ ), utilizando-se o pacote *car* (FOX; WEISBERG, 2019). utilizando-se a plataforma R versão 4.0.5. Os dados que apresentaram distribuição normal, foram submetidos a uma análise de variância (Teste F,  $p \leq 0,05$ ), e as médias foram comparadas através do teste Tukey ( $p \leq 0,05$ ), utilizando o *software* estatístico SISVAR<sup>®</sup>, versão 5.8 (FERREIRA, 2019).

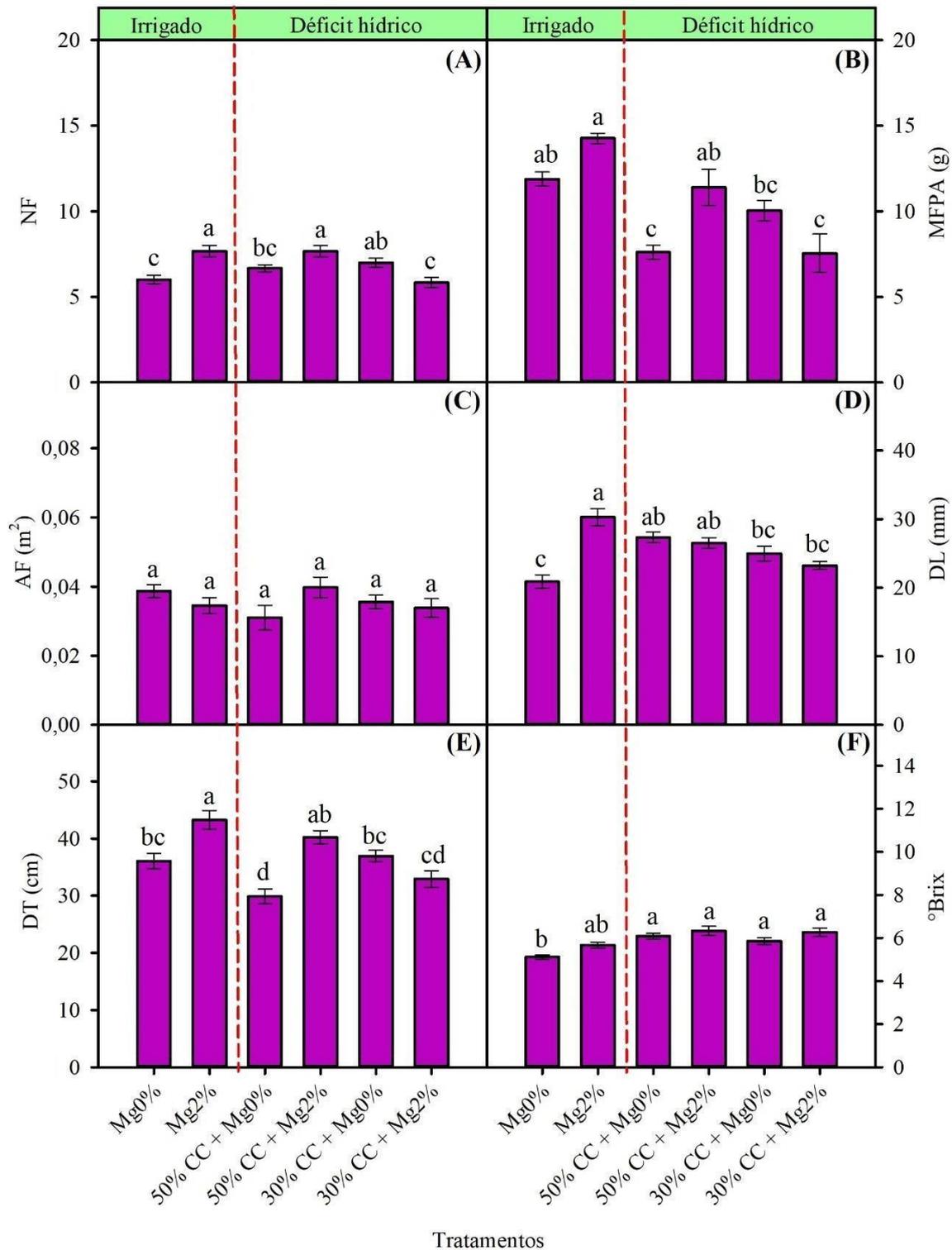
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O maior número de folhas (NF) foi registrado com as plantas irrigadas + Mg2% e déficit hídrico (DH) 50%CC + Mg2%, que diferiram significativamente das plantas irrigadas + Mg0%, DH50%CC + Mg0% e DH30%CC + Mg2%, respectivamente (Figura 1A). A aplicação do magnésio foi significativa para o aumento do número de folhas, que é uma característica importante para a planta, otimizando o processo de fotossintético (PRADO, 2021; SILVA et

al., 2021).

Da mesma forma, as plantas irrigadas + Mg2% obtiveram maior massa fresca da parte aérea (MFPA), semelhante, significativamente, às plantas irrigadas + Mg0% e DH50%CC + Mg2% (Figura 1B). Isso acontece devido ao maior NF, com maior produção de açúcares e energia, para o crescimento da raiz, que é a parte comercialmente valiosa do rabanete. O aumento da biomassa aérea está associado ao aumento da taxa de fotossíntese, o que, por sua vez, pode levar a um melhor desenvolvimento das raízes (HERMANS et al., 2004; RIBEIRO et al., 2024). Nesta característica, os menores resultados foram das plantas DH50%CC + Mg0% e DH30%CC + Mg2%. Para a área foliar (AF) não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos testados, obtendo o valor médio de 0,40 m<sup>2</sup> (Figura 1C).

**Figura 1.** Número de folhas (NF, A), massa fresca da parte aérea (MFPA, B), área foliar (AF, C), diâmetro longitudinal da raiz (DL, D), diâmetro transversal da raiz (DT, E) e °Brix (F), de plantas de rabanete sem (Mg0%) e com (Mg2%) magnésio foliar sob diferentes condições de água. Médias com mesma letra não diferem entre si (Tukey,  $p \leq 0,05$ ). As barras representam o erro padrão da média (n= 6).



Tratamentos  
**Fonte:** elaborada pela autora, 2024.

Para o diâmetro longitudinal da raiz (DL), os maiores resultados foram das plantas irrigadas + Mg2%, em que as mesmas foram semelhantes significativamente as plantas DH50%CC + Mg0% e DH50%CC + Mg2% (Figura 1D). O menor valor de DL foi das plantas irrigado + Mg0%.

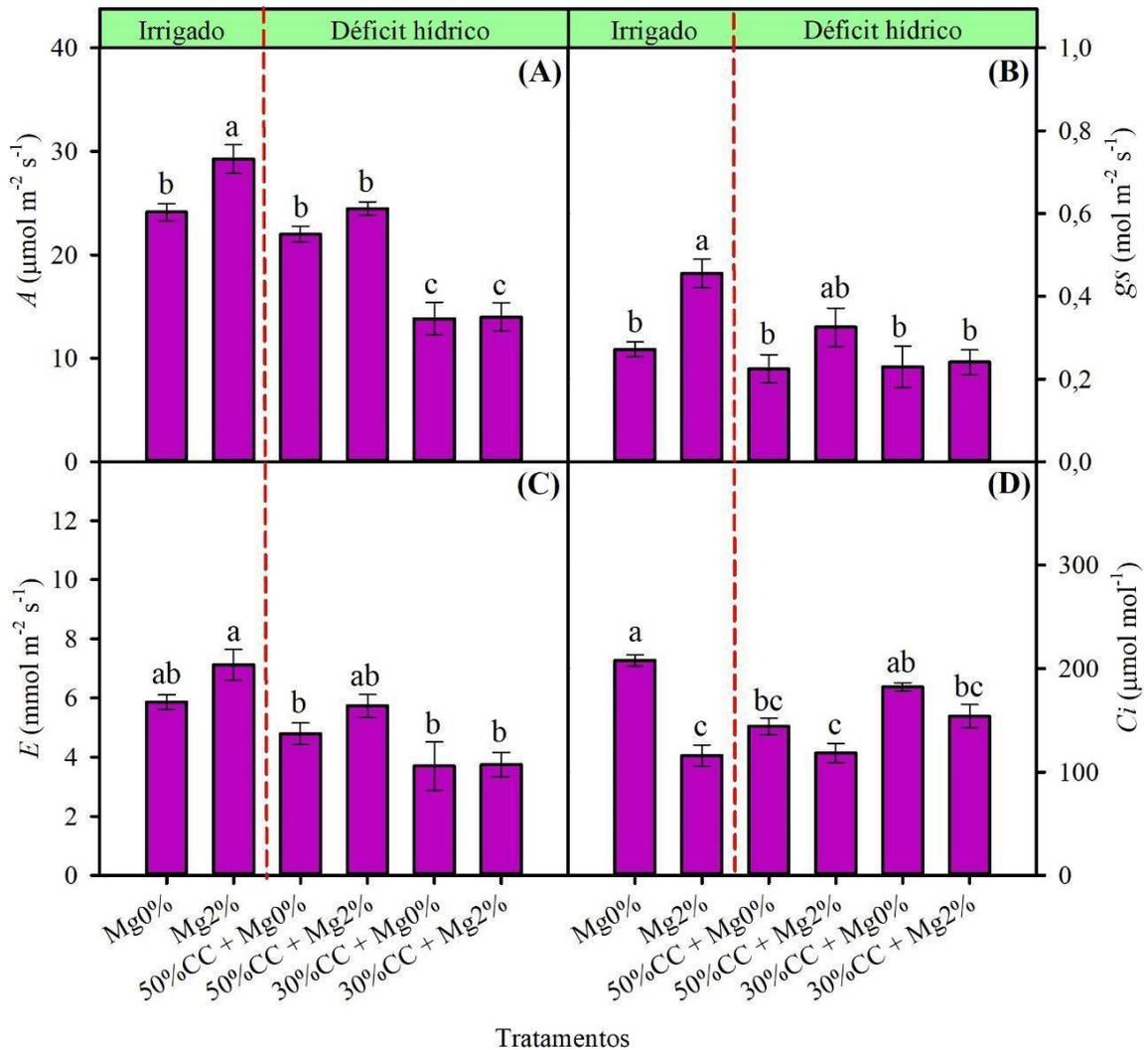
Com relação ao diâmetro transversal da raiz (DT), as plantas irrigadas + Mg2% também

apresentaram o maior desempenho, sendo semelhante significativamente as plantas DH50%CC + Mg2% (Figura 1E). Além disso, essas plantas foram semelhantes às irrigado + Mg0% e DH30%CC + Mg0%. Nessa característica, o menor resultado foi com as plantas DH50%CC + Mg0%. Assim, o Mg foi eficiente para promover maior desenvolvimento do sistema radicular do rabanete, supostamente pela maior produção e translocação de açúcares, através de sua participação na atividade fotossintética da planta (CAKMAK et al., 1994; HERMANS et al., 2004; PRADO, 2021).

O menor valor de °Brix foi das plantas irrigado + Mg0%, onde os demais tratamentos foram semelhantes entre si (Figura 1F). Este resultado mostra a importância do Mg na produção de fotoassimilados da planta, para manter o desenvolvimento da planta nessas condições de estresse abiótico (HERMANS et al., 2004; RIBEIRO et al., 2024).

Em relação as trocas gasosas, as plantas irrigadas + Mg2% que apresentaram os maiores valores de  $A$ , diferindo significativamente dos demais tratamentos (Figura 2A). as plantas irrigadas + Mg0%, DH50%CC + Mg0% e DH50%CC + Mg2% obtiveram resultados semelhantes dessa característica, enquanto que, as plantas DH30%CC + Mg0% e DH30%CC + Mg2%, foram as que apresentaram os menores valores.

**Figura 2.** Assimilação líquida de CO<sub>2</sub> ( $A$ , A), condutância estomática ( $g_s$ , B), transpiração ( $E$ , C) e concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ , D), de plantas de rabanete sem (Mg0%) e com (Mg2%) magnésio foliar sob diferentes condições de água. Médias com mesma letra não diferem entre si (Tukey,  $p \leq 0,05$ ). As barras representam o erro padrão da média ( $n= 6$ ).



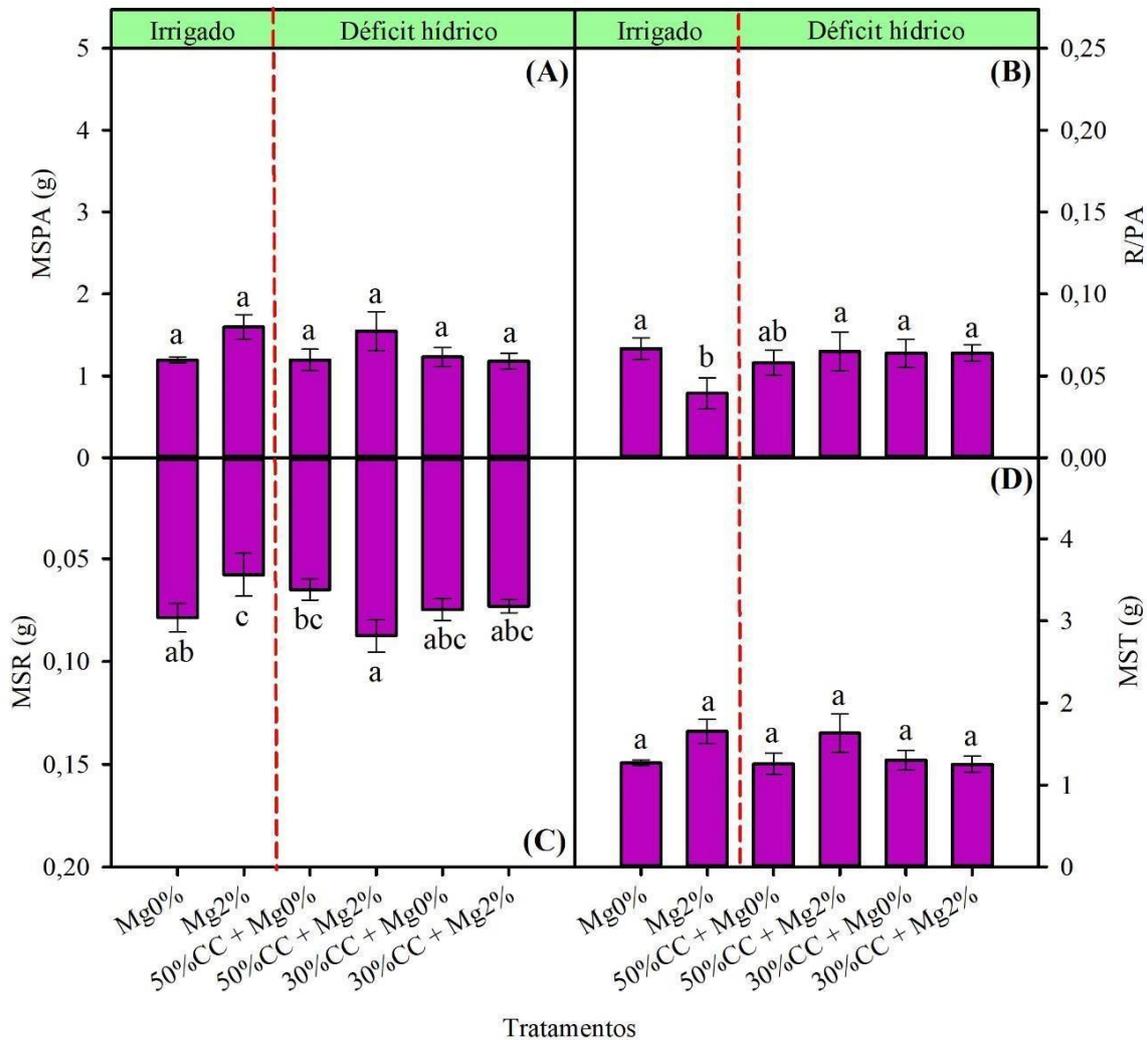
Fonte: elaborada pela autora, 2024.

Além disso, as plantas irrigadas + Mg2% obtiveram os maiores valores de gs, em que, as mesmas foram semelhantes às DH50%CC + Mg2% (Figura 2B). Os demais tratamentos foram semelhantes entre si, nessa característica. As plantas irrigadas + Mg0%, irrigado + Mg2% e DH50%CC + Mg2%, obtiveram os maiores valores de E, sendo semelhantes entre si (Figura 2C). Ainda, para essa característica, os demais tratamentos apresentaram os menores valores.

Em relação ao Ci, os maiores valores foram das plantas irrigado + Mg0%, em que, as foram semelhantes as plantas DH30%CC + Mg0% (Figura 2D). De outra forma, os menores valores foram das plantas irrigado + Mg2% e DH50%CC + Mg2%.

Não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos testados para a MSPA e MST (Figura 3A). Com relação a MSR as plantas irrigadas + Mg2% e DH50%CC + Mg0% foram as que obtiveram os menores resultados, em que, as demais foram semelhantes entre si (Figura 3C).

**Figura 3.** Massa seca da parte aérea (MSPA, A), relação raiz/parte aérea (R/PA, B), massa seca da raiz (MSR, C) e massa seca total (MST, D), de plantas de rabanete sem (Mg0%) e com (Mg2%) magnésio foliar sob diferentes condições de água. Médias com mesma letra não diferem entre si (Tukey,  $p \leq 0,05$ ). As barras representam o erro padrão da média (n= 6).



Fonte: elaborada pela autora, 2024.

## 5 CONCLUSÕES

Sob condições normais de água e com aplicação do Mg as plantas apresentaram maior atividade fotossintética e crescimento.

O Mg2% foi eficiente para atenuar os efeitos do déficit hídrico a 50%CC.

Em condições de déficit hídrico de 30% CC o magnésio não atenua os efeitos causados por esse estresse abiótico.

#### REFERÊNCIAS

AKRAM, N. A.; SHAFIQ, S.; ASHRAF, M.; AISHA, R.; SAJID, M. A. Drought-induced anatomical changes in radish (*Raphanus sativus* L.) leaves supplied with trehalose through different modes. **Arid Land Research and Management**, v. 30, n. 5, p. 412- 420, 2016a.

AKRAM, N. A.; WASEEM, M.; AMEEN, R.; ASHRAF, M. Trehalose pretreatment induces drought tolerance in radish (*Raphanus sativus* L.) plants: some key physio- biochemical traits. **Acta physiologiae plantarum**, v. 38, p. 1-10, 2016b.

ALTARUGIO, L. M.; LOMAN, M. H.; NIRSCHL, M. G.; SILVANO, R. G.; ZAVASCHI, E.; CARNEIRO, L. D. M.; OTTO, R. Desempenho produtivo de soja e milho submetidos à aplicação foliar de magnésio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 12, p. 1185-1191, 2017.

BANIHANI, A. S. Radish (*Raphanus sativus*) and diabetes. **Nutrients**, v. 9, p. 1014- 1023, 2017.

CAKMAK, I.; HENGELER, C.; MARSCHNER, H. Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. **Journal of Experimental Botany**, v. 45, n. 9, p. 1245-1250, 1994.

CHEN, Z. C.; PENG, W. T.; LI, J.; LIAO, H. Functional dissection and transport mechanism of magnesium in plants. **Seminars in Cell & Developmental Biology**, v. 74, 142-152, 2018.

DAMASCENO, A. S. V.; MASSAROTO, J. A.; NASCIMENTO JUNIOR, A. P.; MUNHOZ, E. M. Avaliação da produção de alface e rabanete em consórcio. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.14, n.1, p.76-81, 2016.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS L. A. **Nutrição mineral de plantas**. 2. Ed. Viçosa, MG: SBCS, 2018, 670 p.

FERNANDES, G.B. **Adubações mineral, orgânica e organomineral na cultura do rabanete**. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Mato Grosso, 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4 [S.l.], p. 529-535, 2019.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura**. Universidade Federal de Viçosa. 2008, 402 p.

FOX, J.; WEISBERG, S. **An {R} companion to applied regression, third edition**. Thousand Oaks CA: Sage. 2019. Disponível em: <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>. Acesso em: 21 de abril de 2024.

GOUVEIA, A. M. DE S. **Adubação potássica na produção e qualidade pós-colheita do rabanete**. 2016. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia -Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas -UNESP, São Paulo, 2016.

GOYENECHÉ, R.; ROURA, S.; PONCE, A.; VEGA-GÁLVEZ, A.; QUISPE-FUENTES, I.; URIBE, E.; SCALA, K. Chemical characterization and antioxidant capacity of red radish (*Raphanus sativus* L.). **Journal Funct Foods**, n. 16, p. 256-264, 2015.

HAWKESFORD M, HORST W, KICHEY T, LAMBERS H, SCHJOERRING J, SKRUMSAGER MØLLER I, WHITE P (2012) **Functions of macronutrients**. In: Marschner P (ed) Mineral nutrition of higher plants. 3rd edn. Elsevier Ltd., pp 135–189.

HENSCHER, J. M.; DANTAS, E. F. O.; SOARES, A. V.; SANTOS, S. K.; SANTOS, L. W. O.; DIAS, T. J.; BATISTA, D. S. Salicylic acid mitigates the effects of mild drought stress on radish (*Raphanus sativus*) growth. **Functional Plant Biology**, v. 49, p. 822-831, 2022.

HERMANS, C.; JOHNSON, G.N.; STRASSER, R.J.; VERBRUGGEN, N. Physiological characterization of magnesium deficiency in sugar beet: acclimation to low magnesium differentially affects photosystems I and II. **Planta**, v. 220, n. 2, p. 344- 355, 2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de rabanete**. 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/rabanete/br>. Acesso em: 21 de abril de 2024.

IHUOMA, S.O.; MADRAMOOTOO, C.A. Recent advances in crop water stress detection. **Computers and Electronics in Agriculture**, n.141, p. 267-275, 2017.

LINHARES, P. C. A. **Tolerância ao déficit hídrico de mudas de *Coffea arabica* L. suplementadas com magnésio foliar** (2021). Tese (Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fisiologia Vegetal), Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. 99 p.: il.

MALAVOLTA E. 2006. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 638p.

PEREIRA, M. E. M.; LIMA JÚNIOR, J. A.; LIMA, V. M.; GUS-MÃO, S. A. L.; OLIVEIRA, P. D.; SILVA, A. L. P. Viabilidade econômica da produção de couve-flor irrigada por gotejamento no Nordeste Paraense. **Revista Ciências Agrárias**, v. 61, n. 1, p. 1-8, 2018.

PRADO, M. R. **Magnesium**. In: Mineral nutrition of tropical plants. Springer, page: 165-174, 2021.

RIBEIRO, J. E. S.; SILVA, A. G. C.; COELHO, E. S.; OLIVEIRA, P. H. A.; SILVA, E. F.; OLIVEIRA, A. K. S.; SANTOS, G. L.; LIMA, J. V. L.; SILVA, T. I.; SILVEIRA, L. M.; BARROS JÚNIOR, A. P. Melatonin mitigates salt stress effects on the growth and production aspects of radish. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.28, n.4, e279006, 2024.

SANTOS, L. A. **Sistema lisimétrico de informações para monitoramento do consumo de água pelas plantas (SLIMCAP)**. Arapiraca - AL, 2018. 37 p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC em Agronomia). Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca.

SILVA, A. A.; LINHARES, P. C. A.; ANDRADE, L. I. F.; CHAVES, J. T. L.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; MARCHIORI, P. E. R. Potassium supplementation promotes osmotic adjustment and increases water use efficiency in sugarcane under water deficit. **Sugar Tech**, v. 23, n. 5, p. 1075-1084, 2021.

SOARES, V. A. **Metil jasmonato na mitigação dos danos morfofisiológicos causados pelo déficit hídrico em plantas de rabanete (*Raphanus sativus* L.)**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Bananeiras, 2023.

STAGNARI, F.; GALIENI, A.; D'EGIDIO, S.; PAGNANI, G.; PISANTE, M.  
Responses of radish (*Raphanus sativus*) to drought stress. **Annals of Applied Biology**,  
v. 172, p. 170-186, 2017.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, I.M., MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Artmed, Porto Alegre. 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Artmed. 4.ed. Porto Alegre, 2013. p. 60-64.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A** - Valores de F para número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), área foliar (AF), diâmetro longitudinal da raiz (DL), diâmetro transversal da raiz (DT), °Brix, assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (*A*), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*), transpiração (*E*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>*), massa seca da parte aérea (MSPA), relação raiz/parte aérea (R/PA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST), de plantas de rabanete sem (Mg0%) e com (Mg2%)

magnésio foliar sob diferentes condições de água.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>NF</b>	<b>MFPA</b>	<b>AF</b>	<b>DL</b>	<b>DT</b>
Bloco	5	4,64 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	1,41 <sup>ns</sup>
Tratamentos	5	12,22 <sup>**</sup>	12,69 <sup>**</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	12,14 <sup>**</sup>	14,03 <sup>**</sup>
CV (%)		8,15	17,20	19,58	9,04	8,65
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>°Brix</b>	<b>A</b>	<b>gs</b>	<b>E</b>	<b>Ci</b>
Bloco	5	1,54 <sup>ns</sup>	2,03 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
Tratamentos	5	8,51 <sup>**</sup>	33,88 <sup>**</sup>	4,84 <sup>**</sup>	6,87 <sup>**</sup>	15,56 <sup>**</sup>
CV (%)		6,46	12,21	33,64	24,25	14,57
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>MSPA</b>	<b>R/PA</b>	<b>MSR</b>	<b>MST</b>	
Bloco	5	0,50 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>	2,30 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	
Tratamentos	5	1,68 <sup>ns</sup>	1,72 <sup>*</sup>	2,25 <sup>*</sup>	1,70 <sup>ns</sup>	
CV (%)		27,64	33,39	22,02	25,84	

FV = Fonte de variação; CV= coeficiente de variação; <sup>ns</sup> = não significativo, <sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup> = significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

**Fonte:** elaborada pela autora, 2024.

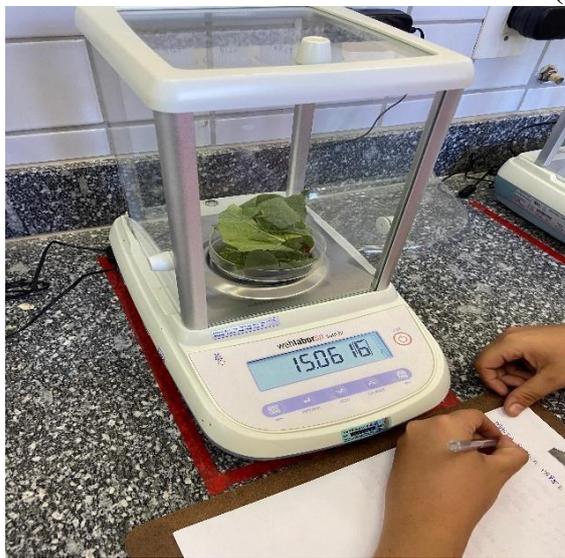
**APÊNDICE B** - Mudaz referente aos tratamentos (1), pesagem da parte aérea (2), pesagem da raiz tuberosa (3).

(1)



(2)

(3)



Fonte: elaborada pela autora, 2024.

**APÊNDICE C** - Análise de trocas gasosas com IRGA (1), mudas cobertas com tela de sombreamento (2), pesagem do sulfato de magnésio (3), aplicação foliar do Mg (4).

(1)

(2)



(3)



(4)



Fonte: elaborada pela autora, 2024.