

Uso do enxofre nos componentes de produção e qualidade de bulbos de cebola

Sulfur use in the production and quality components of onion bulbs

Larissa Urzêdo Rodrigues¹

<https://orcid.org/0000-0002-8100-4040>

Taynar Coelho de Oliveira Tavares¹

<https://orcid.org/0000-0002-2202-9264>

Alvaro Jose Gomes Faria^{2,*}

<https://orcid.org/0000-0002-2817-5908>

Marcelo Cruz Tomazi¹

<https://orcid.org/0000-0001-8038-8460>

Rodrigo de Castro Tavares¹

<https://orcid.org/0000-0001-5524-4414>

Ildon Rodrigues do Nascimento¹

<https://orcid.org/0000-0002-8348-9993>

¹ Departamento de Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, Tocantins, Brasil.

² Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

*Correspondence: ajgomesdefaria@hotmail.com

Received: 06/03/2020; **Revised:** 16/08/2020; **Accepted:** 20/09/2020; **Published:** 04/10/2020

Highlights: The use of agricultural gypsum as a source of sulfur in the productivity and quality of two cultivars onion.

Section: This paper was submitted in Agrarian sciences, a section of the *J. Bioen Food Sci.*

Competing interests: There is not conflict of interest in the research conducted.

Funding: The authors received no specific funding for this work.

Citation as (APA): Rodrigues, L.U., Tavares, T.C.O., Faria, A.J.G., Tomazi, M.C., Tavares, R.C., & Nascimento, I.R. (2020) Journal of bioenergy and food science, 7(4), e2902020. <http://doi.org/10.18067/jbfs.v7i4.290>

Edited by Dr. Vinicius Batista Campos – Federal Institute of Paraíba, Brazil.

Review processes: 2902020R01 (Brazil) | 2902020R02 (Brazil).



JBFS all rights Copyright: © 2020

ABSTRACT - Pungency is one of the main parameters that interferes with the quality of the onion bulb, being controlled by genetic, environmental and nutritional factors. When genetic and environmental factors are adequate, the use of sulfur sources can promote an improvement in bulb quality. The objective of this work was to evaluate the effects of application of gypsum as a source of sulfur on the production components and postharvest quality of two onion cultivars under a humid environment with moderate water deficiency. The experimental design was in randomized blocks with four replications, in a 5x2 factorial scheme. The first factor represents five doses of sulfur ($S-SO_4^{2-}$) (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹) and the second factor for two onion cultivars (Bella Vista and Bella Catarina). The sulfur source used was gypsum (15% S- SO_4^{2-}). The increase in sulfur doses provided positive results in bulb mass, productivity, total acidity and pungency in both onion cultivars. The highest productivity was 24.5 t ha⁻¹ obtained through the Bella Catarina using 200 kg SO_4^{2-} ha⁻¹. The gypsum as a source of sulfur and a promising alternative in the production and quality of onion in southern Tocantins.

Keywords: *Allium cepa* L., agricultural gypsum, post-harvest, fertilization, Cerrado.

RESUMO - A pungência é um dos principais parâmetros que interfere na qualidade do bulbo da cebola, sendo controlada por fatores genéticos, ambiental e nutricional. Quando os fatores genéticos e ambientais são adequados, o uso de fontes de enxofre pode promover a melhoria da qualidade do bulbo. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação do gesso agrícola como fonte de enxofre nos componentes de produção e qualidade pós-colheita de duas cultivares de cebola sob condição de ambiente úmido com moderada deficiência hídrica. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 5x2. O primeiro fator representa cinco doses de enxofre ($S-SO_4^{2-}$) (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) e o segundo fator por duas cultivares de cebola (Bella Vista e Bella Catarina). A fonte de enxofre utilizada foi o gesso agrícola (15% S- SO_4^{2-}). O aumento nas doses de enxofre proporcionou resultados positivos na massa dos bulbos, produtividade, acidez total e pungência de ambas as cultivares de cebola. A maior produtividade foi de 24,5 t ha⁻¹ obtida através da Bella Catarina com o uso de 200 kg SO_4^{2-} ha⁻¹. O gesso agrícola como fonte de enxofre é uma alternativa promissora na produção e qualidade da cebola no Sul do Tocantins.

Keywords: *Allium cepa* L., gesso agrícola, pós-colheita, adubação, Cerrado.

INTRODUÇÃO

Do ponto de vista econômico, a cebola (*Allium cepa* L.) é uma das mais importantes hortaliças cultivadas (El Balla, 2013; Vilas Boas et al., 2011), sendo produzidas no Brasil cerca de 1,5 milhões de toneladas (IBGE, 2018), das quais mais de um terço é produzido no estado de Santa Catarina (ABH, 2017). Todavia, o clima favorável e o uso de tecnologias contribuíram para o aumento da oferta nacional pelas regiões Nordeste, Cerrado e de São Paulo (CEPEA, 2020).

Aliado à adoção de boas práticas de manejo do solo que contribuem para a expansão da agricultura no Cerrado brasileiro, determinadas localidades do Tocantins dispõem de condições favoráveis em relação a fotoperíodo e temperatura para atender as exigências do cultivo de cebolas precoces, favorecendo o bom desenvolvimento das plantas, a perfeita maturação dos bulbos e a colheita da hortaliça (Carline et al., 2017; Lopes & Guilherme, 2016; Milhomens et al., 2020; Tavares et al., 2017).

De modo geral, a avaliação da qualidade da cebola está diretamente ligada à aparência externa, ao tamanho do bulbo, cor, aroma, sabor, firmeza e composição química (Grangeiro et al., 2008; Muniz et al., 2012). Assim, cabe destacar que os componentes químicos e as características sensoriais são dependentes principalmente do fator genético, embora possam também sofrer influência do manejo agrônomico aplicado às plantas ao longo do seu ciclo (Carline et al., 2017; Milhomens et al., 2020; Randle, 1997; Schunemann et al., 2006; Tavares et al., 2017).

Dentre os atributos de qualidade, a pungência é de extrema importância para a cultura da cebola, pois quanto maior seu teor mais acentuado são o sabor e o aroma do produto, o que é desejado pelo consumidor (Resende et al., 2010). O mecanismo de produção de pungência envolve

a absorção de enxofre (S) e a síntese de precursores de sabor (Schunemann et al., 2006), sendo regulado em até 81% pela cultivar (Yoo et al., 2006; Grangeiro et al., 2008).

Tendo em vista que o manejo da adubação com S pode auxiliar na melhoria dos atributos qualitativos de bulbos de cebola, assim como nos aspectos de produção da hortaliça, o fornecimento desse nutriente através do gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) constitui-se uma opção barata e de boa disponibilidade de S para as plantas, que o absorve principalmente na forma de sulfato (S-SO_4^{2-}) (Kurtz et al., 2018; Souza et al., 2012).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da aplicação do gesso agrícola como fonte de enxofre nos componentes de produção e qualidade pós-colheita de duas cultivares de cebola sob condição de ambiente úmido com moderada deficiência hídrica. A hipótese deste trabalho é que doses crescentes de enxofre aplicado na forma de gesso forneça resultados positivos nos componentes de produção e qualidade pós-colheita do bulbo da cebola.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Tocantins (UFT), *Campus* Universitário de Gurupi, localizado sob as coordenadas geográficas 11°43'45" S e 49°04'07" W com altitude de 287 m. A classificação climática segundo Koppen é do tipo B1wA'a' (úmido com moderada deficiência hídrica) com temperatura média anual é de 29,5 °C e precipitação anual média de 1430 mm (Alvares et al., 2013).

O solo no local do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, de acordo com a Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018). As análises químicas e textural do solo foram realizadas conforme as metodologias descritas por Teixeira et al. (2017), caracterizando-o como de textura média (areia: 74,0%; silte: 1,2% e argila: 24,8%) com os seguintes atributos químicos: pH (CaCl_2): 4,8; matéria orgânica: 2%; Carbono Orgânico: 1,2%; Ca^{2+} : 1,7 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg^{2+} : 0,6 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Al^{3+} : 0,1 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; H + Al: 3,1 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; K^+ : 125 mg dm^{-3} ; P (Mehlich 1): 1,4 mg dm^{-3} .

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 5x2, sendo o primeiro fator constituído por cinco doses de enxofre (0, 50, 100, 150 e 200 $\text{kg SO}_4^{2-} \text{ ha}^{-1}$) e o segundo fator por duas cultivares de cebola (Bella Vista e Bella Catarina). A fonte de enxofre utilizada foi o gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 15% de SO_4^{2-}).

Antes da instalação do experimento, a formação das mudas foi realizada em casa de vegetação através de bandejas de poliestireno expandido (Isopor®). As plântulas foram submetidas à rega manual com início logo após a semeadura, sendo realizadas duas aplicações diárias. O transplântio em canteiros foi realizado quando as mudas apresentaram de 3 a 4 folhas bem formadas.

Foram construídos quatro canteiros nas dimensões 1,0x14,0 m (LxC), cada um representando um bloco. As parcelas foram constituídas de quatro linhas de tamanho 1,0x1,0 m (LxC). A adubação de base foi realizada após o preparo dos canteiros, utilizando-se 120 g por m^2 do adubo mineral (NPK) 5-25-15. O espaçamento utilizado foi de 0,10 m entre plantas por 0,25 m entre linhas dispostas verticalmente no canteiro. As doses de SO_4^{2-} via gesso agrícola foram aplicadas nos canteiros no período do transplântio das mudas de cebola. Após o transplântio, foi distribuído cobertura morta em todo o canteiro, bem como uma adubação nitrogenada com ureia em cobertura na dose de 14 g por m^2 . O sistema de irrigação utilizado foi aspersão, com frequência diária e lâmina de irrigação de modo a manter sempre a capacidade de campo.

O controle de plantas daninhas foi realizado durante todo o ciclo da cultura por meio de capina manual. O início da colheita ocorreu no estágio de "estalo", coletando, de forma representativa, 12 plantas na área útil de cada parcela para a determinação dos componentes de produção e qualidade de pós-colheita das cultivares de cebola. Após a colheita, os bulbos foram dispostos lateralmente num ambiente sombreado durante cinco dias, para o processo de "cura". Posteriormente, foi realizada a limpeza dos bulbos retirando-se as raízes e a parte aérea para realizar as avaliações.

Os componentes de produção avaliados foram: **diâmetro do bulbo (DB, mm)** – utilizando-se a parte transversal e central dos bulbos por parcela com as medições através de um paquímetro digital; **comprimento do bulbo (CB, mm)** - as medições foram realizadas na parte longitudinal e

central através de um paquímetro digital; **diâmetro do talo (pseudocaule) (DT, mm)** - medido com auxílio do paquímetro digital; **massa dos bulbos (MB, g)** - obtido através da pesagem dos bulbos colhidos na parcela útil; **produtividade (PROD, t ha⁻¹)** - obtida a partir da pesagem dos bulbos colhidos na parcela útil e os resultados convertidos para t ha⁻¹; **Formato do bulbo** - obtido pela divisão do comprimento do bulbo pelo diâmetro do bulbo, segundo escala da CEAGESP (2018): Grupo 1 (Redondo, oblongo ou periforme) - quando o valor da forma for igual ou superior a 0,9; Grupo 2 (Achatado) - quando valor da forma for igual ou inferior a 0,89 e; Grupo 3 (Alongado) - quando o valor da forma for igual ou superior a 1,1; e **Classificação dos bulbos** - obtida segundo escala proposta por CEAGESP (2018), em que: Classe 0 ou refugo = menor que 15 mm; Classe 1= 15 a 35 mm; Classe 2= 35 a 50 mm; Classe 3= 50 a 60 mm; Classe 3 cheio= 60 a 70 mm; Classe 4= 70 a 90 mm e; Classe 5= maior que 90 mm;

Os parâmetros de qualidade pós-colheita avaliados foram: **pH** - determinado em leitura direta por meio do pHmetro digital; **sólidos solúveis totais (°Brix)**: obtido a partir do exsudato das amostras com auxílio de um refratômetro digital de mesa. Antes da leitura das amostras, o refratômetro foi calibrado com água destilada; **acidez total titulável (% de ácido pirúvico)**: realizada pelo método de volumetria (AOAC, 2005); **Pungência (µmol ácido pirúvico g⁻¹)**: determinada por espectrofotometria com leituras a 420 nm, utilizando solução de 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH) e solução de NaOH, de acordo com Anthon e Barrett (2003), utilizando o piruvato de sódio como padrão.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2014). Quando significativo, o efeito das doses e da interação cultivares x doses de enxofre foi ajustado à modelos de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou que a interação entre cultivares e doses de S-SO₄²⁻ proporcionou efeito significativo ($P \leq 0,05$) apenas para os parâmetros massa dos bulbos e produtividade. Entretanto, para comprimento de bulbo e diâmetro do talo foi observado efeito isolado significativo ($P \leq 0,01$) apenas pelo fator cultivares, enquanto o diâmetro do bulbo não foi influenciado por nenhum dos fatores de variação, obtendo efeito não significativo (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as características diâmetro do bulbo (DB, mm), comprimento do bulbo (CB, mm), diâmetro do talo (DT, mm), massa dos bulbos (MB, g) e produtividade (PROD, t ha⁻¹) em duas cultivares de cebola submetidas a adubação com doses de enxofre (S-SO₄²⁻) via gesso agrícola.

FV	GL	Quadrado Médio				
		DB	CB	DT	MB	PROD
Cultivar (C)	1	9,03 ^{ns}	608,40 ^{**}	429,03 ^{**}	643,69 [*]	5,78 ^{ns}
Doses (D)	4	24,85 ^{ns}	43,50 ^{ns}	2,53 ^{ns}	561,84 ^{**}	32,16 ^{**}
C x D	4	3,40 ^{ns}	22,78 ^{ns}	2,03 ^{ns}	470,73 [*]	51,20 ^{**}
Blocos	3	322,96	356,30	4,09	307,59	18,42
Resíduo	27	24,77	33,74	3,72	126,50	3,50
CV (%)		10,92	11,01	14,53	17,40	10,22
Média geral		45,58	52,75	13,28	64,64	18,31

FV – Fonte de Variação; GL – Grau de liberdade; CV (%) – Coeficiente de Variação; ** significativo a 1% ($p \leq 0,01$); * significativo a 5% ($p \leq 0,05$); ^{ns} não significativo pelo teste de Tukey.

A cultivar Bella Catarina apresentou bulbos com diâmetro do talo de 16,5 mm, cerca de 65% superior a cultivar Bella Vista, que obteve apenas 10,0 mm (Figura 1A). De acordo com Klar et al. (1972), este parâmetro é utilizado para estimar o desenvolvimento vegetativo e está diretamente relacionado com o peso do bulbo da cebola. Em outro trabalho, Albuquerque et al. (2013)

encontraram valor superior ao trabalhar com a cultivar Red Creole chata roxa (cebola roxa) no sertão da Paraíba, com diâmetro do talo de 18 mm.

O engrossamento do talo da cebola e devido união das catáfilas do colo do bulbo apresentando uma abertura maior que a normal, devido ao alongamento do talo pelo interior do mesmo (Kurtz et al., 2013). Chuvas ou Irrigação em excesso e elevadas temperaturas antes do início da bulbificação são fatores que promove o aumento no diâmetro do talo favorecendo a entrada de água e dificultando o tombamento (estalo) das plantas que, conseqüentemente, favorece o crescimento de microrganismo e compromete o tempo de armazenamento em pós-colheita dos bulbos, prejudicando diretamente a sua comercialização (Shishido & Saito, 1996). De acordo com Brewster e Büttler, (1989), talo grosso em bulbos de cebola é considerado um defeito grave e pode reduzir expressivamente o valor comercial dos bulbos, o que não é uma característica favorável para a cultivar Bella Catarina.

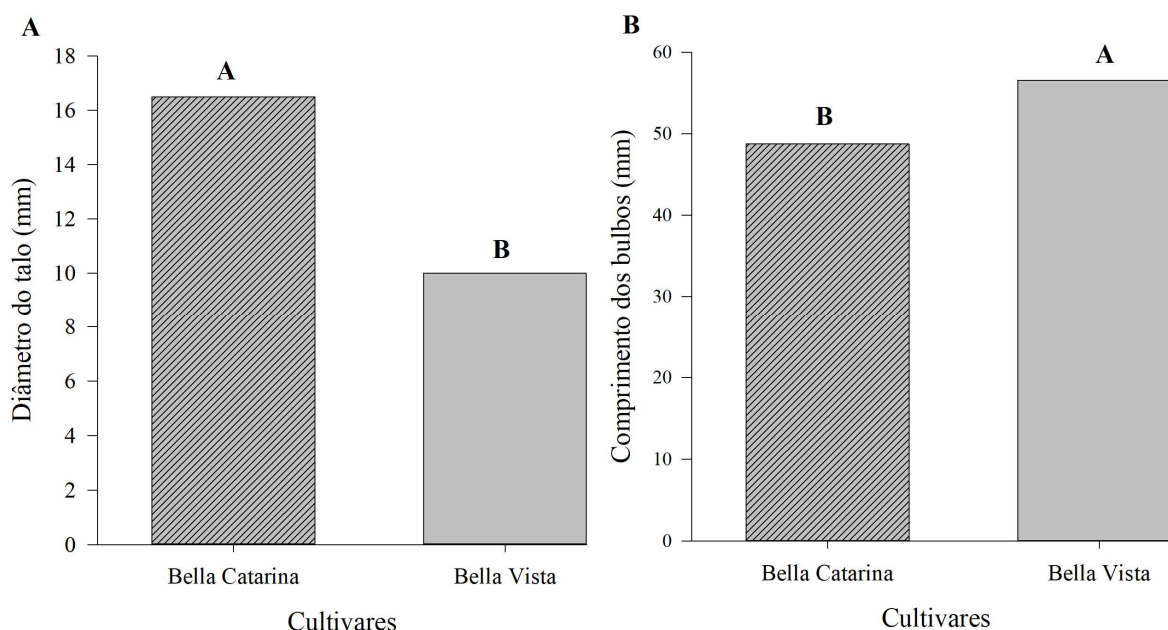


Figura 1. Diâmetro do talo (A) e comprimento dos bulbos (B) das cultivares de cebola Bella Catarina e Bella Vista.

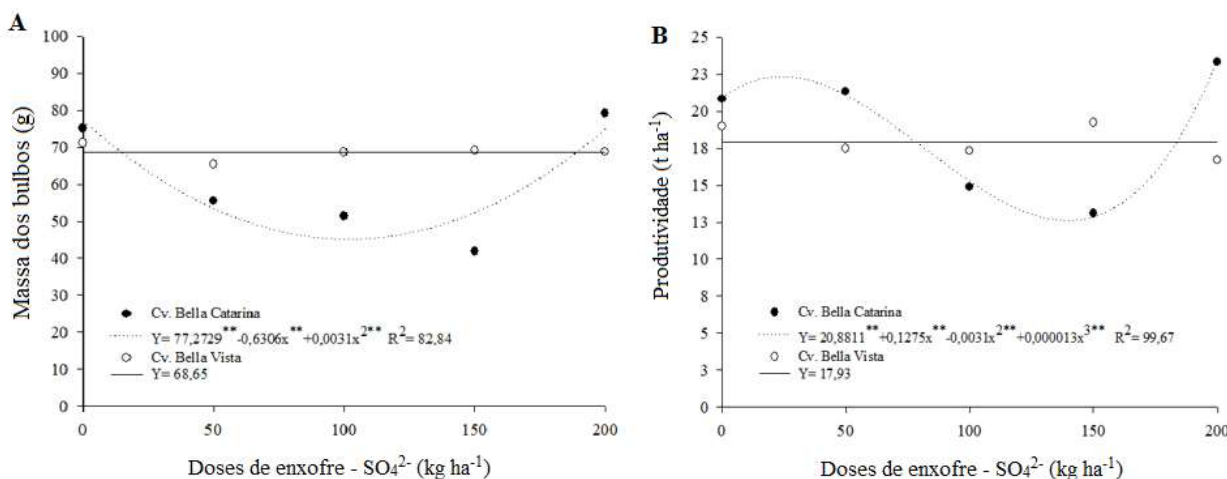
Quanto ao comprimento do bulbo, observou-se que cultivar Bella Vista mostrou ser 16% superior a cultivar Bella Catarina. Assim, a cultivar Bella Vista apresentou bulbos com diâmetro de 56,6 mm enquanto a Bella Catarina obteve valores de 48,8 mm (Figura 1B). Resultado superior foi obtido por Moraes et al. (2016) trabalhando com a cultivar de cebola híbrida Aquários, alcançando valores de comprimento do bulbo de 70 mm. Cabe ressaltar que, esta característica é determinada, em parte, pelo seu genótipo intrínseco de cada cultivar (Grangeiro et al., 2008).

De acordo com a Tabela 1, o diâmetro do bulbo não teve resposta significativa para nenhum dos fatores de variação. Entretanto, observa-se que a cultivar Bella Catarina obteve diâmetro do bulbo variando entre 42,6 a 46,4 mm. Por outro lado, para a cultivar Bella Vista está característica obteve variação entre 44,0 a 49,0 mm. Dessa forma, os resultados obtidos neste trabalho demonstraram que ambas as cultivares de cebola se enquadram na classe 2, com diâmetro do bulbo entre 35 a 50 mm, e agrupadas no tipo 3 alongado (Tabela 2), sendo consideradas viáveis para comercialização (CEAGESP, 2018). Resultados diferentes para o diâmetro do bulbo foram obtidos por Costa et al. (2000) trabalhando com as cultivares de cebola Valeouro IPA-11 e Franciscana IPA-10, com valores médios de 70 mm, e por Albuquerque et al. (2013), com média de 65,7 mm de diâmetro para a cultivar Red Creole chata roxa. Por outro lado, Silva et al. (1991) relataram que bulbos com o diâmetro do bulbo entre 40 a 80 mm são os mais procurados pelos consumidores nacionais. Assim, os resultados encontrados estão na faixa de preferência pelo consumidor.

Tabela 2: Médias do diâmetro e comprimento dos bulbos (DB e CB) para forma, grupo e classificação das cultivares de cebolas adubadas com doses de enxofre ($S-SO_4^{2-}$) na forma de gesso agrícola.

Doses de $S-SO_4^{2-}$		Bella Catarina				
(kg ha ⁻¹)	DB	CB	Forma	Grupo	Classificação	
0	46,35	49,04	1,06	3- Alongado	2	
50	46,42	49,54	1,07	3- Alongado	2	
100	43,97	49,93	1,14	3- Alongado	2	
150	42,62	46,34	1,09	3- Alongado	2	
200	45,83	49,10	1,07	3- Alongado	2	
Doses de $S-SO_4^{2-}$		Bella Vista				
(kg ha ⁻¹)	DB	CB	Forma	Grupo	Classificação	
0	46,49	58,88	1,27	3- Alongado	2	
50	48,96	62,15	1,27	3- Alongado	2	
100	45,04	55,70	1,24	3- Alongado	2	
150	43,99	53,80	1,22	3- Alongado	2	
200	45,00	52,68	1,17	3- Alongado	2	

Doses crescentes de SO_4^{2-} não alteraram a massa dos bulbos e nem a produtividade da Bella Vista. Esta cultivar obteve valores médios de 69 g e 18 t ha⁻¹, respectivamente (Figura 2A e B). Por outro lado, doses crescentes de SO_4^{2-} influenciaram a cultivar Bella Catarina, onde o peso máximo de 80 g foi obtido com o uso de 200 kg SO_4^{2-} ha⁻¹, representando um ligeiro acréscimo de 7% comparado ao tratamento controle (Figura 2A). Em relação a produtividade da cultivar Bella Catarina, observa-se que novamente a dose de melhor resposta foi de 200 kg SO_4^{2-} ha⁻¹, proporcionando uma produtividade de 24,5 t ha⁻¹, com incremento de 17% em relação ao controle (Figura 2B).

**Figura 2.** Massa dos bulbos (A) e produtividade (B) das cultivares Bella Catarina e Bella Vista em função da adubação com doses crescentes de enxofre ($S-SO_4^{2-}$) aplicado na forma de gesso agrícola.

De modo geral, mesmo na dose de 200 kg SO_4^{2-} ha⁻¹ a produtividade máxima encontrada para a cultivar Bella Catarina ficou abaixo da média nacional de 28 t ha⁻¹ (IBGE, 2017). Por outro lado, acreditava-se que o aumento na produtividade de ambas as cultivares ocorresse de forma mais expressiva com o aumento nas doses de SO_4^{2-} via gesso agrícola, devido as vantagens deste produto em fornecer não só enxofre ao solo, mas também cálcio, além de reduzir formas de alumínio

tóxico, melhorar o ambiente radicular em profundidade e potencializar a absorção de água e outros nutrientes essenciais para esta cultura. No entanto, a maior produção de cebola obtida (24,5 t ha⁻¹) corrobora com Resende et al. (2010), no qual em cultivo convencional de cebola produziu cerca de 24 t ha⁻¹ com a cultivar híbrida Baia F1.

Para os parâmetros de pós-colheita, a análise de variância mostrou que houve interação significativa ($P \leq 0,05$) entre cultivares e doses de SO₄²⁻ para pH, acidez total e pungência. Para a variável sólidos solúveis totais (°Brix) não foi observado nenhum efeito dos fatores de variação (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para os parâmetros de pós-colheita: pH, sólidos solúveis totais (°Brix), acidez total e pungência em duas cultivares de cebola submetidas a adubação com doses crescentes de enxofre (S-SO₄²⁻) via gesso agrícola.

FV	GL	Quadrado Médio			
		pH	°Brix	Acidez	Pungência
Cultivares (C)	1	0,028 ^{ns}	3,003 ^{ns}	0,449 ^{**}	21,389 ^{**}
Doses (D)	4	0,026 ^{ns}	2,762 ^{ns}	0,013 ^{ns}	10,884 ^{**}
C x D	4	0,066 ^{**}	2,599 ^{ns}	0,048 [*]	3,432 ^{**}
Blocos	3	0,018	0,445	0,005	1,018
Resíduo	27	0,015	1,039	0,015	0,403
CV (%)		2,27	10,14	14,28	6,58
Média geral		5,46	10,05	0,87	9,66

FV – Fonte de Variação; GL – Grau de liberdade; CV (%) – Coeficiente de Variação; ** significativo a 1% ($p \leq 0,01$); * significativo a 5% ($p \leq 0,05$). ^{ns} não significativo pelo teste de Tukey.

Apesar da ausência de diferença significativa para o °Brix nas fontes de variação estudadas (Figura 3), para Chitarra e Chitarra (2005) os valores de sólidos solúveis podem variar em função da interação entre cultivar e ambiente. Isto indica que o local do plantio e o manejo adotado para esta cultura pode interferir diretamente nesta característica.

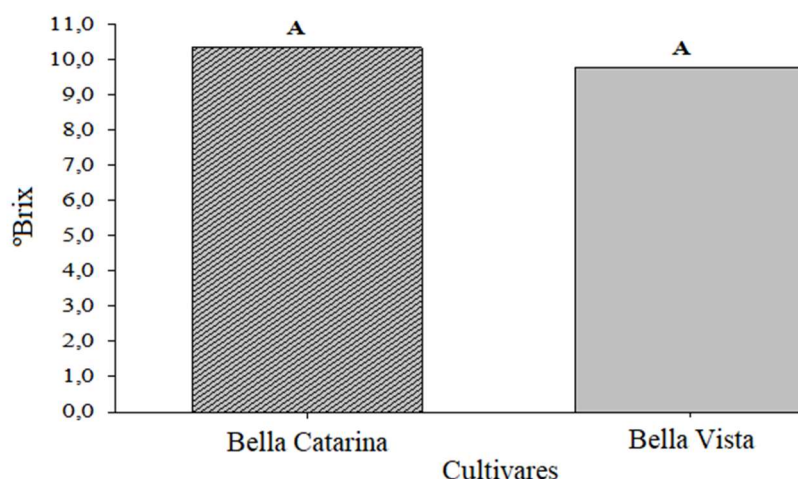


Figura 3. Valores médios de sólidos solúveis totais (°Brix) das cultivares de cebola Bella Catarina e Bella Vista.

Para o pH, acidez total e pungência pode-se observar que o aumento das doses de SO₄²⁻ via gesso agrícola proporcionou respostas distintas entre as cultivares de cebola avaliadas (Figura 4). Ambas as cultivares obtiveram resultados semelhantes para o pH dos bulbos. Entretanto, a cultivar Bella Catarina obteve aumento nos valores de pH dos bulbos quando submetida à adubação

com 80 kg SO_4^{2-} ha^{-1} . Doses crescentes de SO_4^{2-} não proporcionaram bons resultados para a cultivar Bella Vista (Figura 4A). De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) e Resende et al. (2010), o pH é um indicativo importante do sabor com relação inversa à acidez total, entretanto, dependendo da intensidade do tamponamento pode ocorrer grandes variações na acidez total, sem grandes variações no pH.

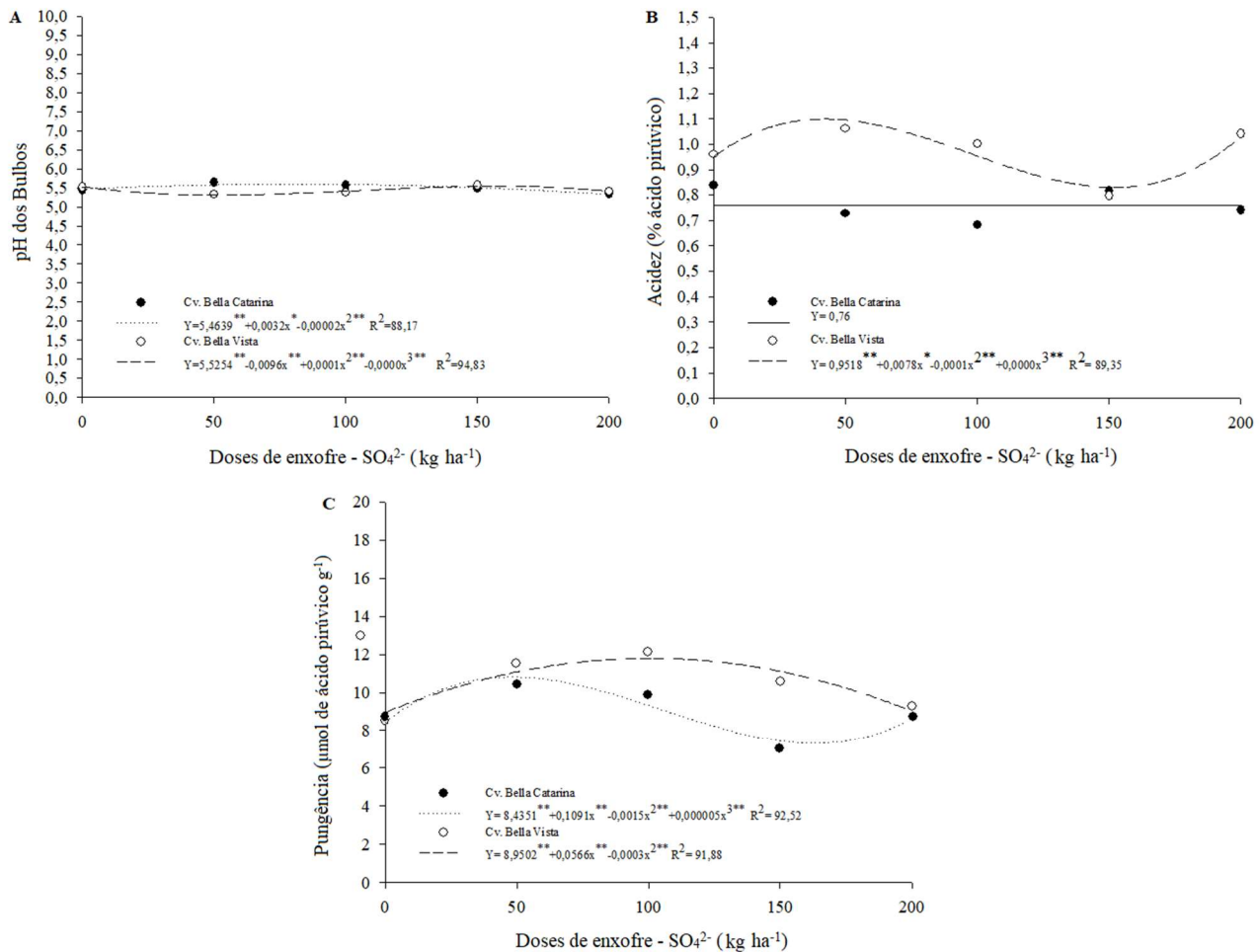


Figura 4. pH (A), acidez total (B) e pungência (C) de bulbos das cultivares Bella Catarina e Bella Vista em função da adubação com doses crescentes de enxofre (S-SO_4^{2-}) via gesso agrícola.

A aplicação de 50 e 200 kg SO_4^{2-} ha^{-1} proporcionou resultados semelhantes (1,1% de ácido pirúvico) para a acidez total na cultivar Bella Vista, nestas doses ocorreu um acréscimo médio de 12% em comparação ao tratamento controle. Já para a cultivar Bella Catarina as doses de enxofre não influenciaram neste atributo, obtendo valor médio de 0,76% de ácido pirúvico (Figura 4B). A acidez total está relacionada com os teores de ácidos orgânicos presentes na polpa (Resende et al., 2010). Dessa forma, a acidez elevada é considerada desejável para a industrialização das cebolas, sabido que está expressa a porcentagem de ácido pirúvico utilizado para medir o grau de pungência (Grangeiro et al., 2008), o que torna uma característica positiva e desejável para a cultivar Bella Vista (Figura 4B). Araújo et al. (2004) em seu experimento com genótipos de cebola em cultivo orgânico encontraram valor de ácido pirúvico de 0,26% para a cultivar Alfa São Francisco. Grangeiro et al. (2008) avaliando 18 cultivares de cebola obtiveram em média 0,34% de ácido pirúvico. Os resultados encontrados neste trabalho são superiores aos valores apresentados acima.

Como era esperado, as doses crescentes de SO_4^{2-} proporcionaram aumento significativo na pungência de ambas as cultivares de cebola, principalmente na Bella Vista (Figura 4 C). Para a cultivar Bella Vista a dose de maior eficiência foi de 94 kg SO_4^{2-} ha^{-1} , obtendo-se 12 μmol de ácido pirúvico por g^{-1} , um acréscimo de 41% em relação ao tratamento controle. Em relação a cultivar Bella Catarina observou-se que a maior resposta foi de 10,5 μmol de ácido pirúvico por g^{-1} com o uso de 50 kg SO_4^{2-} ha^{-1} , proporcionando aumento de 35% em relação ao controle. Segundo Dhumal

et al. (2007), em relação pungência, as cebolas são classificadas como: pungência baixa/doce (0 a 3 μmol de ácido pirúvico g^{-1}), pungência média (3 a 7 μmol de ácido pirúvico g^{-1}) e pungência alta (> 7 μmol de ácido pirúvico g^{-1}). De acordo com essa classificação, ambas as cultivares de cebola possuem alta pungência nessa condição de avaliação.

Com base nesses resultados e no entendimento que um dos mecanismos da produção de pungência envolve a absorção de enxofre, constatamos que o uso gesso agrícola como fonte de enxofre na cultura da cebola cultivada no Sul do Tocantins proporcionou resposta positiva para a qualidade dos bulbos produzidos e, por consequência, as cultivares testadas apresentaram potencial para a aceitação pelos consumidores.

CONCLUSÃO

O uso de gesso agrícola como fonte de enxofre melhora a massa dos bulbos de cebola, a produtividade, a acidez total e a pungência nas cultivares Bella Catarina e Bella Vista cultivadas no Sul do Tocantins.

As doses crescentes de SO_4^{2-} na forma de gesso agrícola promovem diferentes respostas de produção e qualidade de bulbos de cebola para as cultivares Bella Catarina e Bella.

A maior produtividade de cebola (24,5 t ha^{-1}) é obtida com a cultivar Bella Catarina quando aplicado 200 kg SO_4^{2-} ha^{-1} . Este resultado proporcionou um acréscimo de 17% em comparação com o tratamento controle. A pungência encontrada nesta dose foi de 9 μmol de ácido pirúvico por g^{-1} .

A pungência foi a característica de qualidade pós-colheita que mais foi influenciada pelas doses crescentes de SO_4^{2-} . O melhor resultado (12 μmol de ácido pirúvico por g^{-1}) foi obtido pela cultivar Bella Vista através da dose de 94 kg SO_4^{2-} ha^{-1} .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABH – Anuário Brasileiro de Hortaliças - 2017. Carvalho, C. et al. Santa Cruz do Sul: Editora gazeta Santa Cruz, 2016. 56p. Disponível em: < <http://www.editoragazeta.com.br/flip/anuario-hortalicas-2017/files/assets/basic-html/page39.html>>. Acesso em: 06 Set 2020.
- Albuquerque, J.R.T., Costa, F.B., Pereira, E.M., Rocha, T.C., & Lins, H.A. (2013). Qualidade Pós-Colheita da Cebola Roxa Produzida no Sertão Paraibano. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 8(4),17 -21. <https://doi.org/10.18378/rvads.v8i4.2346>
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Zeitschrift*, 22, 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Anthon, G.E., & Barrett, D.M. (2003). Modified for the determination of pyruvic acid with DNPH in the assessment of onion pungency. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, 1210-1213. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1525>
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. (2005). *Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists*. 18th ed. Gaithersburg, p.1298.
- Araújo, J.F., Costa, N.D., Lima, M.A.C., Pedreira, C.M., Santos, C., & Leite, W.M. (2004). Avaliação de genótipos de cebola em cultivo orgânico. *Horticultura brasileira*, 22(2).
- Brewster, J.L., & Büttler, H.A. (1989). Effects of nitrogen supply on bulb development in onion *Allium cepa* L. *Journal of Experimental Botany*, 40(219) 1155-1162.
- Carline, J.V.G., Tavares, A.T., Freitas, J.A., Milhomens, K.K.B., & Nascimento, I.R. (2017). Épocas de cultivo de cebola no Centro Sul do estado do Tocantins. *Applied Research & Agrotechnology*, 10(2):33-42. <https://doi.org/10.5935/PAeT.V10.N2.03>
- CEAGESP - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. *Classificação da cebola*. Disponível em: < <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/cebola.pdf> >. Acesso em: 24 de out. 2018.
- Chitarra, M.I.F., & Chitarra, A.B. (2005). Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA.

- Costa, N.D., Resende, G.M., & Dias, R.C.S. (2000). Avaliação de cultivares de cebola em Petrolina-PE. *Horticultura Brasileira*, 18, 57-60. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362000000100013>
- Dhumal, K., Datir, S., & PANDEY, R. (2007). Assessment of bulb pungency level in different Indian cultivars of onion (*Allium cepa* L.). *Food Chemistry*, 100(4),1328-1330. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.11.044>
- El Balla, M.M.A., HAMID, A.A., & Abdelmageed, A.H.A. (2013). Effects of time of water stress on flowering, seed yield and seed quality of common onion (*Allium cepa* L.) under the arid tropical conditions of Sudan. *Agricultural Water Management*, 121:149-157. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.02.002>
- Ferreira, D.F. (2014). Sisvar: the Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2),109-112. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- Grangeiro, L.C., Souza, J.O., Aroucha, E.M.M., Nunes, G.H.S., & Santos, G.M. (2008). Características qualitativas de genótipos de cebola. *Ciência e Agrotecnologia*, 32(4),1087-1091. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000400008>
- CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - ESALQ/USP. HFB - Hortifruti Brasil. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/edicao-de-agosto-pandemia-altera-habitos-do-consumidor.aspx>>. Acesso em: 06 Set 2020.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola – lavoura temporária. (2018). Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201703>. Acesso em: 06 Set 2020.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: confronto das Safras de 2016 e 2017 - Brasil - março 2017*. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201703_4.shtm>. Acesso em: 16 Set 2019
- Klar, A.E., Kimoto, T., & Simao, S. (1972). Os efeitos de diferentes regimes de irrigação sobre vários caracteres da cultura da cebola (*Allium cepa*, L.). *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, 29:261-272. <https://doi.org/10.1590/S0071-12761972000100019>
- Kurtz, C., Menezes Júnior, F.O.G., & Higashikawa, F.S. (2018). *Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da cebola*. Florianópolis: EPAGRI, p.104 (EPAGRI, Boletim Técnico, 184.).
- Kurtz, C., Schmitt, D.R., Sgrott, É.Z., Wamser, G.H., Werner, H., Santos, I.A., Costa, J.V., Gonçalves, P.A.S., Lannes, S. D., Carré-Missio, V. (2013). *Sistema de produção para a cebola: Santa Catarina* (4. Revisão). (Epagri. Sistemas de Produção, 46), Florianópolis: 106p.
- Lopes, A.S., Guilherme, L.R.G. (2016). A career perspective on soil management in the Cerrado Region of Brazil. *Advances in Agronomy*, 137:1–72. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.12.004>
- Milhomens, K.K.B, Reyes, I.D.P., Tavares, A.T., Lopes, D.A.P.S., Freitas, J.A. & Nascimento, I.R. Etapa de aplicación de azufre sobre productividad de bulbos de cebolla (*Allium cepa* L.). *Agrociencia*, 54(1):75-87, 2020.
- Moraes, C.C., Araujo, H.S., Factor, T.L., & Purquerio, L.F.V. (2016). Fenologia e acumulação de nutrientes por cebola de dia curto em semeadura direta. *Revista de Ciências Agrárias*, 39(2):281-290. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA15109>
- Muniz, L.B., Moretti, C.L., Mattos, L.M., Carvalho, P.G.B., & Melo, C.O. (2012). Caracterização física e química de duas cultivares de cebola armazenadas sob refrigeração. *Revista de Ciências Agrárias*, 35(1):261-273.
- Randle, W.M. (1997). Onion flavor chemistry and factors influencing flavor intensity. *ACM Symposium Series*, 660:41-42. <http://dx.doi.org/10.1021/bk-1997-0660.ch005>

- Resende, J.T.V., Marchese, A., Camargo, L.K.P., Marodin, J.C., Camargo, C.K., & Morales, R.G.F. (2010). Produtividade e qualidade pós-colheita de cultivares de cebola em sistemas de cultivo orgânico e convencional. *Bragantia, Campinas*, 69(2),305-311. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000200007>
- Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C., Oliveira, V.A., Lumberras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A., Araujo Filho, J.C., Oliveira, J.B., & Cunha, T. J. F. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, p.356.
- Schunemann, A.P., Treptow, R., Leite, D.L., & Vendruscolo, J.L. (2006). Pungência e características químicas em bulbos de genótipos de cebola (*Allium cepa* L.) cultivados no Alto Vale do Itajai, SC, Brasil. *Revista Brasileira Agrociência*, 12(1),77-80. <https://doi.org/10.18539/CAST.V12I1.4492>
- Shishido, Y., Saito, T. (1996). Studies on the flower bud formation in onion plants. I. Effects of physiological conditions on the low temperature induction of flower bud on green plants. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 45(1), 160-167.
- Silva, E., Teixeira, L.A.J., Amado, T.J.C. (1991). The increase in onion production in Santa Catarina, State, South, Brazil. *Onion Newsletter for the Tropics*, 3,7- 9.
- Souza, M.A.S., Faquim, V., Guelfi, D.R., Oliveira, G.C., & Bastos, C.E.A. (2012). Acúmulo de macronutrientes na soja influenciado pelo cultivo prévio de capim-marandu, correção e compactação do solo. *Revista Ciência Agronômica*, 43(4),611-622. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000400001>
- Tavares, A.T., Reyes, I.D.P., Milhomens, K.K.B, Ferreira, T.A.. & Nascimento, I.R. Planting dates of *Allium cepa* L. hybrids in Gurupi, Tocantins, Brazil. *Revista Chapingo*, 23(2):123-133, 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.2017.01.002>
- Teixeira, P.C., Donagema, G.K., Fontana, A., & Teixeira, W.G. (2017). Manual de métodos de análise do solo. (Embrapa: Brasília), 3 ed. p.573.
- Vilas Boas, R.C., Pereira, G.M., Souza, R.J., & Consoni, R. (2011). Desempenho de cultivares de cebola em função do manejo da irrigação por gotejamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(2),117-124.
- Yoo, K.S., Pike, L., Crosby, K., Jones, R., & Leskovar, D. (2006). Differences in onion pungency due to cultivars, growth environment, and bulb sizes. *Scientia Horticulturae*, 110:144-149. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.07.006>