



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

LAÍZA GOMES DE PAIVA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DA CEBOLA EM FUNÇÃO DA
APLICAÇÃO DE SELÊNIO**

MOSSORÓ

2023

LAÍZA GOMES DE PAIVA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DA CEBOLA EM FUNÇÃO DA
APLICAÇÃO DE SELÊNIO**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Nutrição, Irrigação e Salinidade

Orientador: Leilson Costa Grangeiro, Prof. Dr.

MOSSORÓ

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

P142d Paiva, Laíza Gomes de.
Desempenho agrônômico da cultura da cebola em
função da aplicação de selênio / Laíza Gomes de
Paiva. - 2023.
56 f. : il.

Orientador: Leilson Costa Grangeiro.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2023.

1. Allium cepa L.. 2. produtividade. 3.
nutrição mineral. 4. antioxidantes. I. Grangeiro,
Leilson Costa, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LAÍZA GOMES DE PAIVA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DA CEBOLA EM FUNÇÃO DA
APLICAÇÃO DE SELÊNIO**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Nutrição, Irrigação e Salinidade

Defendida em: 15/ 02/ 2023.

BANCA EXAMINADORA

Leilson Costa Grangeiro, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Patrícia Lígia Dantas de Moraes, Prof^a. Dr^a. (UFERSA)
Membro Examinador

Romualdo Medeiros Cortez Costa, Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Arthur Bernardes Cecílio Filho, Prof. Dr. (UNESP)
Membro Examinador

Clístenes Williams Araújo do Nascimento, Prof. Dr. (UFRPE)
Membro Examinador

A Deus, minha fonte de inspiração. Aos meus pais, Marcelânia e Lázaro, pelo esforço e preocupação com meus estudos, permitindo que eu concretizasse mais uma etapa da vida acadêmica. Essa conquista também é de vocês!

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de vida, por ter sido meu guia e ter me permitido chegar até aqui. Sem dúvida todas as palavras que existem no mundo não serão suficientes para expressar toda a minha gratidão.

A toda a minha família, em especial aos meus avós maternos, Raimunda e Natanael, exemplos de vida, e aos meus pais Marcelânia e Lázaro, por todo o amor e dedicação, por terem sempre me dado suporte e incentivo para que eu alcançasse meus sonhos e por estarem comigo durante essa caminhada.

A Jessé Nunes, pelo incentivo, paciência e parceria, principalmente nos momentos mais difíceis. Pelo apoio nas minhas decisões e por compreender os momentos de ausência.

Ao meu orientador, professor Leilson Costa Grangeiro, pelos ensinamentos e incentivo, pela confiança depositada em mim e dedicação em estar sempre presente nas atividades de campo ou laboratório, estando sempre disponível para me ajudar.

Aos componentes do Grupo de Pesquisa em Nutrição e Adubação de Hortaliças, pelo apoio durante a execução do experimento e coleta dos dados. Pela amizade construída e momentos de descontração durante as atividades, em especial a Romualdo Cortez, por ter sido um grande amigo, estando ao meu lado em diversas situações, nas quais pude compartilhar diariamente minhas alegrias e tristezas, e por estar sempre disposto a me ajudar quando preciso.

Às minhas amigas Cristiane Alves e Isadora Medeiros, pela amizade, convivência e apoio incondicional durante essa caminhada.

A Chagas Gonçalves, por todo o apoio na fazenda experimental da UFERSA, e aos funcionários da Horta do Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais/UFERSA, pela ajuda na realização das atividades de campo.

Aos funcionários do Centro de Pesquisas Vegetais do Semiárido Nordeste (CPVSA), em especial a Bruno Fernandes e Paulo Sérgio, pela ajuda nas análises laboratoriais.

À equipe do laboratório de Fisiologia e Pós-Colheita, em especial à Carla Sonale, pelo suporte durante a execução das análises.

Aos membros da banca examinadora: Patrícia Lígia Dantas de Moraes, Romualdo Medeiros Cortez Costa, Arthur Bernardes Cecílio Filho e Clístenes Williams Araújo do Nascimento, pelas contribuições dadas.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), pela oportunidade e pelo espaço fornecido em prol do desenvolvimento das atividades e pela relevante contribuição na minha vida acadêmica e profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de prosseguir na vida acadêmica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

A todos aqueles não mencionados, mas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta conquista, o meu eterno obrigada!

“Porque d’Ele e por Ele, e para Ele, são todas as coisas; Glória, pois, a Ele eternamente. Amém”.

(Romanos 11:36)

RESUMO

O selênio (Se) é um elemento que possui a função antioxidante na eliminação de espécies reativas de oxigênio, sendo um elemento essencial para os seres humanos. Nas plantas, é considerado benéfico, pois favorece o crescimento e desenvolvimento, podendo aumentar a produtividade e a qualidade das culturas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônômico e os atributos de qualidade de bulbos de cultivares de cebola em função da aplicação foliar de selênio. O delineamento experimental foi em blocos casualizados completos, com tratamentos em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas cultivares de cebola (Andrômeda e Rio das Antas) e cinco doses de Se (0, 15, 30, 45 e 60 g ha⁻¹). Foram avaliadas características de crescimento, nutricionais, produtividade e qualidade de bulbos de cebola. A aplicação de 60 g ha⁻¹ de Se proporcionou maior altura da planta, massa seca das folhas, dos bulbos e total e maior teor de Se nas folhas e no bulbo. Nessa mesma dose também foram alcançadas maiores produtividades comercial e total de bulbos na cultivar Rio das Antas, ao passo que, para Andrômeda, a aplicação de Se não influenciou nas variáveis de produtividade. Nos atributos de qualidade dos bulbos, a dose 60 g ha⁻¹ de Se aumentou o teor de vitamina C e diminuiu a atividade antioxidante dos bulbos. Para flavonoides, ocorreu aumento linear nos bulbos da cv. Rio das Antas e redução, em relação ao controle, para Andrômeda. A pungência, os açúcares solúveis, os sólidos solúveis, a acidez titulável e a relação SS/AT não são influenciados pelo Se. Recomenda-se a aplicação de 60 g ha⁻¹ de Se e cultivo da cv. Rio das Antas para obtenção de maior produtividade e qualidade de bulbos de cebola.

Palavras-chave: *Allium cepa* L., produtividade, nutrição mineral, antioxidantes.

ABSTRACT

Selenium (Se) is an element that has an antioxidant function in the elimination of reactive oxygen species, being an essential element for humans. In plants, it is considered beneficial, as it favors growth and development, and can increase yield and quality of crops. This study aimed to evaluate the agronomic performance and quality attributes of bulbs of onion cultivars as a function of foliar application of selenium. The experimental design was in complete randomized blocks, with treatments in a 2 x 5 factorial scheme, with four replications. The treatments consisted of a combination of two onion cultivars (Andromeda and Rio das Antas) and five doses of Se (0, 15, 30, 45 and 60 g ha⁻¹). Growth, nutritional, yield and quality characteristics of onion bulbs were evaluated. The application of 60 g ha⁻¹ of Se provided greater plant height, leaf, bulb and total dry matter and higher Se content in leaves and bulb. At the same dose, higher marketable and total bulb yields were also achieved for the Rio das Antas cultivar, whereas for Andromeda, the application of Se did not influence the yield variables. Regarding the quality attributes of the bulbs, the dose of 60 g ha⁻¹ of Se increased the vitamin C content and decreased the antioxidant activity of the bulbs. For flavonoids, there was a linear increase in the bulbs of cv. Rio das Antas and reduction, in relation to the control, to Andromeda. Pungency, soluble sugars, soluble solids, titratable acidity and SS/AT ratio are not influenced by Se. It is recommended the application of 60 g ha⁻¹ of Se and cultivation of cv. Rio das Antas to obtain higher yield and quality of onion bulbs.

Keywords: *Allium cepa* L., yield, mineral nutrition, antioxidants.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I - A APLICAÇÃO DE SELÊNIO AUMENTA A PRODUTIVIDADE DE CEBOLA E OS TEORES DE NUTRIENTES NOS BULBOS

Figura 1 –	Altura de plantas de cebola em função de doses de selênio.....	23
Figura 2 –	Massa seca da parte aérea (MSPA), do bulbo (MSB) e total (MST) de cebola em função de doses de selênio.....	24
Figura 3 –	Teor de enxofre (S) na folha das cultivares Andrômeda e Rio das Antas em função de doses de selênio.....	27
Figura 4 –	Teor de selênio (Se) na folha de cebola em função de doses de selênio.....	28
Figura 5 –	Teor de nitrogênio (N) (A) e magnésio (Mg) (B) nos bulbos de cebola em função de doses de selênio.....	29
Figura 6 –	Teor de fósforo (P) (A) e cálcio (Ca) (B) nos bulbos das cultivares Andrômeda e Rio das Antas em função de doses de selênio.....	30
Figura 7 –	Teor de selênio (Se) nos bulbos de cebola em função de doses de selênio.....	32
Figura 8 –	Produtividade comercial (PCB) (A) e total (PTB) (B) de bulbos das cultivares Andrômeda e Rio das Antas em função de doses de selênio.....	33

ARTIGO II - INFLUÊNCIA DO SELÊNIO NA QUALIDADE DE CEBOLA

Figura 1 –	Atividade antioxidante total (AAT) de cebola em função da aplicação de selênio.....	47
Figura 2 –	Teor de flavonoides nos bulbos das cultivares Andrômeda e Rio das Antas em função da aplicação de selênio.....	48
Figura 3 –	Teor de vitamina C em bulbos de cebola em função da aplicação de selênio.....	50

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I - A APLICAÇÃO DE SELÊNIO AUMENTA A PRODUTIVIDADE DE CEBOLA E OS TEORES DE NUTRIENTES NOS BULBOS

Tabela 1 –	Caracterização química do solo da área experimental na Fazenda Experimental Rafael Fernandes.....	20
Tabela 2 –	Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), número de folhas (NF), diâmetro polar (DP), diâmetro equatorial (DE), massa seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de bulbo (MSB) e matéria seca total (MST) de cultivares de cebola em função de doses de selênio.....	23
Tabela 3 –	Valores médios de altura de planta (AP), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), do bulbo (MSB), total (MST) e produtividade não comercial de bulbos (PNCB) de cultivares de cebola adubada com selênio.....	25
Tabela 4 –	Resumo da análise de variância para teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e selênio (Se) na folha em cultivares de cebola em função de doses de selênio.....	25
Tabela 5 –	Teores médios de cálcio e enxofre na folha de cultivares de cebola sob doses de selênio.....	26
Tabela 6 –	Resumo da análise de variância para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e selênio (Se) nos bulbos de cultivares de cebola em função de doses de selênio.....	28
Tabela 7 –	Teores médios de potássio (K) na folha e no bulbo de cultivares de cebola.....	29
Tabela 8 –	Teores médios de fósforo, cálcio e enxofre nos bulbos de cultivares de cebola e doses de selênio.....	31
Tabela 9 –	Resumo da análise de variância para produtividade comercial (PCB), produtividade não comercial (PNCB) e produtividade total de bulbos (PTB) de cultivares de cebola em função de doses de selênio.....	33
Tabela 10 –	Valores médios de produtividade comercial e total de bulbos de cultivares de cebola sob doses de selênio.....	34

ARTIGO II - INFLUÊNCIA DO SELÊNIO NA QUALIDADE DE CEBOLA

Tabela 1 –	Caracterização química do solo da área experimental na Fazenda Experimental Rafael Fernandes.....	42
Tabela 2 –	Resumo da análise de variância para teor de polifenóis (PF), atividade antioxidante total (ATT) e teor de flavonoides (F) nos bulbos, clorofila a (Cla), clorofila b (Clb), clorofila total (Clt) e carotenoides (C) nas folhas de cultivares de cebola em função de doses de selênio.....	46
Tabela 3 –	Valores médios do teor de flavonoides nos bulbos de cultivares de cebola sob doses de selênio.....	49
Tabela 4 –	Valores médios de teor de polifenóis, clorofila a, b, total e carotenoides de cultivares de cebola.....	49
Tabela 5 –	Resumo da análise de variância para pungência (PUNG), açúcares solúveis (AS), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), vitamina C (VIT C) e potencial hidrogeniônico (pH) de bulbos de cultivares de cebola em função de doses de selênio.....	50
Tabela 6 –	Valores médios de pungência (PUNG), açúcares solúveis (AS), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e vitamina C (VIT C) de bulbos de cultivares de cebola.....	51
Tabela 7 –	Valores médios do potencial hidrogeniônico (pH) nos bulbos de cultivares de cebola sob doses de selênio.....	52

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	14
REFERÊNCIAS	16
ARTIGO I	18
A APLICAÇÃO DE SELÊNIO AUMENTA A PRODUTIVIDADE DE CEBOLA E OS TEORES DE NUTRIENTES NOS BULBOS	18
RESUMO	18
ABSTRACT	18
INTRODUÇÃO	19
MATERIAL E MÉTODOS	20
RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	35
ARTIGO II	40
INFLUÊNCIA DO SELÊNIO NA QUALIDADE DE CEBOLA	40
RESUMO	40
ABSTRACT	40
INTRODUÇÃO	41
MATERIAL E MÉTODOS	41
RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS	52

INTRODUÇÃO GERAL

A cebola (*Allium cepa* L.), dentre as várias espécies cultivadas pertencentes ao gênero *Allium*, é a mais importante sob os pontos de vista de volume comercializado, consumo e valor econômico (RESENDE et al., 2015). O valor bruto da produção de cebolas produzidas em todo o mundo ocupa o segundo lugar entre as hortaliças, depois do tomate (FAO, 2021). Em 2020, a produção no Brasil foi de 1.499.618 toneladas de cebola em uma área colhida de 47.487 ha, ocupando a terceira posição em importância econômica (IBGE, 2020).

As cebolas são ricas em compostos de enxofre e flavonoides (CHIU et al., 2016). Possui vários tipos de atividades biológicas, incluindo as anti-inflamatórias, antioxidantes, anticancerígenas, imunoprotetoras, cicatrizantes, e anti-obesidade, sendo amplamente utilizada na medicina (KHAJAH et al., 2019; TESHKA et al., 2019). Essas características permitem que a cebola auxilie nos tratamentos de asma, tosse, pressão alta, úlceras e outras doenças (KHAJAH et al., 2019).

O selênio (Se) é um elemento essencial para humanos e animais, devido aos seus efeitos benéficos na saúde, especialmente porque protege sistema imunológico e contribui para proteção do sistema cardiovascular, função adequada da tireoide, fertilidade em homens e mulheres e, acima de tudo, é anticancerígeno (BODNAR et al., 2016).

O Se é um elemento benéfico às plantas (HASANUZZAMAN et al., 2020), proporcionando efeitos positivos como aumento do teor de clorofila a e b (SAFFARYAZDI et al., 2012), da taxa de fotossíntese, da concentração intercelular de CO₂ e da promoção de maior eficiência de transpiração (ZHANG et al., 2014). Esse elemento também funciona como modulador de estresse, reduzindo os danos à membrana celular da planta, aumentando a extinção direta das espécies reativas de oxigênio (ERO) e regulando positivamente os componentes enzimáticos e não enzimáticos do sistema de defesa antioxidante (FENG et al., 2013; CHAUHAN et al., 2017).

A aplicação de baixas concentrações de Se pode melhorar o crescimento e desenvolvimento das plantas, inclusive em ambientes com ocorrência de estresse abiótico, porque exerce papéis vitais que diminuem os danos causados pelo estresse (HASANUZZAMAN et al., 2014). Essa característica torna o Se uma alternativa para melhorar o potencial produtivo e qualitativo da cebola em regiões semiáridas. Porém,

ressalta-se que os efeitos benéficos do Se não são dependentes do estresse das plantas, uma vez que também ocorrem nas condições adequadas de cultivo (MACHADO, 2022).

A aplicação de Se em cebola aumenta o teor desse elemento nas folhas e bulbos, os fenólicos totais e o rendimento dos bulbos (PÔLDMA et al., 2013). Semida et al. (2021) relataram que a aplicação de 50 mg L⁻¹ de selenato de sódio melhorou as características de crescimento, aumentou a atividade do sistema de defesa antioxidante e o rendimento dos bulbos.

Machado (2022), avaliando o efeito de doses de Se no crescimento e produtividade da cebola, observou aumento do diâmetro dos bulbos até a dose de 100 g ha⁻¹ de Se e incremento de 14,5% na produtividade até a dose de 99 g ha⁻¹, comparado às plantas que não foram adubadas com Se. Além disso, o teor de Se no bulbo aumentou com as doses aplicadas.

No entanto, para alcançar os efeitos benéficos do Se e determinar o limite entre efeitos benéficos e tóxicos são necessárias pesquisas para estabelecer uma dose ótima para cada espécie de planta sob diferentes condições edafoclimáticas (LANZA; REIS, 2021), considerando que o metabolismo de plantas de cebola e a resposta à aplicação de Se é influenciada por estas distintas condições (MACHADO, 2022).

Apesar de existirem estudos sobre efeito do Se no crescimento e/ou rendimento das plantas de cebola, nenhum estudo até o momento investigou o efeito da sua aplicação nas características agronômicas e qualidade pós-colheita da cultura no semiárido brasileiro. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônômico e os atributos de qualidade de bulbos de cultivares de cebola em função da aplicação foliar de selênio.

REFERÊNCIAS

- BODNAR, M.; SZCZYGLOWSKA, M.; KONIECZKA, P.; NAMIESNIK, J. Methods of selenium supplementation: bioavailability and determination of selenium compounds. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, n. 1, p. 36-55, 2016.
- CHAUHAN, R.; AWASTHI, S.; TRIPATHI, P.; MISHRA, S.; DWIVEDI, S.; NIRANJAN, A.; MALLICK, S.; TRIPATHI, P.; PANDE, V.; TRIPATHI, R. D. Selenite modulates the level of phenolics and nutrient element to alleviate the toxicity of arsenite in rice (*Oryza sativa* L.) **Ecotoxicology Environmental Safety**, v. 138, p. 47-55, 2017.
- CHIU, H. F.; SHEN, Y. C.; HUANG, T. Y.; VENKATAKRISHNAN, K.; WANG, C. K. Cardioprotective Efficacy of Red Wine Extract of Onion in Healthy Hypercholesterolemic Subjects. **Phytotherapy Research**, v. 30, n. 3, p. 380-385, 2016.
- FAO [Food and agriculture Organization of the United Nations], 2021. FAOSTAT. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em: 10 jan. 2023.
- FENG, R.; WEI, C.; TU, S. The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. **Environmental and Experimental Botany**, v. 87, p. 58-68, 2013.
- HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; ALAM, M. M. Modulation of antioxidant machinery and the methylglyoxal detoxification system in selenium-supplemented *Brassica napus* seedlings confers tolerance to high temperature stress. **Biological Trace Element Research**, v. 161, p. 297-307, 2014.
- HASANUZZAMAN, M.; BORHANNUDDIN BHUYAN, M. H. M.; RAZA, A.; HAWRYLAK-NOWAK, B.; MATRASZEK-GAWRON, R.; AL MAHMUD, J.; NAHAR, K.; FUJITAG, M. Selenium in plants: Boon or bane? **Environmental and Experimental Botany**, v. 178, p. 104170, 2020.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal - PAM**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 10 jan. 2023.
- KHAJAH, M. A.; ORABI, K. Y.; HAWAI, S.; SARY, H. G.; EL-HASHIM, A. Z. Onion bulb extract reduces colitis severity in mice via modulation of colonic inflammatory pathways and the apoptotic machinery. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 241, p. 112008, 2019.
- LANZA, M. G. D. B.; REIS, A. R. Roles of selenium in mineral plant nutrition: ROS scavenging responses against abiotic stresses. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 164, p. 27-43, 2021.

MACHADO, B. Q. V. **Biofortificação agrônômica da cebola com selênio e aspectos produtivos**. 2022. 48 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal – SP, 2022.

PÔLDMA, P.; MOOR U.; TONUTARE, T.; HERODES, K.; REBAN, R. Selenium treatment under field conditions affects mineral nutrition, yield and antioxidant properties of bulb onion (*Allium cepa* L.). **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 12, n. 6, p. 167-181, 2013.

RESENDE, G. M.; ASSIS, R. P.; SOUZA, R. J.; ARAÚJO, J. C. Importância econômica. In: SOUZA, R. J.; ASSIS, R. P.; ARAÚJO, J. C. (org). **Cultura da cebola: tecnologias de produção e comercialização**. Lavras: Ed. UFLA, 2015. p. 21-29.

SAFFARYAZDI, A.; LAHOUTI, M.; GANJEALI, A.; BAYAT, H. Impact of Selenium Supplementation on Growth and Selenium Accumulation on Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Plants. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 4, n. 4, p. 95-100, 2012.

SEMIDA, W. M.; ABD EL-MAGEED, T. A.; ABDELKHALIK, A.; HEMIDA, K. A.; ABDURRAHMAN, H. A.; HOWLADAR, S. M.; LEILAH, A. A. A.; RADY, M. O. A. Selenium Modulates Antioxidant Activity, Osmoprotectants, and Photosynthetic Efficiency of Onion under Saline Soil Conditions. **Agronomy**, v. 11, n. 5, p. 55, 2021.

TESHIKA, J. D.; ZAKARIYYAH, A. M.; ZAYNAB, T.; ZENGIN, G.; RENGASAMY, K. R.; PANDIAN, S. K.; 3, FAWZI, M. M. Traditional and modern uses of onion bulb (*Allium cepa* L.): a systematic review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 59, (Sup1) p. S39-S70, 2019.

ZHANG, M.; TANG, S.; HUANG, X.; ZHANG, F.; PANG, Y.; HUANG, Q.; YI, Q. Selenium uptake, dynamic changes in selenium content and its influence on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in rice (*Oryza sativa* L.). **Environmental and Experimental Botany**, v. 107, p. 39–45, 2014.

ARTIGO I

A APLICAÇÃO DE SELÊNIO AUMENTA A PRODUTIVIDADE DE CEBOLA E OS TEORES DE NUTRIENTES NOS BULBOS

RESUMO

O selênio (Se) tem sido reportado como elemento benéfico aos vegetais, pois possui ação antioxidante que favorece incremento de produtividade das culturas. O uso de Se em áreas agrícolas do semiárido brasileiro pode ser uma alternativa para atenuar os efeitos dos estresses ambientais e otimizar a produtividade das culturas. Em razão disso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito de doses de selênio no desempenho agrônomo da cultura da cebola. O experimento foi delineado em blocos casualizados completos, com tratamentos em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas cultivares de cebola (Andrômeda e Rio das Antas) e cinco doses de Se (0, 15, 30, 45 e 60 g ha⁻¹). Foram avaliadas características de crescimento, nutricionais e produtividade de bulbos de cebola. A aplicação de 60 g ha⁻¹ de Se aumentou a altura, a massa seca total, das folhas e dos bulbos de cebola. As máximas produtividade total e comercial, na cultivar Rio das Antas, foram de 86,03 e 78,15 t ha⁻¹, respectivamente, na dose 60 g ha⁻¹ de Se. Na cv. Andrômeda, Se não influenciou na produtividade. A dose máxima de Se também proporcionou maior teor desse elemento benéfico na folha e no bulbo. A produtividade de bulbos de cebolas submetidas ao Se varia em função da cultivar. Recomenda-se a aplicação foliar de 60 g ha⁻¹ de Se e o cultivo da cv. Rio das Antas nas condições estudadas.

Palavras-chave: *Allium cepa* L., produtividade, nutrição mineral.

THE APPLICATION OF SELENIUM INCREASES THE YIELD OF ONION AND THE CONTENT OF NUTRIENTS IN THE BULBS

ABSTRACT

Selenium (Se) has been reported as a beneficial element for plants, as it has an antioxidant action that favors an increase in crop yield. The use of Se in agricultural areas of the Brazilian semi-arid region can be an alternative to mitigate the effects of environmental stress and optimize crop yield. For this reason, the objective of this research was to evaluate the effect of selenium doses on the agronomic performance of the onion crop. The experiment was designed in complete randomized blocks, with treatments in a 2 x 5 factorial scheme, with four replications. The treatments consisted of a combination of two onion cultivars (Andromeda and Rio das Antas) and five doses of Se (0, 15, 30, 45 and 60 g ha⁻¹). Growth, nutritional and yield characteristics of onion bulbs were evaluated. The application of 60 g ha⁻¹ of Se increased the height, total dry mass, leaves and onion bulbs. The maximum total and commercial productivity, in the cultivar Rio das Antas, were 86.03 and 78.15 t ha⁻¹, respectively, at the dose of 60 g ha⁻¹ of Se. In cv. Andromeda, Se did not influence yield. The maximum dose of Se also provided a higher content of this beneficial element in the leaf and bulb. The productivity of onion bulbs submitted to Se varies according to the cultivar. It is recommended the foliar application of 60 g ha⁻¹ of Se and the cultivation of cv. Rio das Antas under the studied conditions.

Keywords: *Allium cepa* L., yield, mineral nutrition.

INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma das mais importantes culturas de bulbos cultivadas comercialmente na maior parte do mundo, estando o Brasil no 13º lugar no *ranking* mundial de produção desta hortaliça (FAOSTAT, 2020). Em 2020, o Brasil produziu 1.499.618 toneladas de cebola em 47.487 ha, com produtividade média de 31,58 t ha⁻¹, variando entre 24-65 t ha⁻¹, dependendo da região produtora do país (IBGE, 2020).

Os maiores estados produtores são Santa Catarina (420.287 t), Bahia (224.803 t), Minas Gerais (180.999 t), São Paulo (166.849 t) e Goiás (164.540 t), os quais respondem por aproximadamente 77% de toda produção nacional em 2020 (IBGE, 2020). Essa cultura também tem alta importância para outros estados brasileiros, ainda que com menor produção e área plantada, a exemplo do Rio Grande do Norte, onde a adaptabilidade de cultivares e as condições edafoclimáticas propícias permitem o plantio da cultura durante todo o ano.

Dentre os fatores que condicionam o desempenho da planta de cebola, o manejo nutricional é um dos mais importantes. Para atingir elevada produtividade na cultura da cebola, a adubação é um dos fatores essenciais. Alguns estudos têm sido realizados com macro e micronutrientes, mas o potencial de elementos benéficos, como o selênio (Se), tem sido negligenciado.

Em baixas concentrações nos tecidos vegetais, o Se pode atenuar estresses abióticos, como seca, altas temperaturas, salinidade e metais pesados (GUERRERO et al., 2014; GUPTA e GUPTA, 2017), favorecendo maior crescimento e desenvolvimento das plantas e aumentando a produtividade das culturas (WANG; HUANG; PANG, 2022). Portanto, os benefícios do Se às plantas estão relacionados ao aumento do teor de clorofila e, conseqüentemente, da fotossíntese e maior capacidade antioxidante das culturas (BROADLEY et al., 2010; JIANG et al., 2015), além de atuar como um modulador do estresse e inibir o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ERO) (FENG et al., 2013).

Na cultura da cebola, Mobini et al. (2019) observaram que a aplicação de Se aumentou a massa fresca e seca e o teor de Se nos bulbos. Machado (2022) verificou aumento do diâmetro do bulbo, da produtividade e do teor de Se no bulbo de cebola com a aplicação de Se via foliar ou via solo.

No entanto, as relações sinérgicas e antagônicas do Se com outros nutrientes

precisam ser mais bem compreendidas em diversas culturas. Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito de doses de selênio no desempenho agrônômico da cultura da cebola.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, localizada no distrito de Alagoinha, zona rural do município de Mossoró – RN (5°03'33" S e 37°23'50" W e altitude de 72 m). A condução do experimento ocorreu no período de junho a novembro de 2021.

A região tem um clima do tipo BSh, segundo a classificação de Köppen, caracterizado como sendo seco e muito quente, com duas estações climáticas: uma chuvosa, que compreende os meses de fevereiro a maio, e outra seca, que vai de junho a janeiro (ALVARES et al., 2013). Durante a condução do experimento, foi registrada temperatura média de 28,2 °C (22,4 a 36,0 °C), umidade relativa do ar de 68,3% (39 a 87,8%) e precipitação de 0,50 mm.

O solo da área experimental foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Latossólico (EMBRAPA, 2018). Foi realizada coleta de solo na profundidade 0-20 cm para descrição dos atributos químicos. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização química do solo da área experimental na Fazenda Experimental Rafael Fernandes. Mossoró, RN. UFRSA, 2023.

pH	MO	P ¹	SO ₄ ²⁻	K	Ca	Mg	Al ³⁺	(H+Al)	SB	CTC	Se	V
(H ₂ O)	g dm ⁻³	-- mg dm ⁻³ --					cmol _c dm ⁻³				mg kg ⁻¹	%
5,20	14,87	1,90	5,82	0,10	0,66	0,08	0,05	2,84	0,84	3,68	ND	23,04

Fonte: A autora. ¹Extrator Melich 1; pH: Potencial hidrogeniônico; MO: Matéria orgânica; H+Al: Acidez potencial; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; ND: não detectado V: Saturação por bases.

Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas cultivares de cebola (Andrômeda e Rio das Antas) e cinco doses de Se (0, 15, 30, 45 e 60 g ha⁻¹), usando a fonte selenato de sódio. Cada parcela experimental foi constituída por um canteiro medindo 2,0 m de comprimento por 1,0 m largura e altura de 0,20 m, com oito fileiras de plantas, no espaçamento de 0,10 m x

0,06 m. Utilizou-se como área útil as seis fileiras centrais, descartando as duas plantas de cada extremidade das fileiras.

O híbrido Andrômeda possui tolerância ao adensamento de plantas e às principais doenças foliares. É uma cultivar de dias curtos e na região Nordeste seu ciclo é precoce, em torno de 110 a 120 dias. Os bulbos são uniformes e com boa formação de escamas.

O híbrido Rio das Antas caracteriza-se pela adaptação ao cultivo adensado, além de alto vigor de plantas. É uma cultivar de dias curtos e com ciclo intermediário entre 120 a 150 dias. Seus bulbos são uniformes, de formato grano e com pouca pungência.

Implantação e condução do experimento

O preparo do solo constou de aração e gradagem, seguidas do levantamento dos canteiros de forma mecanizada. A adubação de plantio foi realizada com 190 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (SILVA et al., 2021) na forma de superfosfato simples, aplicado a lanço no canteiro e incorporado a 5 cm de profundidade.

A semeadura foi realizada manualmente, colocando-se duas a três sementes por cova de dois centímetros de profundidade. O desbaste e a repicagem foram realizados aos 20 dias após a semeadura (DAS), deixando uma planta por cova.

Foi utilizada a irrigação por microaspersão no intervalo entre a adubação de fundação até 20 DAS. Em seguida, o sistema foi substituído pela irrigação localizada por gotejamento, com quatro fitas gotejadoras por canteiro, espaçadas entre si em 0,20 m, com gotejadores autocompensantes a cada 0,30 m e vazão média de 1,5 L h⁻¹. As irrigações foram realizadas diariamente, com lâminas aplicadas com base na evapotranspiração da cultura (ALLEN et al., 2006).

As adubações de cobertura foram via fertirrigação, semanalmente, iniciando-se aos 21 DAS. Foram aplicados, parceladamente, 74,0 kg ha⁻¹ de N, 204,0 kg ha⁻¹ de K₂O, 43,0 kg ha⁻¹ de Ca, 14,0 kg ha⁻¹ de Mg e 0,19 kg ha⁻¹ de S, na forma de ureia, MAP, cloreto de potássio, nitrato de potássio, nitrato de cálcio e sulfato de magnésio (GONÇALVES, 2019a; 2019b).

Aos 60 DAS, o Se foi aplicado de uma única vez, via foliar quando as plantas tinham de sete a oito folhas. Utilizou-se pulverizador costal pressurizado por CO₂ com ponta de bico de jato tipo leque, calibrado para liberar uma vazão constante, sendo aplicado volume de calda equivalente a 1818 L ha⁻¹.

Durante o experimento, foram realizadas capinas manuais para controle das plantas daninhas e controle químico no manejo fitossanitário de tripses e ácaros (Cabrio TOP, Pirate, Manzate, Decis, Amistar Top, Trigard).

A irrigação foi suspensa aos 122 DAS, quando 70% das plantas se encontravam tombadas, dando início ao processo de cura. Após 14 dias da suspensão da irrigação, 136 DAS, os bulbos foram colhidos e limpos, eliminando-se as folhas e raízes.

Características avaliadas

Da área útil da parcela foram coletadas, aos 120 DAS, oito plantas por parcela para as seguintes avaliações: altura de plantas (cm), número de folhas e diâmetros equatorial e polar dos bulbos (mm). Posteriormente, as plantas foram fracionadas em parte aérea e bulbo, secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até atingir massa constante, para determinação da matéria seca da parte aérea, do bulbo e total. Os resultados foram expressos em g planta⁻¹.

Um dia antes da colheita, foram coletadas oito plantas por parcela para determinação dos teores de macronutrientes e Se nas folhas e bulbos. Os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio foram extraídos por meio de digestão sulfúrica. Para o enxofre, foi utilizada a digestão seca. Para todos os macronutrientes, as digestões utilizadas e a determinação dos teores nas folhas e nos bulbos foram de acordo com a metodologia proposta pela EMBRAPA (2009), sendo os resultados expressos em g kg⁻¹. O Se foi extraído em forno micro-ondas (Milestone) com digestão ácida, de acordo com o método 3051A, (USEPA, 2007) com os teores expressos em mg kg⁻¹.

Após a cura, a produtividade dos bulbos foi realizada de acordo com as normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (BRASIL, 1995). A produtividade comercial de bulbos (t ha⁻¹) foi obtida a partir do peso total de bulbos com diâmetro > 35 mm; a produtividade não comercial (t ha⁻¹) foi composta pelo peso de bulbos com diâmetro < 35 mm, bulbos duplos ou deformados, a produtividade total de bulbos (t ha⁻¹), por sua vez, foi obtida a partir do peso total de bulbos colhidos na área útil da parcela.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade. Quando observado efeito significativo, as médias referentes às cultivares foram comparadas pelo teste de Tukey. Para o fator doses de selênio, foi aplicada

análise de regressão, sendo adotada a equação significativa e de maior coeficiente de determinação. Foi utilizado o *software* SISVAR v.5.3 (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Crescimento

A massa seca da parte aérea (MSPA), do bulbo (MSB) e total (MST) foi influenciada pelas doses de Se e pelas cultivares, isoladamente. Para altura de plantas (AP) e número de folhas (NF), houve efeito significativo apenas da cultivar. Os diâmetros equatorial (DE) e polar (DP) dos bulbos de cebola não diferiram significativamente em função da aplicação de Se e das cultivares (Tabela 2).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), número de folhas (NF), diâmetro polar (DP), diâmetro equatorial (DE), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de bulbo (MSB) e massa seca total (MST) de cultivares de cebola em função de doses de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023.

FV	GL	Quadrados médios						
		AP	NF	DP	DE	MSPA	MSB	MST
Cultivar (C)	1	364,39*	13,67**	4,00 ^{ns}	0,68 ^{ns}	6,42**	11,42*	34,93**
Dose de Se (D)	4	36,26 ^{ns}	1,47 ^{ns}	5,36 ^{ns}	9,78 ^{ns}	0,36*	4,02*	6,10*
C x D	4	39,44 ^{ns}	0,54 ^{ns}	3,63 ^{ns}	7,83 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,90 ^{ns}	1,60 ^{ns}
Bloco	3	58,99 ^{ns}	1,82 ^{ns}	52,99*	33,21 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1,79 ^{ns}	3,01 ^{ns}
Resíduo	27	23,67	0,69	12,98	15,90	0,12	0,76	1,07
CV (%)	-	9,65	9,76	6,27	7,24	15,97	12,26	11,17

Fonte: A autora. FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **Significativo ao nível de 1% de probabilidade e ^{ns}Não significativo.

O Se promoveu aumento linear na altura de planta de cebola. Com a aplicação de 60 g ha⁻¹, foi constatado incremento de 10,42% na altura das plantas em relação ao tratamento controle. A altura máxima obtida foi de 53,46 cm (Figura 1).

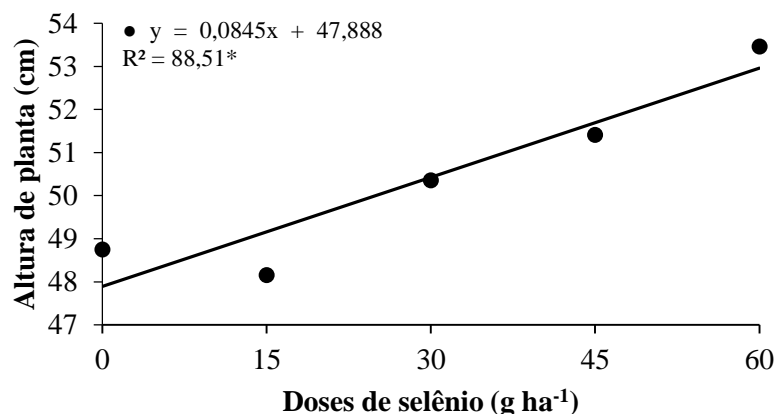


Figura 1 – Altura de plantas de cebola em função de doses de selênio. Mossoró, RN.

UFERSA, 2023. Fonte: A autora.

Possivelmente, o aumento da atividade antioxidante das plantas, e consequentemente, a diminuição das espécies reativas de oxigênio e peroxidação lipídica, promovido pelo Se, podem justificar os efeitos desse elemento benéfico sobre o crescimento das plantas (OLIVEIRA et al., 2018). Outro fator que explica esse resultado é a capacidade do Se, disponível em níveis adequados, promover o acúmulo de amido nos cloroplastos da planta, favorecendo o crescimento (WANG et al., 2022).

A adubação com Se aumentou a MSPA, MSB e MST, com máximo estimado de 2,42; 7,91 e 10,34 g planta⁻¹, respectivamente, na dose de 60 g ha⁻¹. Em comparação ao tratamento sem aplicação de Se, os incrementos na MSPA, na MSB e na MST foram, respectivamente, 20,66%, 20,48% e 20,60% (Figura 2).

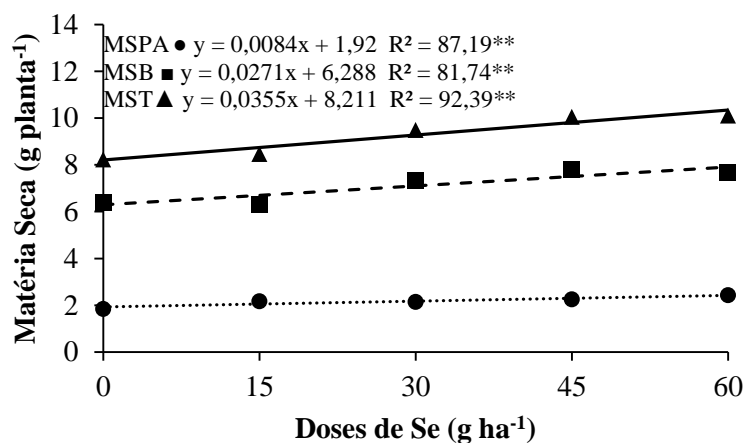


Figura 2 – Massa seca da parte aérea (MSPA), do bulbo (MSB) e total (MST) de cebola em função de doses de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023. Fonte: A autora.

Acúmulo de massa seca em cebola em função da aplicação foliar de Se é reportado por Mobini et al. (2019). Os autores atribuem esse resultado a maior capacidade de absorção de água pelas raízes da planta. Isso ocorre, possivelmente, pelo aumento na assimilação e alocação de C para as raízes, promovido pelo Se, o que modifica a morfologia do sistema radicular (HAMED-FAR et al., 2022) e, consequentemente, o potencial de absorção de água da planta.

Houve diferença significativa entre as cultivares de cebola para AP e NF. As maiores AP e NF foram observadas na cultivar Rio das Antas (Tabela 3). Considerando que as condições ambientais e o manejo adotado foram iguais para ambas as cultivares, a diferença observada para a altura da planta e no número de folhas é atribuída às características individuais de cada genótipo (IASTREMSKI et al., 2021).

Tabela 3 – Valores médios de altura de planta (AP), número de folhas (NF), massa seca da parte aérea (MSPA), do bulbo (MSB), total (MST) e produtividade não comercial de bulbos (PNCB) de cultivares de cebola adubada com selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023.

Cultivares	AP (cm)	NF -	MSPA (g planta ⁻¹)	MSB (g planta ⁻¹)	MST (g planta ⁻¹)	PNCB (t ha ⁻¹)
Andrômeda	47,41 b	7,93 b	1,77 b	5,67 b	8,34 b	2,40 b
Rio das Antas	53,44 a	9,10 a	2,57 a	7,63 a	10,21 a	6,89 a

Fonte: A autora. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, nas variáveis AP e MSB, não diferiram significativamente entre si (< 0,05) pelo teste F; Médias seguidas pela mesma letra na coluna, nas variáveis NF, MSPA e MST, não diferiram significativamente entre si (< 0,01) pelo teste F.

Verificou-se efeito significativo entre as médias de todas as variáveis de matéria seca quando comparadas as cultivares de cebola, sendo a cultivar Rio das Antas superior à Andrômeda (Tabela 3). Há uma relação entre o desenvolvimento da parte aérea da cebola e dos bulbos. Apesar de não diferirem estatisticamente em relação ao diâmetro, a maior altura e quantidade de folhas do híbrido Rio das Antas pode ter influenciado nas características de massa seca (Tabela 1), devido a translocação de reservas da parte aérea para o bulbo.

Teores de macronutrientes e selênio

Houve efeito significativo da interação entre os fatores doses de Se e cultivares para os teores de cálcio (Ca) e enxofre (S) na folha. Para os teores de Se e potássio (K) na folha, ocorreu efeito isolado dos fatores doses e cultivares, para o primeiro e segundo, respectivamente. Os teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e magnésio (Mg) não diferiram estatisticamente em função da aplicação de Se e das cultivares de cebola (Tabela 4).

Tabela 4 – Resumo da análise de variância para teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e selênio (Se) na folha em cultivares de cebola em função de doses de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023.

FV	GL	Quadrados médios						
		N	P	K	Ca	Mg	S	Se
Cultivar (C)	1	0,68 ^{ns}	0,01 ^{ns}	371,67 ^{**}	13,14 [*]	0,11 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Dose de Se (D)	4	3,20 ^{ns}	0,03 ^{ns}	9,68 ^{ns}	1,93 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,17 [*]	5,56 ^{**}
C x D	4	0,71 ^{ns}	0,02 ^{ns}	6,54 ^{ns}	3,67 [*]	0,18 ^{ns}	0,55 ^{**}	0,16 ^{ns}
Bloco	3	1,23 ^{ns}	0,01 ^{ns}	6,47 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Resíduo	27	1,93	0,04	10,13	0,80	0,09	0,04	0,22
CV (%)	-	14,88	48,02	23,02	11,64	15,14	19,75	45,37

Fonte: A autora. FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; ^{*}Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{**}Significativo ao nível de 1% de probabilidade e ^{ns}Não significativo.

Em relação ao desdobramento das doses dentro de cada cultivar, para o teor de Ca na folha não houve ajuste dos modelos de regressão testados para as cultivares avaliadas, com média de 7,11 e 8,26 g kg⁻¹, respectivamente, para Andrômeda e Rio das Antas.

O desdobramento do efeito de cultivares dentro de cada dose demonstrou que para o teor de Ca na folha houve diferença significativa entre as cultivares. Tanto na ausência da aplicação do Se quanto na dose de 45 g ha⁻¹ de Se, o teor de Ca foi maior na cultivar Rio das Antas (Tabela 5).

Tabela 5 – Teores médios de cálcio e enxofre na folha de cultivares de cebola sob doses de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023.

Cultivares	Doses de selênio (g ha ⁻¹)				
	0	15	30	45	60
Teor de cálcio na folha colheita (g kg ⁻¹)					
Andrômeda	5,70 b	7,71 a	7,40 a	6,20 b	8,55 a
Rio das Antas	8,66 a	7,95 a	8,22 a	8,28 a	8,19 a
Teor de enxofre na folha colheita (g kg ⁻¹)					
Andrômeda	0,66 b	0,83 a	1,47 a	1,06 a	0,91 b
Rio das Antas	1,04 a	1,11 a	0,76 b	0,98 a	1,55 a

Fonte: A autora. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, na variável teor de cálcio na folha não diferiram entre si (<0,05) pelo teste F; Médias seguidas pela mesma letra na coluna, na variável teor de enxofre na folha não diferiram entre si (<0,01) pelo teste F.

O teor máximo de S na folha da cultivar Andrômeda foi de 1,28 g kg⁻¹, obtido na dose 37 g ha⁻¹ de Se, ocorrendo diminuição do teor foliar de S nas doses seguintes (Figura 3). Para a cultivar Rio das Antas, observa-se maior incremento no teor de S, a partir da dose de 30 g ha⁻¹ de Se, com máximo de 1,49 g kg⁻¹, obtido na dose de 60 g ha⁻¹ de Se (Figura 3). O incremento foi de 24,16% em comparação à ausência da aplicação com Se. O comportamento do teor de S na folha da cultivar Rio das Antas é inverso ao da cultivar Andrômeda.

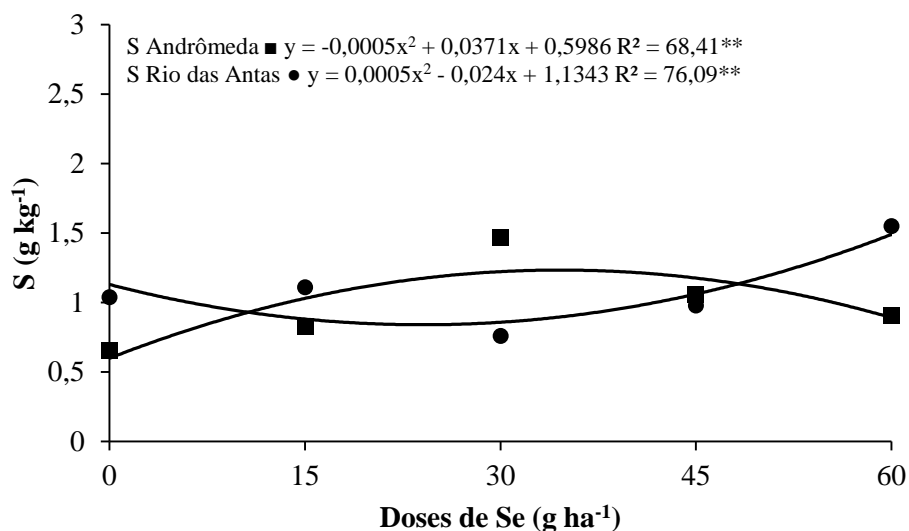


Figura 3 – Teor de enxofre (S) na folha das cultivares Andrômeda e Rio das Antas em função de doses de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023. Fonte: A autora.

A diminuição do teor foliar de S na folha da cultivar Andrômeda a partir da dose de 37 g ha⁻¹ de Se sugere relação antagônica entre S e Se para esta cultivar, uma vez que a partir da dose de 30 g ha⁻¹ de Se há aumento do teor de Se nas folhas (Figura 4), coincidindo com a redução do teor de S nessa parte da planta. O Se pode inibir a absorção do S, assim como pode ocorrer o comportamento inverso (IZYDORCZYK et al., 2021), fato observado na cultivar Andrômeda. Isto se deve à semelhança entre Se e S em termos de absorção e integração em vias metabólicas ou construção de compostos semelhantes, como selenocisteína e cisteína (RANCHES et al., 2017).

O aumento do teor de S na folha da cultivar Rio das Antas a partir da dose de 30 g ha⁻¹ de Se também coincide com o aumento do teor de Se nas folhas (Figura 4), sugerindo relação sinérgica entre Se e S para esta cultivar. Essa resposta do teor de S com o aumento dos teores de Se na folha da cultivar Rio das Antas pode se dever à expressão de genes relacionados aos transportadores de sulfato de alta afinidade, aumentando, assim, a absorção de sulfato e selenato nas plantas (FENG et al., 2013).

Em relação ao desdobramento das cultivares dentro de cada dose, houve diferença significativa entre as cultivares para o teor de S na folha. Na dose de 30 g ha⁻¹ de Se, o teor de S na folha foi maior na cv. Andrômeda. Na ausência da aplicação de selênio e na dose de 60 g ha⁻¹, o teor de S na folha foi maior na cv. Rio das Antas (Tabela 5).

O teor de selênio na folha aumentou com as doses de Se, atingindo máximo de 2,41 mg kg⁻¹, na dose de 60 g ha⁻¹. O incremento foi de 85,28 % em comparação à ausência da aplicação com Se (Figura 4).

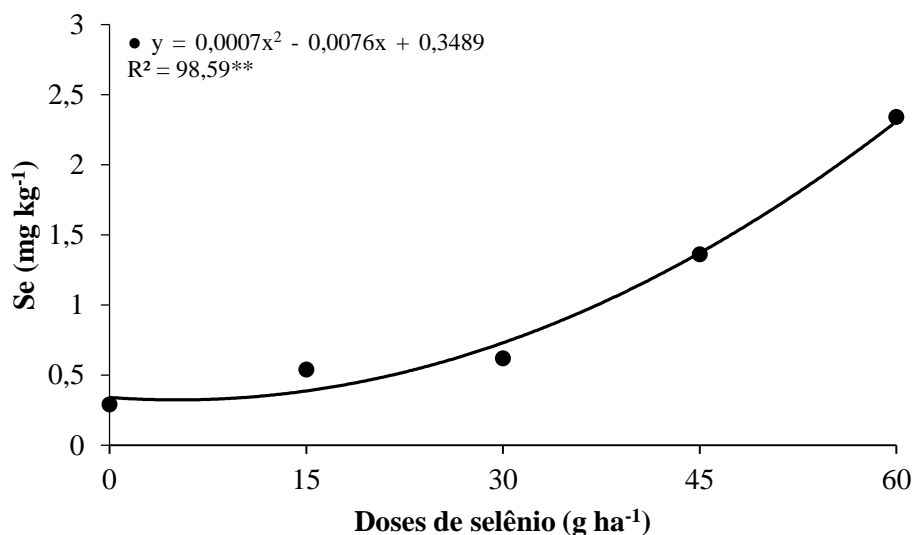


Figura 4 – Teor de selênio (Se) na folha de cebola em função de doses de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023. Fonte: A autora.

Semida et al. (2021), ao avaliar os efeitos de doses de Se na cultura da cebola, também observaram incremento no teor de Se nas folhas com o aumento das doses deste elemento, tendo atribuído esse comportamento à melhor atividade das moléculas de defesa antioxidante do Se.

Houve efeito significativo da interação entre as doses de Se e as cultivares estudadas para os teores de fósforo (P), cálcio (Ca) e enxofre (S) no bulbo. Os teores de nitrogênio (N), magnésio (Mg) e selênio (Se), no bulbo, foram influenciados apenas pelo fator dose, ao passo que o teor de potássio (K) foi influenciado pelo fator cultivar (Tabela 6).

Tabela 6 – Resumo da análise de variância para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e selênio (Se) nos bulbos de cultivares de cebola em função de doses de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023.

FV	GL	Quadrados médios						
		N	P	K	Ca	Mg	S	Se
Cultivar (C)	1	13,70 ^{ns}	1,25 ^{ns}	178,04 ^{**}	4,23 ^{**}	0,01 ^{ns}	1,45 ^{**}	0,08 ^{ns}
Dose de Se (D)	4	21,61 [*]	1,95 [*]	19,48 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,04 [*]	0,40 [*]	0,25 ^{**}
C x D	4	5,81 ^{ns}	2,96 [*]	6,09 ^{ns}	0,85 [*]	0,01 ^{ns}	0,61 ^{**}	0,03 ^{ns}
Bloco	3	7,05 ^{ns}	0,47 ^{ns}	8,75 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Resíduo	27	7,40	0,44	8,64	0,21	0,01	0,06	0,03
CV (%)	-	11,61	41,13	14,33	15,04	11,70	13,69	40,35

Fonte: A autora. FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; ^{*}Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{**}Significativo ao nível de 1% de probabilidade e ^{ns}Não

significativo.

O maior teor de K na folha e nos bulbos foi observado na cultivar Andrômeda, diferenciando significativamente da cultivar Rio das Antas (Tabela 7).

Tabela 7 – Teores médios de potássio (K) na folha e no bulbo de cultivares de cebola. Mossoró, RN. UFERSA, 2023.

Cultivares	K na folha (g kg ⁻¹)	K no bulbo (g kg ⁻¹)
Andrômeda	16,87 a	22,61 a
Rio das Antas	10,77 b	18,39 b

Fonte: A autora. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferiram entre si (<0,01) pelo teste F.

A aplicação de Se aumentou os teores de N e Mg no bulbo, com máximos estimados de 25,15 e 0,59 g kg⁻¹, respectivamente, na dose de 60 g ha⁻¹ de Se (Figura 5A e 5B).

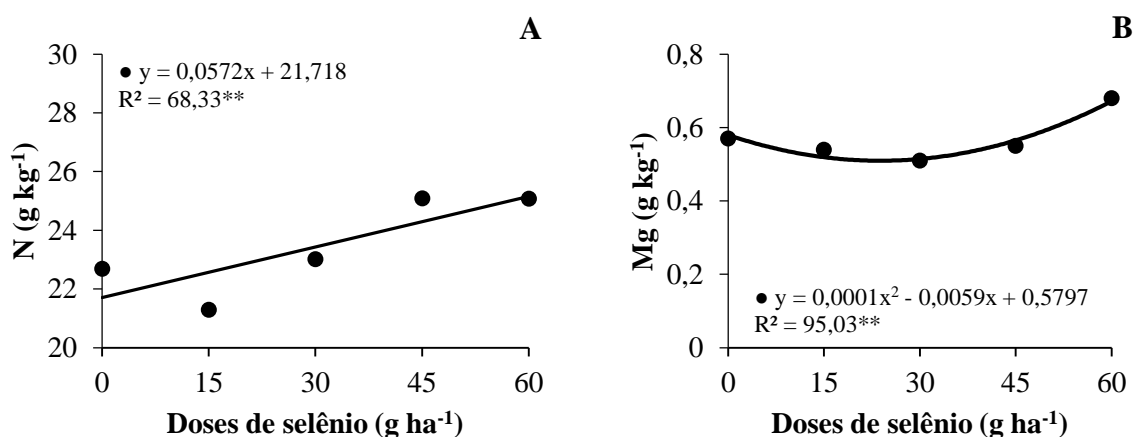


Figura 5 – Teor de nitrogênio (N) (A) e magnésio (Mg) (B) nos bulbos de cebola em função de doses de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023. Fonte: A autora.

Pöldma et al. (2013) também observaram aumento dos teores de N e Mg em bulbos de cebola com a aplicação de Se. Os autores ressaltam a importância desses nutrientes na formação da clorofila e na fotossíntese e que, em taxas ótimas, Se estimula o metabolismo da planta, uma vez que a aplicação de 60 g ha⁻¹ de Se, a qual incrementou o conteúdo desses nutrientes, também aumentou o rendimento de bulbos, corroborando com os resultados encontrados no presente trabalho.

O aumento dos teores de N e Mg com a aplicação de Se pode ser explicado pelo fato de que a presença do Se pode influenciar o metabolismo do N, interferindo positivamente na absorção de molibdênio, necessário para a síntese de molibdopterina, um cofator essencial à atividade da redutase do nitrato e à assimilação do N do nitrato, o que influencia na síntese de alguns metabólitos do N, incluindo aminoácidos e

proteínas, afetando os aspectos de crescimento, desenvolvimento e, conseqüentemente, na produção das culturas (SCHINMACHI et al., 2010; HAWKESFORD et al., 2012; HARRIS et al., 2014).

Houve incremento do teor de P nos bulbos da cultivar Rio das Antas a partir da dose de 30 g ha⁻¹ de Se, sendo o teor máximo estimado de 2,48 g kg⁻¹, na dose de 60 g ha⁻¹ (Figura 6A). Para a cultivar Andrômeda, nenhum modelo de regressão foi ajustado, obtendo-se média de 1,78 g kg⁻¹.

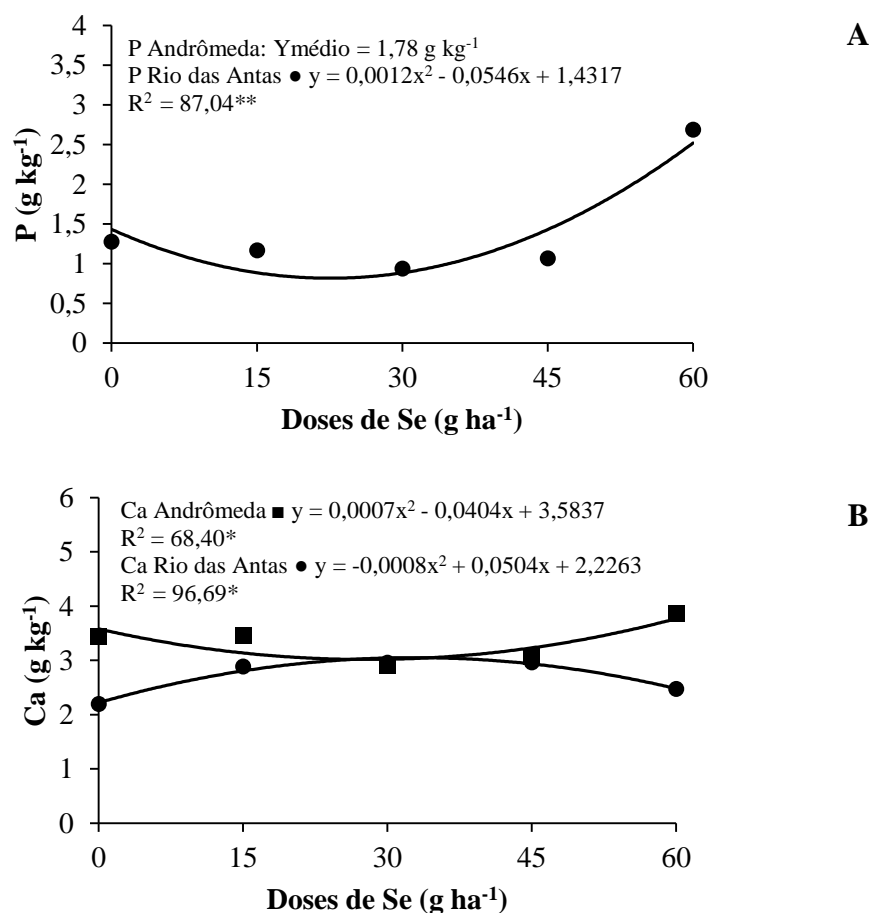


Figura 6 – Teor de fósforo (P) (A) e cálcio (Ca) (B) nos bulbos das cultivares Andrômeda e Rio das Antas em função de doses de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023. Fonte: A autora.

A adição de Se associado a características intrínsecas das cultivares de cebola, expressa pela maior altura, número de folhas e acúmulo de massa seca (Tabela 3), podem explicar o efeito desse elemento benéfico sobre o teor de P nos bulbos de Rio das Antas, enquanto que, para Andrômeda, não houve ajuste das equações.

Houve incremento no teor de Ca nos bulbos da cultivar Andrômeda a partir da dose de 30 g ha⁻¹ de Se, sendo o teor máximo estimado de 3,67 g kg⁻¹, obtido na dose de

60 g ha⁻¹ de Se (Figura 6B). Para a cultivar Rio das Antas, o teor de Ca nos bulbos aumentou até a dose estimada de 32 g ha⁻¹ de Se, com teor máximo estimado de 3,04 g kg⁻¹ (Figura 6B). Diferença genética entre as cultivares pode explicar o teor de Ca nos bulbos, tendo em vista que em baixas concentrações de Se o Ca no bulbo de Andrômeda diminuiu e, em Rio das Antas, aumentou, havendo comportamento inverso nas doses acima de 30 g ha⁻¹ de Se (Figura 3D).

Para o teor de S nos bulbos, não houve ajuste dos modelos de regressão testados para as cultivares avaliadas, com média de 2,01 g kg⁻¹ e 1,63 g kg⁻¹, respectivamente, para as cultivares Andrômeda e Rio das Antas.

Houve diferença significativa entre as cultivares para o teor de P no bulbo nas doses 30 e 60 g ha⁻¹ de Se (Tabela 8). Com a aplicação de 30 g ha⁻¹ de Se, o teor de P foi maior nos bulbos da cultivar Andrômeda. Na dose de 60 g ha⁻¹ de Se, o teor de P nos bulbos da cv. Rio das Antas foi maior.

Tabela 8 – Teores médios de fósforo, cálcio e enxofre nos bulbos de cultivares de cebola e doses de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023.

Cultivares	Doses de selênio (g ha ⁻¹)				
	0	15	30	45	60
Teor de fósforo no bulbo (g kg ⁻¹)					
Andrômeda	1,75 a	1,04 a	3,21 a	1,28 a	1,64 b
Rio das Antas	1,28 a	1,17 a	0,94 b	1,07 a	2,69 a
Teor de cálcio no bulbo (g kg ⁻¹)					
Andrômeda	3,44 a	3,47 a	2,90 a	3,07 a	3,87 a
Rio das Antas	2,20 b	2,89 a	2,96 a	2,97 a	2,48 b
Teor de enxofre no bulbo (g kg ⁻¹)					
Andrômeda	2,44 a	1,24 b	1,82 a	2,38 a	2,17 a
Rio das Antas	1,50 b	1,68 a	1,68 a	1,57 b	1,73 b

Fonte: A autora. Médias seguidas pela mesma letra na coluna nas variáveis teor de fósforo e teor de cálcio na folha não diferiram entre si (<0,05) pelo teste F; Médias seguidas pela mesma letra na coluna, na variável teor de enxofre na folha, não diferiram entre si (<0,01) pelo teste F.

O teor de Ca nos bulbos foi maior na cultivar Andrômeda, diferindo significativamente da cv. Rio das Antas quando não se aplicou Se e quando se aplicou 60 g ha⁻¹ de Se (Tabela 8).

Em relação ao teor de S nos bulbos, a cultivar Andrômeda foi superior à Rio das Antas nas doses 0, 45 e 60 g ha⁻¹ (Tabela 18). Apenas na dose de 15 g ha⁻¹ de Se a cultivar Rio das Antas foi superior à Andrômeda.

O teor de selênio no bulbo aumentou com as doses de Se (Figura 7), atingindo máximo de 0,63 mg kg⁻¹, na dose de 60 g ha⁻¹. O incremento foi de 200% em comparação ao tratamento controle.

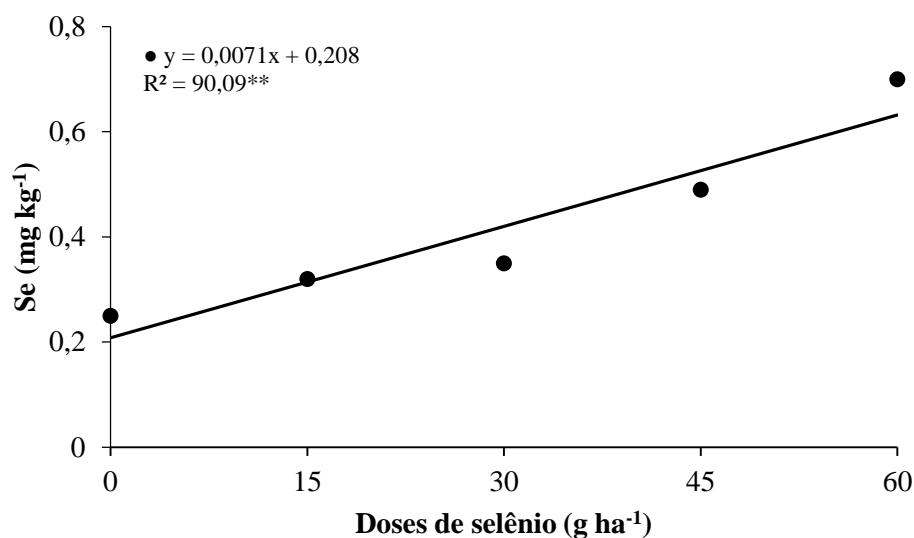


Figura 7 – Teor de selênio (Se) nos bulbos de cebola em função de doses de selênio. Mossoró, RN. UFRSA, 2023. Fonte: A autora.

Põldma et al. (2011) também observaram aumento do teor de Se nos bulbos de alho com maiores aplicações de Se. Mobini et al. (2019) verificaram incremento no teor de Se em duas cultivares de cebola com a adição de Se.

Verifica-se que o teor de Se foi maior nas folhas do que no bulbo. Ao avaliar o efeito da aplicação de Se na cultura do alho, Pérez et al. (2019) também observaram maiores concentrações de Se nas folhas. Estes autores comentam que esse comportamento do Se ocorre porque as folhas são a terminação do tecido vascular, ou seja, onde se espera que o Se seja acumulado em maior magnitude.

É possível que a fonte de Se utilizada, o selenato, tenha contribuído para os resultados de teores de Se nas folhas e bulbos de cebola. Essa fonte é mais eficiente por ter uma absorção mais rápida do selenato de sódio e pela translocação da raiz para a parte aérea, assim como a transformação mais rápida na forma orgânica (IZYDORCZYK et al., 2021).

Produtividade de bulbos

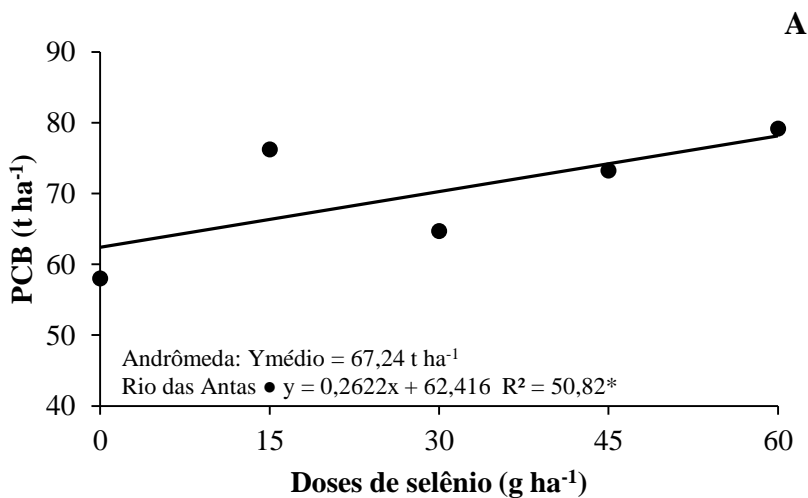
Houve interação entre os fatores doses de Se e cultivares para a produtividade comercial (PCB) e total (PTB) de bulbos. A produtividade não comercial (PNCB) foi influenciada apenas pelas cultivares (Tabela 9).

Tabela 9 – Resumo da análise de variância para produtividade comercial (PCB), produtividade não comercial (PNCB) e produtividade total de bulbos (PTB) de cultivares de cebola em função de doses de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023.

FV	GL	Quadrados médios		
		PCB	PNCB	PTB
Cultivar (C)	1	92,36*	201,92**	567,61*
Dose de Se (D)	4	264,49 ^{ns}	7,29 ^{ns}	278,92 ^{ns}
C x D	4	547,66*	10,93 ^{ns}	574,93*
Bloco	3	80,81 ^{ns}	5,47 ^{ns}	117,19 ^{ns}
Resíduo	27	103,95	5,62	108,27
CV (%)	-	14,83	50,95	14,17

Fonte: A autora. FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **Significativo ao nível de 1% de probabilidade e ^{ns}Não significativo.

A aplicação de Se aumentou linearmente a produtividade comercial e total de bulbos de cebola da cultivar Rio das Antas. A dose 60 g ha⁻¹ de Se proporcionou PCB e PTB de 78,15 e 86,03 t ha⁻¹, respectivamente. Em relação ao tratamento controle, houve incremento de 20,13% na PDC e 20,57% na PTB. A PTB e PCB da cultivar Andrômeda não foram influenciadas pelo Se, alcançando média de 69,65 t ha⁻¹ de PTB e 67,24 t ha⁻¹ de PCB (Figura 8A e 8B).



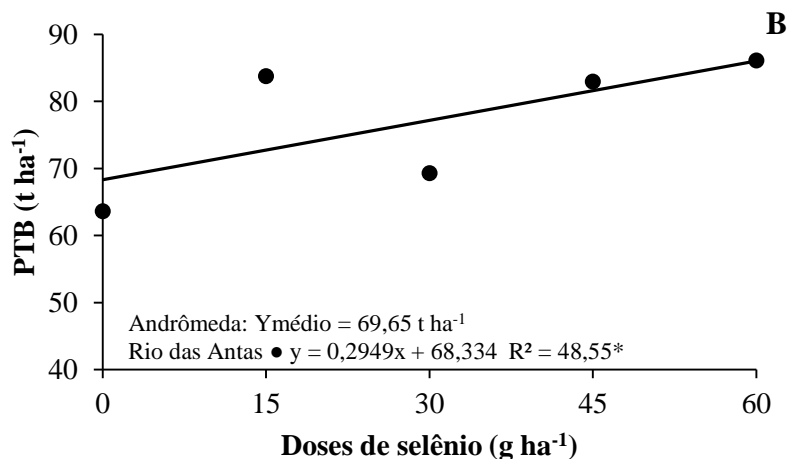


Figura 8 – Produtividade comercial (PCB) (A) e total (PTB) (B) de bulbos das cultivares Andrômeda e Rio das Antas em função de doses de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023. Fonte: A autora.

O aumento da produtividade comercial e total pode se dever aos efeitos combinados da biossíntese de pigmentos fotossintéticos e aumento do metabolismo antioxidante induzido pelo Se (KHAN et al., 2015; NAZ et al., 2015). Esses efeitos são os principais mecanismos fisiológicos na fase fotoquímica da fotossíntese, impulsionando o desempenho fotossintético em várias espécies de plantas (FENG et al., 2013; SILVA et al., 2020; LANZA et al., 2021) e resultando no aumento do rendimento das culturas (LANZA e REIS, 2021).

Efeito positivo na produtividade de cebola também foi verificado por Machado (2022) ao aplicar até 99 g ha⁻¹ de Se, o que representa incremento de 14,7% quando comparado com plantas não adubadas com Se.

O desdobramento do efeito das cultivares dentro de cada dose demonstrou que só houve diferença na produtividade comercial e total de bulbos de cebola na dose 15 g ha⁻¹ de Se. Tanto na PCB (76,22 t ha⁻¹) quanto na PTB (83,79 t ha⁻¹), a produtividade da cultivar Rio das Antas foi superior à Andrômeda (47,13 t ha⁻¹ na PCB e 50,75 t ha⁻¹ na PTB) (Tabela 10).

Tabela 10 – Valores médios de produtividade comercial e total de bulbos de cultivares de cebola sob doses de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023.

Cultivares	Doses de selênio (g ha ⁻¹)				
	0	15	30	45	60
Produtividade comercial de bulbos – PCB – (t ha ⁻¹)					
Andrômeda	72,70 a	47,13 b	71,33 a	71,73 a	73,31 a
Rio das Antas	58,04 a	76,22 a	64,70 a	73,27 a	79,18 a
Produtividade total de bulbos – PTB – (t ha ⁻¹)					
Andrômeda	74,56 a	50,75 b	73,89 a	73,06 a	75,98 a

Rio das Antas	63,64 a	83,79 a	69,33 a	82,98 a	86,16 a
---------------	---------	---------	---------	---------	---------

Fonte: A autora. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferiram entre si (<0,05) pelo teste F.

A produtividade da cultura da cebola é fortemente influenciada pela escolha da cultivar, que por sua vez interage estritamente com o clima e ambiente local (CARUSO et al., 2014). Assim, a maior produtividade da cultivar Rio das Antas apenas na dose de 15 g ha⁻¹ pode estar relacionada ao fato dela já estar mais adaptada às condições edafoclimáticas da região. Associado a isso, Se em baixas concentrações aumenta as atividades do sistema de defesa antioxidante e melhora o estado fisiológico da planta, o que provoca efeitos favoráveis sobre o rendimento das culturas (HASANUZZAMAN et al., 2020).

CONCLUSÃO

A aplicação foliar de 60 g ha⁻¹ de Se proporcionou maior altura da planta e massa seca de plantas de cebola. Também eleva o teor desse elemento nas folhas e bulbo, além de aumentar os teores de N e Mg nos bulbos.

O Se não influencia na produtividade de bulbos da cultivar Andrômeda, ao passo que na cv. Rio das Antas a aplicação de Se aumenta a produtividade comercial e total de bulbos, sendo recomendada a aplicação foliar de 60 g ha⁻¹ de Se.

Recomenda-se a aplicação foliar de 60 g ha⁻¹ de Se e o cultivo da cv. Rio das Antas nas condições estudadas.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. **FAO**, v. 56, p. 0254-5293, 2006.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728. 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Abastecimento e Reforma Agrária. **Portaria n. 529 de 18 ago. 1995**. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF 1 set. 1995. Seção 1, p. 13513.
- BROADLEY, M. R.; ALCOCK, J.; ALFORD, J.; CARTWRIGHT, P.; FOOT, I.; FAIRWEATHER-TAIT, S. J.; HART, D. J.; HURST, R.; KNOTT, P.; MCGRATH, S. P.; MEACHAM, M. C.; NORMAN, K.; MOWAT, H.; SCOTT, P.; STROUD, J. L.; TOVEY, M.; TUCKER, M.; WHITE, P. J.; YOUNG, S. D.; ZHAO, F. Selenium

biofortification of high-yielding winter wheat (*Triticum aestivum* L.) by liquid or granular Se fertilisation. **Plant Soil**, v. 332, p. 5-18, 2010.

CARUSO, G.; CONTI, S.; VILLARI, G.; BORRELLI, C.; MELCHIONNA, G.; MINUTOLO, M.; RUSSO, G.; AMALFITANO, C. Effects of transplanting time and plant density on yield, quality and antioxidant content of onion (*Allium cepa* L.) in southern Italy. **Scientia Horticulturae**, v. 166, p. 111–120, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília, DF, 2009. 627 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. Brasília, DF, 2018.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 11 jan. 2023.

FENG, R.; WEI, C.; TU, S. The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. **Environmental and Experimental Botany**, v. 87, p. 58-68, 2013.

FERREIRA, D. F. SISVAR: computer analysis system to fixed effects Split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, p. 529-535, 2019.

GEBRETSADIK, K.; DECHASSA, N. Response of onion (*Allium cepa* L.) to nitrogen fertilizer rates and spacing under rain fed condition at Tahtay Koraro, Ethiopia. **Scientific Reports**, v. 8, p. 1-8, 2018.

GONÇALVES, F. C.; GRANGEIRO, L. C.; SOUSA, V. F. L.; SANTO, J. P.; SOUZA, F. I.; SILVA, L. R. R. Yield and quality of densely cultivated onion cultivars as function of nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 847-851, 2019a.

GONÇALVES, F. C.; GRANGEIRO, L. C.; SOUSA, V. F. L.; JESUS, P. M. M.; SILVA, G. A. Agronomic and qualitative performance of densely cultivated onion cultivars as affected by potassium fertilisation. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 889-896, 2019b.

GUERRERO, B.; LLUGANY, M.; PALACIOS, O.; VALIENTE, M. Dual effects of different selenium species on wheat. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 83, p. 300-307, 2014.

GUPTA, M.; GUPTA, S. An overview of selenium uptake, metabolism, and toxicity in plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1-14, 2017.

HAMED-FAR, M.; HAJIBOLAND, R.; ALIASGHARZAD, N. Effect of selenium supplementation on mycorrhizal onion (*Allium cepa* L.) plants. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, DOI:10.1080/01140671.2022.2127797, 2022.

HARRIS, J.; SCHNEBERG, K. A.; PILON-SMITS, E. A. H. Sulfur-selenium-molybdenum interactions distinguish selenium hyperaccumulator *Stanleya pinnata* from non-hyperaccumulator *Brassica juncea* (Brassicaceae). **Planta**, v. 239, p. 479–491, 2014.

HASANUZZAMAN, M.; BORHANNUDDIN BHUYAN, M. H. M.; RAZA, A.; HAWRYLAK-NOWAK, B.; MATRASZEK-GAWRON, R.; AL MAHMUD, J.; NAHAR, K.; FUJITAG, M. Selenium in plants: Boon or bane? **Environmental and Experimental Botany**, v. 178, p. 104170, 2020.

HAWKESFORD, M. J.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MØLLER, I. S.; WHITE, P. Functions of Macronutrients. In: MARSCHNER, P. (org.). **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3a ed. Londres: Academic Press, 2012. p. 135–189.

IASTREMSKI, M. P.; RESENDE, J. T. V.; CAMARGO, C. K.; RUTHES, M. G.; SANTOS, M. A. P. Competition of onion genotypes in the soil and climatic conditions of Guarapuava, State of Paraná. **Acta Scientiarum**, v. 43, p. 1-7, 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal - PAM**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 12 jan. 2023.

IKEDA, H.; KINOSHITA, T.; YAMAMOTO, T.; YAMASAKI, A. Sowing time and temperature influence bulb development in spring-sown onion (*Allium cepa* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 244, p. 242-248, 2019.

IZYDORCZYK, G.; LIGAS, B.; MIKULA, K.; WITEK-KROWIAK, A.; MOUSTAKAS, K.; CHOJNACKA, K. Biofortification of edible plants with selenium and iodine – A systematic literature review. **Science of The Total Environment**, v. 754, p. 141983, 2021.

JIANG, C.; ZU, C.; SHEN, J.; SHAO, F.; LI, T. Effects of selenium on the growth and photosynthetic characteristics of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**, v. 84, p. 71-77, 2015.

KHAN, M. I. R.; NAZIR, F.; ASGHER, M.; PER, T. S.; KHAN, N. A. Selenium and sulfur influence ethylene formation and alleviate cadmium-induced oxidative stress by improving proline and glutathione production in wheat. **Journal of Plant Physiology**, v. 173, p. 9-18. 2015.

LANZA, M. G. D. B.; REIS, A. R. Roles of selenium in mineral plant nutrition: ROS scavenging responses against abiotic stresses. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 164, p. 27-43, 2021.

MACHADO, B. Q. V. **Biofortificação agrônômica da cebola com selênio e aspectos produtivos**. 2022. 48 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal – SP, 2022.

MOBINI, M.; KHOSHGOFTARMANESH, A. H.; GHASEMI, S. Biofortification of onion bulb with selenium at different levels of sulfate. **Journal of Plant Nutrition**, p. 1-9, 2019.

NAZ, F. S.; YUSUF, M.; KHAN, T. A.; FARIDUDDIN, Q.; AHMAD, A. Low level of selenium increases the efficacy of 24-epibrassinolide through altered physiological and biochemical traits of Brassica juncea plants. **Food Chemistry**, v. 185, p. 441-448. 2015.

OLIVEIRA, V. C.; FAQUIN, V.; GUIMARÃES, K. C.; ANDRADE, F. R.; PEREIRA, J.; GUILHERME, L. R. G. Agronomic biofortification of carrot with selenium. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 2, p. 138-147, 2018.

PÉREZ, M. B.; LIPINSKI, V. M.; FILIPPINI, M. F.; CHACÓN-MADRID, K.; ARRUDA, M. A. Z.; WUILLOUD, R. G. Selenium biofortification on garlic growth and other nutrients accumulation. **Horticultura Brasileira**, v. 37, p. 294-301, 2019.

PÖLDMA, P.; TÕNUTARE, T.; VIITAK, A.; LUIK, A.; MOOR, U. Effect of selenium treatment on mineral nutrition, bulb size, and antioxidant properties of garlic (*Allium sativum* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, p. 5498-5503. 2011.

PÖLDMA, P.; MOOR U.; TONUTARE, T.; HERODES, K.; REBAN, R. Selenium treatment under field conditions affects mineral nutrition, yield and antioxidant properties of bulb onion (*Allium cepa* L.). **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 12, p. 167-181, 2013.

RANCHES, G.; LUKASSER, M.; SCHRAMEK, H.; PLONER, A.; STASYK, T.; MAYER, G.; MAYER, G.; HÜTTENHOFER, A. In Vitro Selection of Cell-Internalizing DNA Aptamers in a Model System of Inflammatory Kidney Disease. **Molecular Therapy Nucleic Acids**, v. 8, p. 198-210. 2017.

SEMIDA, W. M.; ABD EL-MAGEED, T. A.; ABDELKHALIK, A.; HEMIDA, K. A.; ABDURRAHMAN, H. A.; HOWLADAR, S. M.; LEILAH, A. A. A.; RADY, M. O. A. Selenium Modulates Antioxidant Activity, Osmoprotectants, and Photosynthetic Efficiency of Onion under Saline Soil Conditions. **Agronomy**, v. 11, p. 1-18, 2021.

SHINMACHI, F.; BUCHNER, P.; STROUD, J. L.; PARMAR, S.; ZHAO, F.-J.; MCGRATH, S. P.; HAWKESFORD, M. J. Influence of sulfur deficiency on the expression of specific sulfate transporters and the distribution of sulfur, selenium, and molybdenum in wheat. **Plant Physiology**, v. 153, p. 327–336, 2010.

SILVA, V. M.; TAVANTI, R. F. R.; GRATÃO, P. L.; ALCOCK, T. D.; Reis, A. R. Selenate and selenite affect photosynthetic pigments and ROS scavenging through

distinct mechanisms in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) walp) plants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 201, p. 110777, 2020.

SILVA, L. R. R.; GRANGEIRO, L. C.; SOUSA, V. F. L.; SOUZA, F. I.; GONÇALVES, F. C.; OLIVEIRA, G. S. R. Agronomic performance of onion cultivars as affected by phosphate fertilization. **Revista Ceres**, v. 68, n. 5, p. 371-378, 2021.

USEPA (US Environmental Protection Agency). **Method 3051A**: Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. Washington D C, USA, 1994.

WANG, Z.; HUANG, W.; PANG, F. Selenium in Soil-Plant-Microbe: A Review. **Bulletin of Environmental and Contamination Toxicology**, v. 108, p. 167-181. 2022.

ARTIGO II

INFLUÊNCIA DO SELÊNIO NA QUALIDADE DE CEBOLA

RESUMO

O selênio (Se) é um elemento que possui função antioxidante na eliminação de radicais superóxido, fazendo com que seja considerado um elemento essencial para os seres humanos e um elemento benéfico para as plantas, podendo aumentar o metabolismo antioxidante e melhorar a qualidade das culturas. A pesquisa teve o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de selênio sobre a qualidade da cebola. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas cultivares de cebola (Andrômeda e Rio das Antas) e cinco doses de selênio (0, 15, 30, 45 e 60 g ha⁻¹). Com a aplicação de 60 g ha⁻¹ de Se, foram obtidos o teor máximo de vitamina C e a menor atividade antioxidante total. O Se provocou comportamentos diferentes no conteúdo de flavonoides nos bulbos de cebola, uma vez que para a cv. Rio das Antas ocorreu aumento linear e, para cv. Andrômeda, observou-se redução com a aplicação de Se. As maiores médias de vitamina C, sólidos solúveis, açúcares solúveis, acidez titulável e clorofila A, B e Total foram obtidas na cultivar Rio das Antas, ao passo que o maior índice de polifenóis ocorreu na cv. Andrômeda. A aplicação de Se e o uso das cultivares não tiveram efeitos sobre a pungência dos bulbos de cebola. Recomenda-se a aplicação foliar de 60 g ha⁻¹ de Se e o cultivo da cv. Rio das Antas nas condições estudadas.

Palavras-chave: *Allium cepa* L., vitamina C, antioxidantes, pigmentos

INFLUENCE OF SELENIUM ON ONION QUALITY

ABSTRACT

Selenium (Se) is an element that has antioxidant function in the elimination of superoxide radicals, making it considered an essential element for humans and a beneficial element for plants, being able to increase antioxidant metabolism and improve the quality of crops. The research aimed to evaluate the effect of selenium application on onion quality. The experimental design was in randomized blocks in a 2 x 5 factorial scheme, with four replications. The treatments consisted of a combination of two onion cultivars (Andromeda and Rio das Antas) and five doses of selenium (0, 15, 30, 45 and 60 g ha⁻¹). With the application of 60 g ha⁻¹ of Se, the maximum content of vitamin C and the lowest total antioxidant activity were obtained. Se provoked different behaviors in the content of flavonoids in onion bulbs, since, for cv. Rio das Antas there was a linear increase and, for cv. Andromeda, reduction was observed with the application of Se. The highest means of vitamin C, soluble solids, soluble sugars, titratable acidity and chlorophyll A, B and Total were obtained in the Rio das Antas cultivar, while polyphenols occurred in cv. Andromeda. The application of Se and the use of cultivars had no effect on pungency of onion bulbs. It is recommended the foliar application of 60 g ha⁻¹ of Se and the cultivation of cv. Rio das Antas under the studied conditions.

Keywords: *Allium cepa* L., vitamin C, antioxidants, pigments

INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) é uma hortaliça amplamente consumida no mundo em virtude de seu uso como especiaria e por possuir diversas substâncias bioativas que desempenham atividades relevantes e amplas, tais como atividades antioxidantes e anti-inflamatórias (REN; ZHOU, 2021). O alto teor de flavonoides e compostos organossulfurados presentes em sua composição contribuem para o funcionamento dessas atividades (KAZIMIERCZAK et al., 2021).

Dessa forma, a busca por alimentos com valores nutritivos e promotores da saúde tem chamado cada vez mais atenção dos consumidores, sendo crescente o interesse por aqueles que contenham alto potencial antioxidante, além de fornecer os nutrientes básicos (PIECHOWIAK et al., 2020).

A maior parte dos elementos comprovadamente essenciais ao homem e aos animais também exerce funções importantes no desenvolvimento vegetal, e em muitos casos, seus mecanismos de ação são similares, a exemplo do selênio (Se), que possui função antioxidante na eliminação de radicais superóxido, que ocorre tanto na planta quanto no organismo humano (ALMEIDA; DUTRA; CECÍLIO FILHO, 2016).

Em quantidades adequadas, o Se pode aumentar o teor de pigmentos fotossintéticos em folhas de plantas, a atividade de enzimas antioxidantes em folhas e frutos, bem como o teor de ácidos orgânicos e açúcares (MORALES- ESPINOZA et al., 2019; ZAHEDI et al., 2019). Estudos realizados no Brasil demonstraram que a aplicação foliar de Se na concentração 50 g ha⁻¹ aumenta o metabolismo antioxidante e fotossintético de várias culturas (LANZA; REIS, 2021).

Em cebola exposta a estresse abiótico, a aplicação de Se também aumentou significativamente a atividade de antioxidantes enzimáticos (ascorbato peroxidase, superóxido dismutase e catalase) e não enzimáticos (ácido ascórbico e glutatona) tanto nas folhas quanto nos bulbos (SEMIDA et al., 2021).

Embora muitos trabalhos tenham demonstrado efeitos positivos da aplicação de Se melhorando parâmetros fisiológicos, são escassas as informações relacionadas à qualidade da cebola em função da adubação com Se no semiárido brasileiro. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de Se na qualidade de bulbos de cebola.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização da área experimental

Foi desenvolvido um experimento na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, localizada no distrito de Alagoinha, zona rural do município de Mossoró – RN (5°03'33" S e 37°23'50" W e altitude de 72 m). A pesquisa foi conduzida entre os meses de junho a novembro de 2021.

A área experimental está localizada em uma região de clima do tipo BSh, de acordo com a classificação de Köppen, sendo caracterizado como seco e muito quente, com duas estações climáticas: uma chuvosa que, compreende os meses de fevereiro a maio, e outra seca, que vai de junho a janeiro (ALVARES et al., 2013). Durante a condução do experimento, foi registrada temperatura média de 28,2 °C (22,4 a 36,0 °C), umidade relativa do ar de 68,3% (39 a 87,8%) e precipitação de 0,50 mm.

A fazenda experimental tem solo classificado como ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Latossólico (EMBRAPA, 2018). Para a caracterização química do solo da área em estudo, realizou-se coleta de amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização química do solo da área experimental na Fazenda Experimental Rafael Fernandes. Mossoró, RN. UFRSA, 2023.

pH	MO	P ¹	SO ₄ ²⁻	K	Ca	Mg	Al ³⁺	(H+Al)	SB	CTC	Se	V
(H ₂ O)	g dm ⁻³	-- mg dm ⁻³ --					cmol _c dm ⁻³				mg kg ⁻¹	%
5,20	14,87	1,90	5,82	0,10	0,66	0,08	0,05	2,84	0,84	3,68	ND	23,04

Fonte: A autora. ¹Extrator Melich 1; pH: Potencial hidrogeniônico; MO: Matéria orgânica; H+Al: Acidez potencial; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; ND: não detectado V: Saturação por bases.

Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi delineado em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de duas cultivares de cebola (Andrômeda e Rio das Antas) e cinco doses de Se (0, 15, 30, 45 e 60 g ha⁻¹), usando a fonte selenato de sódio. Cada parcela experimental foi constituída por um canteiro medindo 2,0 m de comprimento por 1,0 m largura e altura de 0,20 m, com oito fileiras de plantas, no espaçamento de 0,10 m x 0,06 m. Utilizou-se como área útil as seis fileiras centrais, descartando as duas plantas de cada extremidade das fileiras.

O híbrido Andrômeda possui tolerância ao adensamento de plantas e às principais doenças foliares. É uma cultivar de dias curtos e na região Nordeste seu ciclo é precoce, em torno de 110 a 120 dias. Os bulbos são uniformes e com boa formação de escamas.

O híbrido Rio das Antas caracteriza-se pela adaptação ao cultivo adensado, além de alto vigor de plantas. É uma cultivar de dias curtos e com ciclo intermediário entre 120 a 150 dias. Seus bulbos são uniformes, de formato grano e com pouca pungência.

Implantação e condução do experimento

Foram realizadas aração e gradagem para o preparo do solo, seguidas do levantamento dos canteiros de forma mecanizada. A adubação de plantio foi realizada com 190 kg ha^{-1} de P_2O_5 (SILVA et al., 2021) na forma de superfosfato simples, aplicado a lanço no canteiro e incorporado a 5 cm de profundidade.

A semeadura foi realizada manualmente, colocando-se duas a três sementes por cova de dois centímetros de profundidade. O desbaste e a repicagem foram realizados aos 20 dias após a semeadura (DAS), deixando uma planta por cova.

As irrigações foram realizadas diariamente, com lâminas aplicadas com base na evapotranspiração da cultura (ALLEN et al., 2006). No intervalo entre a adubação de fundação até 20 DAS, foi utilizada irrigação por microaspersão. Posteriormente, o sistema foi substituído pela irrigação localizada por gotejamento, com quatro fitas gotejadoras por canteiro, espaçadas entre si em 0,20 m, com gotejadores autocompensantes a cada 0,30 m e vazão média de $1,5 \text{ L h}^{-1}$.

As adubações de cobertura foram realizadas via fertirrigação, semanalmente, iniciando-se aos 21 DAS. Foram aplicados, parceladamente, $74,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, $204,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O , $43,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de Ca, $14,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg e $0,19 \text{ kg ha}^{-1}$ de S, na forma de ureia, MAP, cloreto de potássio, nitrato de potássio, nitrato de cálcio e sulfato de magnésio (GONÇALVES, 2019a; 2019b).

O Se foi aplicado de uma única vez, aos 60 DAS, via foliar quando as plantas tinham de sete a oito folhas. Utilizou-se pulverizador costal pressurizado por CO_2 com ponta de bico de jato tipo leque, calibrado para liberar vazão constante, sendo aplicado volume de calda equivalente a 1818 L ha^{-1} .

Durante o experimento, foram realizadas capinas manuais para controle das plantas daninhas e controle químico no manejo fitossanitário de tripes e ácaros (Cabrio TOP, Pirate, Manzate, Decis, Amistar Top, Trigard).

Aos 122 DAS, a irrigação foi suspensa, quando 70% das plantas se encontravam tombadas, dando início ao processo de cura. Após 14 dias da suspensão da irrigação, 136 DAS, os bulbos foram colhidos e limpos, eliminando-se as folhas e raízes.

Características avaliadas

Os pigmentos fotossintéticos foram determinados aos 75 DAS, a partir da obtenção de discos foliares de 10 mm de diâmetro e devidamente pesados. A extração foi realizada em tubos de ensaio contendo 10 mL de acetona (80%), mantidos em repouso por 24 horas. Após extração, as concentrações de clorofila a, b, total e carotenoides totais foram estimadas conforme Lichtenthaler (1987), utilizando um espectrofotômetro nas faixas de absorvância de 470, 646,8 e 663,2 nm.

Após a colheita, foram amostrados dez bulbos aleatoriamente por parcela, classificados como comerciais. Posteriormente foram higienizados em água destilada e processados para obtenção do suco da polpa.

Para determinação do teor de polifenóis e atividade antioxidante total, foi realizada inicialmente a obtenção de extratos: Utilizou-se 6 g do suco da polpa, obtido a partir do processamento dos bulbos, onde foi pesado já no tubo da centrífuga, adicionando-se em seguida 10 ml de álcool metílico 50%, homogeneizado com o bastão de vidro, ficando em descanso por uma hora com o tubo tampado. Depois, foi levado para centrífuga por 20 minutos a 20 °C na rotação de 10000 RPM e, após centrifugação, pegou-se o sobrenadante (1) (parte líquida) e foi colocado em um balão de 25 ml coberto com papel alumínio, usando o papel filtro para filtrar o sobrenadante. Depois, foi utilizado o resíduo que ficou no tubo e adicionou-se 10 ml de acetona 70%, homogeneizou com o bastão novamente e deixou em descanso por mais 1 hora. Após o descanso levou novamente para centrífuga por 20 minutos a 20 °C na rotação de 10000 RPM, utilizando o sobrenadante (2), colocando no balão de 25 ml onde estava o sobrenadante (1), completando com água destilada. Estando pronto o extrato, colocou-se em um vidro âmbar para, em seguida, determinar os polifenóis e atividade antioxidante total.

Os polifenóis foram obtidos por ensaio colorimétrico usando o reagente Folin-Ciocalteu, de acordo com a metodologia descrita por Obanda; Owuor (1997). A determinação foi realizada utilizando alíquotas de 200 µL de extratos em tubos de ensaio, adicionando 800 µL de água destilada, 1 mL de reagente Folin-Ciocalteu, 2 mL de solução de carbonato de sódio a 20% e 2 mL de água destilada. Em seguida, as amostras foram agitadas em um agitador de tubo (QL-901, Vortex®) e deixadas em repouso por 30 min no escuro. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 700

nm, utilizando uma curva padrão de ácido gálico 98%. Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹.

A determinação da atividade antioxidante pelo método de DPPH foi realizada de acordo com Sanchez-Moreno et al. (1998). Do extrato de cada amostra, três diferentes diluições foram preparadas em balões volumétricos de 10 ml. No escuro, alíquota de 0,1 mL de cada extrato foi transferida para tubo de ensaio com 3,9 mL de DPPH (solução de DPPH 0,06 mM dissolvida em álcool metílico) e homogeneizado em um agitador de tubos (QL-901, Vortex®). Em seguida, ficou em descanso no escuro por duas horas e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 515 nm. Uma curva de calibração foi realizada com soluções de DPPH em álcool metílico variando a concentração de 10 µM a 50 µM, e os resultados das análises foram expressos em % de sequestro do radical.

Para os flavonoides, utilizou-se a metodologia proposta por Francis (1982). Para cada amostra, 1 g do suco de cebola foi misturado em 50 mL da solução extrativa (85:15, proporção de álcool etílico-ácido clorídrico 1,5 N), homogeneizado por um minuto em UltraTurrax® e armazenados a 4 °C por 12 horas. A solução foi filtrada em papel filtro para frascos âmbar, e as leituras foram feitas em espectrofotômetro, com comprimento de onda de 374 nm. Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹.

A pungência do bulbo foi determinada pela quantificação do ácido pirúvico, usando o reagente 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH), conforme método descrito por Schwimmer; Weston (1961). Foi classificada em “muito suave” (0-2,9 µmol g⁻¹), “suave” (3,0-4,2 µmol g⁻¹), “levemente pungente” (4,3-5,5 µmol g⁻¹), “pungente” (5,6-6,3 µmol g⁻¹), “pungência forte” (6,4-6,9 µmol g⁻¹), “pungência muito forte” (7,0-7,9 µmol g⁻¹) e “picante” (8,0-10,0 µmol g⁻¹), em função da atividade da alinase, expressa em µmol g⁻¹ de ácido pirúvico, de acordo com Miguel (2005).

Para o teor de açúcares solúveis (%), utilizou-se o método descrito por Yemm; Willis (1954). Foi retirado 1 ml do suco dos bulbos frescos e diluído em 100 ml de água destilada. A partir dessa diluição, foram retiradas alíquotas de 50 µl, misturadas com 950 µl água e 2000 µl de reagente de antrona (2 g L⁻¹ de H₂SO₄), aquecidas (banho-maria a 100 °C por 8 minutos) e resfriadas (banho de gelo). As leituras foram realizadas na faixa espectral de 620 nm e calculados a partir de uma curva padrão de glicose.

Os sólidos solúveis foram determinados diretamente no suco da polpa em um refratômetro digital (AOAC, 2002). Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

Para determinação da acidez titulável, foi diluído 1 ml do suco, obtido a partir do processamento dos bulbos, em 49 ml de água destilada. Após a diluição, a amostra foi submetida à titulação com NaOH 0,1 N, tendo fenolftaleína a 1% como indicador. Os resultados foram expressos em mEq H₃O⁺ 100 g⁻¹ (AOAC, 2002).

Para o teor de vitamina C, foi utilizado 1 ml de suco dos bulbos de cebola e diluído em 99 ml de ácido oxálico 0,5%. Em seguida, se utilizou uma alíquota de 5 ml dessa diluição em 45 ml de água destilada. Posteriormente, foi realizada a titulação com solução de Tilman (2,6-dicloro-fenol indofenol) 0,02%. Os resultados foram calculados por razões proporcionais, a partir do título de uma solução padrão de ácido ascórbico, segundo o método descrito por Strohecker et al. (1967). Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹.

O potencial hidrogeniônico foi determinado realizando leitura diretamente na polpa com o auxílio de um pHmetro digital.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade. Quando observado efeito significativo, as médias referentes às cultivares foram comparadas pelo teste de Tukey. Para o fator doses de selênio, foi aplicada análise de regressão, sendo adotada a equação significativa e de maior coeficiente de determinação. Foi utilizado o *software* SISVAR v.5.3 (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da interação entre os fatores estudados para os flavonoides (F) nos bulbos de cebola. A atividade antioxidante total (AAT) foi influenciada apenas pelo fator dose e os polifenóis (PF), clorofila a (Cla), b (Clb) e total (Clt), pelas cultivares. Os carotenoides não diferiram estatisticamente em função da aplicação do Se e das cultivares de cebola (Tabela 2).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância para teor de polifenóis (PF), atividade antioxidante total (ATT) e teor de flavonoides (F) nos bulbos, clorofila a (Cla), clorofila b (Clb), clorofila total (Clt) e carotenoides (C) nas folhas de cultivares de cebola em função de doses de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023.

FV	GL	Quadrados médios						
		F	AAT	PF	Cla	Clb	Clt	C
Cultivar (C)	1	37,50**	17,45 ^{ns}	327,58*	0,03*	0,004**	0,06*	0,002 ^{ns}
Dose de Se (D)	4	15,24**	39,78*	108,28 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,001 ^{ns}
C x D	4	46,68**	25,81 ^{ns}	129,86 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Bloco	3	0,71 ^{ns}	7,79 ^{ns}	88,09 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,002 ^{ns}

Resíduo	27	0,72	11,07	51,08	0,01	0,001	0,01	0,001
CV (%)	-	7,48	20,03	9,01	10,74	7,86	9,65	13,75

Fonte: A autora. FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade; **Significativo ao nível de 1% de probabilidade e ^{ns}Não significativo.

A atividade antioxidante total (AAT) diminuiu com o aumento das doses de Se. A maior AAT foi de 19,23% do sequestro do radical, obtido no tratamento controle (Figura 1).

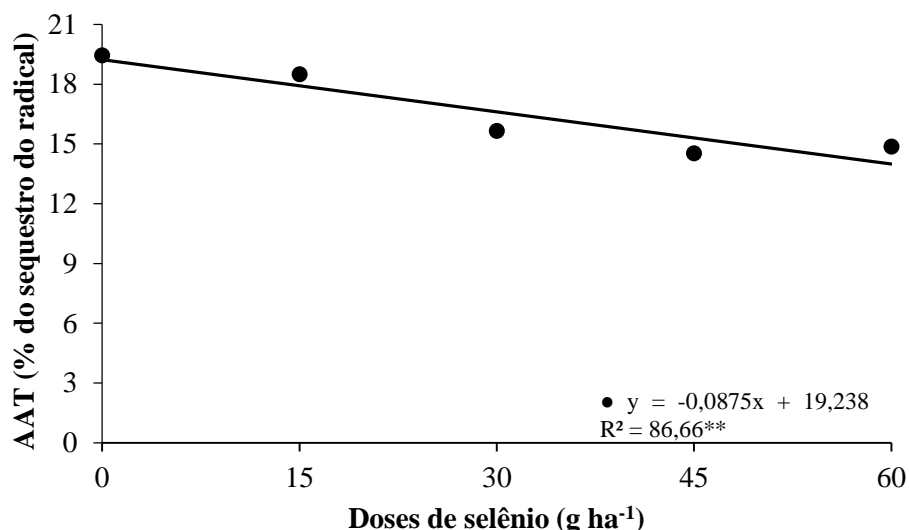


Figura 1 – Atividade antioxidante total (AAT) de cebola em função da aplicação de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023. Fonte: A autora.

Apesar de alguns estudos demonstrarem que o Se pode controlar a produção de EROs produzidas nas células, especialmente as espécies superóxido (O_2^-) e/ou peróxido de hidrogênio (H_2O_2), e atuar na regulação da atividade antioxidante (FENG et al., 2013), no presente trabalho observou-se diminuição da AAT nos bulbos de cebola com a aplicação de Se. Provavelmente, o método utilizado para determinar a AAT no presente estudo não possibilitou identificar esse comportamento do Se em aumentar a AAT, sugerindo a necessidade de novos estudos com a utilização de outros métodos de determinação, bem como a avaliação de outros parâmetros, dentre eles os antioxidantes enzimáticos, considerando também que a aplicação de 60 g ha^{-1} aumentou o teor de vitamina C, indicando que a rota que o Se utilizou pode ter sido a do ácido ascórbico.

O teor máximo de F da cultivar Andrômeda foi de $18,06 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, na ausência da aplicação de Se. Para a cultivar Rio das Antas, o teor de F aumentou com as doses de Se, sendo o teor máximo de $12,35 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, na dose de 60 g ha^{-1} de Se. O incremento foi de 31,42% em comparação à ausência da aplicação com Se (Figura 2).

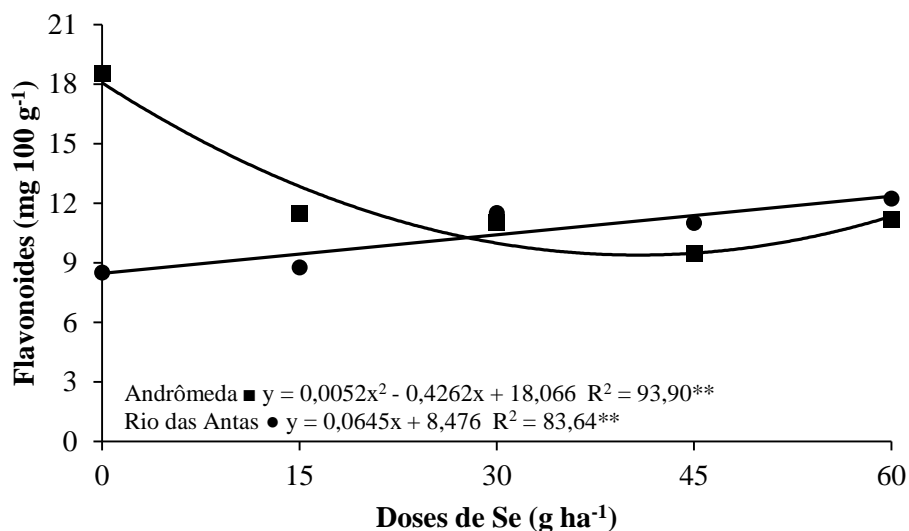


Figura 2 – Teor de flavonoides nos bulbos das cultivares Andrômeda e Rio das Antas em função da aplicação de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023. Fonte: A autora.

Em condições normais, a produção de ERO em células de plantas é mantida em níveis baixos. No entanto, em condições de estresse os níveis de ERO são aumentados (FENG et al., 2013). Para compensar os danos induzidos por ERO, as plantas têm um sistema de defesa antioxidante altamente eficiente composto por antioxidantes não enzimáticos e enzimas antioxidantes que desempenham papéis significativos na sinalização e defesa de ERO nas plantas (MANTRI et al., 2012). Os flavonoides têm sido amplamente reconhecidos como antioxidantes benéficos devido à sua capacidade de capturar íons de radicais livres e proteger as plantas dos efeitos adversos do estresse abiótico (CHAUHAN et al., 2017; JAISWAL et al., 2018). Dessa forma, a maior produção de F na ausência da aplicação de Se na cultivar Andrômeda pode ter sido um mecanismo de defesa utilizado pelas plantas para reduzir algum estresse.

A aplicação de selênio afeta o metabolismo da biossíntese de nitrogênio, proteínas e aminoácidos e, em particular, o aminoácido fenilalanina, que é um precursor de compostos fenólicos, como os flavonoides (GOLUBKINA et al., 2018). O aumento do teor de P com a aplicação de Se foi observado para a cv. Rio das Antas.

Para o teor de F, houve diferença significativa entre as cultivares nas doses 0, 15 e 45 g ha⁻¹. Na ausência da aplicação com Se e com a aplicação de 15 g ha⁻¹ de Se, o teor de F na cultivar Andrômeda foi maior. Ao aplicar uma dose maior de Se (45 g ha⁻¹), a cultivar Rio das Antas é estatisticamente superior à Andrômeda (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios do teor de flavonoides nos bulbos de cultivares de cebola sob doses de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023.

Cultivares	Doses de selênio (g ha ⁻¹)				
	0	15	30	45	60
	Flavonoides (mg 100 g ⁻¹)				
Andrômeda	18,56 a	11,52 a	11,02 a	9,45 b	11,19 a
Rio das Antas	8,52 b	8,77 b	11,52 a	11,01 a	12,24 a

Fonte: A autora. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferiram entre si (<0,01) pelo teste F.

Os maiores teores de polifenóis foram observados na cultivar Andrômeda (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores médios de teor de polifenóis, clorofila a, b, total e carotenoides de cultivares de cebola. Mossoró, RN. UFERSA, 2023.

Cultivares	Polifenóis (mg 100 g ⁻¹)	Clorofila a (g kg ⁻¹)	Clorofila b (g kg ⁻¹)	Clorofila total (g kg ⁻¹)	Carotenoides (g kg ⁻¹)
Andrômeda	82,18 a	0,74 b	0,17 b	0,90 b	0,27 a
Rio das Antas	76,46 b	0,79 a	0,19 a	0,98 a	0,28 a

Fonte: A autora. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, nas variáveis polifenóis, clorofila a e total, não diferiram entre si (<0,05) pelo teste F; Médias seguidas pela mesma letra na coluna, na variável clorofila b, não diferiram entre si (0,01) pelo teste F.

Os polifenóis são antioxidantes que dão origem a uma série de metabólitos secundários que são sintetizados pelas vias do ácido chiquímico ou do ácido malônico e podem exercer funções de sinalização celular em condições de estresse biótico e abiótico, sendo a síntese desses antioxidantes geralmente estimulada nessas condições (MICHALAK, 2006; HICHEM et al., 2009). Dessa forma, provavelmente o maior teor de polifenóis na cv. Andrômeda é uma resposta da planta a algum tipo de estresse que ela tenha sofrido durante o ciclo, considerando que, apesar de ser cultivada no Nordeste, nas condições estudadas ela poderia não estar adaptada à região, comparando com a cv. Rio das Antas.

Para clorofila a, b e total, a cultivar Rio das Antas foi superior à Andrômeda (Tabela 4). Apesar do teor de clorofila ser influenciado por diversos fatores bióticos e abióticos, também está diretamente relacionado ao potencial de atividade fotossintética das plantas (TAIZ et al., 2017).

A interação entre cultivares de cebola e doses de Se afetou o potencial hidrogeniônico (pH) dos bulbos de cebola. Para o teor de vitamina C (VIT C), ocorreu efeito isolado dos fatores estudados. Para açúcares solúveis (AS), sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT), houve efeito significativo apenas da cultivar. A pungência

(PUNG) e a relação SS/AT não diferiram estatisticamente em função da aplicação do Se e das cultivares de cebola (Tabela 5).

Tabela 5 – Resumo da análise de variância para pungência (PUNG), açúcares solúveis (AS), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), vitamina C (VIT C) e potencial hidrogeniônico (pH) de bulbos de cultivares de cebola em função de doses de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023.

FV	GL	Quadrados médios						
		PUNG	AS	SS	AT	SS/AT	VIT C	PH
Cultivar (C)	1	0,19 ^{ns}	9,73 ^{**}	18,91 ^{**}	2,13 ^{**}	0,06 ^{ns}	16864,57 ^{**}	0,0005 ^{ns}
Dose de Se (D)	4	0,34 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,12 ^{ns}	3715,26 ^{**}	0,0048 [*]
C x D	4	0,45 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,14 ^{ns}	54,20 ^{ns}	0,0070 [*]
Bloco	3	0,67 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}	606,57 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Resíduo	27	0,26	0,21	0,19	0,10	0,07	313,77	0,0016
CV (%)	-	9,49	7,32	5,88	10,39	10,43	11,42	0,81

Fonte: A autora. FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; CV – coeficiente de variação; ^{*}Significativo ao nível de 5% de probabilidade; ^{**}Significativo ao nível de 1% de probabilidade e ^{ns}Não significativo.

O teor de VIT C aumentou com as doses de Se aplicadas (Figura 3), com máximo de 179,44 mg 100 g⁻¹, na dose de 60 g ha⁻¹, correspondendo a um acréscimo de 29,10% em relação ao tratamento controle.

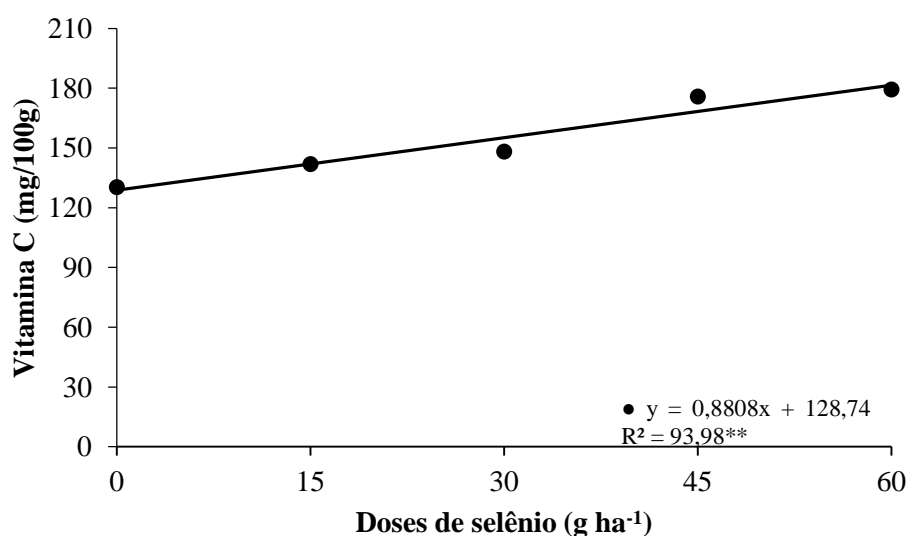


Figura 3 – Teor de vitamina C em bulbos de cebola em função da aplicação de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023. Fonte: A autora.

Aumento no teor de vitamina C em bulbos de cebola sob aplicação de Se também são descritos por Semida et al. (2021). Os autores atribuem o aumento do teor de vitamina C ao papel do Se na eliminação das ERO (superóxido (O₂⁻) e peróxido de hidrogênio (H₂O₂)), por meio da glutatona peroxidase (GSH), aliviando os danos oxidativos em organelas celulares (HASANUZZAMAN et al., 2011).

A aplicação foliar de selênio não influenciou significativamente na pungência dos bulbos de cebola, assim como não foi observada diferença significativa entre as cultivares (Tabela 6). A não alteração na PUNG de bulbos de cebola em função do uso de Se também foram descritos por Pöldma et al. (2013) e Machado (2022).

A síntese de precursores aromáticos de cebola é regulada, em grande parte, pela cultivar (SCHUNEMANN et al., 2006). Com base nessa afirmação, é possível afirmar que, para esse atributo de qualidade, as características intrínsecas das cultivares Rio das Antas e Andrômeda são semelhantes. Para ambas as cultivares, a pungência dos bulbos é classificada como “levemente pungente” (MIGUEL, 2005).

Tabela 6 – Valores médios de pungência (PUNG), açúcares solúveis (AS), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e vitamina C (VIT C) de bulbos de cultivares de cebola. Mossoró, RN. UFERSA, 2023.

Cultivares	PUNG ($\mu\text{mol g}^{-1}$ de ac. pirúvico)	AS (%)	SS (%)	AT (mEq H_2O^+ 100 g^{-1})	SS/AT -	VITC (mg 100 g^{-1})
Andrômeda	5,32 a	5,81 b	6,76 b	2,75 b	2,48 a	134,63 b
Rio das Antas	5,45 a	6,80 a	8,14 a	3,21 a	2,56 a	175,69 a

Fonte: A autora. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferiram entre si ($<0,01$) pelo teste F.

Para AS, SS, AT e VIT C, a cultivar Rio das Antas se diferenciou estatisticamente da cultivar Andrômeda (Tabela 3), sendo os AS, SS, AT e VIT C, 14,56%, 16,95%, 14,33% e 23,37%, respectivamente, maiores na cultivar Rio das Antas. Para essas características mencionadas anteriormente, a diferença entre cultivares pode estar relacionada à maior quantidade de pigmentos fotossintetizantes, como as clorofilas, presente na cultivar Rio das Antas (Tabela 4). Plantas com maior teor de clorofila, além de conseguirem realizar seu ciclo fotossintético, fornecem à planta maior quantidade de energia necessária para completar seu ciclo de vida, e ainda resultar no aumento de açúcares, sólidos solúveis e vitamina C (SALEEM et al., 2020; SCHIAVON et al., 2020). Em relação a AT, Kimura et al. (2014) afirmam que o fator genético é determinante para a composição química da cebola.

Não houve ajuste dos modelos de regressão testados para o efeito das doses de Se sob o pH nas cultivares Rio das Antas e Andrômeda. Comparando o pH entre as cultivares, dentro das doses avaliadas, só foi observada diferença significativa com a aplicação de 15 g ha^{-1} , com maior média na cv. Rio das Antas (Tabela 7).

Tabela 7 – Valores médios do potencial hidrogeniônico (pH) nos bulbos de cultivares de cebola sob doses de selênio. Mossoró, RN. UFERSA, 2023.

Cultivares	Doses de selênio (g ha ⁻¹)				
	0	15	30	45	60
	Potencial hidrogeniônico				
Andrômeda	4,95 a	4,87 b	4,96 a	4,98 a	4,98 a
Rio das Antas	4,94 a	4,98 a	4,91 a	4,96 a	4,98 a

Fonte: A autora. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferiram entre si (<0,05) pelo teste F.

CONCLUSÃO

A aplicação de 60 g ha⁻¹ de Se proporcionou o teor máximo de vitamina C e a menor atividade antioxidante total.

O Se não influencia nos pigmentos fotossintéticos nem nos atributos de qualidade de cebola: pungência, açúcares solúveis, sólidos solúveis, acidez titulável e relação SS/AT.

As maiores médias de açúcares solúveis, sólidos solúveis, acidez titulável, vitamina C e clorofila A, B e Total foram obtidas na cultivar Rio das Antas.

Recomenda-se a aplicação foliar de 60 g ha⁻¹ de Se e o cultivo da cv. Rio das Antas nas condições estudadas.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. **FAO**, v. 56, p. 0254-5293, 2006.

ALMEIDA, H. J.; DUTRA, A. F.; CECÍLIO FILHO, A. B. Biofortificação de hortaliças e saúde global - um enfoque para selênio, zinco, ferro e iodo. In: PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B. (org.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. 1ed. Jaboticabal-SP: FUNEP, 2016. p. 103-150.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728. 2013.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17. ed. Washington: AOAC, 2002.

CHAUHAN, R.; AWASTHI, S.; SRIVASTAVA, S.; DWIVEDI, S.; PILON-SMITS, E. A. H.; DHANKHER, O. P.; TRIPATHI, R. D. Understanding selenium metabolism in plants and its role as a beneficial element. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, p. 1-22, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. Brasília, DF, 2018.

FENG, R.; WEI, C.; TU, S. The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. **Environmental and Experimental Botany**, v. 87, p. 58–68, 2013.

FERREIRA, D. F. SISVAR: computer analysis system to fixed effects Split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, p. 529-535, 2019.

FRANCIS, F. J. Analysis of Anthocyanins. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins as Food Colors**. London, UK: Academic Press, 1982.

GALDÓN, B. R.; RODRIGUES, C. T.; RODRIGUES, E. R.; ROMERO, C. D. Organic acid concentrations in onion cultivars (*Allium cepa* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 6512-6519, 2008.

GOLUBKINA, N.; KEKINA, H.; CARUSO, G. Yield, Quality and Antioxidant Properties of Indian Mustard (*Brassica juncea* L.) in Response to Foliar Biofortification with Selenium and Iodine. **Plants**, v. 7, p. 1-14, 2018.

GONÇALVES, F. C.; GRANGEIRO, L. C.; SOUSA, V. F. L.; SANTO, J. P.; SOUZA, F. I.; SILVA, L. R. R. Yield and quality of densely cultivated onion cultivars as function of nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 847-851, 2019a.

GONÇALVES, F. C.; GRANGEIRO, L. C.; SOUSA, V. F. L.; JESUS, P. M. M.; SILVA, G. A. Agronomic and qualitative performance of densely cultivated onion cultivars as affected by potassium fertilisation. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 889-896, 2019b.

HASANUZZAMAN, M.; HOSSAIN, M. A.; FUJITA, M. A regulação positiva induzida pelo selênio da defesa antioxidante e do sistema de desintoxicação do metilglioxal reduz os danos induzidos pela salinidade em mudas de colza. **Biological Trace Element Research**, v. 143, p. 1704–1721, 2011.

HICHEM, H.; MOUNIR, D.; NACEUR, E. A. Differential responses of two maize (*Zea mays* L.) varieties to salt stress: Changes on polyphenols composition of foliage and oxidative damages. **Industrial Crops and Products**, v. 30, p. 144-151, 2009.

JAISWAL, S. K.; PRAKASH, R.; SKALNY, A. V.; SKALNAYA, M. G.; GRABEKLI, A. R.; SKALNAYA, A. A.; TINKOV, A. A.; ZHANG, F.; GUO, X.; PRAKASH, N. T. Efeito sinérgico do selênio e da radiação UV-B no aumento do nível antioxidante da grama de trigo cultivada a partir de trigo rico em selênio. **Journal of Food Biochemistry**, v. 42, p. 1-12, 2018.

KAZIMIERCZAK, R.; SREDNICKA-TOBER, D.; BARANSKI, M.; HALLMANN, E.; GÓRALSKA-WALCZAK, R.; KOPCZYNSKA, K.; REMBIALKOWSKA, E.; GÓRSKI, J.; LEIFERT, C.; REMPELOS, L.; KANISZEWSKI, S. The Effect of Different Fertilization Regimes on Yield, Selected Nutrients, and Bioactive Compounds Profiles of Onion. **Agronomy**, v. 883, p. 1-13. 2021.

KIMURA, Y.; OKAZAKI, K.; YANAGIDA, D.; MURO, T. Cultivar and regional differences in the metabolite composition of onion (*Allium cepa*). **Scientia Horticulturae**, v. 168, p. 1-8, 2014.

LANZA, M. G. D. B.; REIS, A. R. Roles of selenium in mineral plant nutrition: ROS scavenging responses against abiotic stresses. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 164, p. 27-43, 2021.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: **Pigments of photosynthetic biomembranes**. Methods in Enzymology, v. 148, p. 350-382, 1987.

MACHADO, B. Q. V. **Biofortificação agrônômica da cebola com selênio e aspectos produtivos**. 2022. 48 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal – SP, 2022.

MANTRI, N.; PATADE, V.; PENNA, S.; FORD, R.; PANG, E. Abiotic stress responses in plants: Present and future. In: AHMAD, P.; PRASAD, M. N. V. (org.). **Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability**. Springer, New York, 2012. p. 1–19.

MIGUEL, A. C. A. **Efeito do período de armazenamento refrigerado na qualidade de cebolas e do seu produto minimamente processado**. 2005. 80f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

MORALES-ESPINOZA, M. C.; CADENAS-PLIEGO, G.; PÉREZ-ALVAREZ, M.; HERNÁNDEZ-FUENTES, A. D.; LA FUENTE, M. C.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; VALDÉS-REYNA, J.; JUÁREZ-MALDONADO, A. Se nanoparticles induce changes in the growth, antioxidant responses, and fruit quality of tomato developed under nacl stress. **Molecules**, v. 3030, p. 1-17. 2019.

OBANDA, M.; OWUOR, P. O. Flavonol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenyan black teas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 74, 209-215, 1997.

PIECHOWIAK, T.; GRZELAK-BLASCZYK, K.; BONIKOWSKI, R.; BALAWEJDER, M. Optimization of extraction process of antioxidant compounds from yellow onion skin and their use in functional bread production. **LWT - Food Science and Technology**, v. 117, p. 1-7, 2020.

PÕLDMA, P.; MOOR, U.; TONUTARE, T.; HERODES, K.; REBAN, R. Selenium treatment under field conditions affects mineral nutrition, yield and antioxidant properties of bulb onion (*Allium cepa* L.) **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 12, p. 167-181, 2013.

REN, F.; ZHOU, S. Phenolic components and health beneficial properties of onions. **Agriculture**, v. 872, p. 1-17. 2021.

SALEEM, M. F.; KAMAL, M. A.; SHAHID, M.; AWAIS, M.; SALEEM, A.; RAZA, M. A. S.; MA, B. L. Studying the foliar selenium-modulated dynamics in phenology and quality of terminal heat-stressed cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in association with yield. **Plant Biosystems**, p. 668–678, 2020.

SANCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal Science Food Agriculture**, v. 76, p. 270-276, 1998.

SCHIAVON, M.; NARDI, S.; DALLA VECCHIA, F.; ERTANI, A. Selenium biofortification in the 21st century: status and challenges for healthy human nutrition. **Plant Soil**, v. 453, p. 245–270, 2020.

SCHUNEMANN, A. P.; TREPTOW, R.; LEITE, D. L.; VENDRUSCOLO, J. L. Pungência e características químicas em bulbos de genótipos de cebola (*Allium cepa* L.) cultivados no Alto Vale do Itajaí. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, p. 77-80, 2006.

SCHWIRMMER, S.; WESTON, W. J. Enzymatic development of pyruvic acid as a measure of pungency. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 9, p. 301-304, 1961.

SEMIDA, W. M.; ABD EL-MAGEED, T. A.; ABDELKHALIK, A.; HEMIDA, K. A.; ABDURRAHMAN, H. A.; HOWLADAR, S. M.; LEILAH, A. A. A.; RADY, M. O. A. Selenium Modulates Antioxidant Activity, Osmoprotectants, and Photosynthetic Efficiency of Onion under Saline Soil Conditions. **Agronomy**, v. 11, p. 1-18, 2021.

SILVA, L. R. R.; GRANGEIRO, L. C.; SOUSA, V. F. L.; SOUZA, F. I.; GONÇALVES, F. C.; OLIVEIRA, G. S. R. Agronomic performance of onion cultivars as affected by phosphate fertilization. **Revista Ceres**, v. 68, n. 5, p. 371-378, 2021.

STROHECKER, R.; ZARAGOZA, F. M.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Editorial Paz Montalvo, 1967.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, v. 57, p. 508-514, 1954.

ZAHEDI, S. M.; ABDELRAHMAN, M.; HOSSEINI, M. S.; HOVEIZEH, N. F.; TRAN, L-S. P. Alleviation of the effect of salinity on growth and yield of strawberry by foliar spray of selenium-nanoparticles. **Environmental Pollution**. v. 253, p. 246-258. 2019.