



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS ARAGUATINS
CURSO SUPERIOR BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA**

**ANGELO GABRIEL QUIXABEIRA SOARES KACZMARK
DANIEL PEREIRA DE SOUSA**

**ADUBAÇÃO DE FUNDAÇÃO COM NPK E SUA INFLUÊNCIA NA
PRODUTIVIDADE DA RÚCULA FOLHA LARGA (*Eruca sativa* Mill)**

**ARAGUATINS - TO
2025**

**ANGELO GABRIEL QUIXABEIRA SOARES KACZMARK
DANIEL PEREIRA DE SOUSA**

**ADUBAÇÃO DE FUNDAÇÃO COM NPK E SUA INFLUÊNCIA NA
PRODUTIVIDADE DA RÚCULA FOLHA LARGA (*Eruca sativa* Mill)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado
em Engenharia Agrônômica da Unidade
Araguatins do Instituto Federal do Tocantins, como
exigência à obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Agrônômica.

Orientadora: Prof.^a Dra. Roberta de Freitas Souza
Lobo.

**ARAGUATINS - TO
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

K11a Kaczmark, Angelo Gabriel Quixabeira Soares
 Adubação de fundação com NPK e sua influência na produtividade da
 rúcula folha larga (*Eruca sativa* Mill) / Angelo Gabriel Quixabeira Soares
 Kaczmark, Daniel Pereira de Sousa. – Araguatins, TO, 2025.
 48 p. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins - IFTO, Araguatins, TO, 2025.

Orientadora: Dra. Roberta de Freitas Souza Lobo.

1. Rúcula. 2. Adubação mineral. 3. Ambiente protegido. I. Sousa,
Daniel Pereira de. II. Lobo, Roberta de Freitas Souza. III. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).**



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Campus Araguatins
Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ADUBAÇÃO DE FUNDAÇÃO COM NPK E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE DA RÚCULA FOLHA LARGA (*Eruca sativa* Mill)

**AUTORES: Angelo Gabriel Quixabeira Soares Kaczmark
Daniel Pereira de Sousa**

ORIENTADORA: Profª. Drª. Roberta de Freitas Souza Lobo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus Araguatins*, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em 06 de Junho de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Roberta de Freitas Souza Lobo, Servidora**, em 25/06/2025, às 17:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Decio Dias dos Reis, Servidor**, em 25/06/2025, às 17:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcio Rogerio Pereira Leite, Servidor**, em 25/06/2025, às 17:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftoc.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2823198** e o código CRC **1982FB09**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por nos conceder saúde, sabedoria e força para concluirmos mais esta etapa em nossas vidas.

Aos nossos familiares, em especial aos nossos pais, pelo apoio incondicional, paciência e incentivo constante durante toda esta trajetória.

A nossa orientadora, Roberta Freiras, pela dedicação, orientação e disponibilidade em compartilhar conhecimento, contribuindo diretamente para a realização deste trabalho.

Agradeço também aos professores e colegas que colaboraram de forma direta ou indireta para nossa formação.

A todos que, de alguma forma, contribuíram em nossa jornada, nosso muito obrigado!

RESUMO

A rúcula (*Eruca sativa* L.) é uma hortaliça folhosa de ciclo curto, alto valor nutricional e grande aceitação no mercado consumidor brasileiro. Por sua exigência nutricional elevada e rápido crescimento, práticas de adubação eficientes são essenciais para alcançar altos níveis de produtividade. Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes doses de adubação mineral em fundação com NPK (04-14-08) sobre o desenvolvimento morfofisiológico e a produtividade da rúcula cultivada em canteiros sob ambiente protegido no IFTO – Campus Araguatins. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com seis tratamentos (0, 10, 20, 30, 40 e 60 g/cova) e quatro repetições. As variáveis analisadas foram altura de planta, número de folhas, diâmetro do colo, massa fresca e massa seca. Os resultados indicaram aumento linear ou quadrático em todos os parâmetros com o incremento das doses de NPK. O tratamento com 60 g/cova apresentou os melhores desempenhos para a maioria das variáveis, demonstrando alta resposta da cultura à adubação.

Palavras-chave: Rúcula. Adubação mineral. Ambiente protegido.

ABSTRACT

Arugula (*Eruca sativa* L.) is a leafy vegetable with a short growth cycle, high nutritional value, and wide acceptance in the Brazilian consumer market. Due to its high nutritional demand and rapid growth, efficient fertilization practices are essential to achieve high productivity levels. This study aimed to evaluate the effects of different doses of basal mineral fertilization with NPK (04-14-08) on the morphophysiological development and productivity of arugula grown in protected environment at IFTO – Araguatins Campus. The experiment was conducted in a randomized block design with six treatments (0, 10, 20, 30, 40, and 60 g/pit) and four replications. The variables analyzed were plant height, number of leaves, stem diameter, fresh mass, and dry mass. The results indicated a linear or quadratic increase in all parameters with the increase in NPK doses. The treatment with 60 g/pit showed the best performance for most variables, demonstrating a high crop response to fertilization.

Keywords: Arugula. Mineral fertilization. Protected environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Preparo e padronização dos canteiros.....	20
Figura 2. Dimensionamento da área experimental.....	22
Figura 3. Adubação com NPK e plantio de Sementes.....	23
Figura 4. Desbaste e controle de ervas daninhas no 14° dia após semeadura.....	24
Figura 5. Coleta de dados - Altura de planta, diâmetro do colo, número de folhas.....	25
Figura 6. Determinação da massa fresca de cada tratamento com uso de balança semi-analítica	26
Figura 7. Secagem em estufa a 65°C e pesagem da matéria seca.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Analise fisico-quimica do solo.....	21
Tabela 2. Média dos dados brutos por tratamento (Doses) a seus respectivos blocos em função das variáveis-resposta.....	28

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Gráfico climático com valores de temperatura média diária (°C) e chuva total (mm) entre 12/12/2024 e 21/01/2025 em Araguatins – TO.....	19
Gráfico 2. Relação entre altura de planta (cm) e dose de NPK (g/cova).....	31
Gráfico 3. Relação entre numero de folhas e dose de NPK (g/cova).....	33
Gráfico 4. Relação entre diâmetro do colo (mm) e dose de NPK (g/cova).....	34
Gráfico 5. Relação entre produção de massa fresca (g) e dose de NPK(g/cova).....	36
Gráfico 6. Relação entre produção de massa seca (g) e dose de NPK (g/cova).....	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REFERENCIAL TEORICO.....	12
2.1 A cultura da rúcula (<i>Eruca sativa</i>).....	12
2.2 Adubação e fertilidade do solo.....	13
2.3 NPK – Nitrogênio, Fosforo e Potássio.....	14
2.4 Resposta da rúcula a adubação de fundação.....	16
2.5 Interação entre ambiente protegido e nutrição.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Caracterização do local da pesquisa.....	19
3.2 Delineamento experimental.....	21
3.3 Manejo cultural.....	23
3.4 Coleta de dados.....	24
3.5 Processamento estatístico.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1 Altura de Planta.....	30
4.2 Número de folhas.....	32
4.3 Diâmetro do colo.....	34
4.4 Massa fresca.....	35
4.5 Massa seca.....	36
5. CONCLUSÃO.....	39
6 REFERÊNCIAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa* L.) é uma hortaliça da família Brassicaceae, cujas folhas são amplamente consumidas cruas em saladas, mantendo seus valores nutricionais. É uma fonte rica em vitamina C, potássio, enxofre e ferro, e também possui propriedades anti-inflamatórias e desintoxicantes para o corpo. (TRANI e PASSOS, 1998).

Nos últimos anos, o cultivo da rúcula tem se expandido de forma significativa em comparação a outras hortaliças folhosas. Estima-se que, atualmente, a área plantada no Brasil alcance cerca de 6.000 hectares por ano, sendo que aproximadamente 85% dessa produção está concentrada na região Sudeste (SALA et al., 2004). Essa expansão se deve também ao fato de que a rúcula tem garantido ao produtor valores de mercado atrativos, frequentemente superiores aos obtidos com outras folhosas como alface, chicória, almeirão e couve (COSTA et al., 2005).

Por se tratar de uma cultura de ciclo curto, alto valor nutricional, fácil manejo, e boa aceitação no mercado, possui então, características que conferem a esta hortaliça predominância em produção e consumo na dieta brasileira. De acordo com isso, afim de garantir o máximo desempenho da cultura, práticas adequadas de manejo são essenciais, sobretudo à adubação.

O nitrogênio, o fósforo e o potássio (NPK) são os principais macronutrientes requeridos pelas plantas, sendo assim, a aplicação de fertilizantes com essa composição mostra-se uma das formas mais comuns e assertivas de suprir suas necessidades. Contudo, a quantidade desses nutrientes deve ser cuidadosamente ajustada às exigências da cultura e às características do solo, uma vez que tanto a deficiência quanto o excesso podem afetar negativamente seu desenvolvimento e sua produtividade.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento desta hortaliça, cultivada em canteiros sob ambiente protegido, submetidas a diferentes dosagens de NPK, onde buscou-se identificar a dose mais efetiva em promover o desenvolvimento saudável das plantas.

2. REFERENCIAL TEORICO

2.1 A cultura da Rúcula (*Eruca sativa*)

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma planta herbácea de folhas comestíveis, pertencente à família Brassicaceae, caracterizada pelo seu rápido desenvolvimento vegetativo e ciclo de cultivo curto. Originária do sul da Europa e da região oeste da Ásia, suas folhas são amplamente consumidas em saladas (STEINER et al., 2011). Possuindo alto valor nutricional, tem importância significativa na alimentação humana e é cultivada em diversas partes do País, principalmente para consumo fresco. A rúcula se destaca por ser uma hortaliça rica em nutrientes, contendo minerais como potássio, enxofre e ferro, além das vitaminas A e C (PORTO et al., 2013). Embora a alface seja a hortaliça folhosa mais cultivada e consumida no país, a partir do final dos anos 1990 a rúcula começou a ganhar espaço no mercado, com crescimento na produção e comercialização, especialmente entre os produtores de pequeno e médio porte (ALVES e SÁ, 2010).

De acordo com Oliveira et al. (2010), a rúcula foi trazida para o Brasil por imigrantes italianos, com as regiões Sudeste e Sul sendo as maiores consumidoras dessa hortaliça, representando 85% da produção nacional. Nos últimos anos, a diversificação no consumo de hortaliças resultou em um aumento na produção e no uso da rúcula no país. Conforme o Censo Agropecuário do IBGE (2017), em 2016 foram produzidas 40.527 toneladas de rúcula em 20.567 estabelecimentos agrícolas, destacando a importância econômica dessa hortaliça pela extensão de sua área cultivada.

Três espécies de rúcula são comumente consumidas: *Eruca sativa* Miller, que tem um ciclo de crescimento anual, e *Diplotaxis tenuifolia* e *Diplotaxis muralis*, que são espécies perenes, ou seja, vivem por mais de um ano (PIGNONE, 1997). Além disso, é importante destacar que as principais variedades cultivadas de rúcula se diferenciam pelo formato das folhas, que podem variar de bordas lisas a bastante recortadas (MORALES; JANICK, 2002; SALA et al., 2004).

O tempo de cultivo da rúcula costuma ser de 40 a 50 dias, dependendo da estação do ano. Esse período pode ser menor quando a planta é exposta a mais horas de sol durante o dia (TRANI; FORNASIER; LISBÃO, 1992; SEDIYAMA; SALADO; PINTO, 2007).

A área destinada ao cultivo de rúcula no Brasil é estimada em cerca de 6.000 hectares por ano, sendo que aproximadamente 85% dessa produção está concentrada na região Sudeste (SALA et al., 2004; FILGUEIRA, 2007; PURQUERIO et al., 2007). A produtividade, no entanto, pode variar bastante, dependendo das práticas de manejo e das condições climáticas (COSTA et al., 2011). Além do uso tradicional em saladas, a rúcula também tem ganhado espaço na culinária de outras formas. Ela é rica em compostos bioativos, como polifenóis e glucosinolatos, que lhe conferem propriedades medicinais, com potenciais efeitos anti-inflamatórios, desintoxicantes e até na prevenção de certos tipos de câncer (BJÖRKMAN et al., 2011).

A rúcula se desenvolve melhor em condições de clima ameno, sendo as temperaturas ideais para seu crescimento de 22 a 24 °C durante o dia e de 16 a 18 °C à noite, conforme Padulosi e Pignone (1997). Segundo Sampaio et al. (2012), assim como outras hortaliças, essa cultura é sensível a temperaturas elevadas. No entanto, ela tem sido cultivada ao longo de todo o ano em diversas regiões do Brasil. Nessas condições menos favoráveis, podem ocorrer desvantagens como a antecipação da floração, redução no tamanho das folhas (Filgueira, 2008), aumento da rigidez e intensificação do sabor picante (Costa et al., 2011).

Compreender a nutrição e o desenvolvimento da rúcula ao longo de seu ciclo de crescimento é essencial para garantir a oferta adequada de nutrientes em formas facilmente absorvíveis, permitindo que a planta atinja seu máximo potencial produtivo (Guimarães et al., 2019).

2.2 Adubação e fertilidade do solo

A adubação é uma das práticas fundamentais para aumentar a produtividade e a rentabilidade das hortaliças. A escolha entre adubação orgânica ou química aplicada no cultivo pode impactar as características físico-químicas da planta e modificar as propriedades químicas do solo, afetando sua qualidade (LIMA et al., 2010).

Segundo Steiner et al. (2011), o manejo da adubação com nitrogênio é um fator decisivo, sendo indispensável dispor de informações precisas sobre a dosagem ideal desse nutriente para a cultura.

Na cultura da rúcula, 14 elementos minerais são essenciais para o seu desenvolvimento adequado. Esses nutrientes devem ser obrigatoriamente aplicados na produção, seja em cultivo a campo, fertirrigado ou hidropônico. Os macronutrientes indispensáveis incluem Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), enquanto os micronutrientes essenciais são Boro (B), Ferro (Fe), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Níquel (Ni), Molibdênio (Mo) e Cloro (Cl). A rúcula, em particular, exige mais Mg, Mo, Fe e B em comparação com outras hortaliças folhosas, o que implica a necessidade de uma adubação específica para alcançar maiores produções e rendimentos (GENUNCIO; NASCIMENTO e RICHARD, 2023).

A fertilidade do solo é um dos fundamentos essenciais para a prática da agricultura sustentável e está relacionada a vários elementos, como o uso de fertilizantes e corretivos da acidez do solo. Entretanto, muitas vezes as escolhas relacionadas ao tipo, à composição e à quantidade desses insumos não se baseiam em informações técnicas confiáveis, o que pode resultar em baixa eficiência e desperdício de recursos (Melo et al., 2019). Soma-se a isso a carência de conhecimento técnico entre diversos agricultores, o que dificulta a adoção de práticas mais eficazes e ambientalmente responsáveis. Sob a perspectiva científica, ainda existem importantes lacunas no conhecimento sobre o manejo do solo, principalmente no que diz respeito à combinação de práticas tradicionais com inovações tecnológicas no campo (Ferreira; Sousa; Silva, 2023).

O aumento na quantidade comercializada e a valorização de seu preço são sinais de que a rúcula é uma cultura rentável. No entanto, apesar de sua relevância econômica para a agricultura de hortaliças, ainda há uma escassez de estudos focados no manejo nutricional da planta, nas fontes de nutrientes mais eficientes e na quantidade de água necessária para sua produção. Muitas vezes, os dados de pesquisa voltados para a alface são aplicados também à rúcula (PURQUERIO et al., 2007).

2.3 NPK – Nitrogênio, Fósforo e Potássio

A adubação mineral exerce grande influência na produção de hortaliças, impactando tanto o desempenho técnico quanto os custos de cultivo (FILGUEIRA, 2008). As quantidades de fertilizantes aplicadas ao solo devem ser suficientes para atender às exigências das plantas, mas sem exageros, pois o excesso pode resultar

em absorção desbalanceada, causando toxidez ou dificultando a assimilação de outros nutrientes (COUTINHO et al., 1993).

Segundo Filgueira (2000), o nitrogênio fornecido pela adubação mineral complementa o que é disponibilizado naturalmente pelo solo, por meio da decomposição da matéria orgânica. No entanto, essa oferta natural costuma ser insuficiente para suprir as necessidades das culturas.

As hortaliças apresentam alta demanda por nitrogênio, sendo esse o nutriente mais absorvido pelas plantas, ficando atrás apenas do potássio, e também o que mais contribui para o aumento da produtividade (FILGUEIRA, 2008). Por sua vez, a aplicação de potássio em quantidades adequadas nas lavouras auxilia na síntese e no transporte de carboidratos, no uso mais eficiente da água pela planta, ajuda a equilibrar a adubação nitrogenada e contribui para a melhoria da qualidade do produto (incluindo aparência, cor, sabor e características culinárias), além de elevar seu valor comercial (PINHEIRO et al., 2011).

A resposta da rúcula à adubação com nitrogênio pode variar, sendo influenciada tanto pela dose aplicada quanto pelo sistema de cultivo, seja em campo aberto ou em ambiente controlado (PURQUERIO et al., 2007). Em relação às fontes de nitrogênio, DIJKSTRA et al. (2017) observaram que a rúcula apresenta reações distintas conforme o tipo de fertilizante utilizado. Devido ao seu ciclo curto, esses autores recomendam a ureia, pois libera nitrogênio de forma mais rápida em comparação aos fertilizantes de liberação lenta. Por outro lado, MENÉNDEZ et al. (2006) defendem o uso de fertilizantes de liberação controlada, argumentando que esses produtos reduzem as perdas de nitrogênio por lixiviação e volatilização, mantendo o nutriente disponível por mais tempo e aumentando sua eficiência de aproveitamento (PASDA et al., 2001).

Embora não seja requerido em grandes quantidades pelas culturas, como o nitrogênio e o potássio, o fósforo é frequentemente o nutriente que mais limita a produtividade. Isso se deve a uma aparente contradição: mesmo com uma baixa exigência pelas plantas, a resposta à adubação fosfatada costuma ser bastante significativa. Isso ocorre, em parte, porque os solos brasileiros geralmente apresentam baixos níveis de fósforo disponível, além de possuírem alta capacidade de fixação desse nutriente, o que reduz sua eficiência após a aplicação (FILGUEIRA, 2008).

O cultivo da rúcula exige uma nutrição apropriada, com ênfase nos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), que são essenciais para o crescimento robusto das hortaliças (Lopes et al., 2021). Além disso, a presença significativa de matéria orgânica no solo é crucial, pois auxilia na retenção de água e melhora a absorção de nutrientes, favorecendo o desenvolvimento saudável das plantas (Pereira et al., 2021). Segundo Luengo et al. (2018), os nutrientes N, P e K possuem alta mobilidade, o que favorece sua atuação no desenvolvimento de novas estruturas vegetativas.

2.4 Resposta da rúcula a adubação de fundação

Segundo Carrijo et al. (2004), a rúcula é uma hortaliça com boa capacidade de adaptação a diferentes regiões e condições ambientais, o que torna viável seu cultivo em campo aberto. Por essa razão, ela dispensa grandes investimentos em estruturas de proteção, como estufas, sendo perfeitamente adequada ao plantio direto no solo.

Diante disso, muitos produtores têm optado por cultivar rúcula, especialmente por sua compatibilidade com sistemas de plantio mais simples. Um ponto favorável é a possibilidade de semeadura direta, embora essa prática possa dificultar a obtenção de um estande uniforme devido ao tamanho reduzido das sementes e às variações na profundidade de plantio (REGHIN; OTTO; VAN DER VINNE, 2004).

Embora a rúcula necessite de uma quantidade menor de nutrientes em comparação com outras culturas, ela é considerada uma planta exigente, principalmente por seu ciclo curto e crescimento acelerado, especialmente na fase final do cultivo (GRANGEIRO et al., 2011). Por isso, o manejo adequado da adubação é fundamental para alcançar altos níveis de produtividade e minimizar impactos ambientais.

De modo geral, as orientações para a adubação das culturas devem ser baseadas nas necessidades nutricionais da planta ao longo de seu ciclo de crescimento e desenvolvimento até a colheita (LAVIOLA et al., 2007). Além disso, é fundamental considerar a eficiência com que os fertilizantes aplicados são aproveitados e a quantidade de nutrientes que o solo já é capaz de fornecer (PREZOTTI, 2001).

Para alcançar altos níveis de produtividade, é necessário levar em conta não apenas as condições climáticas, mas também características como o tipo de solo, a variedade cultivada, o manejo adotado e o tipo de fertilizante utilizado, pois todos esses fatores influenciam diretamente a eficiência da adubação (GRANGEIRO et al., 2006). Caso esses aspectos não sejam bem observados, uma adubação inadequada pode comprometer o desenvolvimento da cultura e causar impactos negativos ao meio ambiente (MADEIRA et al., 2007).

De acordo com Rezende et al. (2005), o uso frequente de fertilizantes é essencial para manter a fertilidade do solo em cultivos de hortaliças, o que faz desse insumo um dos componentes mais caros no custo total de produção. Assim, um manejo adequado da adubação não apenas ajuda a reduzir os gastos, como também pode resultar em aumento da produtividade das culturas.

2.5 Interação entre ambiente protegido e nutrição

Ambientes protegidos são construções que possibilitam um controle aprimorado do cultivo, pois, ao utilizá-los, é possível ajustar variáveis como temperatura, umidade e luminosidade. Além disso, elas contribuem para uma maior eficiência no combate a pragas e doenças, permitindo a adaptação de diferentes tipos de cultivo em diversas regiões ao longo de todo o ano (Fernandes, 2017).

A luz é a principal fonte de energia na biosfera, mas há evidências de que o excesso de luz pode levar à redução da produtividade, pois prejudica o crescimento das plantas (Araújo e Deminiciis, 2009). As plantas aproveitam melhor a radiação solar na faixa de comprimentos de onda entre 400 e 450 nm (especificamente 429 nm), embora o sol emita maior irradiância entre 450 e 600 nm. As plantas conseguem atender às suas necessidades energéticas com uma quantidade de radiação solar menor que a irradiância total diária e evitam absorver mais, o que poderia causar distúrbios fisiológicos [Schafer, 2009]. De acordo com o mesmo autor, plantas que recebem sombra têm uma eficiência fotossintética melhor, o que destaca a importância de coberturas que bloqueiem parcialmente a luz solar.

Em regiões com alta incidência de temperatura e luz, o uso de telas de sombreamento no cultivo de hortaliças folhosas ajuda a manter as plantas dentro de faixas ideais de temperatura e luminosidade. Essas telas reduzem a intensidade da radiação solar e promovem uma distribuição mais equilibrada da luz, o que traz benefícios importantes ao metabolismo vegetal, como o aumento da fotorrespiração.

Isso favorece o desempenho da cultura, podendo resultar em maior produtividade e melhor qualidade das folhas em comparação a cultivos sem sombreamento. De acordo com Ramos et al. (2007), a aplicação de sombreamento moderado durante a fase de produção de mudas de rúcula promove um desenvolvimento mais adequado da planta.

A rúcula pode ser cultivada em estruturas protegidas, sistema agrícola que tem ganhado espaço em todas as regiões do Brasil (Machado et al., 2011). Embora seja uma espécie encontrada em diversos países, sua origem está associada a regiões com clima mais seco e invernos rigorosos, sendo capaz de suportar temperaturas inferiores a -4°C (Garg; Sharma, 2014). De acordo com Costa et al. (2011), o cultivo em ambiente protegido oferece uma série de benefícios, como o controle parcial ou completo de fatores climáticos que influenciam o desenvolvimento da cultura, incluindo temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e vento. Essa tecnologia favorece o crescimento das plantas, resultando em maior produtividade e melhor qualidade dos produtos colhidos.

O uso de ambientes protegidos para o cultivo tem mostrado diversos benefícios para o desenvolvimento das plantas. Entre eles, destacam-se o aumento da produtividade, a melhoria na qualidade das folhas e a maior eficiência no controle de pragas, doenças e no manejo nutricional. Além disso, essa técnica permite reduzir a influência da sazonalidade, possibilitando a oferta regular de produtos de qualidade ao longo do ano, inclusive fora da safra. Também contribui para o uso mais eficiente de insumos como fertilizantes, defensivos agrícolas e água, além de permitir o controle total ou parcial das condições climáticas (MARTINS, 2007).

O crescimento vegetal refere-se à produção de biomassa e à sua distribuição entre as diferentes partes da planta (Peil & Gálvez, 2005). Esse processo pode ser limitado por fatores ambientais. Mudanças em condições como temperatura, umidade relativa do ar, duração da luz diária (fotoperíodo), espaçamento entre plantas, densidade de plantio e o tipo de estrutura usada no cultivo afetam diretamente as respostas fisiológicas das plantas (Dias, 2018).

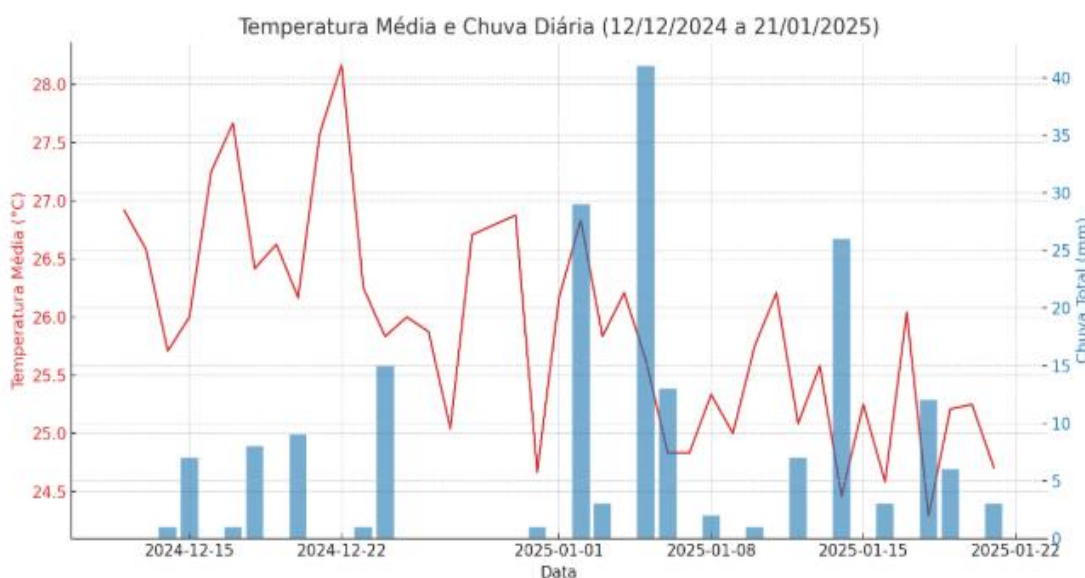
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do local da pesquisa

O experimento foi executado no setor de Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Araguatins, localizado no povoado Santa Tereza, a 5 km da sede municipal, na zona rural de Araguatins – TO. A área do experimento está situada nas coordenadas 05°39'00" de latitude sul e 48°04'25" de longitude oeste, a uma altitude de 103 metros. Essa região representa uma zona de transição entre o Cerrado e a Floresta Amazônica.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima local é do tipo Aw, caracterizado por verões chuvosos e invernos secos. A temperatura média anual é de aproximadamente 27 °C, enquanto a precipitação média anual gira em torno de 1.500 mm (INMET, 2022). Durante o período do experimento, que ocorreu entre dezembro de 2024 e janeiro de 2025, as condições climáticas foram acompanhadas por meio de dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia. Nesse intervalo, as temperaturas médias variaram entre 23°C e 28 °C, com picos de chuva registrados e ilustrados no gráfico 1:

Gráfico 1. Gráfico climático com valores de temperatura média diária (°C) e chuva total (mm) entre 12/12/2024 e 21/01/2025 em Araguatins – TO



Fonte: INMET (2025).

Para a realização do experimento, foi utilizado materiais e equipamentos como: enxada, rastelo, pá, regador, canivete, trena, copo plástico, carroça, sementes de rúcula folha larga, adubo NPK de composição (04-14-08), sistema de irrigação por fita de gotejamento, caderno de anotações, paquímetro, balança semi-analítica, saco de papel para secagem de plantas, ambiente protegido.

Inicialmente foi realizada a limpeza, remoção de ervas daninhas, revolvimento e assentamento do solo nos canteiros, padronizados com dez centímetros de altura e um metro de largura.

Figura 1. Preparo e padronização dos canteiros



Fonte: Arquivo pessoal do autor – (2024)

O ambiente protegido, coberto com agrofílm transparente no cultivo de hortaliças como a rúcula é vantajoso por proporcionar um ambiente mais estável, permite a entrada da luz solar, elevando a temperatura interna e favorecendo o crescimento da planta, especialmente em épocas mais frias. Além disso, protege contra chuvas intensas, ventos fortes e variações excessivas de umidade, reduzindo a incidência de doenças fúngicas. Ele também dificulta o acesso de pragas e contaminantes, resultando em hortaliças mais limpas e com maior qualidade.

O solo foi previamente limpo e preparado com o uso de enxada para revolvimento, seguido de nivelamento manual, e posteriormente foi realizada à

coleta para análise físico-química na profundidade de 0 a 20 cm. As informações detalhadas da caracterização físico-química dessa camada do solo podem ser observadas na Tabela 1:

Tabela 1. Análise físico-química do solo

Amostra	pH (H ₂ O)	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	Ca ²⁺ (cmolc/dm ³)	Mg ²⁺ (cmolc/dm ³)	Al ³⁺ (cmolc/dm ³)	H+Al (cmolc/dm ³)	S (cmolc/dm ³)	T (cmolc/dm ³)	V%	MO (%)
82	7,7	145,20	280,5	22,5	10,5	0,00	0,00	35,16	35,16	100	2,95
83	7,8	132,00	260,7	23,1	10,5	0,00	0,00	35,31	35,31	100	3,31

Amostra	Areia (%)	Argila (%)	Silte (%)
82	37,44	42,78	19,78
83	37,44	42,78	19,78

Fonte: IFTO – Araguatins, 2024.

A análise físico-química do solo no cultivo de rúcula, seja em ambiente protegido ou a campo, é fundamental para diagnosticar o pH e os teores de nutrientes disponíveis, orientando correções de acidez (calagem) e adubações adequadas. Ela também revela as deficiências específicas de nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes, permitindo corrigi-las pontualmente e elaborar um plano de adubação de base equilibrado (incorporação de esterco ou composto orgânico e formulação NPK apropriada) conforme orientações técnicas.

Os resultados da Tabela 1, indicam no solo, um pH levemente alcalino, alta saturação por bases e níveis razoáveis de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, o que eliminou a necessidade de calagem, assim sendo, concluiu-se seu preparo com a adição do NPK, buscando satisfazer as exigências nutricionais da rúcula (que, como outras hortaliças folhosas, exige aporte elevado de nitrogênio e outros nutrientes).

3.2 Delineamento experimental

O estudo realizado trata-se de uma pesquisa experimental, na qual se buscou avaliar características de natureza quantitativa e de caráter descritivo.

Para a execução do experimento utilizou-se o arranjo estatístico, delineamento de blocos casualizados, para melhor controle da variabilidade, sabendo que há heterogeneidade dentro da área experimental.

A área experimental, isto é, o canteiro, foi dividido em quatro blocos, onde cada bloco dispunha de cinco tratamentos e uma testemunha, cada tratamento possuía duas linhas, totalizando doze linhas por bloco. Os tratamentos foram distribuídos ao acaso dentro de cada bloco.

Os blocos foram separados a uma distância de 50cm entre si, espaçamento entre linhas de 25cm, espaçamento entre covas de 10cm e profundidade de aplicação do NPK em 10 cm, como mostra a figura 2:

Figura 2. Dimensionamento da área experimental



Fonte: Arquivo pessoal do autor – (2024)

O experimento buscou evidenciar qual dosagem promove o melhor desenvolvimento na rúcula (*Eruca sativa* L. cv. Apresiasi – folha larga), a partir da adubação de fundação com o uso do NPK (04-14-08), para tal, foram cavadas linhas com profundidade de 10cm, onde foram depositadas as quantidades de adubo por cova referentes a cada tratamento, sendo essas quantidades divididas em:

- T0 Testemunha (0g/cova)
- T1 Tratamento (10g/cova)

- T2 Tratamento (20g/cova)
- T3 Tratamento (30g/cova)
- T4 Tratamento (40g/cova)
- T5 Tratamento (60g/cova).

A cultivar utilizada no experimento foi a da rúcula folha larga, desenvolvida pela Feltrin, apresenta recomendação de adubação de 20 g por cova, valor adotado no tratamento T2. Sabendo que cada linha de plantio contém oito covas, a quantidade de adubo a ser distribuída por linha foi calculada conforme o tratamento, por exemplo: T3 ($30 \text{ g/cova} \times 8 = 240 \text{ g/m}^1$) e T5 ($60 \text{ g/cova} \times 8 = 480 \text{ g/m}^1$). Após a adubação e assentamento das linhas de plantio, procedeu-se à semeadura, com abertura de covas de 1 a 2 cm de profundidade, espaçadas entre si em 10 cm, totalizando oito covas por linha. Em cada cova foram depositadas de 10 a 14 sementes. A etapa pode ser observada na figura 3.

Figura 3. Adubação com NPK e plantio de Sementes



Fonte: Arquivo pessoal do autor – (2024)

3.3 Manejo cultural

Finalizada a semeadura, o sistema de irrigação por aspersão com uso de fita de irrigação, foi acionado, marcando o início do ciclo da cultura. A irrigação, feita

diariamente às 8:00 e 9:00 pela manhã, mantendo o solo constantemente úmido de modo a atender a necessidade da cultura. Uma semana após semeadura, já era possível identificar a brotação das primeiras plântulas, juntamente a elas, observava-se o crescimento de ervas daninhas, que eram controladas durante todo o cultivo através de catação manual.

Passados 14 dias foi feito o desbaste nas plantas, conforme ilustrado na figura 4, mantendo quatro plantas por cova de plantio. À medida que a folhosa crescia, ocorreram também a incidência de algumas lagartas, que também foram controladas através de catação manual. Os tratos culturais foram mantidos até o 40º dia, quando a cultura completou seu ciclo.

Figura 4. Desbaste e controle de ervas daninhas no 14º dia após semeadura



Fonte: Arquivo pessoal do autor – (2024)

3.4 Coleta de dados

Optou-se que a cultura completasse seu ciclo de 40 dias, conforme a recomendação do fabricante da semente, com o objetivo de assegurar uma resposta

mais evidente à adubação. Ao término deste período, procedeu-se à coleta dos dados.

Foram coletadas, ao todo, doze plantas por tratamento, sendo cada tratamento constituído por duas linhas experimentais, retirou-se então de cada linha seis plantas. As coletas foram realizadas de forma aleatória nas covas centrais de cada linha, com o intuito de minimizar o efeito de bordadura. Assim, considerando-se as 48 linhas que compuseram o experimento, obteve-se um total de 288 plantas amostradas.

As variáveis analisadas no experimento foram: altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do colo (DC), massa fresca (MF) e massa seca (MS).

As três primeiras variáveis, altura de planta (AP), número de folhas (NF) e diâmetro do colo (DC), foram obtidas diretamente em campo, como observado na figura 5. A altura da planta foi mensurada do nível do solo até o ponto mais alto da parte aérea. Removendo a planta do solo, procedeu-se à contagem visual do número de folhas, enquanto o diâmetro do colo foi determinado com o auxílio de um paquímetro digital.

Figura 5. Coleta de dados - Altura de planta, diâmetro do colo, número de folhas



Fonte: Arquivo pessoal do autor – (2025)

Concluída a coleta de dados em campo, as plantas de cada bloco e respectivo tratamento foram imediatamente acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas ao laboratório, onde seus pesos foram determinados com uso de balança semi-analítica de precisão, como demonstrado na figura 6.

Figura 6. Determinação da massa fresca de cada tratamento com uso de balança semi-analítica



Fonte: Arquivo pessoal do autor – (2025)

Após a mensuração da massa fresca, as amostras vegetais foram novamente acondicionadas em seus respectivos sacos de papel e encaminhadas à estufa, onde permaneceram por 48 horas sob temperatura de 65°C para completa desidratação. Em seguida, realizou-se com o auxílio da balança semi-analítica a pesagem, obtendo-se a massa seca correspondente a cada tratamento, essas duas ultimas etapas podem ser observadas na figura 7.

Figura 7. Secagem em estufa a 65°C e pesagem da matéria seca



Fonte: Arquivo pessoal do autor – (2025)

Finalmente, os dados obtidos até aqui foram processados, e submetidos à análise estatística afim de concluir qual dosagem de NPK proporcionou os melhores resultados para cada variável observada.

3.5 Processamento estatístico

Os dados referentes às cinco variáveis monitoradas, isto é, altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do colo (DC), massa fresca (MF) e massa seca (MS), foram agrupados conforme as diferentes dosagens de NPK, blocos e tratamentos preestabelecidos no delineamento experimental.

A modelagem estatística contemplou regressões linear e polinomial sobre as médias de tratamento, executadas no Microsoft Excel® e no programa de análise estatística Sisvar, sendo selecionadas com base no menor erro de ajuste e no maior coeficiente de determinação (R^2), respeitando-se sempre a coerência com a plausibilidade biológica. A Tabela 2 demonstra os valores das médias obtidas em cada parcela experimental, estratificadas por bloco e correspondente a dose do tratamento.

Tabela 2. Média dos dados brutos por tratamento (Doses) a seus respectivos blocos em função das variáveis-resposta.

Doses (g/cova)	Bloco	AP (cm)	NF	DC (mm)	MF (g)	MS (g)
0	1	19,05	8,33	2,72	101,03	9,49
0	2	22,45	8	3,65	148,44	13,16
0	3	25,51	8,25	3,62	182,55	14,06
0	4	21,05	8	2,79	111,4	9,67
10	1	20,12	9,08	4,32	150,52	14,55
10	2	22,67	10,25	4,02	206,07	18,27
10	3	25,61	9,41	3,24	194,96	16,58
10	4	21,77	9,75	3,09	147,51	13,22
20	1	25,15	8,83	4,34	251,37	20,79
20	2	32,79	11,41	5,45	440,11	33,59
20	3	28,95	13,5	4,6	429,13	37,52
20	4	27,2	10,08	4,06	315,07	26,33
30	1	29,85	11,16	4,65	458,55	36,44
30	2	32,06	15,25	5,96	594,14	46,82
30	3	30,59	12,25	4,26	456,53	33,3
30	4	30,62	12,58	4,97	411,13	34,45
40	1	27,39	13,16	4,91	414,68	39
40	2	30,33	14,58	7,25	512,75	47,01
40	3	31,75	13	4,77	552,75	42,86
40	4	26,54	11,58	4,03	326	29,34
60	1	29,41	12,5	5,34	486	43,24
60	2	30,6	13,75	5,25	442,98	36,3
60	3	32,55	14,41	5,04	646,58	42,88
60	4	32,37	15	5,43	560,38	44,9

Fonte: Arquivo pessoal do autor – (2025)

O delineamento utilizado no experimento (DBC), é utilizado em experimentos por sua eficácia em controlar a variabilidade experimental, especialmente quando fatores ambientais não controláveis, como características do solo, luminosidade ou microclima, podem influenciar os resultados. Dada a situação, neste experimento que avalia o efeito de diferentes dosagens de adubação na produção da rúcula, o uso do DBC permite uma distribuição mais homogênea dos tratamentos dentro de blocos relativamente uniformes, reduzindo o erro experimental e aumentando a precisão das estimativas.

Ao agrupar unidades experimentais semelhantes dentro de blocos e randomizar os tratamentos dentro destes, o delineamento assegura que as diferenças observadas na produção da cultura sejam atribuídas, com maior confiabilidade, às doses de NPK aplicadas, e não a variações ambientais aleatórias.

Dessa forma, o DBC contribui significativamente para a obtenção de dados consistentes e estatisticamente sólidos, fundamentais para a recomendação de práticas de adubação eficientes e rentáveis.

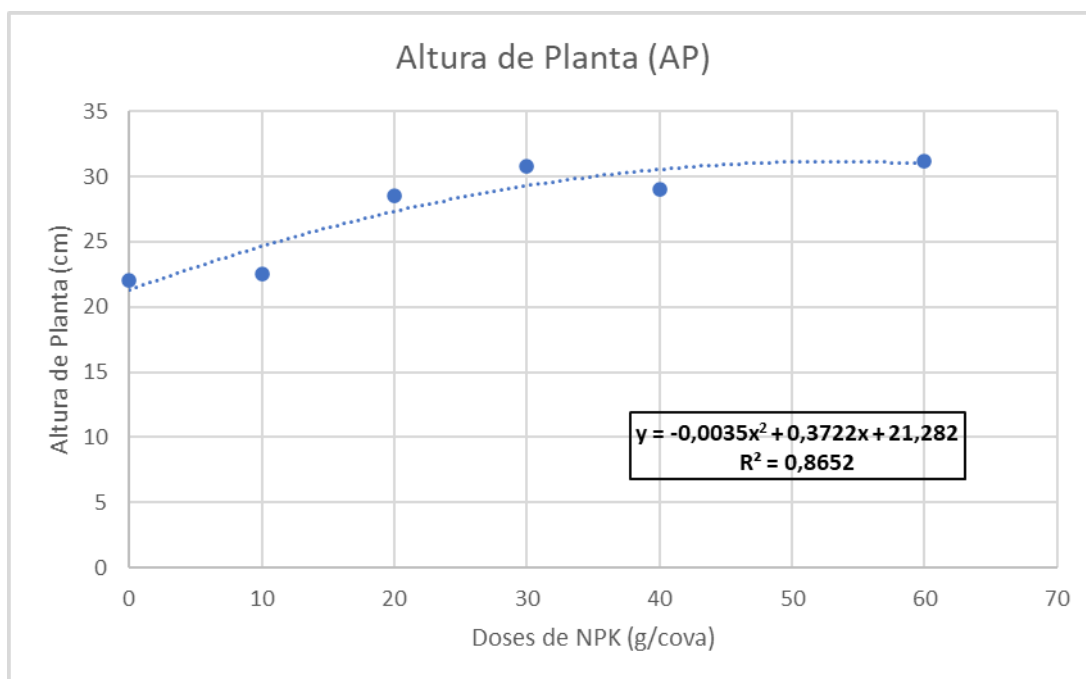
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores apresentados na tabela 2, serviram como base para a construção dos gráficos de tendência apresentados a seguir, os quais permitem visualizar de forma clara e interpretativa o comportamento da cultura em resposta ao incremento das doses de fertilizante. A partir desses valores médios, foi possível identificar padrões de resposta, como aumentos lineares ou quadráticos na produtividade, facilitando a análise da eficiência nutricional das doses aplicadas. Os gráficos auxiliam, portanto, na interpretação visual dos resultados, contribuindo para a identificação da dose ideal de NPK que maximiza a produção de rúcula dentro das condições experimentais avaliadas.

4.1 Altura de Planta

O gráfico 2, demonstra a relação entre as doses de adubação com NPK (g/cova) e a altura das plantas (cm), sendo representado por uma curva de regressão quadrática ajustada aos dados experimentais. A equação obtida foi $y = -0,0035x^2 + 0,3722x + 21,282$, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,8652$, o que indica que o modelo explica 86,52% da variação na altura das plantas em função das doses aplicadas. A natureza parabólica da equação, voltada para baixo, revela que o crescimento das plantas apresenta um comportamento de resposta positiva até determinado ponto, após o qual há uma redução na altura com o aumento das doses de NPK. Essa resposta é típica de experimentos agrícolas, nos quais a adição de nutrientes estimula o crescimento até um limite fisiológico ou toxicológico da planta.

A análise do ponto de máximo da curva, obtido matematicamente pelo vértice da parábola, indica que a dose ótima de NPK que proporciona o maior crescimento em altura é de aproximadamente 53,17 g/cova. Este valor representa a quantidade ideal de fertilizante para maximizar o desenvolvimento vegetal nas condições testadas. Acima dessa dose, observa-se uma tendência de redução na altura das plantas, o que pode estar relacionado a fatores como toxicidade por excesso de nutrientes, salinização do solo ou desequilíbrios na absorção de elementos essenciais.

Gráfico 2. Relação entre altura de planta (cm) e dose de NPK (g/cova)

Fonte: Arquivo pessoal do autor – (2025)

A breve queda observada na altura das plantas de rúcula na dose de 40 g/cova de NPK, em comparação à dose de 30 g/cova, pode estar relacionada a um desbalanço temporário na disponibilidade de nutrientes ou à sensibilidade fisiológica da cultura ao excesso relativo de um ou mais macronutrientes, especialmente o nitrogênio. Em determinadas condições, doses intermediárias podem ocasionar um leve estresse nutricional ou osmótico, afetando momentaneamente o crescimento vegetativo. No entanto, esse efeito não compromete a tendência geral de resposta positiva à adubação, uma vez que, na dose de 60 g/cova, observa-se uma recuperação e novo incremento na altura das plantas. Esse comportamento sugere que a cultura da rúcula responde positivamente ao aumento das doses de NPK até certo limite, e que pequenas flutuações no desenvolvimento podem ocorrer em função de interações complexas entre os nutrientes, características do solo e fatores ambientais, sem representar prejuízo significativo ao desempenho produtivo, já que todos os valores permanecem superiores aos obtidos com as menores dosagens aplicadas.

Variações na resposta das plantas a diferentes doses de adubação são comuns em experimentos com fertilizantes minerais, especialmente em culturas sensíveis como a rúcula (*Eruca sativa*). A literatura aponta que, em alguns casos,

doses intermediárias de NPK podem ocasionar desequilíbrios nutricionais temporários, provocando efeitos fisiológicos transitórios, como menor crescimento vegetativo ou redução na eficiência de absorção de determinados nutrientes (TAIZ et al., 2017).

De acordo com Silva et al. (2020), o excesso relativo de nitrogênio ou potássio, mesmo que abaixo do nível tóxico, pode alterar a absorção de outros nutrientes como cálcio e magnésio, interferindo na taxa de alongação celular e refletindo em variações pontuais na altura das plantas. No entanto, esses efeitos são geralmente compensados em doses superiores, quando o balanço nutricional é restabelecido e a planta retoma seu ritmo de crescimento, como observado na dose de 60 g/cova. Além disso, estudos como o de Rodrigues et al. (2018) destacam que, mesmo com oscilações pontuais em determinadas doses, a tendência geral de incremento no crescimento com o aumento da adubação permanece evidente, sobretudo quando comparada a doses baixas ou ausência de fertilização. Esses achados reforçam que a pequena queda observada na dose de 40 g/cova não compromete a resposta positiva da cultura ao NPK, mas reflete a complexa interação entre dose, disponibilidade de nutrientes no solo e exigências fisiológicas da planta.

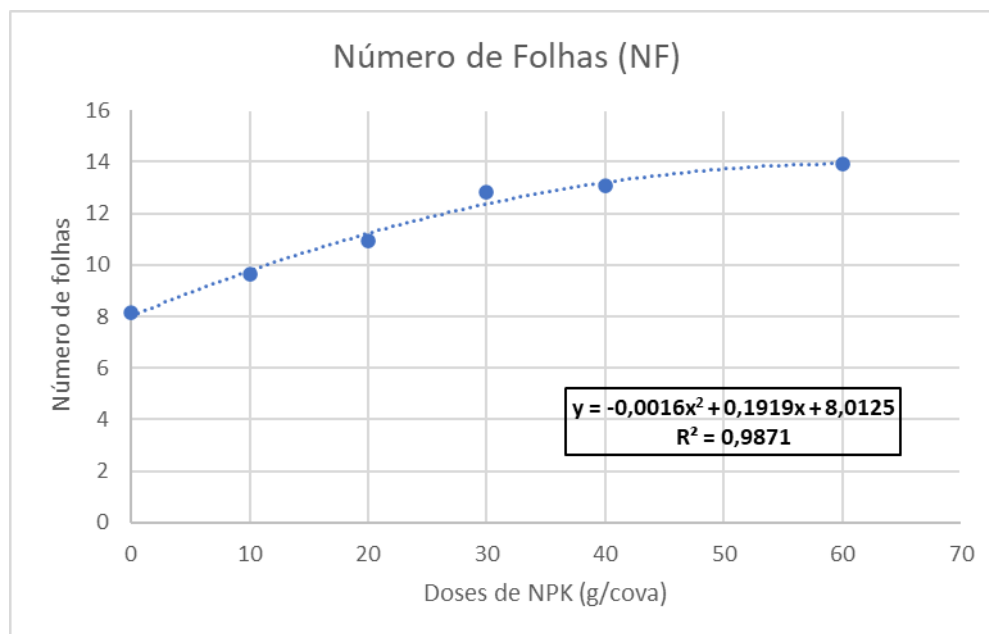
4.2 Número de folhas

O gráfico 3, que relaciona o número de folhas por planta com as doses de NPK (g/cova) apresentou uma curva de tendência do tipo quadrática, cuja equação foi definida como $y = -0,0016x^2 + 0,1919x + 8,0125$, com um coeficiente de determinação $R^2 = 0,9871$. O elevado valor de R^2 indica que 98,71% da variação no número de folhas pode ser explicada pela variação nas doses de NPK aplicadas, demonstrando um excelente ajuste do modelo aos dados experimentais. A concavidade negativa da curva indica que há um aumento no número de folhas com o incremento das doses de NPK até um ponto ótimo, após o qual novas adições de fertilizante resultam em uma diminuição do número de folhas.

Ao calcular o vértice da parábola, que representa a dose ideal de NPK para a máxima emissão foliar, obtém-se a dose de 59,97 g/cova, isso indica que a dose ótima para o maior número de folhas é de aproximadamente 60 g/cova. Acima dessa

quantidade, o número de folhas tende a diminuir, o que pode estar relacionado a efeitos fitotóxicos, desbalanço nutricional ou competição fisiológica dentro da planta.

Gráfico 3. Relação entre número de folhas e dose de NPK (g/cova)



Fonte: Arquivo pessoal do autor – (2025)

O número de folhas é uma variável diretamente relacionada ao crescimento vegetativo e ao potencial produtivo de culturas folhosas, como a rúcula (*Eruca sativa*), sendo fortemente influenciado pela disponibilidade de nutrientes essenciais no solo. A adubação mineral com NPK tem papel central nesse processo, pois o nitrogênio é o principal responsável pela divisão celular e formação de tecidos vegetativos, o fósforo favorece o desenvolvimento radicular e a eficiência na utilização da energia, enquanto o potássio atua na regulação osmótica e na ativação de enzimas envolvidas no crescimento celular (MARSCHNER, 2012).

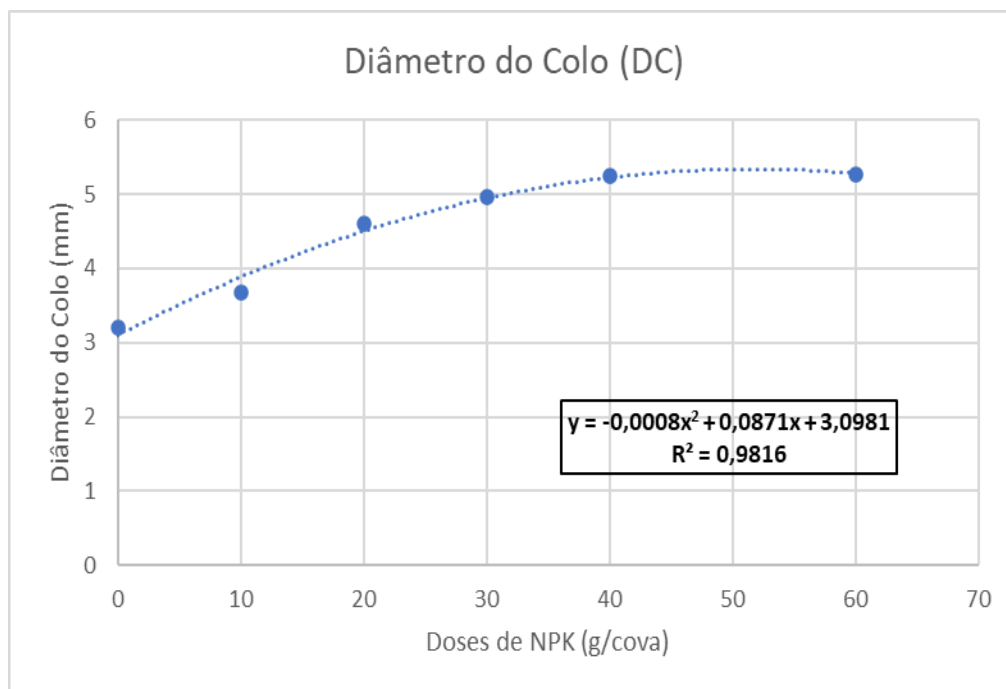
Resultados semelhantes aos obtidos no presente experimento, foram relatados por Lima et al. (2019), que observaram aumento progressivo no número de folhas de rúcula com o incremento das doses de NPK, demonstrando a sensibilidade da cultura à adubação equilibrada. Além disso, o estudo de Almeida et al. (2021) reforça que a adubação adequada promove não apenas maior número de folhas, mas também melhora a qualidade comercial das hortaliças. Esses achados corroboram os resultados observados, evidenciando que a nutrição mineral é determinante para o bom desempenho morfológico da rúcula, especialmente no que se refere ao acúmulo de biomassa foliar.

4.3 Diâmetro do colo

O gráfico 4 representa a relação entre o diâmetro do colo da rúcula (mm) e a aplicação de NPK (g/cova) também ajustado a um modelo de regressão quadrática, descrito pela equação $y = -0,0008x^2 + 0,0871x + 3,0981$, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,9816$. Esse alto valor de R^2 indica que 98,16% da variação no diâmetro do colo pode ser explicada pelas doses de NPK aplicadas, revelando uma fortíssima correlação entre as variáveis e alta confiabilidade do modelo ajustado. A curva apresenta concavidade voltada para baixo, sugerindo que o diâmetro do colo da rúcula aumenta com o fornecimento de NPK até atingir um ponto máximo, a partir do qual a continuidade da adubação resulta em redução do diâmetro, comportamento comum em curvas de resposta agrônômica a fertilizantes.

O ponto de máxima eficiência calculado foi de aproximadamente 54,44 g/cova. Acima desse valor, os efeitos negativos do excesso de nutrientes podem superar os benefícios do fornecimento, provocando respostas fisiológicas adversas, como crescimento desbalanceado ou restrições no sistema radicular.

Gráfico 4. Relação entre diâmetro do colo (mm) e dose de NPK (g/cova)



Fonte: Arquivo pessoal do autor – (2025)

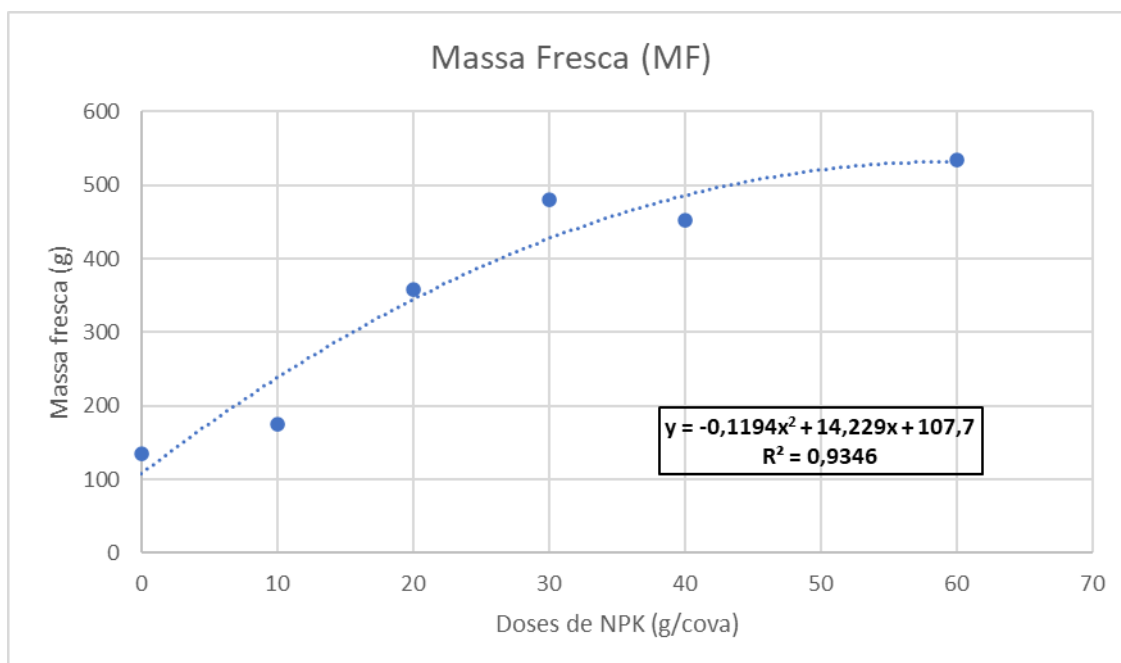
O diâmetro do colo é um importante indicador morfológico do vigor e da qualidade estrutural de plantas folhosas, estando diretamente relacionado à capacidade de suporte da parte aérea e ao fluxo eficiente de seiva entre raízes e folhas. A literatura destaca que o fornecimento equilibrado de NPK promove o

desenvolvimento robusto de tecidos vegetativos, influenciando positivamente parâmetros como espessamento do colo e resistência mecânica da planta (TAIZ et al., 2017). O nitrogênio atua na formação de proteínas estruturais e no estímulo ao crescimento celular; o fósforo contribui com a formação de estruturas de sustentação e raízes fortes, enquanto o potássio regula processos fisiológicos essenciais, como o transporte de açúcares e o controle osmótico (MARSCHNER, 2012). Em estudo realizado por Costa et al. (2020), o diâmetro do colo de rúcula aumentou de forma significativa com doses crescentes de NPK, comportamento semelhante ao evidenciado neste experimento. De modo semelhante, Oliveira et al. (2019) também observaram que adubações mais intensas contribuíram para a formação de colos mais espessos em hortaliças, refletindo maior vigor vegetativo. Esses resultados reforçam a importância do manejo adequado da adubação mineral para o desenvolvimento morfofisiológico ideal da rúcula.

4.4 Massa fresca

Ao avaliar a relação entre a massa fresca da rúcula (g) e as diferentes doses de adubação com NPK (g/cova), verifica-se no gráfico 5 um modelo de regressão quadrática, expresso pela equação $y = -0,1194x^2 + 14,229x + 107,7$, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,9346$. O valor elevado de R^2 indica que 93,46% da variação na massa fresca pode ser explicada pelas doses de NPK aplicadas, demonstrando um ajuste bastante confiável do modelo aos dados obtidos. A forma da equação revela uma parábola voltada para baixo, sugerindo que a aplicação de NPK promove um aumento da massa fresca até atingir uma dose ótima, acima da qual ocorre uma redução no acúmulo de biomassa, provavelmente devido a efeitos de excesso de fertilizante.

Ao determinar o ponto de máxima da curva, correspondente à dose que proporciona o maior acúmulo de massa fresca, obtém-se a dose de aproximadamente 59,59 g/cova. Este resultado é especialmente relevante do ponto de vista produtivo, uma vez que a massa fresca está diretamente associada ao rendimento comercial da hortaliça. Doses superiores à ideal podem provocar desequilíbrios nutricionais, salinização do solo e estresse osmótico, resultando em perdas fisiológicas e redução da produtividade.

Gráfico 5. Relação entre produção de massa fresca (g) e dose de NPK (g/cova)

Fonte: Arquivo pessoal do autor – (2025)

Esses resultados estão em consonância com estudos anteriores que apontam a importância do fornecimento adequado de nutrientes para o desenvolvimento de hortaliças folhosas. De acordo com Silva et al. (2019), o aumento da disponibilidade de nitrogênio, fósforo e potássio tem impacto direto no crescimento vegetativo e na produtividade da rúcula, especialmente em condições de cultivo intensivo. Mendonça et al. (2020) também destacam que o nitrogênio é um dos nutrientes mais limitantes para culturas folhosas, pois participa diretamente da síntese de proteínas e do metabolismo do crescimento.

Além disso, Filgueira (2013) reforça que adubações equilibradas com NPK são essenciais para culturas como a rúcula, pois esses nutrientes promovem o desenvolvimento do sistema radicular, o acúmulo de biomassa aérea e o transporte de açúcares e regulação osmótica, refletindo-se diretamente na produção de massa fresca.

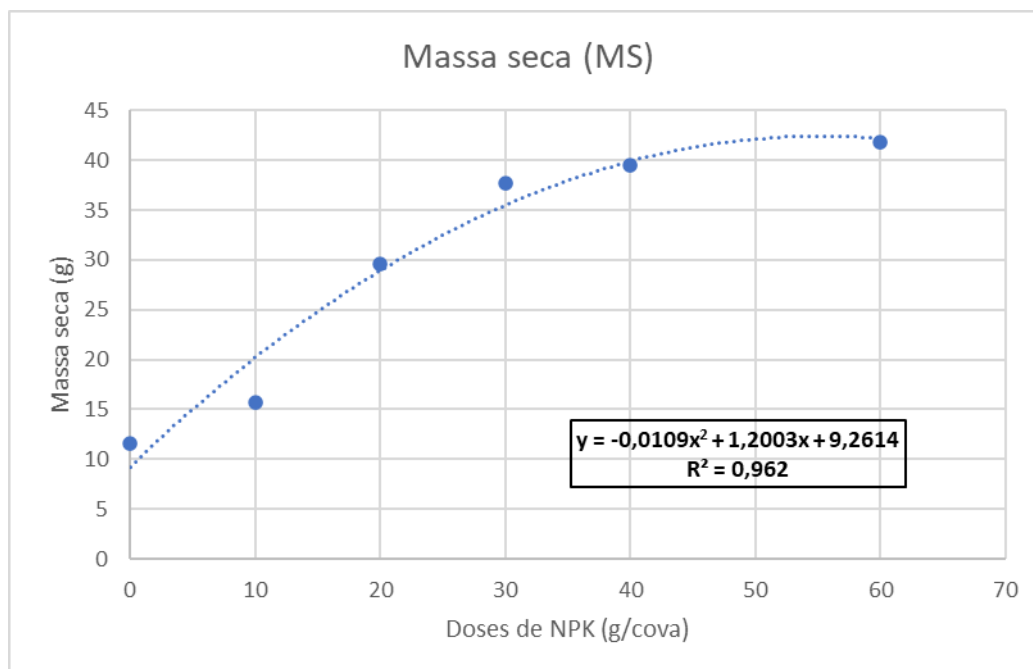
4.5 Massa seca

Os resultados obtidos no gráfico 6, relacionam a massa seca da rúcula (g) com diferentes doses de NPK (g/cova) apresentou uma curva de tendência do tipo

quadrática, representada pela equação. $y = -0,0109x^2 + 1,2003x + 9,2614$, com coeficiente de determinação $R^2 = 0,962$. O alto valor de R^2 revela que 96,2% da variação na massa seca das plantas pode ser explicada pelas doses de adubação aplicadas, o que demonstra excelente ajuste estatístico do modelo aos dados experimentais. A parábola, voltada para baixo, indica que o acúmulo de massa seca aumenta com a aplicação crescente de NPK até certo ponto, após o qual ocorre uma redução, comportamento típico de respostas fisiológicas a fertilização em excesso.

O ponto de máxima da curva, indica que a dose ideal de NPK para maximizar a massa seca da rúcula é de aproximadamente 55,07 g/cova. Essa variável é fundamental por refletir a quantidade de biomassa realmente acumulada pela planta ao longo do ciclo de crescimento, desconsiderando o conteúdo de água, e está diretamente ligada à eficiência metabólica e ao aproveitamento dos nutrientes. A redução da massa seca em doses superiores à ideal pode ser explicada por possíveis efeitos fitotóxicos, desbalanço iônico ou limitação da atividade fotossintética em ambientes com excesso de sais.

Gráfico 6. Relação entre produção de massa seca (g) e dose de NPK (g/cova)



Fonte: Arquivo pessoal do autor – (2025)

Segundo Malavolta (2006), a resposta das plantas à fertilização normalmente segue um padrão quadrático, ou seja, os incrementos na produção (inclusive massa seca) aumentam com a elevação da dose de nutrientes até atingir um platô ou ponto

máximo, a partir do qual o excesso torna-se prejudicial devido à toxidez ou desequilíbrios nutricionais.

Como destacam Taiz et al. (2017), a massa seca é uma métrica altamente confiável para avaliar o crescimento vegetal, pois não sofre influência de variações de água no tecido. É amplamente utilizada em pesquisas para mensurar o acúmulo de matéria orgânica como reflexo direto da eficiência fisiológica e nutricional da planta. De acordo com Filgueira (2013), o crescimento de hortaliças folhosas como a rúcula depende diretamente de um suprimento adequado de nutrientes, especialmente nitrogênio, fósforo e potássio. Esses macronutrientes promovem o acúmulo de biomassa por meio da intensificação da fotossíntese, divisão celular e metabolismo energético, refletindo diretamente no aumento da massa seca da planta.

5. CONCLUSÃO

A adubação mineral com NPK demonstrou ser um fator determinante para o bom desempenho produtivo da rúcula folha larga cultivada sob estufa. Os dados obtidos evidenciaram que o aumento progressivo nas doses de NPK influenciou positivamente as variáveis morfofisiológicas da planta, como altura, número de folhas, diâmetro do colo, massa fresca e massa seca.

Todos os parâmetros apresentaram respostas quadráticas com o incremento da adubação. A altura das plantas evidenciou vigor vegetativo estimulado pela fertilização. O número de folhas, parâmetro essencial para a avaliação de produtividade em hortaliças folhosas, também apresentou forte correlação positiva com a dose de NPK, sugerindo que o fornecimento equilibrado de nutrientes promove maior emissão foliar. O diâmetro do colo, por sua vez, indicou robustez estrutural e bom desenvolvimento das plantas nas doses mais elevadas. A produção de massa fresca, atributo com impacto direto na comercialização, respondeu de maneira satisfatória às doses aplicadas, com acréscimos expressivos. Por fim, também foi verificado incremento sobre a produção de massa seca, indicador do acúmulo de biomassa real, consolidou-se então, que há impacto efetivo da adubação sobre as variáveis desejadas.

O tratamento com 60 g/cova foi o mais eficiente, proporcionando os melhores resultados para a maioria dos parâmetros analisados, embora doses intermediárias também tenham apresentado desempenho satisfatório. Isso mostra que a adubação deve ser ajustada conforme as condições edafoclimáticas e os objetivos de manejo de cada sistema produtivo. A aplicação racional de NPK contribui não apenas para o aumento da produtividade e da qualidade da rúcula, mas também para o uso mais eficiente de insumos, redução de custos e minimização de impactos ambientais, especialmente em cultivos intensivos.

Dessa forma, conclui-se que a adubação de fundação com NPK é uma prática agronomicamente viável e tecnicamente recomendada para a cultura da rúcula em ambiente protegido, contribuindo para o manejo racional de nutrientes, a sustentabilidade da produção e a geração de recomendações técnicas aplicáveis à agricultura familiar e sistemas comerciais de olericultura.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. C.; SANTOS, A. F.; CARVALHO, A. J. M. Resposta da rúcula a diferentes níveis de adubação mineral. *Horticultura Brasileira*, v. 39, n. 1, p. 65–70, 2021.
- ARAÚJO, S. A. C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da fotossíntese. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/rbrasbioci/article/view/114899/0>. Acesso em: 30 maio 2025.
- BJÖRKMAN, T.; PAGNOTTA, E.; MICHIELS, A.; D'AMORE, R.; MICHIELS, F.; LAMMERTYN, J.; DE RYCK, B.; DE WITTE, Y.; DE VOS, W.; DE MEULENAER, B.; DE BIE, M.; DE WILDE, P.; DE VOS, D. Bioactive Compounds from *Eruca sativa* Seeds. *Encyclopedia*, v. 2, n. 4, p. 1866–1879, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-8392/2/4/129?utm>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- CAIXETA, Mônica Mendes de Andrade et al. Desempenho da rúcula cultivada em diferentes modos de adubação. *Revista Mirante*, Anápolis, v. 10, n. 2, p. 1-10, jul. 2017. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/mirante/article/view/6419>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- CARRIJO, O. A. et al. Cultivo e adaptação da rúcula em diferentes condições ambientais. *Horticultura Brasileira*, v. 22, n. 3, p. 412-417, 2004.
- CARVALHO, Alexandro Cardoso. Crescimento da rúcula hidropônica nas quatro estações do ano: efeito do espaçamento de plantio. 2021. 62 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/263486>. Acesso em: 16 mar. 2025.
- COUTINHO, J. C. et al. Fertilizantes e adubação: princípios e práticas. Campinas: Fundação Cargill, 1993. 256 p.

COSTA, E. D. V. et al. Crescimento e produtividade de cultivares de alface em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 2, p. 174–179, 2011.

COSTA, J. S.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, A. F. Crescimento e produtividade da rúcula em função de doses de NPK. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 15, n. 2, p. 319–325, 2020.

CRUZ DA SILVA, W. L.; OLIVEIRA DOS SANTOS, L.; ROSARIA DE SOUSA, K. Manejo e fertilidade do solo: abordando a temática através de uma revisão de literatura. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 2, n. 1, p. 1–17, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.61164/rnm.v2i01.3463>. Acesso em: 17 mar. 2025.

DIJKSTRA, J. et al. Resposta da rúcula a diferentes fontes de nitrogênio em sistemas de cultivo sustentável. *Journal of Plant Nutrition*, v. 40, n. 10, p. 1502-1512, 2017.

DIAS, L. A. Fatores ambientais e seu impacto no crescimento vegetal. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 30, n. 4, p. 431–439, 2018.

FERREIRA, Daniel Furtado. SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS. *Revista Brasileira de Biometria*, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dez. 2019. ISSN 1983-0823. Disponível em: <http://www.biometria.ufra.br/index.php/BBJ/article/view/450>. Acesso em: 06 mai. 2025.

Ferreira, L. M., Sousa, T. A., & Silva, R. P. (2023). Desafios e avanços no manejo integrado do solo no Brasil: práticas tradicionais e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Ciência Agrária*, 18(1), 45-58. 2023.

FERNANDES, D. Sistema automatizado de controle de estufas para cultivo de hortaliças. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/12958/TCCG_SIFW_2017_FERNANDES_DOUGLAS.pdf. Acesso em: 29 mar. 2025.

FERREIRA, Tério. Nutrição organomineral de hortaliças (alface e rúcula): uma revisão de literatura. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/2512>. Acesso em: 27 mar. 2025.

FILGUEIRA, F. Adubação mineral e produção de hortaliças. In: Produção de hortaliças em ambiente protegido. Viçosa, MG: UFV, 2008. p. 45-67.

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

FREITAS, Karidja Kalliany Carlos de. Espaçamentos e épocas de plantio no desempenho produtivo da rúcula. 2006. 50 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/1caf87a7-6c30-49de-bcc5-c12b2e7b53ac/content>. Acesso em: 12 mar. 2025.

GARG, Gajra; SHARMA, Vinay. *Eruca sativa* (L.): Botanical Description, Crop Improvement, and Medicinal Properties. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, v. 20, n. 2, p. 171–182, 2014.

Genuncio, G.C; Nascimento,E.C; Richard, M.M. Nutrientes essenciais no cultivo da rúcula. Campos e negócio.2023

Grangeiro LC, Costa KR, Medeiros MA, Salviano AM, Negreiros M, Bezerra Neto F, Oliveira SL (2006) Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semi-Árido. *Horticultura Brasileira*, 24:190-194.

Grangeiro LC, Freitas FCL, Negreiros MZ, Marrocos STP, Lucena RRM, Oliveira RA (2011) Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 6:11-16.

GUIMARÃES, Nádia Rossi; SOUZA, Rodrigo Fernandes de; SILVA, Ayure Gomes da; BITTAR, Dyb Youssef. Adubação nitrogenada na produção de rúcula. *Ipê Agronomic Journal*, v. 3, n. 2, p. 44–55, 2019.

LAVIOLA, B. G. et al. Nutrição mineral das plantas e recomendação de fertilizantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2007, Maringá. *Anais...* Maringá: SBCS, 2007. p. 123-140.

Lima, R.L.S et al. (2010) Crescimento de plantas de pinhão manso em função da adubação orgânica e mineral.

LIMA, A. C.; OLIVEIRA, F. A.; LIMA, L. A. et al. Efeito de doses de NPK no crescimento e produtividade da rúcula em ambiente protegido. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 42, n. 3, p. 597–604, 2019.

LEITE, T. R. da C. et al. Produção de cultivares de rúcula (*Eruca sativa*) sob diferentes malhas de sombreamento e campo aberto. *Scientific Electronic Archives*, v. 15, n. 5, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.36560/15520221499>. Acesso em: 29 mar. 2025.

LOPES, M. A. S. et al. Nutrição mineral e manejo da adubação na cultura da rúcula. *Revista Brasileira de Horticultura*, v. 39, n. 2, p. 215-224, 2021.

LUENGO, R. F. A. Determinação de minerais no solo e análise de folhas de couve produzida em Brasília. *Braz. J. Food Technol.* [online]. 2018, vol.21, e2017141. Epub May 03, 2018.

MACHADO, M. A. et al. Cultivo de rúcula (*Eruca sativa* L.) em ambiente protegido sob diferentes concentrações de solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, v. 29, n. 4, p. 563-567, 2011.

MADEIRA, M. C. et al. Impactos ambientais da adubação inadequada: desafios para a agricultura sustentável. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 5, p. 475-482, 2007.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 3. ed. London: Academic Press, 2012.

MARTINS, F. A. Cultivo protegido de hortaliças. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, v. 13, n. 1, p. 1–10, 2007.

MARTINS, Elder Samuel Lopes; ARAÚJO, Ana Lúzia de Souza; BARBIERI, Edison. Fertirrigação com NPK, efluente de tilápia e ureia no cultivo de rúcula em solo. *Revista Científica*, v. 1, p. 1–10, 2025. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/250419135.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2025.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MENDONÇA, M. L.; FERREIRA, L. M.; GOMES, C. C. Doses de nitrogênio no desenvolvimento de rúcula em sistema convencional. *Horticultura Brasileira*, v. 38, n. 1, p. 80–85, 2020.

MENÉNDEZ, C. et al. Uso de fertilizantes de liberação controlada: benefícios e impactos na eficiência da adubação nitrogenada. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 29, n. 2, p. 75-84, 2006.

Melo, A. F., Silva, J. R., & Santos, R. M. (2019). Uso eficiente de fertilizantes e corretivos na agricultura brasileira: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 43, e0180019.

MORALES, M. A.; JANICK, J. Characterization of rocket (*Eruca sativa* Mill.) accessions. *HortScience*, v. 37, n. 4, p. 557–561, 2002.

NASCIMENTO, Danielle Maria do. Sistemas de cultivos de couve folha e rúcula sob tipos de adubação. 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/19360/DANIELLE%2>

OMARIA%20DO%20NASCIMENTO%20%e2%80%93%20DISSERTA%20c3%87%20c3%83O%20PPGHT%202019.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 29 mar. 2025.

OLIVEIRA, K. D.; SANTOS, R. A.; MENEZES, B. J. Adubação mineral e seus efeitos sobre características morfológicas de hortaliças folhosas. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 13, n. 1, p. 1189–1198, 2019.

PADULOSI, Stefano; PIGNONE, Domenico. Rocket: a Mediterranean crop for the world. Roma: International Plant Genetic Resources Institute, 1997. Disponível em: <https://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/brassicaceae/erucasativa/fichas/ficha.htm>. Acesso em: 29 mar. 2025.

PASDA, G. et al. Perdas de nitrogênio por lixiviação e volatilização em fertilizantes convencionais e de liberação controlada. *Journal of Environmental Quality*, v. 30, n. 4, p. 1230-1237, 2001.

PEIL, R. M. N.; GÁLVEZ, M. A. Crescimento vegetal: produção e distribuição de biomassa. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, n. 3, p. 365–371, 2005.

PEREIRA, L. M.; SANTOS, R. F.; OLIVEIRA, A. C. Matéria orgânica do solo: importância para a fertilidade e sustentabilidade agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 45, 2021.

PINHEIRO, H. L. et al. Importância do potássio na produção agrícola: aspectos fisiológicos e qualidade dos produtos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 4, p. 1235-1244, 2011.

PORTO, R. de A.; BONFIM-SILVA, E. M.; SOUZA, D. S. de M.; CORDOVA, N. R. M.; POLIZEL, A. C.; SILVA, T. J. A. Adubação potássica em plantas de rúcula: produção e eficiência no uso da água. *Revista Agro@mbiente On-line*, Boa vista, RR, v.7, n. 1, p. 28- 35, jan./abril 2013.

PREZOTTI, L. F. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes na agricultura brasileira. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, n. 3, p. 623-632, 2001.

Purquerio, L. F. V.; Demant, L. A. R.; Goto, R.; Villas Boas, R. L. (2007). Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. *Horticultura Brasileira*, 25(3), 464–470.

RAMOS, M. A. P.; SILVA, R. F.; ROCHA, R. C. Produção de mudas de rúcula sob diferentes níveis de sombreamento. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, v.10, n.18, p.2431-2442, 2014.

REGHIN, P. A.; OTTO, P. C.; VAN DER VINNE, A. G. Técnicas de semeadura para hortaliças folhosas: desafios e soluções. *Revista Brasileira de Horticultura*, v. 22, n. 2, p. 175-181, 2004.

REIS, Isaías dos Santos. Doses de nitrogênio no acúmulo de nutrientes, crescimento e produtividade da rúcula. 2019. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/5215>. Acesso em: 24 mar. 2025.

RODRIGUES, R. M.; NASCIMENTO, A. M.; ALMEIDA, M. F. Efeito de diferentes níveis de adubação mineral na morfologia da rúcula. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 5, n. 4, p. 43–49, 2018.

REZENDE, B. L. A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; FELTRIM, A. L.; COSTA, C. C.; BARBOSA, J. C. Viabilidade da consorciação de pimentão com repolho, rúcula, alface e rabanete. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.24, n.1, p.36-41, 2006.

SALA, F. C.; COSTA, C. P.; BLEICHER, J. Caracterização varietal de rúcula. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 2, p. 324-327, 2004.

SANTOS, M. E. R.; LIMA, L. A.; CORRÊA, R. M. Desenvolvimento vegetativo da rúcula em resposta a diferentes doses de adubação mineral. *Horticultura Brasileira*, v. 38, n. 3, p. 245–251, 2020.

SANTOS LW; SILVA CB; SILVA JC da; ALVES É. S; SANTOS DP; SANTOS MAL.2015. Determinação do coeficiente de cultivo da rúcula (*Eruca sativa*) Cultivada na Região Agreste do Estado de Alagoas. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 25. Anais... São Cristovão/SE. P.941-946.

SCHAFER, J. S.; HOLBEN, B. N.; ECK, T. F.; YAMASOE, M. A.; ARTAXO, P. Atmospheric effects on insolation in the Brazilian Amazon: observed modification of solar radiation by clouds and smoke and derived single scattering albedo of fire aerosols. *Journal of Geophysical Research*, v. 107, N. D20, 2002.doi 10.1029/2001JD000428.

SBC. Leandro Sampaio; Washington Batista; Diogo Oliveira; Fabio Oliveira; Higor Santanna; Joacy Silva; Beatriz Santana; Franklin Oliveira. Estufa Inteligente: Sistema Automatizado para o Cultivo de Hortaliças. In: ERBASE - Encontro Regional de Bancos de Dados e Sistemas Embarcados. 2019. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/erbase/article/view/8534/8435>. Acesso em: 16 mar. 2025.

SILVA, A. A.; PEREIRA, M. G.; SANTOS, L. R. Nutrição mineral e crescimento de hortaliças folhosas em resposta a diferentes fontes e doses de NPK. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 15, n. 1, p. 75–83, 2020.

SILVA, J. M.; ALMEIDA, L. C.; SOUZA, R. F. Efeito da adubação NPK na produtividade da rúcula em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 14, n. 2, p. 154–160, 2019.

SILVA, J. R. da; OLIVEIRA, F. A.; SANTOS, A. M. dos. Resposta da rúcula à adubação com NPK em solos de baixa fertilidade. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 12, n. 2, p. 1105–1113, 2018.

SILVA, Paulo Henrique Soares. Adubação nitrogenada em rúcula: efeitos no crescimento, produtividade e nutrição. 2017. 36 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/103253>. Acesso em: 16 mar. 2025.

SILVA, R. F.; COSTA, M. B.; NASCIMENTO, L. H. Efeito de doses crescentes de NPK na produção de alface americana. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 11, n. 2, p. 88–96, 2021.

SOUZA, Igor Machado de. Produção do quiabeiro em função de diferentes tipos de adubação. 2012. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2012. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/6605/1/IGOR_MACHADO_SOUZA.pdf. Acesso em: 24 mar. 2025.

SOUZA, Marco Antônio Ferreira de; MAXIMIANO, Christian Viterbo. Desempenho da cultura da rúcula submetida a diferentes tipos de adubação. *Revista Real*, v. 3, n. 1, 2024. Disponível em: <https://revistas.icesp.br/index.php/Real/article/view/5586>. Acesso em: 17 mar. 2025.

STEINER, F.; LEITE, D. C.; SEABRA JÚNIOR, S. Desempenho de cultivares de rúcula sob diferentes malhas de sombreamento e campo aberto. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 1, p. 93–102, 2011.

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

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; HIROCE, R. Rúcula: recomendações de adubação e calagem. Boletim Técnico IAC 197. Instituto Agrônomo de Campinas, 2011.