



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

RÉGIS CAVALCANTE VIEIRA

**PÓS-COLHEITA DA CEBOLA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM
MICRONUTRIENTES**

MOSSORÓ-RN
2021

RÉGIS CAVALCANTE VIEIRA

**PÓS-COLHEITA DA CEBOLA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM
MICRONUTRIENTES**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Nutrição de Plantas

Orientador: Prof. D. Sc. Leilson Costa Grangeiro

MOSSORÓ - RN

2021

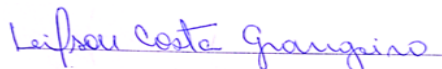
RÉGIS CAVALCANTE VIEIRA

**PÓS-COLHEITA DA CEBOLA EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM
MICRONUTRIENTES**


Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Nutrição de Plantas

APROVADA EM: 26 / fevereiro / 2021



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



Elizangela Cabral dos Santos, Profa. Dra. (UFERSA)
Membro Examinador



Welka Preston Leite Batista da Costa Alves Profa. Dra. (UERN)
Membro Examinador

© Todos os direitos estão reservados à 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.

V657 Vieira, Régis Cavalcante .
p Pós-colheita da cebola em função da adubação com
 micronutrientes / Régis Cavalcante Vieira. -
 2021.
 37 f. : il.

 Orientador: Leílson Costa Grangeiro.
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2021.

 1. Allium Cepa L. . 2. Armazenamento. 3. Boro.
 4. Cobre. 5. Zinco. I. Grangeiro, Leílson Costa,
 orient. II. Título.

Aos meus amados pais, José dos Santos Vieira e Ivonete Pereira Cavalcante Vieira, por toda a dedicação, educação e amor. A vocês dedico todas as minhas vitórias.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.

Agradeço à minha família, que me deu todo apoio, suporte e incentivo para alcançar este objetivo.

À UFERSA, por ter me proporcionado formação profissional e pessoal.

À pós-graduação em Fitotecnia e todo o seu corpo docente, que sempre que possível deram suporte e assistência no que fosse preciso.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Leílson Costa Grangeiro, pela confiança, suporte e auxílio necessário durante todo esse período.

Agradeço à Banca Examinadora, Prof. Dr. Leílson Costa Grangeiro, Prof. Dra. Elizangela Cabral dos Santos e Prof. Dra. Welka Preston Leite Batista da Costa, pela disponibilidade em participar desse processo e pelas contribuições.

Agradeço a todos do grupo de pesquisa de Nutrição mineral de plantas, pela ajuda sempre que necessária, compartilhando alegrias, frustrações e incentivos, onde cada um contribuiu muito para meu desenvolvimento científico.

E a todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão ao meu lado, contribuindo de forma direta ou indiretamente para minha formação profissional, meu muito obrigado.

RESUMO

VIEIRA, Régis Cavalcante. **Pós-colheita da cebola em função da adubação com micronutrientes.** 2021. 40f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2021.

A cebola (*Allium cepa L.*) tem grande importância socioeconômica em nível mundial, pois é a terceira olerícola mais cultivada. No entanto, por ser altamente perecível e com demanda superior à oferta, ocorrem muitas perdas pós-colheita, provocadas principalmente por inadequada condição de armazenamento que afetam consideravelmente a qualidade dos bulbos. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade pós-colheita de cebola em função da adubação com micronutrientes, utilizando a cultivar “Rio das antas”. O experimento foi dividido em duas etapas: campo e laboratório. No campo, foi instalado um experimento entre junho e dezembro de 2019, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, em blocos casualizados completos com nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas doses combinadas de B, Cu e Zn. No laboratório, o delineamento experimental foi em blocos casualizados completos em parcelas subdivididas 9 x 4, com quatro repetições. Nas parcelas, foram dispostos os tratamentos (micronutrientes B, Cu e Zn) e nas subparcelas, os tempos de armazenamento (0; 20; 40 e 60 dias após a colheita). Foram avaliadas perda de peso, firmeza de bulbo, sólidos solúveis (°Brix), açúcares solúveis totais, acidez total titulável, relação SS/AT, pH, pungência e coloração. Os dados foram submetidos à análise estatística em função do tempo de armazenamento, por meio do programa Sisvar, aplicando-se análise de regressão. A aplicação combinada das doses de 1-4-1 kg ha⁻¹ de Boro, Cobre e Zinco, respectivamente, apresentou os melhores resultados para pH, firmeza e açúcares durante o armazenamento.

Palavras-chave: *Allium Cepa L.* Armazenamento. Boro. Cobre. Zinco.

ABSTRACT

VIEIRA, Régis Cavalcante Vieira. **Post-harvest of onion due to fertilization with micronutrient.** 2021. 40p. Dissertation (Master in Agronomy: Plant Science) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2021.

The onion (*Allium cepa L.*) has great socioeconomic importance worldwide, as it is the third most cultivated vegetable. However, as it is highly perishable and in demand above supply, many post-harvest losses occur, caused mainly by inadequate storage conditions that considerably affect the quality of the bulbs. This study aimed to evaluate the postharvest quality of onion as a function of fertilization with micronutrients, using the cultivar “Rio das antas”. The experiment was divided into two stages: field and laboratory. In the field, an experiment was installed between June and December 2019 at Experimental Farm Rafael Fernandes, in completely randomized blocks with nine treatments and four replications. The treatments consisted of the combined doses of B, Cu and Zn. In the laboratory, the experimental design was in completely randomized blocks in 9 x 4 subdivided plots, with four replications. The treatments (micronutrients B, Cu and Zn) were arranged in the plots and the storage times were arranged in the subplots (0; 20; 40 and 60 days after harvest). Weight loss, bulb firmness, soluble solids (°Brix), total soluble sugars, total titratable acidity, SS / TTA ratio, pH, pungency and color were evaluated. The data were subjected to statistical analysis as a function of storage time, using the Sisvar program, applying regression analysis. The combined application of doses of 1-4-1 kg.ha⁻¹ of Boron, Copper and Zinc, respectively, presented the best results for pH, firmness and sugars during storage.

Keywords: *Allium cepa L.*; Storage; Boron; Copper; Zinc.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Caracterização química e física do solo da área experimental, na fazenda experimental Rafael Fernandes, Mossoró-RN, 2019.....	18
Tabela 2 –	Relação dos tratamentos de acordo com as doses de micronutrientes, distribuídos de forma combinados. UFERSA. Mossoró-RN, 2019.....	19
Tabela 3 –	Resumo da análise de variância para firmeza (FIR), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), potencial hidrogeniônico (pH), açúcares solúveis totais (AST), pungência (PUNG), porcentagem de perda de massa (%PM) e coloração (COL), cultivar Rio das Antas. Mossoró/RN, UFERSA, 2019.....	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Temperatura (A) e umidade relativa do ar (B) no período de realização do experimento, no município de Mossoró, RN, 2019.....	19
Figura 2 – Perda de massa de bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019.....	23
Figura 3 – Firmeza de bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019.....	24
Figura 4 – Sólidos solúveis de bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019.....	25
Figura 5 – Acidez titulável de bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019.....	26
Figura 6 – Relação Sólidos solúveis/Acidez titulável de bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019.....	27
Figura 7 – Açúcares (AST) de bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019.....	28
Figura 8 – Pungência de bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019.....	29
Figura 9 – pH de bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019.....	30
Figura 10 – Coloração de bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 MICRONUTRIENTES NA CEBOLA.....	14
2.2 QUALIDADE PÓS-COLHEITA	17
2.3 ARMAZENAMENTO.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICA DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	18
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	19
3.3 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	20
3.4 VARIÁVEIS ANALISADAS.....	21
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5 CONCLUSÕES.....	32
6 REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) tem grande importância socioeconômica em nível mundial, pois é a terceira olerícola mais cultivada, ficando atrás apenas da batata e do tomate (FAO, 2020). Sua utilização é variada, tendo papel na culinária e na farmacologia, pois contém flavonoides, elementos com características antioxidantes, além de conter sais minerais e vitaminas do complexo C e B, muito importantes na saúde humana (BERTOLUCCI et al., 2012; LOMBARD et al., 2005).

No Brasil, a cultura da cebola ocupou em 2018 uma área de 48.629 hectares, com uma produção de 1.549.587 toneladas e rendimento médio de 31.954 kg.ha⁻¹, sendo o estado de Santa Catarina o maior produtor, seguido pelo Rio Grande do Sul (IBGE, 2018).

Para que se tenha aumentos sucessivos de produtividade, necessita-se que a aplicação de nutrientes seja realizada da melhor maneira, pois segundo Ganeshamurthy et al. (2018), a aplicação de nutrientes de forma desequilibrada ocasiona deficiências generalizadas de micronutrientes e redução da resposta aos nutrientes aplicados em culturas hortícolas. De acordo com os mesmos autores, pequenas intervenções de micronutrientes podem possibilitar o aumento de rendimento, qualidade e prolongamento da pós-colheita dessas culturas.

Atualmente, além do aumento de produção, são estudadas diversas alternativas para reduzir as perdas, que ocasionam redução da produtividade e, conseqüentemente, de receita, visto que as hortaliças, de modo geral, quando não armazenadas corretamente, apresentam vida pós-colheita reduzida, devido principalmente à variação de temperatura e ataque de patógenos.

Dentre as alternativas, o armazenamento se apresenta como importante ferramenta, na medida em que possibilita aumento da vida pós-colheita do bulbo, promovendo a oferta de cebolas por um maior período de tempo e com a qualidade exigida pelo mercado nos períodos em que há carência de oferta (MORETTI, 2004).

Um dos tipos de armazenamento mais utilizados na cultura da cebola é por meio da temperatura ambiente, que, apesar de apresentar baixo custo, não é indicado para grandes quantidades visando os grandes mercados, pois há grandes perdas em quantidade e qualidade (TARPAGA, 2011).

Melhoria na qualidade, tamanho, cor, sabor, precocidade, eficiência do uso de insumos como NPK e água, fornecimento de resistência a doenças, aumento da vida

pós-colheita, prevenção contra distúrbios fisiológicos são, de acordo com Ganeshamurthy et al. (2018), reflexos da influência que os micronutrientes exercem sobre a produção hortícola.

Para a avaliação da qualidade da cebola, podem ser consideradas características sensoriais, físicas e componentes químicos, pois a elevada perecibilidade dos bulbos de cebola reduz consideravelmente a qualidade do bulbo, influenciando no preço pago pelo mercado (RESENDE et al., 2010). Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é avaliar a conservação pós-colheita de cebola em função da adubação com micronutrientes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A cultura da cebola (*Allium cepa* L.) pertence à família Amaryllidaceae, sendo uma planta herbácea, monocotiledónea, com sistema radicular fasciculado, ramificado e superficial, apresentando seu bulbo tunicado (SANTOS, 2014). Ela tem sua origem no continente asiático e é uma das olerícolas mais cultivadas mundialmente, ficando atrás apenas da batata e do tomate (FAOSTAT, 2020). O emprego da cebola é variado, podendo ser tanto culinário quanto farmacológico, em virtude dos seus flavonoides, além de conter sais minerais e vitaminas dos complexos C e B, importantes na saúde humana (BERTOLUCCI et al., 2012; LOMBARD et al., 2005).

No Brasil, a cebola ocupa o terceiro lugar dentre as hortaliças de maior expressão econômica, ocupando em 2018 uma área de 48.629 hectares, com uma produção de 1.549.587 toneladas e rendimento médio de 31.954 kg ha⁻¹ (IBGE, 2019). O estado de Santa Catarina se apresenta como o maior produtor, onde na safra de 2018 a produção atingiu 470.841 toneladas, representando 30% do total produzido do país.

A região Nordeste tem os estados da Bahia e Pernambuco como os maiores produtores, com área plantada nestas regiões de 12.261 ha e produção de 366.701 t, correspondendo a 21,5% e 22,9% de participação em nível nacional na área plantada e produção, respectivamente (IBGE, 2019). No Rio Grande do Norte, a produção de cebola é relativamente recente, concentrando-se nos municípios de Baraúna e Mossoró, com área plantada de 605 hectares (IBGE, 2013).

As condições climáticas exercem grande influência na cultura da cebola, principalmente no seu crescimento vegetativo, que compreende a fase da emergência das plântulas até o crescimento completo das folhas. Neste período, a cultura é muito sensível à temperatura e à umidade. O processo de bulbificação, por sua vez, é determinado pelo fotoperíodo, que representa a disponibilidade diária de luz. Isto faz

com que cada cultivar tenha uma época adequada de semeadura/transplântio, condição limitante para a produção de bulbos (MARCONATTO et al., 2017).

Em relação aos bulbos, as baixas temperaturas exercem efeito direto sobre a dormência e o crescimento por brotamento, na medida em que as baixas temperaturas podem reduzir todas as atividades metabólicas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As condições climáticas presentes na região Nordeste viabilizam o plantio de cebola durante o ano todo (GRANGEIRO et al., 2008) e, conseqüentemente, permitem a oferta do produto no mercado nos períodos em que outras regiões não produzem. Esta vantagem permite aos produtores da região programar suas safras para os meses do ano nos quais geralmente há menor oferta do produto no mercado doméstico, havendo, portanto, preços mais elevados (EMBRAPA, 2008).

O manejo adequado da adubação possibilita melhorar a produtividade, atendendo às exigências nutricionais da cultura, por meio de técnicas que fornecem maior eficiência da utilização dos adubos contendo macro e micronutrientes. A recomendação e aplicação de fertilizantes exigem conhecimento prévio, devido à disponibilidade de nutrientes presentes no solo, das exigências nutricionais específicas da cultivar que será utilizada e da avaliação do estado nutricional das plantas, por meio de análises de solo e análises foliares em laboratório (SOUZA et al., 2012).

2.1 Micronutrientes Na Cebola

Segundo Ganeshamurthy et al. (2018), a aplicação de nutrientes de forma desequilibrada ocasiona deficiências generalizadas de micronutrientes e redução da resposta aos nutrientes aplicados em culturas hortícolas. Ainda de acordo com os autores, pequenas intervenções de micronutrientes podem possibilitar o aumento de rendimento, qualidade e prolongamento da pós-colheita das culturas.

A exigência nutricional da cebola varia ao longo do seu ciclo, intensificando-se durante a fase de florescimento, seguida pela formação e crescimento dos bulbos (MORAES et al., 2016). O conhecimento da marcha de absorção de nutrientes da cultura favorece o conhecimento das informações para que seja realizada aplicação racional de fertilizantes, resultando na redução dos custos de produção e melhor aproveitamento dos fertilizantes pela planta, além do aumento de produtividade (FURLANI; PURQUERIO, 2010).

Segundo Trani et al. (2014), observando o sistema radicular desenvolvido da cultura, torna-se necessário disponibilizar os nutrientes na camada superior do solo,

fornecendo-os na época certa e em quantidades suficientes para a cultura, evitando prejuízo ao rendimento e à qualidade dos bulbos.

O micronutriente boro (B) é um dos mais estudados na cebola, sendo fundamental para o crescimento e o desenvolvimento dos cultivos, agindo como constituinte das paredes celulares e das membranas celulares (KIRKBY; RÖMHELD, 2007).

Em culturas hortícolas, o B tem grande importância no desenvolvimento vegetal porque influencia no rendimento, qualidade pós-colheita, resistência a doenças e eficiência de uso de outros insumos (GANESHAMURTHY et al., 2018). Os autores ainda ressaltam que o B requer cuidados em sua aplicação em virtude do seu potencial fitotóxico.

Ele é um elemento imóvel na planta e, frequentemente, o teor de B aumenta das partes basais para o ápice das plantas (FLOSS, 2008). Quando ausente, afeta negativamente a formação da parede celular e o transporte de açúcares das folhas para as raízes (KIRKBY e RÖMHELD, 2007).

Ribeiro (1978) demonstrou a influência do B na qualidade e no armazenamento dos bulbos, observando que os bulbos oriundos de plantas deficientes em boro foram os que mais perderam peso, que mais apodreceram e que tiveram maior alteração no sabor. Os bulbos deficientes em B apresentam as escamas mais externas endurecidas e enrugadas, e as mais internas, necrosadas. Além disso, a deficiência de B ocasiona malformação das cascas externas (Calbo et al., 1986). Por sua vez, Peña et al. (1999) aplicaram $5,25 \text{ kg ha}^{-1}$ de B e não obtiveram incremento na produtividade de peso dos bulbos fresco e secos.

Outro nutriente que vem sendo bastante estudado na cultura é o Zinco, considerado elemento essencial para as plantas e para humanos e animais. Em plantas, devido à sua baixa redistribuição, os principais sintomas de deficiência manifestam-se nos órgãos mais novos e caracterizam-se pela redução do crescimento das plantas, diminuição do florescimento e baixa produtividade das culturas (BROADLEY et al., 2012; WHITE et al., 2012).

Sua disponibilidade está diretamente relacionada ao teor de Zn em solução, pH do meio, textura do solo, teor de matéria orgânica e com a sua interação com outros nutrientes (ALLOWAY, 2009). A deficiência de Zn ainda ocorre normalmente em todas as regiões áridas e semiáridas do mundo, devido à sua baixa solubilidade e à elevada

adsorção em tais condições (SADEGHZADEH, 2013), o que muitas vezes diminui a produtividade e a qualidade das culturas agrícolas (WESSELLS; BROWN, 2012).

No Estado de São Paulo, Valladares et al. (2009) verificaram que os teores de Zn total são relativamente altos, porém apenas uma pequena fração deste se encontra na forma disponível às plantas. Determinadas técnicas de manejo do solo, como a calagem e a adubação fosfatada excessiva, podem agravar a deficiência do elemento (BROADLEY et al., 2012).

Em algumas situações, a aplicação de Zn ao solo tem aumentado a produtividade da cebola, e isso tem sido obtido com doses de 16 kg ha⁻¹ (Rafique et al., 2008), de 5 kg ha⁻¹ (Gupta et al., 1985), de 2,52 kg ha⁻¹ (Peña et al., 1999) ou com pulverizações foliares com 0,3 g L⁻¹ (EL-TOHAMY et al., 2009).

O cobre (Cu) é outro importante micronutriente relacionado ao crescimento e desenvolvimento das plantas, na medida em que várias proteínas contendo Cu participam diretamente dos processos de fotossíntese, respiração, desintoxicação dos radicais livres de superóxidos e lignificação (MARSCHNER, 1995; KERBAUY, 2004). Aproximadamente 70% do Cu contido nas folhas estão situados nos cloroplastos, evidenciando sua importância na fotossíntese (MALAVOLTA, 2006).

Ganeshamurthy et al. (2018) afirmam que a deficiência de cobre em hortícolas é mínima, entretanto, em algumas pode aumentar a suculência e a predisposição a doenças. As deficiências de Cu podem ocorrer devido a excesso de adubação fosfatada e/ou baixos níveis de matéria orgânica no solo (SFREDO, 2008). Em relação aos excessos, os autores citam danos no crescimento da planta e qualidade.

Bender (1993) relata que a deficiência em Cu pode causar bulbos de coloração mais clara. Maiores valores de chroma indicam maior intensidade luminosa (FERREIRA 2000).

O fornecimento de Cu às culturas pode ser feito por aplicação ao solo, via foliar ou por tratamento de sementes (LUCHESE et al., 2004). Mesmo com as aplicações, resultados apontam que em sistemas intensivos de cultivo ocorrem sintomas de deficiência, inclusive com aparecimento de sintomas visuais, além de alterações significativas nas propriedades químicas de solo (SFREDO et al., 1994).

2.2 Qualidade Pós-Colheita

Para a avaliação da qualidade da cebola, podem-se considerar características sensoriais, físicas e componentes químicos, pois a elevada perecibilidade dos bulbos de cebola reduz consideravelmente a qualidade do bulbo, influenciando no preço pago pelo mercado (RESENDE et al.,2010).

Após o início da formação dos bulbos, que ocorre a partir da metade do ciclo, as plantas reduzem significativamente o crescimento da parte aérea e iniciam uma maior translocação de fotoassimilados para os bulbos, que compõem a parte comercializável da cultura, ocorrendo intenso acúmulo de matéria seca (AGUIAR NETO et al., 2014).

A preservação da casca, firmeza, cor e sabor da cebola são fatores fundamentais para sua comercialização, e também para o armazenamento a longo prazo, uma vez que a maior da perda de água ocorre através da pele, por meio do vapor de água, ocasionando redução na qualidade (YOO,2012).

Outro fator que influencia as características físicas da cebola são os flavonoides nas plantas, que têm como função a proteção das plantas contra danos oxidativos, apresentando características antioxidantes que combatem os radicais livres e desempenham papel importante na resposta ao estresse. Dentre as mais conhecidas, se encontram as antocianinas e a quercetina (FERREIRA; MINAMI, 2000)

Segundo Rodrigues et. al., (2009), a cura de cebolas em campo aumentou o conteúdo de quercetina em 33-40%. Cools et al. (2010), cultivando cebola roxa curada em temperaturas mais baixas por períodos mais curtos, obtiveram quantidade maior de antocianinas.

Além disso, as condições climáticas em campo também influenciam no conteúdo de flavonoides no bulbo, e temperaturas mais baixas durante o armazenamento retêm maior quantidade de flavonoides (KHANDAGALE; GAWANDE, 2018).

2.3 Armazenamento

Após a colheita, os bulbos de cebola são afetados por fatores fisiológicos e bioquímicos que podem causar perdas de qualidade. Os principais fatores que induzem à deterioração dos bulbos de cebolas são a respiração, retomada do crescimento e ataque de patógenos (CHOPE et al., 2006).

O armazenamento de cebolas por seis semanas em hábitos de armazenamento doméstico diminuiu 64-73% do total de antocianinas (Gennaro et al., 2002). O armazenamento a 4 °C manteve a boa qualidade com algumas mudanças positivas na composição da cebola evidenciando que a temperatura é fator determinante para se aumentar a vida pós colheita dos bulbos (SHARMA, ASSEFA, KO, LEE; PARK, 2015; SHARMA; LEE, 2016).

A principal causa de perda no armazenamento tradicional da cebola, em condição de ventilação natural, está relacionada à pré-disposição ao desenvolvimento de fungos e doenças. Dentre as doenças comumente encontradas no armazenamento está a podridão mole causada pela *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Carotovorum* (CONN et al., 2012; MASSOLA Jr. et al., 2004; WORDELL FILHO; BOFF, 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização E Caracterização Da Área Experimental

O experimento de campo foi realizado no período de junho a novembro de 2019, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizada no distrito de Alagoinha, zona rural do município de Mossoró-RN (latitude de 5°3'37"S, 37°23'50"W e altitude de 72 metros). O solo é classificado como Argissolo (EMBRAPA et al., 2018). A caracterização física e química do solo na profundidade de 0 a 20 cm, encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química e física do solo da área experimental, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, Mossoró, RN, 2019.

pH	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V	M.O	B	Cu	Zn
H ₂ O	--mg dm ⁻³ --		-----cmol _c dm ⁻³ -----					%	g.kg ⁻¹	-----	mg dm ⁻³ --	
4,80	5,00	29,64	0,41	0,13	1,57	0,63	2,2	29	5,59	0,18	0,20	0,70
AG		AF		Areia total		Silte		Argila				
-----g kg ⁻¹ -----												
618,00		288,00		906,00		24,00		70,00				

H+Al: Acidez potencial; SB: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; V: Saturação por bases; M.O.: Matéria orgânica; AG: Areia grossa; AF: Areia fina.

A precipitação média anual é de 674 mm, dos quais cerca de 550 mm ocorrem entre fevereiro e maio. A umidade relativa média anual é de 68,9%, ao passo que a temperatura média anual é de 27,7 °C (Figura 1) (VANOMARK et al., 2018).

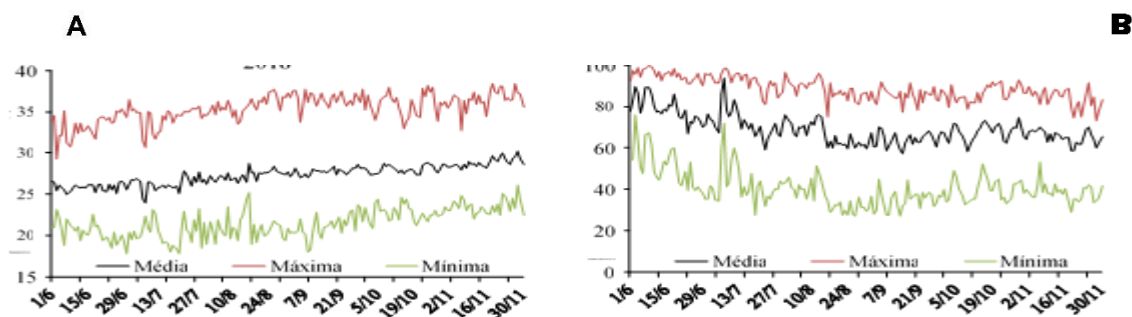


Figura 1. Temperatura (A) e umidade relativa do ar (B) no período de realização do experimento, no município de Mossoró, RN, 2019.

3.2 Delineamento Experimental e Tratamentos

Em campo, o delineamento experimental foi em blocos casualizados completos com nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela aplicação combinada dos micronutrientes B, Cu e Zn (Tabela 2). As parcelas foram dimensionadas em 3,5 x 1,0 m de largura, contendo oito fileiras de plantas, espaçada de 0,10 x 0,06 m. Considerou-se como área útil, as seis fileiras centrais de plantas da parcela, desprezando-se duas plantas de cada extremidade das fileiras.

Tabela 2. Relação dos tratamentos de acordo com as doses de micronutrientes, distribuídos de forma combinados. UFERSA. Mossoró-RN, 2019.

Tratamentos	Doses de micronutrientes kg ha ⁻¹		
	Boro	Cobre	Zinco
1	0	0	0
2	1	2	1
3	1	2	2
4	2	2	1
5	2	2	2
6	1	4	1
7	1	4	2
8	2	4	1
9	2	4	2

Após a colheita, em laboratório, foi instalado um experimento no delineamento em blocos casualizados completos, em parcelas subdivididas com quatro repetições.

Nas parcelas, foram dispostos os tratamentos com micronutrientes, e nas sub-parcelas, os tempos de armazenamento (0, 20, 40 e 60 dias após a colheita). A unidade experimental foi composta por 10 bulbos, armazenados sob temperatura ambiente em sacos do tipo redinha e avaliados nos tempos previamente estabelecidos.

3.3 Implantação e Condução dos Experimentos

O preparo do solo constou de aração, gradagem e confecção dos canteiros. A adubação de plantio foi realizada com base na análise do solo (Tabela 1), utilizando-se 210 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (SILVA, 2018), na forma de superfosfato simples. As adubações de cobertura foram realizadas semanalmente via fertirrigação, iniciando aos 22 dias após a semeadura (DAS) e finalizando aos 84 DAS. Foram aplicados 99,04 Kg ha⁻¹ de N; 40,51 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, 213,94 Kg ha⁻¹ de K₂O, 13,77 de Kg ha⁻¹ de Mg e 47,5 Kg ha⁻¹ de Ca.

As fontes dos adubos utilizadas foram MAP purificado, ureia, nitrato de potássio, nitrato de cálcio, cloreto de potássio e sulfato de magnésio. As doses de micronutrientes foram estabelecidas de acordo com a análise de solo (Tabela 1) e recomendação de adubação para cultura da cebola segundo Trani et al. (2014). Como fontes de micronutrientes foram usadas, ácido bórico; sulfato de cobre e sulfato de zinco.

O sistema de irrigação utilizado foi por microaspersão até os 22 DAS, para garantir melhor germinação da semente, e no restante do ciclo, o gotejamento, com quatro mangueiras por canteiro, espaçadas em 0,20 m, com gotejadores do tipo autocompensante e vazão média de 1,5 L h⁻¹, distanciados de 0,30 m entre si. As irrigações foram realizadas diariamente e as lâminas foram determinadas com base na evapotranspiração da cultura (ALLEN et al., 2006), aplicando-se uma lâmina total de 904,51 mm ha⁻¹.

A água utilizada na irrigação foi oriunda de um poço tubular profundo, do aquífero arenito Açú, apresenta as seguintes características: pH 7,1; CE = 0,61 dS m⁻¹; 0,65; 1,73; 2,50; 1,90; 1,60; 0,0; e 4,00 mmolcL⁻¹ de K⁺, Na⁺, Ca⁺², Mg⁺², Cl⁻, CO₃⁻² e HCO₃⁻ e RAS de 1,2 mg L⁻¹, respectivamente.

A semeadura foi realizada manualmente, colocando-se duas a três sementes por cova de 2,0 cm de profundidade, espaçadas de 0,10 x 0,06 m. O desbaste foi realizado 20 dias DAS, deixando uma planta por cova. A cultivar utilizada foi o híbrido Rio das Antas.

Durante a condução do experimento, foram realizadas capinas manuais e controle fitossanitário de acordo com a necessidade da cultura. A irrigação foi suspensa aos 120 DAS quando 70% das plantas encontravam-se tombadas, iniciando-se o processo de cura. Após 20 dias da suspensão da irrigação, os bulbos foram colhidos e limpos. As cebolas ficaram dispostas em sacos do tipo redinha, em laboratório com ventilação natural, tendo este local apresentado temperatura máxima variando de 33 a 34° C e umidade de 69-70% nas horas mais quentes do dia (13-14 horas) durante o período de armazenamento.

3.4 Variáveis Analisadas

Após a colheita, no laboratório, as análises foram realizadas em cada tempo de armazenamento (0; 20; 40 e 60 dias após a colheita), sendo amostrados 10 bulbos comerciais por parcela para cada tempo de armazenamento, totalizando 40 bulbos.

-Perda de Massa: As amostras de bulbos referentes a cada tempo de armazenamento foram pesadas, antes de iniciar o armazenamento e ao final de cada tempo. Com os resultados, foi possível calcular a perda de massa dos bulbos.

- Firmeza (N): Determinada com a utilização do “penetrômetro” de operação manual, que mede a resistência do bulbo à penetração de um pistilo até o rompimento da casca dos dois lados opostos no ponto mediano dos bulbos, realizando duas leituras por bulbo.

- Coloração: Determinada por colorímetro modelo CR-410, com medição na parte mediana interna e externa dos bulbos, por meio de um diagrama tridimensional analisada a luminosidade pelo parâmetro L, no qual o valor ‘0’ corresponde ao escuro (preto) e o valor ‘100’ ao opaco (branco); os valores de "a" indicam a tendência para colorir, que varia de verde (valores negativos -) a vermelho (valores positivos +), os valores de "b" tendem de azul (valores negativos -) para amarelo (valores positivos +).

Após análise de firmeza e coloração, os bulbos foram fracionados e realizou-se extração do suco de cebola, para determinar as seguintes variáveis:

- Sólidos solúveis (SS): Determinado diretamente no suco homogeneizado, por meio de leitura em refratômetro digital, com resultados expressos em °Brix (AOAC, 2002).

- Acidez titulável ($\text{mEq H}_3\text{O} + 100 \text{ g}^{-1}$) (AT): Determinada utilizando uma alíquota de 1 ml do suco diluída para 100 ml de H_2O , com adição de três gotas de fenolftaleína 1%, e titulação até o ponto de viragem com solução de NaOH (0,1N), previamente padronizada (AOAC, 2002).

- Relação SS/AT: Determinada dividindo-se os valores de SS (°Brix) pela AT (mEq H₃O +100 g⁻¹).
- Açúcares solúveis totais (AST): Realizado pelo método da Antrona descrito por Yemm; Willis (1954). Diluiu-se 1,0 ml do extrato de cebola em 100 ml água destilada. Em um tubo de ensaio, foram adicionados 50 µL da amostra e 950 µL de água destilada. Posteriormente, se adicionou a solução de antrona (2 ml). Em seguida, os tubos foram agitados e retornados imediatamente para o banho de gelo, sendo posteriormente submetidos ao banho-maria em ebulição por oito minutos. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 620 nm e os resultados foram expressos em (%).
- Potencial hidrogeniônico: determinado no suco por meio de um potenciômetro digital, modelo mPA-210 conforme metodologia preconizada (IAL, 2005).
- Pungência (µmol g⁻¹ de ácido pirúvico): Determinada por meio da quantificação de ácido pirúvico, usando o reagente 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH), conforme método descrito por Schwirmer; Weston (1961), que classificaram a pungência, medida em função da quantidade de ácido pirúvico, como cebola fraca (2 a 4 µmol g⁻¹), intermediária (8 a 10 µmol g⁻¹) e forte (15 a 20 µmol g⁻¹).

3.5 Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; quando houve efeito significativo para doses e épocas de armazenamento, foi realizada análise de regressão com o auxílio do software Sisvar (FERREIRA, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as variáveis, houve efeito significativo da interação adubação com micronutrientes e tempo de armazenamento (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para firmeza (FIR), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), potencial hidrogeniônico (pH), açúcares solúveis totais (AST), pungência (PUNG), porcentagem de perda de massa (%PM) e coloração (COL), cultivar Rio das Antas. Mossoró/RN, UFERSA, 2019.

		Quadrado Médio								
		FIR	SS	AT	SS/AT	pH	AST	PUNG	%PM	COL
FV	GL									
BLOC	3	28,31 ^{ns}	0,067 ^{ns}	0,053 ^{ns}	0,061 ^{ns}	0,003 ^{ns}	1,621 ^{ns}	0,199 ^{ns}	0,564 ^{ns}	7,406*
TRAT	8	74,94**	0,534**	0,118*	0,075 ^{ns}	0,014**	11,24**	1,138*	4,003**	6,913**
ERRO 1	24	10,09	0,077	0,041	0,045	0,001	1,242	0,357	0,544	1,886
EPOCA	3	1452,1**	0,852**	1,501**	1,657**	0,416**	123,62**	66,86**	159,61**	243,33**
T X E	24	28,06**	0,314**	0,087**	0,095**	0,007**	17,81**	1,535**	1,104**	6,054**
ERRO 2	81	7,47	0,085	0,024	0,027	0,0008	1,056	0,274	0,296	1,397
CV1 (%)		6,65	3,53	6,62	8,19	0,59	13,70	10,23	13,62	24,11
CV2 (%)		5,72	3,71	5,09	6,35	0,53	12,63	8,95	10,05	20,75

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$). *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ns Não significativo.

Para perda de massa, os tratamentos T4 e T7 apresentaram ajuste quadrático, ao passo que os demais tiveram comportamento linear. Verificou-se que em todos os tratamentos houve aumento da perda de massa dos bulbos na medida em que as épocas de armazenamento foram aumentando, tendo seus pontos máximos observados aos 60 dias. A maior perda de massa ao fim do período de armazenamento foi observada no tratamento T4 (9,58%) (Figura 2).

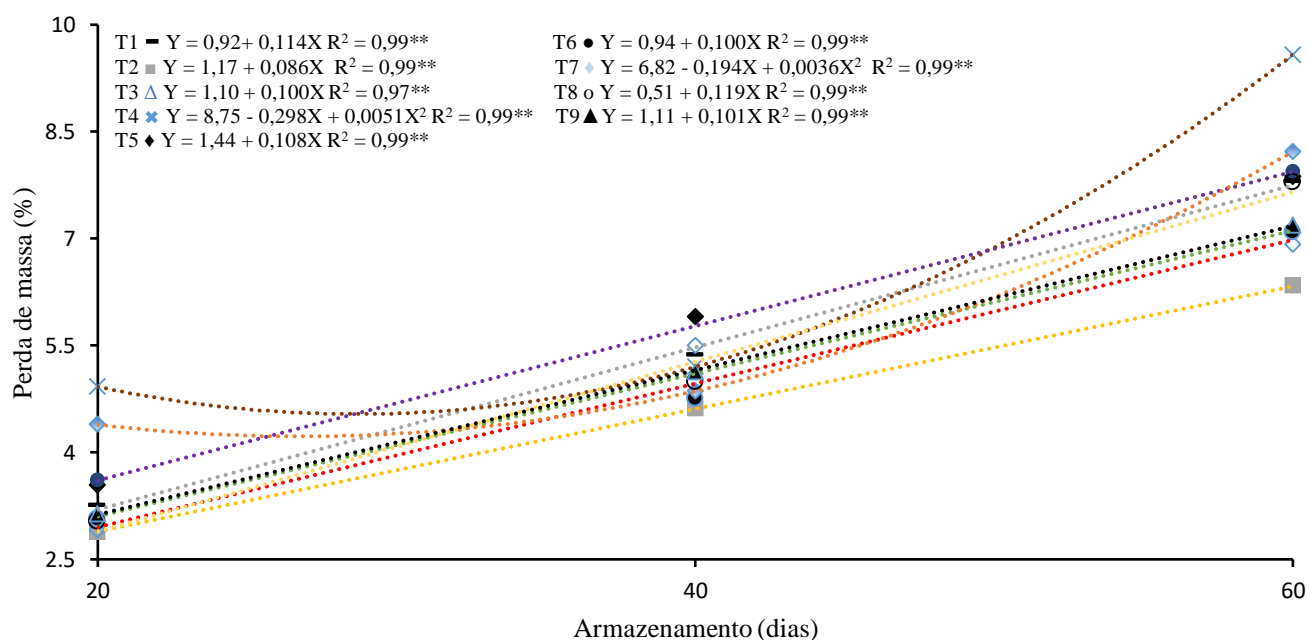


Figura 2. Perda de massa de bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019.

Os bulbos de cebola apresentaram perda significativa de massa nos primeiros 20 dias de armazenamento, porém inferior a 5%, sendo considerada ainda aceitável ao mercado. Aos 60 dias após a colheita (DAC), observou-se que o tratamento T2, em que houve aplicação mínima dos micronutrientes, obteve perda de massa (6,32%) inferior ao tratamento controle (7,80%), em que há ausência de micronutrientes. A perda de massa ao fim do armazenamento (aos 60 dias) apresentou variação de 6,32% a 9,58%. Essa perda de massa em hortaliças pode ser explicada, principalmente, pelo aumento da transpiração, em resposta ao déficit de pressão de vapor (DPV) entre seus tecidos e o ambiente externo, provocando maior perda de água para o meio e consequente redução de sua massa (WOODS, 1990).

Para a firmeza, observou-se que houve ajuste linear das equações para os tratamentos 4 e 8, tendo as demais doses se ajustado ao modelo quadrático, com aumento até os 20 DAC, seguido de decréscimo até o fim do período avaliado (Figura 3). Esta redução pode ter sido influenciada pela perda de água para a atmosfera e pela presença de fungos que aceleram o processo de deterioração.

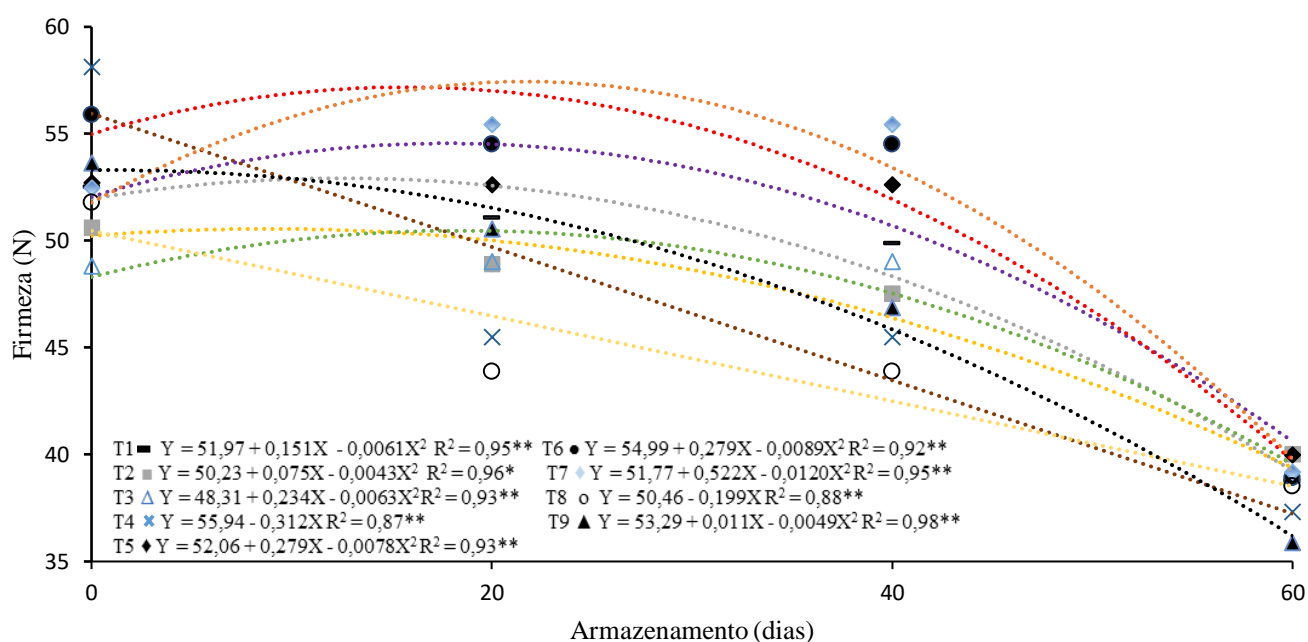


Figura 3. Firmeza de bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019.

A maior redução na firmeza nos bulbos de cebola no período de armazenamento ocorreu no tratamento T4, reduzindo de 58,1 N na época 0 para 37,3 N aos 60 DAC. Ao

fim do período de armazenamento, o T5, que corresponde às doses máximas de Cu e Zn, apresentou a maior média para a firmeza, 39,9 N, resultado que evidencia a importância do cobre na variável firmeza da casca da cebola.

O cobre, por meio de suas enzimas como polifenol e ascorbato, é responsável, dentre outras funções, pela formação de compostos fenólicos precursores da lignina, tornando as paredes celulares mais resistentes (KURTZ, 2015). Ainda de acordo com os autores, o Cu é precursor de outras substâncias, como a melanina e fitoalexinas, que influenciam na melhoria da firmeza dos bulbos, consequentemente aumentando o período de armazenamento.

Na primeira avaliação realizada no dia da colheita, a aplicação dos micronutrientes proporcionou os maiores teores de SST, com máximo observado (8,33 °Brix) alcançado na dose de 2, 4 e 2 kg.ha⁻¹ de B, Cu e Zn, respectivamente. Os menores teores de SST durante o armazenamento (7,47 °Brix) foram obtidos na ausência da aplicação de nutrientes. Foi observado que as maiores médias para SST neste experimento ocorreram aos 20 DAC, tendo queda linear com o passar do tempo de armazenamento. Os tratamentos T3 e T6 apresentaram os resultados mais lineares ao longo do armazenamento, não diferindo estatisticamente entre si, apresentando maiores valores de SST aos 60 dias (8,08 °Brix e 8,03 °Brix, respectivamente) (Figura 4).

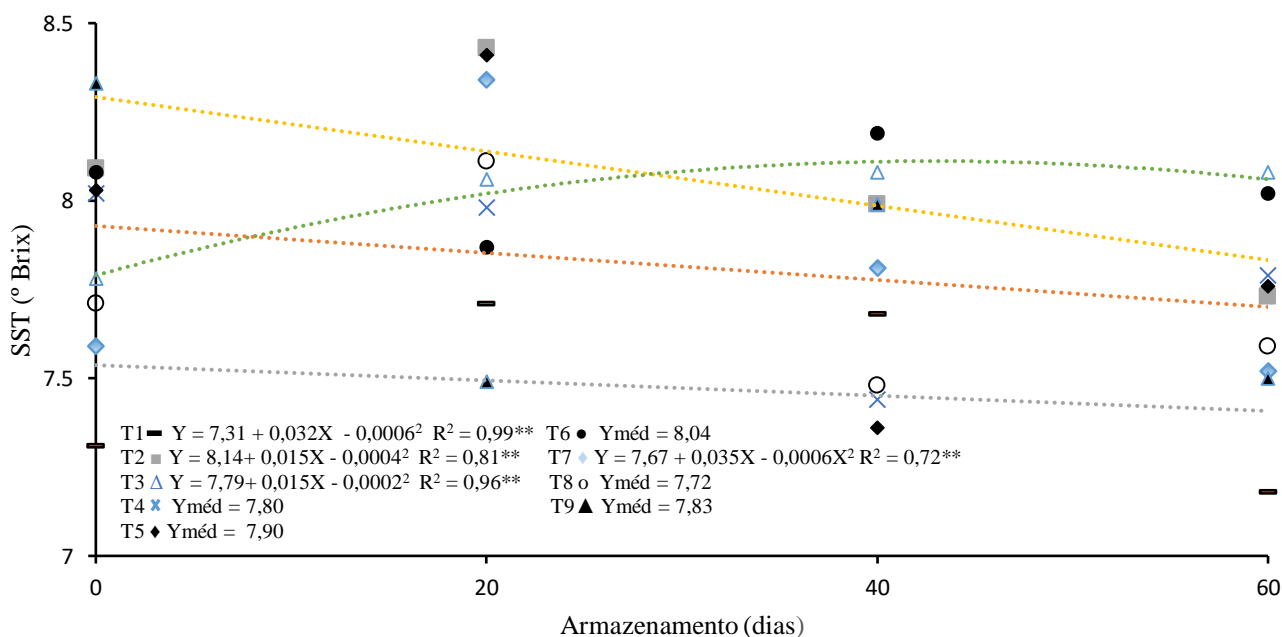


Figura 4. Sólidos solúveis (°Brix) em bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019.

Segundo Huertas et al. (1999), essa redução pode estar relacionada ao início do período de senescência, quando os sólidos solúveis estão sendo mais usados na respiração do que produzidos. Woldetsadik; Workneh (2010) também observaram aumento do teor de sólidos solúveis no início do armazenamento, seguido pela redução até o final do período. De acordo com Pak et al. (1995), um dos motivos desse comportamento se deve ao fato dos frutanos serem hidrolisados em frutose durante o período inicial de armazenamento, resultando em maior teor de sólidos solúveis, porém com a diminuição da dormência e início da brotação, a sacarose vai sendo transformada em ácidos orgânicos, causando diminuição do teor de sólidos solúveis.

A acidez total ajustou-se ao modelo da equação quadrático para os tratamentos 2, 5 e 9, e linear para os demais tratamentos. Os maiores teores de acidez (3,22 mEq H₃ O + 100 g⁻¹) foram alcançados nas doses máximas de cobre e mínimas de boro, respectivamente. Por sua vez, os menores teores de acidez durante o armazenamento (2,90 mEq H₃ O + 100 g⁻¹) foram obtidas no T9, que corresponde às doses máximas dos micronutrientes (Figura 5).

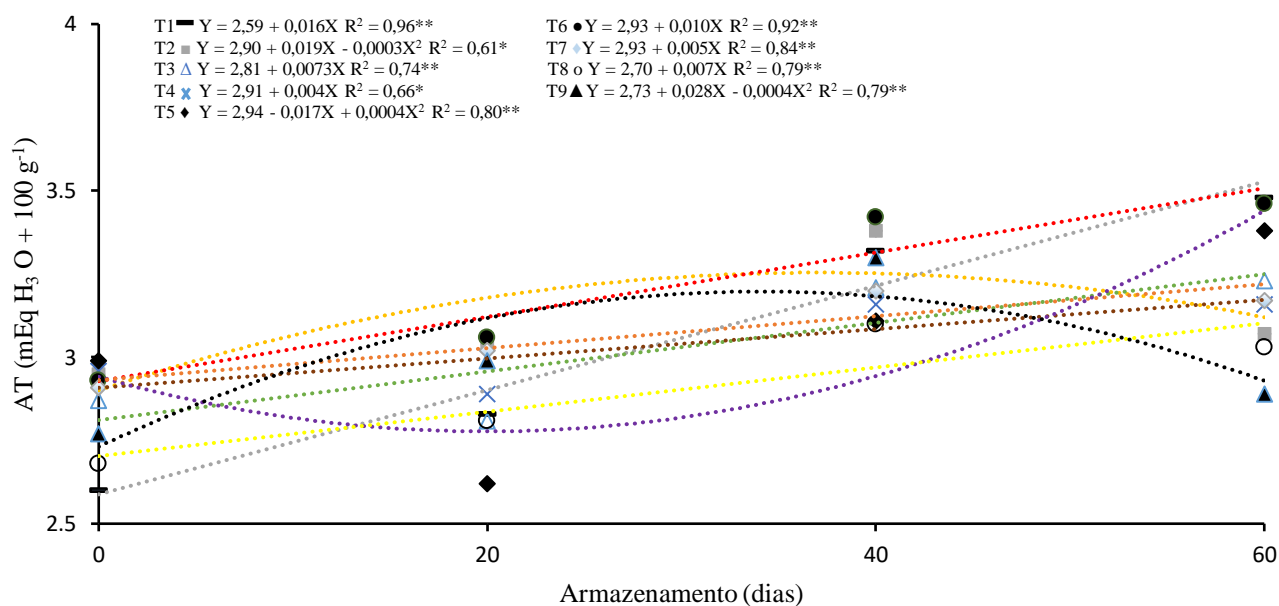


Figura 5. Acidez titulável de bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019.

A acidez titulável aumentou durante o período de armazenamento até os 40 DAC, em todos os tratamentos, tendo queda linear a partir dessa época de

armazenamento (Figura 5). Segundo Chitarra; Chitarra (2005), a acidez é rapidamente reduzida em hortaliças em virtude do amadurecimento.

Resultado semelhante ao deste experimento foi encontrado por Berno (2013), que observou tendência de aumento na acidez titulável durante o tempo de armazenamento em cebola. De acordo com Beerli et al (2004), a redução da acidez se deve à senescência, ocasionada pela possível perda de ácidos orgânicos em virtude da drenagem do líquido celular e volatilização dos ácidos presentes na cebola.

A relação SS/AT apresentou aumento considerável no T5 até os 20 DAC, seguido de redução até o final do período de armazenamento (Figura 6), comportamento inverso ao observado na AT, porém similar ao SS durante o tempo de armazenamento.

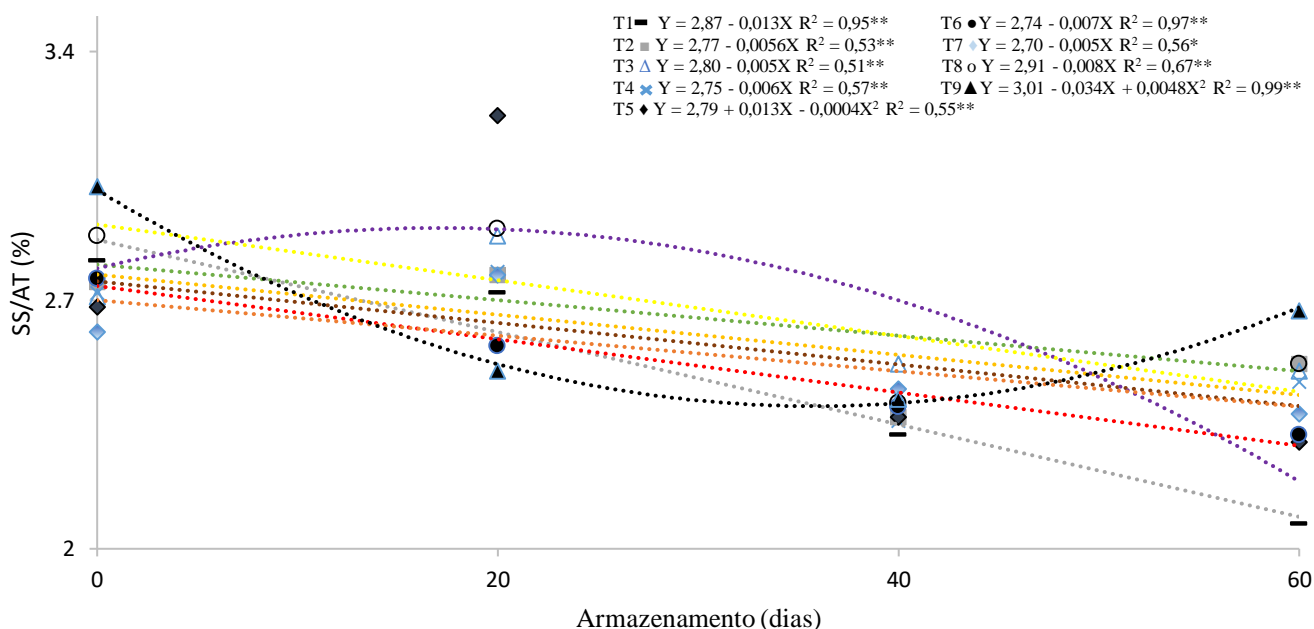


Figura 6. Relação SS/AT em bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019.

Os valores máximos da relação SS/AT para cultivar foram de 3,02 a 0 dias e 3,22 aos 20 dias, durante o armazenamento, para os tratamentos T9 e T5, respectivamente, que correspondem às doses máximas dos micronutrientes e para as doses máximas de boro e zinco, respectivamente. Foi observado que ao fim do armazenamento o tratamento controle apresentou o valor mínimo da relação (2,48) (Figura 6).

A relação SS/AT é uma das melhores formas de avaliação do sabor de frutas e

hortaliças, sendo mais representativa do que a medição isolada de açúcares ou da acidez, pois reflete o balanço entre açúcares e ácidos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O T9, que corresponde às doses máximas dos micronutrientes, apresentou as melhores médias durante todo o período de armazenamento. Valores de 3,96 e 6,16 na relação SS/AT foram encontrados por Soares (2013), avaliando diferentes cultivares de alho. Fernandes (2017) encontrou valor médio de 2,7 na cultivar Rio das Antas, durante o armazenamento, valor similar ao observado neste experimento.

Os valores máximos observados na variável de açúcares solúveis totais foram 9,27 mg/mL e 8,95 mg/mL para as doses T7 e T4, respectivamente. Os açúcares apresentaram variação média de 6,58 a 9,27 mg/mL (Figura 7).

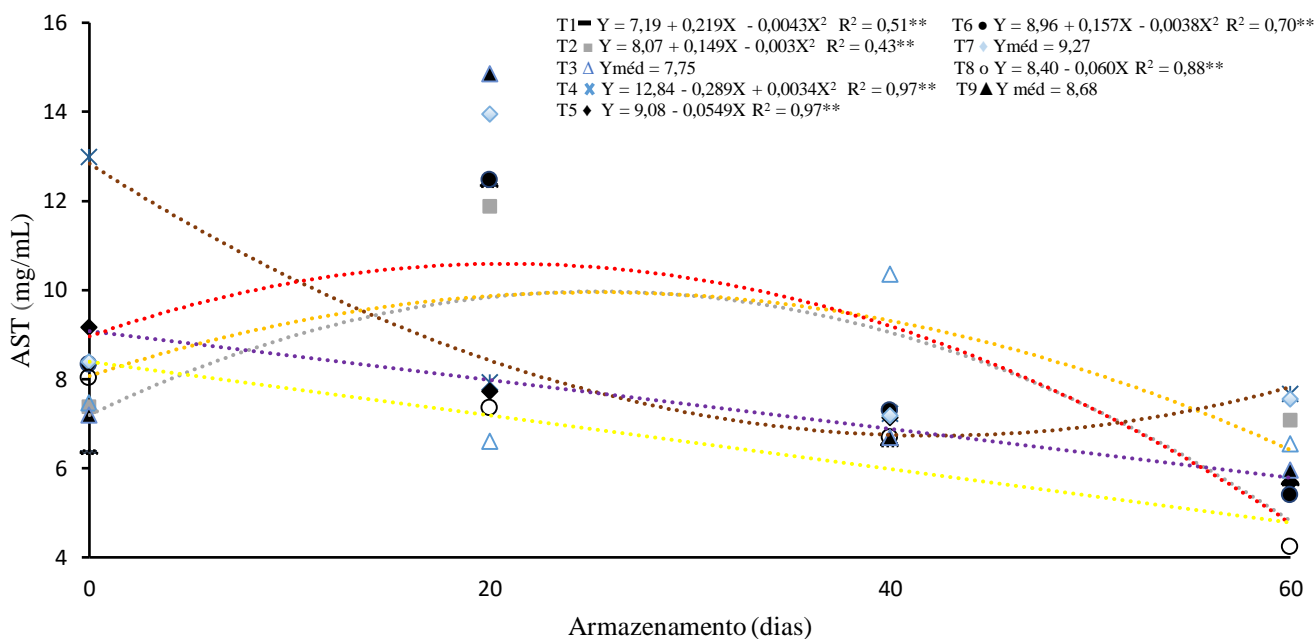


Figura 7. Açúcares (AST) em bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019.

O resultado apresentando foi semelhante ao do teor de sólidos solúveis (Figura 7), onde ocorreu aumento até aproximadamente os 20 dias, causado pela maior perda de massa inicial e síntese de frutose (PAK et al., 1995), seguido por redução até o final do tempo de armazenamento, devido ao aumento da respiração, comportamento que já era

esperado, pois, segundo Chitarra; Chitarra (2005), os açúcares representam 90% do teor de sólidos solúveis nas cebolas.

O suprimento adequado de micronutrientes favorece o aumento dos teores de açúcares e carboidratos, podendo contribuir para aumentar a síntese de fenóis, que atuam no mecanismo de defesa como antifúngicos e antibacterianos (TRIVEDI; DHUMAL, 2017; DRIDI et al., 2018). Os micronutrientes cobre, ferro, manganês e zinco atuam ativando o mecanismo de defesa, sendo cofatores de superóxido dismutases (SODs), que atuam na desintoxicação de espécies reativas de oxigênio (EROs) contribuindo para melhor qualidade pós-colheita e armazenamento de bulbos (EL-TOHAMY et al., 2009).

Para a pungência, os valores máximos encontrados foram de 8,50 μmolg^{-1} ácido pirúvico aos 40 dias no T7 e 8,08 μmolg^{-1} ácido pirúvico aos 60 dias no T6, que representam as doses mínimas de boro e máximas de cobre, com as médias dos tratamentos variando de 5,42 a 6,18 $\mu\text{mol g}^{-1}$ durante o armazenamento (Figura 8). As doses aplicadas apresentaram variação de classificação de ‘levemente pungente’ e ‘pungente’, segundo Weston (1961).

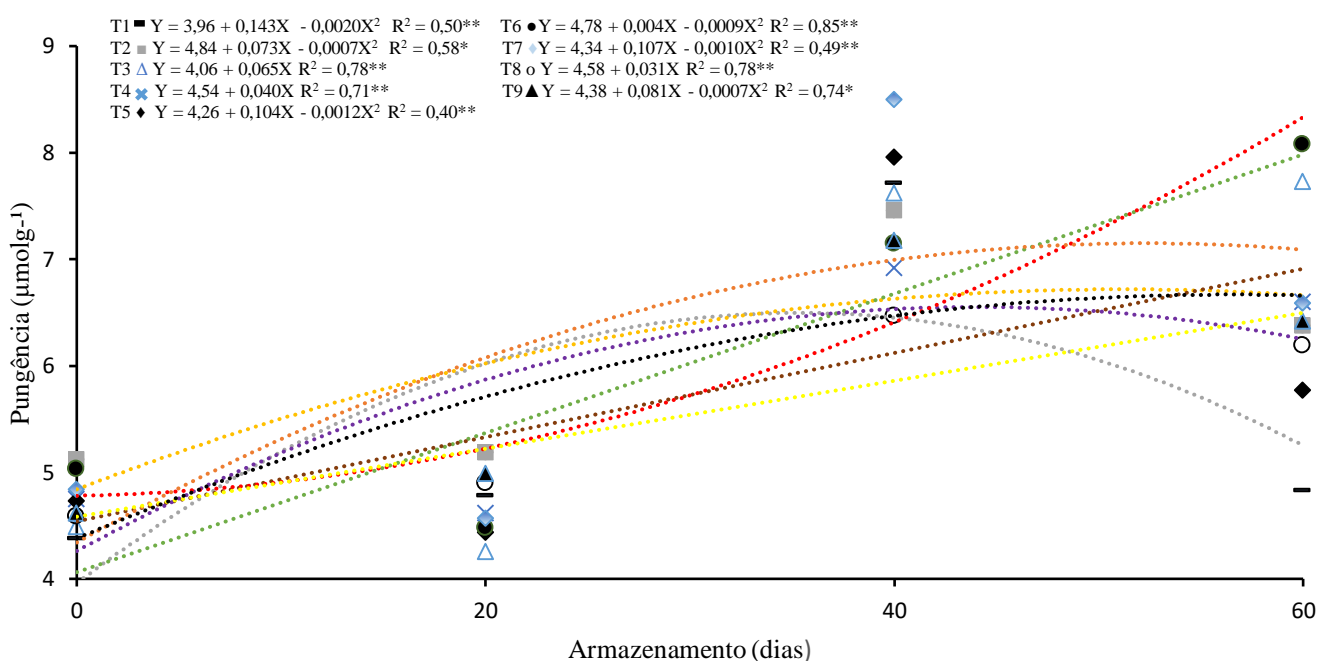


Figura 8. Pungência de bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019.

A pungência das cebolas, em função do período de armazenamento, apresentou aumento a partir dos 40 dias, possivelmente associado à maior perda de massa da cebola, na medida em que a perda de umidade aumenta a concentração do ácido pirúvico. Foi observada redução da pungência a partir dos 45 dias de armazenamento, possivelmente causada pelo uso de ácidos na respiração (Figura 8).

Ao romper as células, inicia-se a interação entre os precursores de sabor e aroma com a enzima allinase presente no vacúolo, onde essa enzima converte esses precursores em piruvato e ácidos sulfênicos (LANCASTER; BOLAND, 1990). Nesse período de armazenamento, tem-se uma redução da atividade dessa enzima, e consequente acúmulo desses precursores.

O pH em função do período de armazenamento ajustou-se ao modelo de regressão quadrático para todas as doses dos micronutrientes. No início do período de armazenamento, houve decréscimo do pH até os 20 dias, seguido de aumento até o fim do período de armazenamento, tendo o tratamento controle (T1) apresentado resultados lineares durante todo o período de armazenamento. Os maiores teores de pH observados foram obtidos ao fim do período de armazenamento (60 DAC). Os dados obtidos não apresentaram mudanças significativas na qualidade pós-colheita da cebola ao longo do armazenamento (Figura 9).

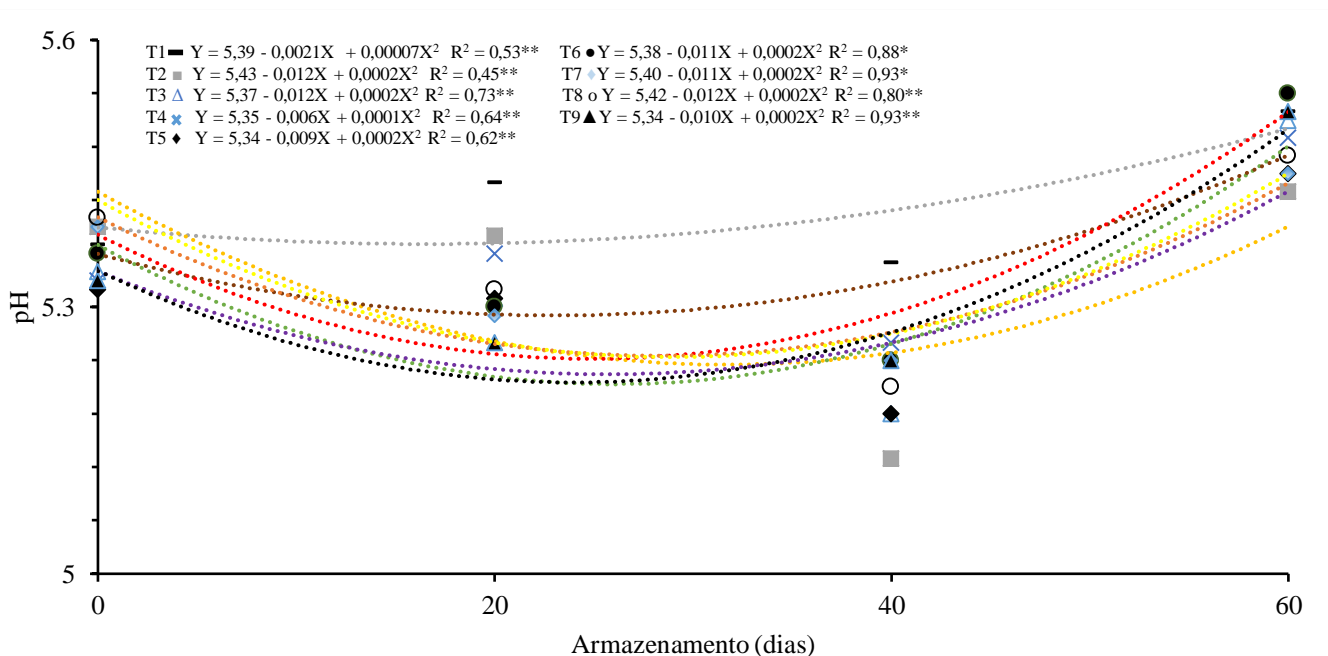


Figura 9. pH de bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019

De acordo com os dados observados, verificou-se maior valor de pH (5,53) aos 60 dias de armazenamento. Valor similar de pH (5,5) foi obtido por Fernandes (2017) para a mesma cultivar e mesmo período de armazenamento.

O pH é um indicativo de sabor de uma hortaliça, tendo relação inversa à acidez. Por causa dos sistemas tampões naturais encontrados em frutos e hortaliças, eles podem ser acidificados por ácidos orgânicos ou inorgânicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Para coloração, não houve aumento significativo para os parâmetros “L” e “b”, ou seja, as diferentes doses dos micronutrientes não influenciaram nesses parâmetros durante o armazenamento. Os valores de “a”, que indicam bulbos mais avermelhados, apresentaram efeito significativo entre os tratamentos, ao fim do período de armazenamento, o T9, que representa as doses máximas dos micronutrientes, apresentaram os maiores teores para esse parâmetro, porém não apresentou efeito significativo em relação ao T1, que corresponde à ausência de aplicação dos micronutrientes. Este resultado pode estar relacionado ao pouco tempo de armazenamento. Quanto maior o valor de “a”, mais intensa será a coloração da cebola, o que é exigido pelo mercado (Figura 10).

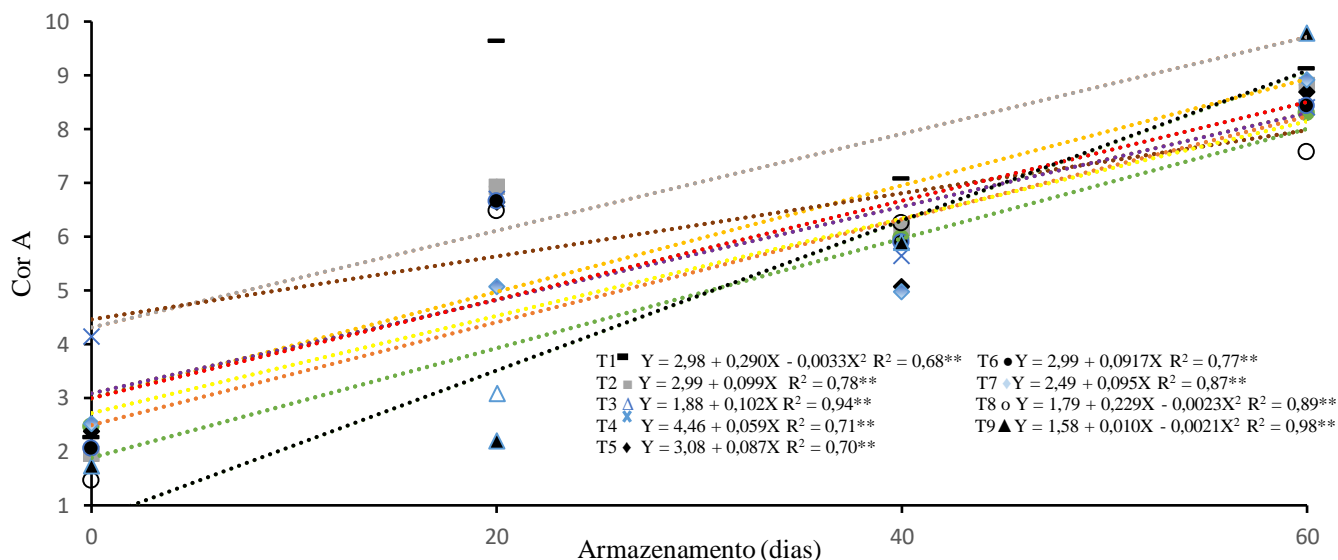


Figura 10. Coloração “a” em bulbos de cebola em função do tempo de armazenamento, cultivar Rio das Antas, Mossoró, UFERSA, 2019.

Na cebola, uma coloração mais intensa pode estar relacionada à maior concentração de flavonoides como a quercetina (que atua na eliminação de radicais

livres do organismo), prejudiciais à saúde humana (BOTREL et al., 2012). Avaliando características qualitativas de genótipos de cebola, Grangeiro et al. (2008) verificaram que a composição química dos bulbos altera a intensidade do sabor e a cor, sendo afetadas pelas condições do meio em que as plantas se desenvolveram, relatando que o manejo pode influenciar a expressão de características qualitativas, como a cor da casca da cebola.

5. CONCLUSÕES

O tratamento T6, que corresponde à aplicação combinada das doses de 1-4-1 kg ha⁻¹ de Boro, Cobre e Zinco, respectivamente, apresentou os melhores resultados para firmeza, pH e pungência durante o armazenamento.

O T9, que corresponde às doses máximas dos micronutrientes, apresentou os melhores resultados para relação SS/AT e coloração.

Até os 40 dias, a cebola apresentou valores de qualidade aceitáveis para o mercado, sendo este período o máximo recomendado para armazenamento.

6. REFERÊNCIAS

AGUIAR NETO, P.; GRANGEIRO, L. C.; MENDES, A. M. S.; COSTA, N. D.; MARROCOS, S. T. P.; SOUSA, V. F. L. Crescimento e acúmulo de macronutrientes na cultura da cebola em Baraúna (RN) e Petrolina (PE). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 370-380, 2014.

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. 300, 2006.

ALLOWAY, B. J. Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. **Environmental Geochemistry and Health**, Amsterdam, v. 31, n. 5, p.537-548, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10653-009-9255-4>>.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. Official methods of analysis. 17.ed. Washington: AOAC, 2002. 1115p.

BENDER, D. A. Vegetable crops-Onion. In: BENNET, W. F. (org.). **Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants**. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1993. p. 131-135.

BERTOLUCCI, S. K. V.; PINHEIRO, R. C.; PINTO, J. E. B. P.; SOUZA, R. J. Qualidade e valor nutracêutico da cebola. **Inf. Agropec.**, v. 23, n. 218, p. 88-92, 2012.

BOTREL, N.; OLIVEIRA, V. R. Cultivares de cebola e alho para processamento. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 52., 2012, Salvador. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. S8420-S8434, 2012.

BROADLEY, M.; BROWN, P.; CAKMAK, I.; RENGEL, Z.; ZHAO, F. Function of nutrients: Micronutrients. In: MARSCHNER, P. (org.). **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3.ed. London: Academic Press, 2012. p. 191-248. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00007-8>>. Acesso em: 20 out. 2020.

CALBO, M. E. R.; MONNERAT, P. H.; CHIMOYA, C. Caracterização de sintomas de deficiência de boro em cebola (*Allium cepa* L.) em estágio de produção. **R. Ceres**, n. 33, p. 274-280, 1986.

CAMARGO, J.P. A produção de cebola no Brasil. **Revista Batata Show**, Ano 3, n. 7, 41p, 2003. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista07_023.htm>. Acesso em: 21 set. 2020.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005.

CHOPE, G. A. et al. Effect of controlled atmosphere storage on abscisic acid concentration and other biochemical attributes of onion bulbs. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, p. 233-242, 2006. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925521405002218>>. Acesso em: 23 jul. 2020.

CONN, K. E.; LUTTON, J. S.; ROSENBERG, S. A. **Onion disease guide**. St. Louis: Seminis, 2012. Disponível em:

<<https://www.seminis.com/SiteCollectionDocuments/Onion-Disease-Guide.PDF>>.

Acesso em: 02 fev. 2020.

COOLS, K.; CHOPE, G. A.; TERRY, L. A. Fate of flavonoids in the outer skins of onion (*Allium cepa* L.) throughout curing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n. 58, p. 11709–11715, 2010.

DRIDI, I.; TLILIL, A.; FATNASSIL, S.; HAMROUNI, H.; GUEDDARIL, M. Effects of boron distribution on sugar beet crop yield in two Tunisian soils. **Arabian Journal of Geosciences**, Tunísia, v. 11, n. 15, p. 1-7, 2018.

EL-TOHAMY, W. A.; KHALID, A. K.; EL-ABAGY, H. M.; ABOU-HUSSEIN, S. D. Essential oil, growth and yield of onion (*Allium Cepa* L.) in response to foliar application of some micronutrients. **Aust. J. Basic Appl. Sci.**, n. 3, p. 201-2005, 2009.

EMBRAPA. 2008. Nutrição Mineral e Adubação da Cultura da Cebola no Submédio do Vale do São Francisco. (Ed. 1). Circular Técnica on line, v. 86, 10p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. SANTOS, H. G. et al. 5. ed. Brasília, DF, 2018.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020. Disponível em: <www.fao.org/faostat/en/#compare>. Acesso em: 16 out. 2020.

FERNANDES, B. C. C. **Conservação pós-colheita de cebola em função da adubação potássica**. 2017. 48f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

FERREIRA, M. D.; MINAMI, K. Qualidade de bulbos de cebola em consequência de tratamento pré-colheita. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 4, p. 693-701, out./dez. 2000.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: programa estatístico: versão 5.3. Lavras: UFLA, 2011.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das Plantas Cultivadas**: O estudo do que está por trás do que se vê. 4ª ed. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2008.

FURLANI, P. R.; PURQUERIO, L. F. V. Avanços e desafios na nutrição de hortaliças. In: Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças. PRADO, R. M. et al. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FUNDUNESP, 2010. p. 45-62.

GANESHAMURTHY, A. N.; RAGHUPATHI, H. B.; RUPA, T. R.; RAJENDIRAN, S.; KALAIVANAN, D. Micronutrient management in horticultural crops. **Indian Journal of Fertilisers**, v. 14, n. 4, p. 68-85, 2018.

GENNARO, L.; LEONARDI, C.; ESPOSITO, F.; SALUCCI, M.; MAIANI, G.; QUAGLIA, G.; FOGLIANO, V. Conteúdo de flavonóides e carboidratos no vermelho Tropea cebolas: Efeitos do descasque e armazenamento caseiros. **Diary of Agricultural and Food Chemistry**, n. 50, p. 1904–1910, 2002.

GRANGEIRO, L. C.; SOUZA, J. O.; AROUCHA, E. M. M.; NUNES, G. H. S.; SANTOS, G. M. Características qualitativas de genótipos de cebola. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1087-1091, 2008.

GUPTA, V. K.; RAJ, H.; GUPTA, S. P. A note on effect of zinc application on the yield and zinc concentration of onion (*Allium cepa* L.). **Haryana J. Hortic. Sci.**, n. 12, p. 141-142, 1985.

HUERTAS, G. G. C.; MORENO, N. G. N.; SAURI, D. E. Conservación refrigerada de chichozapote com calentamiento intermitente. **Horticultura Mexicana**, v. 7, p. 258, 1999.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: confronto das Safras de 2016 e 2017 - Brasil - março 2018. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201703_4.shtm>. Acesso em: 15 out. 2020.

IBGE. **Produção agrícola municipal - cebola**. IBGE: Brasília, outubro, 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612#resultado>>. Acesso em: 15 out. 2020.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Guanabara Koogan, 2004.

KHANDAGALE, K.; GAWANDE, S. Genética da cor do bulbo e variação de flavonóides na cebola. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**. 2018

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas**: funções, absorção e mobilidade. Tradução de Suzana Oellers Ferreira. Encarte Técnico. Informações Agronômicas nº118, 2007.

KURTZ, C. Cobre é benéfico para a cultura da cebola. **Revista Campo e Negócios Online**. 2015. Acesso em: 23 out. 2020.

LANCASTER, J.; BOLAND, M. J. Flavor Biochemistry. In: RABINOWITCH, H. D.; Brewster, J. L. (org.). **Onions and Allied Crops**. Boca Ratón, Florida: CRC Press, 1990. p. 33-72.

LOMBARD, K.; PEFFLEY, E.; GEOFFRIAU, E.; THOMPSON, L.; HERRING, A. Quercetin in onion (*Allium cepa*L.) after heat-treatmentsimulating home preparation. **J. Food Comp. Anal.**, v. 18, n. 6, p. 571-581, 2005. In: ALMEIDA, A.; SUYENAGA, E. S. Ação farmacológica do alho (*Allium sativum* L.) e da cebola (*Allium cepa* L.) sobre o sistema cardiovascular: revisão. Artigo de Revisão/Revision Article. Disponível em: <http://sban.cloudpaine.com.br/files/revistas_publicacoes/224.pdf>. Acesso em: 22 set. de 2020.

LUCHESE, A. V.; GONÇALVES JUNIOR, A. C.; LUCHESE, E. B.; BRACCINI, M. C. L. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1949-1952, 2004.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MARCONATTO, L. J.; KOEHLER, H. S.; MARCUZZO, L. L. Incidência de doenças em cebola armazenada na região do alto vale do Itajaí/SC. **Summa Phytopathologica**, [s.l.], v. 43, n. 3, p. 243-245, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sp/v43n3/0100-5405-sp-43-3-0243.pdf>>. Acesso em: 1º set. 2017.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. London: Academic Press, 1995.

MASSOLA JUNIOR, N. S.; JESUS JUNIOR, W. C.; KIMATI, H. Doenças do alho e cebola. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E.

A.; REZENDE, J. A. M. (org.). **Manual de fitopatologia**. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2004. p. 53-63.

MORAES, C.; ARAUJO, H. S.; FACTOR, T. L.; PURQUERIO, L. F. V. Fenologia e acumulação de nutrientes por cebola de dia curto em semeadura direta. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 2, p. 281-290, 2016.

MORETTI, C. L. **Colheita e manuseio pós-colheita**. In: Sistema de produção de cebola. Sistemas de produção 5, versão eletrônica. 2004.

PAK, C. et al. Importance of dormancy and sink strength in sprouting of onions (*Allium cepa* L.) during storage. **Physiol. Plantarum.**, n. 94, p. 277-283, 1995.

PEÑA, C.; AÑES, B.; DÁVILA, M. Respuesta de la cebolla (*Allium cepa* L.) a la aplicación de azufre, magnesio, cinc, y boro en un suelo alcalino. **Rev. For.**, n. 43, p. 173-182, 1999.

RAFIQUE, E.; MAHMOOD-UL-HASSAN, M.; KHOKHAR, K. M.; NABI, G.; TABASSAM, T. Zinc nutrition of onion: Proposed diagnostic criteria. **J. Plant Nutr.**, n. 31, p. 307-316, 2008.

RESENDE, J. T. V.; MARCHESE, A.; CAMARGO, L. K. P.; MARODIN, J. C.; CAMARGO, C. K.; MORALES, R. G. F. Produtividade e qualidade pós-colheita de cultivares de cebola em sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 305-311, 2010.

RIBEIRO, M. E. M. **Caracterização de sintomas de deficiências de boro em pepino, alface, alho, beterraba, cebola e rabanete**. 1978. 48p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1978.

RODRIGUES, A. S.; PÉREZ-GREGORIO, M. R.; GARCÍA-FALCÓN, M. S.; SIMAL-GÁNDARA, J. Effect of curing and cooking on flavonols and anthocyanins in traditional varieties of onion bulbs. **Food Research International**, n. 42, p. 1331–1336, 2009.

SADEGHZADEH, B. A review of zinc nutrition and plant breeding. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v. 13, n. 4, p. 905-927, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162013005000072>>. Acesso em: 11 dez. 2020.

SAGARDOY, R.; MORALES, F.; LÓPEZ-MILLÁN, A. F.; ABADÍA, A.; ABADÍA, J. Effects of zinc toxicity on sugar beet (*Beta vulgaris*L.) plants grown in hydroponics. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 11, n. 3, p. 339-350, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1438-8677.2008.00153.x>>. Acesso em: 10 dez. 2020.

SAGARDOY, R.; VÁZQUEZ, S.; FLOREZ-SARASA, I. D.; ALBACETE, A.; RIBAS-CARBÓ, M.; FLEXAS, J.; ABADÍA, J.; MORALES, F. Stomatal and mesophyll conductances to CO₂ are the main limitations to photosynthesis in sugar beet (*Beta vulgaris*) plants grown with excess zinc. **New Phytologist**, Cambridge, v. 187, n. 1, p. 145-158, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03241.x>>. Acesso em: 21 dez. 2020.

SANTOS, C. J. J. **Evolução da qualidade de cebola armazenada, variedades “Pandero” e “Legend”, em função da temperatura e aplicação de hidrazida maleica**. 2014. 64f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Sustentável) – Escola Superior Agrária, Santarém, 2014.

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.

SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M.; CASTRO, C. Estudo de micronutrientes na cultura da soja em um Latossolo Roxo eutroférico argiloso de Londrina, PR, Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Soja, n. 16, p. 1-7, 1994.

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Londrina, 2008. 148p. (Embrapa Soja. Documentos, 305). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/470934>>. Acesso em: 24 mai. 2020.

SHARMA, K.; ASSEFA, A. D.; KO, E. Y.; LEE, E. T.; PARK, S. W. Análise quantitativa de flavonóides, açúcares, fenilalanina e triptofano em escamas de cebola durante o estorativa sob as condições ambientais. **Journal of Food Science and Technology**, n. 52, p. 2157–2165, 2015.

SHARMA, K.; LEE, Y. R. Efeito de armazenamento diferente temperatura na composição química da cebola (*Allium cepa* L.) e suas enzimas. **Journal of Food Science e Technology**, n. 53, p. 1620-1632, 2016.

SILVA, L. R. R. **Desempenho agrônômico de cebola em função da adubação fosfatada**. 2018. 70f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

SOARES, A. M. **Avaliação de cultivares de alho no município de Governador Dix-sept Rosado-RN**. 2013. 104f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN.

SOUZA, R. B.; RESENDE, F. V.; MADEIRA, N. R. **Nutrição e Adubação**. 2012. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/sistemas_producao/cultivo_da_cebola/nutrnutr_e_adubacao.htm>. Acesso em: 29 abr. 2020.

TARPAGA, W. V. et al. Effects of the production season and the size of onion bulbs (*Allium cepa* L.) on their storage life at room temperature and humidity in Burkina Faso. **Agric. Biol. J. N. Am.**, v. 2, n. 7, p. 1072-1078, 2011.

THOMAZELLI, L. F. **Manejo Fitossanitário na cultura da cebola**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 19-162.

TRANI, P. E.; BREDÁ JUNIOR, J. P.; FACTOR, L. F. **Calagem e adubação da cebola (*Allium cepa* L.)**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2014.

TRIVEDI, A.; DHUMAL, K. N. Effect of Micronutrients, Growth Regulators and Organic Manures on Yield, Biochemical and Mineral Component of Onion (*Allium cepa* L.) Grown in Vertisols. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, Índia, v. 6, n. 5, p. 1759-1771, 2017.

VALLADARES, G. S.; SANTOS, G. C. G.; ABREU, C. A.; CAMARGO, O. A.; FERRERO, J. P. Zinco total e disponível em amostras de perfis de solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 1105-1114, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052009000400031>>. Acesso em: 19 dez.

VANOMARK, G. M. M. S.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; BEZERRA, J. R. C.; SANTOS, C. A. C.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, S. T. A.; BEZERRA, B. G. Energy balance partitioning and evapotranspiration from irrigated Muskmelon under Semi-Arid Conditions. **Bragantia**, Campinas, v. 77, n. 1, p. 168-180, 2018.

WESSELLS, K. R.; BROWN, K. H. Estimating the global prevalence of zinc deficiency: results based on zinc availability in national food supplies and the prevalence of stunting. **Plos One**, San Francisco, v. 7, n. 11, p. 1-11, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0050568>>. Acesso em: 20 dez. 2020.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R.; HAMMOND, J. P.; RAMSAY, G.; SUBRAMANIAN, N. K.; THOMPSON, J.; WRIGHT, G. Biofortification of potato tubers using foliar zinc-fertilizer. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford, v. 87, n. 2, p. 123-129, 2012.

WOLDETSADIK, S. K.; WORKNEH, T. S. Effects of Nitrogen Levels, Harvesting Time and Curing on Quality of Shallot Bulb. **African Journal of Agricultural Research**, n. 5, p. 3342-3353, 2010.

WOODS, J. L. Moisture loss from fruits and vegetables. **Postharvest News and Information**, v. 1, n. 3, p. 195-199, 1990.

WORDELL FILHO, J. A.; BOFF, P. Doenças de origem parasitária. In: WORDELL FILHO, J. A.; ROWE, E.; GONÇALVES, P. A. S.; DEBARBA, J. F.; BOFF, P.; YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, p. 508-514, 1954.

YOO, K. S. et al. Changes in flavor precursors, pungency, and sugar content in short-day onion bulbs during 5-month storage at various temperatures or in controlled atmospheres. **J. Food Sci.**, 77, 216-221, 2012. Disponível em <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1750-3841.2011.02529.x/full>>. Acesso em: 22 jul. 2020.