

SAYURI BEATRIZ HARA NODA

**CURVA DE CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM HÍBRIDOS DE
CEBOLA**

Botucatu

2018

SAYURI BEATRIZ HARA NODA

**CURVA DE CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM HÍBRIDOS DE
CEBOLA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestra em Agronomia (Horticultura).

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes

Coorientador: Dr. Ricardo Lima dos Santos

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

N761c Noda, Sayuri Beatriz Hara, 1993-
Curva de crescimento e acúmulo de nutrientes em híbridos de cebola / Sayuri Beatriz Hara Noda. - Botucatu: [s. n.], 2018
71 p.: grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2018
Orientador: Dirceu Maximino Fernandes
Coorientador: Ricardo Lima dos Santos
Inclui bibliografia

1. Cebola - Nutrição mineral. 2. Marcha de absorção.
I. Fernandes, Dirceu Maximino. II. Santos, Ricardo Lima dos. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

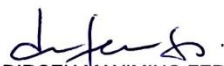


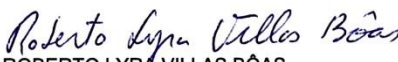
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CURVA DE CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM HÍBRIDOS DE CEBOLA

AUTORA: SAYURI BEATRIZ HARA NODA
ORIENTADOR: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES
COORIENTADOR: RICARDO LIMA DOS SANTOS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES
Depto de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu


Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS
Depto de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu


Dra. CAMILA PAULA ROSSETTO PESCATORI JACON
DEPTO SOLOS E RECURSOS AMBIENTAIS / Botucatu

Botucatu, 07 de agosto de 2018

*A minha mãe,
a melhor mãe do mundo,
dedico.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me permitir vivenciar essa experiência, por me guiar e iluminar meu caminho. Pelos momentos difíceis que me ajudou a enfrentar e por sempre me dar força e paciência.

A minha mãe pelo apoio, dedicação, compreensão e pelas broncas também, que nunca mediu esforços para a realização dos meus sonhos. O caminho nem sempre foi fácil, mas conseguimos superar tudo isso.

Aos meus irmãos, Mayumi e Yuiti pelo companheirismo e conselhos.

A minha companheira de quatro patas, Fifi que apesar de não ter contribuído cientificamente, contribuiu no apoio psicológico.

Ao orientador Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes, pela confiança, paciência, ensinamentos e amizade. Muito obrigada por acreditar no meu potencial.

Ao coorientador Dr. Ricardo Lima dos Santos por todo o conhecimento compartilhado, pela paciência e confiança.

A Sakata Seed Sudamerica por ceder a área para realização do experimento, bem como o material utilizado. Agradeço imensamente pela parceria e acolhimento.

Aos funcionários do Setor de Melhoramento de Hortaliças 4 por terem me auxiliado durante todo o experimento e supervisionado a área quando não pude estar presente.

A UNESP FCA/Botucatu por esses quase oito anos de acolhimento.

A Prof. Dra. Regina Marta Evangelista por ceder o laboratório de pós-colheita do Departamento de Horticultura para a realização das análises e a técnica do laboratório Márcia Adriana pelo auxílio nas mesmas.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Recursos Ambientais, pela assistência e colaboração.

As amigas que o mestrado me proporcionou e as antigas que a FCA me deu e que permaneceram. Douglas, Estefânia, Kim, Lizandra, Marcela Baias, Marcela Bob, Natália Gavilan, Renan e Zildélia, muito obrigada por terem me ajudado diretamente neste trabalho, agradeço de coração pela ajuda nas coletas e avaliações. E muito obrigada aos meus amigos do grupo “Menos Pala” pelo companheirismo, pelas risadas e pelo apoio.

A minha amiga e “mãe científica”, Camila, pela amizade, ensinamentos e conselhos.

A todos os professores das disciplinas cursadas durante o mestrado.

Ao Conselho do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Horticultura pela oportunidade de cursar o mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização dessa etapa.

“O sucesso é ir de fracasso em fracasso sem perder entusiasmo.”

Winston Churchill

RESUMO

As curvas de absorção de nutrientes e o acúmulo de matéria seca em função da idade da planta possibilitam conhecer os períodos de maior exigência dos nutrientes e de produção de massa de matéria seca, obtendo-se informações seguras quanto às épocas mais convenientes de aplicação de fertilizantes. Frequentemente, empresas privadas, empresas públicas e cooperativas estão desenvolvendo novos híbridos e cultivares de cebola adaptadas às variadas condições climáticas, com diferentes exigências nutricionais. Desse modo, são necessários estudos envolvendo as curvas de absorção de nutrientes dos diversos genótipos lançados, no sentido de aprimorar as recomendações de calagem e adubação. O objetivo do projeto foi obter a curva de absorção de nutrientes em híbridos de cebola em condições de campo. O projeto foi desenvolvido em parceria com a empresa Sakata Seed Sudamerica Ltda que forneceu o material utilizado para o experimento. As plantas amostradas periodicamente foram analisadas para os teores de macro e micronutrientes seguindo metodologia descrita na literatura. Os resultados dos teores de nutrientes foram multiplicados pela massa seca da parte aérea, bulbos e raízes, para gerar a quantidade de nutrientes contida nas plantas de cebola e assim, poder gerar a curva de absorção. Além disso, os bulbos colhidos foram analisados quanto às características físicas e químicas para fins de caracterização do material. De modo geral ambos os materiais se comportaram de modo semelhante quanto ao acúmulo de nutrientes. A quantidade de extração apresentaram dados relevantes para o manejo da adubação dos híbridos estudados. As quantidades exportadas demonstraram que ambos os materiais foram eficientes na conversão de nutrientes para formação de bulbos.

Palavras-chave: *Allium cepa*. Nutrição mineral. Marcha de absorção.

ABSTRACT

The absorption march of nutrients and the accumulation of dry matter through plant's growth stages provide information about periods of highest nutrient demand and dry mass production, obtaining reliable data on the most advantageous moment of application of fertilizers. Often, private companies, public companies and co-ops develop new onion hybrids and cultivars adapted to varied climate conditions with different nutritional requirements. Thus, researches about the nutrients absorption march of different cultivars are essential, in order to improve the liming and fertilization recommendations and to increase the onion yield. The purpose of this study was to determine the growth and nutrients uptake by two different onion hybrid plants under field conditions. The project was developed in partnership with the company Sakata Seed Sudamerica Ltda that provided the material used in the experiment and location. The plants collected were analyzed for macronutrients and micronutrients contents according to methodology described in literature. The analyses were done by the University's laboratory. The results of the analyses were multiplied by the dry matter of leaves, bulbs and roots, in order to obtain the amount of nutrients in the onion plants. Further, the harvested bulbs were analyzed for physical and chemical characteristics to characterization purposes. In general, both genotypes behaved similarly to nutrient accumulation. The amount of extraction presented relevant data for the management of the fertilization of the studied hybrids. The exported quantities showed that both materials were efficient in converting nutrients to bulb formation.

Key-words: *Allium cepa*. Plant nutrition. Nutrient uptake.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Comprimento (cm) da parte aérea (A) e, raízes (B), diâmetro de bulbos (C) das plantas de cebola em função das épocas de amostragem.....	40
Figura 2 –	Massa seca da parte aérea (PA), raízes e bulbos de plantas de cebola em função das épocas de amostragem.....	42
Figura 3 –	Quantidade de nitrogênio (N) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat).....	47
Figura 4 –	Quantidade de fósforo (P) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat).....	48
Figura 5 –	Quantidade de potássio (K) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat).....	49
Figura 6 –	Quantidade de cálcio (Ca) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat).....	51
Figura 7 –	Quantidade de magnésio (Mg) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat).....	52
Figura 8 –	Quantidade de enxofre (S) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat).....	54
Figura 9 –	Quantidade de boro (B) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat).....	55
Figura 10 –	Quantidade de cobre (Cu) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat).....	56
Figura 11 –	Quantidade de ferro (Fe) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat).....	58

Figura 12 – Quantidade de manganês (Mn) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat).....	59
Figura 13 – Quantidade de zinco (Zn) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat).....	60
Figura 14 – Produtividade em t ha ⁻¹ para os materiais 4241 e 4243.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise química inicial do solo para fins de fertilidade.....	31
Tabela 2 – Análise química de micronutrientes do solo para fins de fertilidade	31
Tabela 3 – Análise física: composição granulométrica e textura do solo da área experimental.....	31
Tabela 4 – Dados edafoclimáticos da região durante o período do experimento.....	32
Tabela 5 – Características dos materiais utilizados.....	32
Tabela 6 – Delineamento experimental.....	33
Tabela 7 – Descrição dos estádios fenológicos da cebola.....	34
Tabela 8 – Classificação de bulbos de cebola de acordo com diâmetro.....	36
Tabela 9 – Teor de nutrientes na parte aérea das plantas de cebola em função dos dias após o transplante (dat) para o material 4241.....	43
Tabela 10 – Teor de nutrientes nas raízes das plantas de cebola em função dos dias após o transplante (dat) para o material 4241.....	44
Tabela 11 – Teor de nutrientes nos bulbos das plantas de cebola em função dos dias após o transplante (dat) para o material 4241.....	44
Tabela 12 – Teor de nutrientes na parte aérea das plantas de cebola em função dos dias após o transplante (dat) para o material 4243.....	44
Tabela 13 – Teor de nutrientes nas raízes das plantas de cebola em função dos dias após o transplante (dat) para o material 4243.....	45
Tabela 14 – Teor de nutrientes nos bulbos das plantas de cebola em função dos dias após o transplante (dat) para o material 4243.....	45
Tabela 15 – Classificação dos bulbos em função do diâmetro e massa dos bulbos de cada classe.....	61
Tabela 16 – Extração de macronutrientes pelas plantas (kg ha^{-1}), exportação pelos bulbos (kg ha^{-1}) e porcentagem da exportação dos materiais 4241 e 4243 ao final do ciclo (130 dat).....	62
Tabela 17 – Extração de micronutrientes pelas plantas (kg ha^{-1}), exportação pelos bulbos (kg ha^{-1}) e porcentagem da exportação dos materiais 4241 e 4243 ao final do ciclo (130 dat).....	63
Tabela 18 – pH, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), índice de maturação “ratio” (SS/AT) dos bulbos curados de cebola.....	64

Tabela 19 – Quantidade em porcentagem (%) de açúcar redutor (AR), açúcar total (AT) e sacarose nos bulbos curados de cebola.....	65
Tabela 20 – Teor (%) de umidade, cinzas, fibra bruta, nitrogênio e proteína bruta nos bulbos curados de cebola.....	65

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	23
2.1	Importância econômica.....	23
2.2	Classificação botânica, características gerais e distribuição.....	23
2.3	Exigências edafoclimáticas.....	24
2.4	Tipo de solo e exigências nutricionais.....	25
2.5	Curva de absorção e acúmulo de nutrientes.....	26
2.6	Qualidade físico-química.....	27
2.6.1	Potencial hidrogeniônico e Acidez total titulável.....	27
2.6.2	Sólidos solúveis e relação SS/ATT.....	28
2.6.3	Açúcares redutores, totais e sacarose.....	28
2.6.4	Umidade e cinzas.....	29
2.6.5	Proteína bruta e fibra bruta.....	29
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1	Localização e caracterização da área experimental.....	31
3.2	Descrição do material.....	32
3.3	Instalação e condução do experimento.....	32
3.4	Delineamento experimental.....	33
3.5	Avaliações.....	34
3.5.1	Comprimento da parte aérea, das raízes e diâmetro dos bulbos.....	34
3.5.2	Massa da matéria fresca e seca.....	35
3.5.3	Teor e acúmulo de nutrientes.....	35
3.5.4	Classificação dos bulbos curados e massa.....	36
3.6	Qualidade físico-química.....	36
3.7	Análise estatística.....	38
4	RESULTADOS.....	39
4.1	Comprimento da parte aérea, das raízes e diâmetro dos bulbos.....	39
4.2	Massa da matéria seca.....	41
4.3	Teor de nutrientes nas plantas de cebola.....	43
4.4	Quantidade de nutrientes acumulada nas plantas de cebola.....	45
4.5	Classificação dos bulbos curados e massa.....	61

4.6	Produtividade de cada material.....	61
4.7	Extração e exportação de nutrientes na colheita final.....	62
4.8	Qualidade físico-química.....	64
5	CONCLUSÕES.....	67
	REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

A cebola, pertencente à família *Alliaceae*, é classificada botanicamente como *Allium cepa* L. Tem seu centro de origem a região sudoeste asiática, provavelmente Irã e Paquistão. É uma das plantas cultivadas mais difundida no mundo, estando presente em todos os continentes, exceto a Antártida, devido a sua utilização, seja na alimentação ou no uso medicinal (ANDRADE; RODRIGUES; CRUZ, 2008).

No Brasil a produção de 2015 foi de 1.422.117 toneladas de cebola, ficando atrás apenas das culturas do tomate e da batata. Em relação à área de produção, em 2015 foi de 56,2 mil hectares com uma produtividade de 26.922 kg ha⁻¹ (IBGE, 2015). A principal região produtora é a região Sul do país, sendo responsável por 48,1% da produção nacional de cebola. Dentre os estados produtores, Santa Catarina se destaca como o maior estado produtor com 28,6%, seguindo da Bahia com 21,2% e de Minas Gerais com 11,3% (SILVA et al., 2015).

Dois elementos climáticos importantes para a cultura são o fotoperíodo (número de horas de luz diária) e a temperatura, que controlam a sua adaptação e limitam a recomendação de uma mesma cultivar para uma faixa ampla de latitudes. A escolha inadequada de cultivares para as condições de cultivo (local e época) resulta em baixa produtividade e/ou qualidade ruim dos bulbos.

Outro fator que influencia na produtividade da cultura é o tipo de solo e nutrição das plantas. A cultura se desenvolve em diversos tipos de solo, entretanto, o recomendado é o solo com alto teor de areia para que os bulbos possam se desenvolver sem impedimentos como torrões endurecidos. Em relação às necessidades nutricionais, a cultura é bastante exigente. As carências no solo são facilmente refletidas na planta, sendo que essas deficiências nutricionais influenciam na formação de bulbos e conseqüentemente na produtividade (ANDRADE; RODRIGUES; CRUZ, 2008).

A absorção de nutrientes é diferenciada ao longo do ciclo da cultura, sendo que as curvas ou marchas de absorção representam essa extração de nutrientes pela planta. Tal conhecimento em diferentes estádios serve como base para um manejo racional e adequado de fertilizantes, resultando em menores custos de produção e um melhor aproveitamento dos nutrientes pela cultura, além de poder resultar em um aumento na produtividade. Para cada cultivar ou híbrido é necessário o estudo do comportamento da planta em relação à absorção, pois esta pode variar.

Além disso, o tipo de solo e sua fertilidade podem influenciar na absorção de nutrientes e conseqüentemente na curva de absorção.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo determinar a marcha de absorção de nutrientes para dois híbridos de cebola tipo "crioula" visando aperfeiçoar as recomendações de adubação para estes materiais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica

No cenário brasileiro, a cebola, ao lado da batata e do tomate, são as olerícolas economicamente mais importantes tanto pelo volume produzido quanto pela renda gerada. A principal região produtora é a região Sul (PR, SC e RS), contribuindo com 52,4% da produção nacional, seguida da região Sudeste (SP e MG) com 30,3% e Nordeste (PE e BA) com 17,3% (COSTA, 2002). No ano de 2015 a região Sul foi responsável por 48,1% da produção nacional (IBGE, 2015). Em 2017, o Sul novamente foi a maior região produtora, contribuindo com 803 mil toneladas, o total produzido no país foi 1.683.599 toneladas. A área colhida na região Sul foi 33.425 hectares (AGRIANUAL, 2018).

A área plantada em hectare sofreu uma leve redução de 2006 a 2016, de 63.314 ha para 57.464 ha, entretanto a produtividade aumentou razoavelmente, de 21,2 t ha⁻¹ para 28,8 t ha⁻¹ (FAO, 2016).

O cultivo da cebola concentra-se principalmente em pequenas propriedades, tendo uma importância socioeconômica, demandando grande quantidade de mão de obra e fixando o homem no campo (COSTA, 2002).

2.2 Classificação botânica, características gerais e distribuição

A cebola comum (*Allium cepa* L.) é classificada como uma monocotiledônea pertencente à família *Alliaceae*. Seu centro de origem ainda é incerto, uma vez que não há registros de cebola selvagem, ou seja, aquela que não sofreu a seleção ou melhoramento. Contudo, estudos indicam que sua primeira domesticação ocorreu na região sudoeste asiática seguido da região do Mediterrâneo (HALNET, 1990; FRITSCH & FRIESEN, 2002). Há registros de seu cultivo há mais de 4000 anos, sendo que os primeiros registros são originários do Egito (BREWSTER, 2008). Devido à intensa domesticação, há uma grande variabilidade dentro da espécie, ocorrendo cultivares adaptadas a quase todas as regiões do mundo. Além disso, há uma subclassificação de acordo com as características morfológicas, cariológicas e padrões moleculares, são elas: cebolas do grupo comum (Common) que é o mais

importante em termos econômicos, do grupo *Aggregatum* e do grupo *Proliferum* (Ever-ready) (FRITSCH & FRIESEN, 2002)

É uma planta herbácea que pode ser cultivada como anual para a produção de bulbos, ou como bianual se o intuito for a produção de sementes. Sua propagação pode ser feita através de sementes, bulbos ou bulbinhos (FRITSCH & FRIESEN, 2002).

A germinação da semente é do tipo epígea, ou seja, o desenvolvimento do cotilédone ocorre acima da superfície do solo. As fases da germinação constituem no desenvolvimento da raiz primária, seguido do desenvolvimento da folha cotiledonar que se dobra em forma de arco. Sucessivamente, a folha cotiledonar se desdobra e ocorre o início do desenvolvimento da primeira folha verdadeira originária do ápice caulinar (BEWLEY & BLACK, 1994).

As folhas, podendo ser cerosas ou não, apresentam disposição alternada, formando duas fileiras ao longo do caule. As bainhas foliares, nas quais as folhas se inserem, projetam-se acima da superfície do solo e formam uma estrutura firme, geralmente chamada de caule, mas que, na realidade, é um pseudocaule. O caule verdadeiro está localizado abaixo da superfície do solo e é composto por um disco achatado (prato), localizado na extremidade inferior do bulbo que emite raízes fasciculadas, pouco ramificadas, com maior concentração nos primeiros 30 cm do solo, mas que podem alcançar 60 cm de profundidade. Em geral, as raízes raramente alcançam 25 cm de profundidade (KIILL et al., 2007). O bulbo é do tipo tunicado, compacto, originado de folhas superpostas modificadas. A bainha foliar mais externa constitui uma película seca, com coloração que varia conforme cultivar, bem como o formato e tamanho do bulbo (FILGUEIRA, 2008).

2.3 Exigências edafoclimáticas

Os elementos climáticos influenciam fortemente a cultura, sendo a mesma considerada rústica, uma vez que esteja em regiões de clima ameno e na época mais adequada para cada variedade (BREWSTER, 2008). Luz é provavelmente o fator ambiental mais relevante envolvido no crescimento e desenvolvimento de plantas. Fisiologicamente, a cebola é uma espécie de dias longos para bulbificação que, geralmente, não bulbifica em dias com duração inferior a 10 horas de luz. Sob fotoperíodos muito curtos, as plantas não bulbificam mesmo após longos períodos

de estágio vegetativo. Uma vez satisfeita a exigência em fotoperíodo, tem início a formação do bulbo, independentemente do tamanho da planta (RESENDE et al., 2007). Outros fatores também podem afetar na bulbificação, como, temperatura, que deve oscilar entre 15º e 23ºC e adubação nitrogenada (ANDRADE; RODRIGUES; CRUZ, 2008).

As cultivares de cebola são classificadas em função do número de horas de luz diária exigida para que as plantas formem bulbos comercializáveis, são três classes: de dias curtos (DC); de dias intermediários (DI); e de dias longos (DL). As DC iniciam a bulbificação em dias com pelo menos 10 a 12 horas de luz; as DI exigem dias com 12 a 13 horas de luz; as DL exigem mais de 13 horas de luz diária.

No Brasil, em função dos fotoperíodos que ocorrem ao longo do ano, as cultivares possíveis de serem plantadas em condições normais de temperatura são as dos tipos DC e DI. As cultivares DC podem ser cultivadas em quaisquer regiões, enquanto as DI são mais adaptadas ao cultivo na região Sul do Brasil, desde que plantadas na época certa. Cultivares DL não bulbificam bem, mesmo nas condições de dias intermediários do extremo Sul do Brasil, devido ao fotoperíodo insuficiente para bulbificação.

2.4 Tipo de solo e exigências nutricionais

O solo recomendado para a cultura é o solo com alto teor de areia, solos muito argilosos ou com pedras e torrões dificultam o desenvolvimento de bulbos e a colheita mecanizada (BREWSTER, 2008). Os solos mais adequados são os de textura média, variando do franco-arenoso ao areno-argiloso, com bom arejamento, fundos e bem drenados, mas com boa capacidade de retenção de água (ANDRADE; RODRIGUES; CRUZ, 2008).

Um outro fator que afeta imensamente a produtividade é a salinidade do solo. A cebola é uma das culturas mais sensíveis à salinidade, sendo assim, é recomendado evitar áreas com essa característica (ALLEN et al., 1998).

Antes da implantação da cultura é necessário o preparo de solo, nessa operação também é realizada a adubação de base. As quantidades de fósforo (P) e potássio (K) variam entre 26 – 129 kg ha⁻¹ para P e 50 – 250 kg ha⁻¹ para K, a quantidade exata será definida através dos níveis pré-existentes no solo (BREWSTER, 2008), além do material genético utilizado. Já para o nitrogênio (N),

Magalhães (1993) cita estudos em que a cultura respondeu a doses que variam de 60 a 150 kg ha⁻¹ parcelados.

O pH adequado para o bom desenvolvimento da cultura encontra-se entre 6 e 7, abaixo de 5,8 o rendimento diminui, e acima de 7,0 ocorre um desequilíbrio fisiológico, ocasionando desenvolvimento e formação de bulbos defeituosos (ANDRADE; RODRIGUES; CRUZ, 2008).

A cultura é bastante exigente em nutrientes, sendo necessária a análise de solo antes da instalação da cultura para otimizar a recomendação de adubação e calagem. As deficiências nutricionais são facilmente refletidas na planta e podem afetar no seu desenvolvimento e na formação de bulbos. Devido a isso, muitos produtores realizam adubações excessivas, principalmente para o N. Brewster (2008) relata que para obter a máxima produtividade, as adubações nitrogenadas são feitas em quantidades elevadas, levando a um aumento de N residual no solo. No entanto, há a necessidade de cuidados em relação à elevação da salinidade do solo, para isso, é feito o parcelamento da adubação.

Contudo, adubações em quantidades excessivas também são prejudiciais à cultura, podendo afetar na produção e formação de bulbos, bem como na sua conservação pós-colheita e armazenamento (ANDRADE; RODRIGUES; CRUZ, 2008).

2.5 Curva de absorção e acúmulo de nutrientes

A curva de absorção de nutrientes geralmente segue o padrão de crescimento da planta. Entretanto, as quantidades de nutrientes extraídas pela planta podem variar de acordo com a cultivar, produtividade e tipo de solo (MAGALHÃES, 1993). O crescimento da planta é bastante lento até os 100 dias, sendo pequena a absorção de nutrientes durante esse período (HAAG et al., 1970). Ainda de acordo com Haag et al. (1970), trabalhando com a cultivar Baía Periforme Precoce em condições de casa de vegetação, observaram que os nutrientes são absorvidos em quantidades reduzidas até 100 dias, aumentado substancialmente até os 160 dias. Os elementos que mais foram absorvidos em termos de porcentagem na matéria seca foram potássio e nitrogênio. Já em relação à concentração de nutrientes na planta, nos diferentes estádios fenológicos, nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio (Ca) atingiram um máximo aos 130 dias. Nessa época as concentrações foram: N – 4,49 e 3,31%,

P – 0,39 e 0,40%, K – 5,91 e 4,41% e Ca – 0,40 e 0,53%, nas folhas e nos bulbos, respectivamente. Contudo, estudos de outros autores apontam teores mais baixos, correlacionados com um máximo de produção: N – 2,1%, P – 0,24% e K – 1,9% nas folhas (LIEROP et al., 1980).

Vidigal et al. (2010) trabalhando com a cultivar Alfa Tropical em condições de campo, constataram que K foi o nutriente mais absorvido pela planta inteira (folha, bulbo e raízes), seguidos do N, Ca, P, S e Mg, sendo que a máxima absorção, para os três primeiros, ocorreu aos 116 dias após a semeadura e 117 dias para os demais.

Tais dados são relevantes, pois é possível conhecer a curva de absorção de nutrientes e o acúmulo de nutrientes e matéria seca de cada material trabalhado. O conhecimento dos padrões de acúmulo de nutriente e de matéria seca de uma cultivar é importante para se avaliar a remoção dos nutrientes da área de cultivo. Como observado, a absorção de nutrientes durante o ciclo é diferenciada, sendo muito lenta na fase inicial da planta e intensificando-se na formação do bulbo. Sendo assim, a concentração de nutrientes nos diferentes estádios de desenvolvimento também deve ser levada em consideração para a recomendação de adubação (HAAG et al., 1981; VITTI et al., 1994; MALAVOLTA et al., 1997). Desse modo, os conhecimentos da marcha de absorção, os estádios de desenvolvimento da planta e tipo de solo, auxiliam uma recomendação de adubação mais eficiente, levando a uma diminuição nos custos de produção, otimização de mão-de-obra e aumento na produtividade.

2.6 Qualidade físico-química da cebola

A qualidade pós-colheita engloba várias características de um produto que determinam o grau de aceitação desse produto pelo consumidor. As características podem ser expressas pela integridade, frescor, “flavor” (sabor e aroma) e textura, ou combinadas com outras propriedades físicas, químicas e estéticas (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

2.6.1 Potencial hidrogeniônico e Acidez total titulável

A acidez geralmente é determinada por potenciometria ou titulometria. Os ácidos orgânicos nos tecidos vegetais podem ser encontrados na forma livre ou esterificada. Esses ácidos fracos livres, na presença de sais de potássio, apresentam pequena variação no pH devido ao equilíbrio estabelecido no sistema. Ao se associarem com os sais de potássio constituem em sistemas tampões, que têm importante papel, especialmente na regulação da atividade enzimática. Essa capacidade-tampão permite que ocorram grandes variações na acidez titulável, porém sem modificações no pH (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

A acidez, juntamente com a doçura, pode ser utilizada como ponto de referência do grau de maturação. Pois ao amadurecer, as frutas vão perdendo acidez rapidamente. Embora em alguns casos, pode ocorrer um pequeno aumento nos valores (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

2.6.2 Sólidos solúveis e relação SS/ATT

O teor de SS é utilizado como medida indireta do teor de açúcares, visto que seu valor aumenta a medida que esses teores vão se acumulando na fruta. Entretanto seu valor não representa com exatidão o teor de açúcares, devido à presença de outras substâncias dissolvidas no vacúolo, como, por exemplo, vitaminas, compostos fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos etc. Contudo o teor de açúcares é o mais representativo, chegando a constituir até 85-90% (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Sua determinação é simples, podendo ser executada no campo com auxílio de um refratômetro. O resultado geralmente é expresso em °Brix. Apenas o teor de SS não é um indicativo seguro do grau de maturação sendo necessárias outras avaliações, como a determinação da acidez. A relação SS/ATT é também uma das formas mais utilizadas para a avaliação do sabor, tendo maior significância que a determinação isolada de açúcares ou acidez (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

2.6.3 Açúcares redutores, totais e sacarose

Durante o processo respiratório, os carboidratos são oxidados para a produção de energia. Desse modo a concentração desses compostos muda gradativamente nas células vegetais e representa um parâmetro que pode ser

utilizado para o acompanhamento das condições pós-colheita dos produtos hortícolas, em conjunto com outras avaliações. No decorrer da maturação, ocorre o acúmulo de açúcares simultâneo com a redução da acidez. Sua quantificação é importante para a avaliação do grau de doçura do produto (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

2.6.4 Umidade e cinzas

De modo geral, a umidade representa a água contida no alimento. Pode ser classificada em umidade superficial, àquela que está presente na superfície externa do alimento, facilmente evaporada; e em umidade adsorvida, referente à água ligada, encontrada no interior do alimento, sem se associar quimicamente com o mesmo. A umidade corresponde à perda de massa sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida. Nesse processo, outras substâncias também são volatilizadas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

As cinzas, ou resíduo por incineração, é nome dado ao resquício obtido por aquecimento de um produto em temperatura próxima a 550-570°C. Nem sempre este resíduo representa todas as substâncias inorgânicas presentes na amostra, devido o aquecimento da amostra volatilizar ou reduzir alguns sais. Frequentemente, os métodos de determinação de umidade e de cinzas são combinados, incinerando o resíduo obtido na determinação de umidade (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

2.6.5 Proteína bruta e fibra bruta

A determinação de proteínas baseia-se na determinação de nitrogênio. Tal método consiste basicamente em três etapas: digestão, destilação e titulação. A matéria orgânica é decomposta e o nitrogênio presente é transformado em amônia. O conteúdo de nitrogênio difere do conteúdo de proteínas em aproximadamente 16%, sendo assim, utiliza-se o fator empírico de 6,25 para transformar a massa em g de nitrogênio encontrado em massa em g de proteínas. Em alguns casos utiliza-se fator 6,25 diferenciado (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

As fibras são os resíduos orgânicos obtido em certas condições de extração. O termo foi proposto por Hipsely e definido por Trowell, como sendo os componentes das paredes celulares vegetais presentes na dieta humana que

resistem à ação das secreções do trato gastrointestinal. As fibras são classificadas em solúveis e insolúveis. A maioria dos alimentos contém uma combinação dos dois tipos de fibras, porém em concentrações diferentes (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi implantado em área da Estação Experimental da Sakata em Bragança Paulista (EEBP), localizada nas coordenadas geográficas 23° de latitude Sul e 48° de longitude Oeste de GRW, com altitude aproximada de 840 metros do nível do mar. Sua classificação climática de acordo com Koeppen é Cwa, caracterizada pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno. O solo foi analisado quimica e fisicamente antes da instalação do experimento (Tabelas 1, 2 e 3).

Os dados climáticos da região estão apresentados na Tabela 4. Os valores são referentes ao período do experimento no campo (junho a novembro). Os dados foram fornecidos pela estação meteorológica da Sakata.

Tabela 1 – Resultado da análise química inicial do solo da área experimental em 2016

pH	M.O.	P _{resina}	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	mmol/dm ³						mg/dm ³		
5,2	22	161	0	33	4,6	53	13	71	103	69	97

Tabela 2 – Resultado da análise química de micronutrientes do solo da área experimental em 2016

B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg/dm ³				
0,95	4,3	54	2,1	7,1

Tabela 3 – Resultado da análise física: composição granulométrica e textura do solo da área experimental em 2016

Areia	Argila	Silte	Textura do Solo
g/kg			
338	502	160	Argilosa

Tabela 4 – Dados climáticos da região durante o período do experimento de Junho a Novembro de 2016 em Bragança Paulista-SP

Mês	Temp.*	Umidade*	Vento*	Chuva**
	°C	%	Km/H	mm
Junho	15,3	83,3	5,3	239,8
Julho	17,2	72,2	5,5	4,2
Agosto	17,9	74,7	5,0	66
Setembro	19,2	76,3	6,8	38,2
Outubro	20,6	78,8	6,2	205,2
Novembro	20,6	80,9	5,3	136,8

*média mensal; **valor acumulado mensal

3.2 Descrição do material

Foram utilizados dois híbridos cedidos pela Sakata Seed Sudamerica. Serão tratados aqui através de seus códigos 4241 e 4243 cujas características estão descritas na Tabela 5.

Tabela 5 – Características dos híbridos utilizados

Características	Material	
	4241	4243
Alto vigor	x	x
Alta produtividade	x	x
Porte ereto	x	x
Alta cerosidade foliar	x	x
Precocidade	x	x
Alto nível de tolerância a doenças foliares	x	
Alto nível de resistência a doenças foliares		x
Bulbos redondos, uniformes e firmes	x	x
Coloração marrom escuro brilhante	x	x
Média pungência		x
Alta pungência	x	
Facilidade na colheita	x	x
Ótima conservação pós-colheita	x	x
Tolerantes ao pendoamento prematuro	x	x

3.3 Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado em área de 50 m² irrigada por aspersor. O preparo do solo foi realizado convencionalmente e, com auxílio do rotoencanteirador, foram delimitados os canteiros. A calagem foi feita visando aumentar saturação por bases do solo a 80% (TRANI & RAIJ, 1997). A adubação de plantio foi realizada

aplicando-se 25,57 kg de sulfato de amônia (5 kg de N), 302 kg de superfosfato simples (54,4 kg de P_2O_5) e 34,10 kg de cloreto de potássio (20,5 kg de K_2O) em uma área de 1.705 m². O que equivale à quantidade de 105 kg ha⁻¹ de sulfato de amônia ou 20,5 kg ha⁻¹ de N; 1.240 kg ha⁻¹ de superfosfato simples ou 224 kg ha⁻¹ de P_2O_5 e 223 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio ou 85 kg ha⁻¹ de K_2O .

As mudas foram semeadas em bandejas no dia 23 de maio de 2016 e transplantadas para o campo no dia 28 de junho de 2016. O plantio foi realizado manualmente em quatro fileiras ao longo dos canteiros, no espaçamento de 8 cm entre plantas por 25 cm entre fileiras. Para cálculo estimado de produtividade, foi considerado 7.000 m² efetivamente cultivados em 1 hectare, resultando em uma população de plantas de 350.000 plantas. A perda de 3.000 m² correspondeu aos espaços entre canteiros. A irrigação por aspersão foi realizada durante todo o ciclo da cultura, exceto nos 10 dias anteriores a colheita.

A adubação de cobertura foi parcelada três vezes. Aplicando-se 70 kg ha⁻¹ de N e 80 kg ha⁻¹ de K_2O aos 25, 45 e 70 dias após o transplante (dat). Sendo que o potássio foi aplicado nas duas últimas datas

Durante todo o ciclo foram adotadas medidas preventivas de controle de pragas e doenças recomendadas para a cultura. A colheita dos bulbos foi realizada aos 130 dat.

3.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com 4 repetições, sendo avaliadas 10 épocas de colheita que correspondem aos tratamentos, sendo apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Delineamento experimental

Tratamento	Colheita	Data	Plantas amostradas
1	1	28/06 (0 dat)	10 plantas
2	2	12/07 (14 dat)	15 plantas
3	3	27/07 (29 dat)	10 plantas
4	4	10/08 (43 dat)	10 plantas
5	5	23/08 (56 dat)	7 plantas
6	6	09/09 (73 dat)	7 plantas
7	7	21/09 (85 dat)	5 plantas
8	8	05/10 (99 dat)	5 plantas
9	9	20/10 (114 dat)	5 plantas
10	10 (colheita final)	08/11 (130 dat)	5 plantas

O número de plantas amostradas variou com a época de colheita para a obtenção da quantidade necessária para a análise nutricional. A amostragem consistiu na coleta de plantas inteiras. Em cada época de plantio foi avaliado o estado fenológico que a planta se encontrava (Tabela 7).

Cada parcela experimental media 1,10 m de largura por 5 m de comprimento. Cada material totalizou área de 25 m².

Tabela 7 – Descrição dos estádios fenológicos da cebola

Estádio fenológico	Descrição
A	Semente
B	Germinação da semente com início da formação do talo ("Loop")
C	Folhas primárias
D	Aparecimento da 2ª e 3ª folha com senescência do cotilédone
E	Aparecimento da 4ª folha e murchamento da 1ª folha
F	Queda da 1ª folha e início da senescência da 2ª e 3ª. Aparecimento de folhas novas
G	Início da bulbificação. Planta atinge altura máxima
H	Aumento de volume de bulbo
I	Início da dessecação das folhas
J	Senescência total das folhas
K	Ponto de colheita do bulbo

Fonte: Manual de Fisiologia Vegetal: Fisiologia de Cultivos – Cebola.

3.5 Avaliações

As plantas coletadas foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Plantas do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas UNESP, Botucatu/SP.

No laboratório foi contado o número de folhas, determinada a altura da parte aérea, o comprimento das raízes e mensurada a massa da matéria fresca e seca. Após a bulbificação foi medido o diâmetro dos bulbos. Posteriormente à colheita, os bulbos foram deixados sobre o canteiro e depois levados ao galpão para o processo de cura de, aproximadamente, trinta dias.

3.5.1 Comprimento da parte aérea, das raízes e diâmetro dos bulbos

O comprimento da parte aérea foi determinado com auxílio de uma régua graduada da base das folhas até a extremidade da maior folha verde de cada planta.

Para a determinação do comprimento de raízes utilizou-se o mesmo procedimento, medindo do começo das raízes até a extremidade da maior raiz de cada planta. Os bulbos foram medidos utilizando paquímetro digital. O número de plantas avaliadas variou conforme época de coleta.

3.5.2 Massa da matéria fresca e seca

As plantas avaliadas foram separadas em parte aérea (PA), raízes e bulbo. A massa da matéria fresca (MMF) foi determinada após a lavagem para retirada de eventuais impurezas e secagem com papel absorvente das mesmas. Após essa avaliação, as plantas foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar, a 65°C até massa constante, depois disso foram pesadas para obtenção da massa da matéria seca (MMS).

3.5.3 Teor e acúmulo de nutrientes

As plantas separadas em raiz, parte aérea e bulbos, foram lavadas com água destilada e detergente para retirada de eventuais impurezas e depois enxaguadas em água deionizada. Após a lavagem, as partes das plantas foram secas com papel absorvente e pesadas para determinação de massa fresca. Logo após a pesagem, as partes das plantas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 65°C constantes. Após a retirada, o material foi pesado para determinação da massa seca e moído em moinho tipo Wiley para ser analisado quimicamente quanto aos teores de macro e micronutrientes seguindo metodologia descrita por Malavolta (1997).

Baseado no teor de nutrientes e na matéria seca foi calculado o acúmulo de macro e micronutrientes nas folhas, raízes e bulbos. Para cálculo de extração foi multiplicado o valor de acúmulo total na planta (somatório de parte aérea + raízes + bulbo) pela população de plantas em um hectare (área efetiva de plantio) e dividido por 1.000.000 para expressar o resultado em kg ha⁻¹. O cálculo de exportação seguiu o mesmo conceito, porém utilizou-se o acúmulo de nutrientes no bulbo na última colheita (130 dat).

3.5.4 Classificação dos bulbos curados e massa

Na colheita e após a cura foi avaliada a massa e diâmetro dos bulbos, bem como sua classificação em função do diâmetro transversal (Tabela 8). Para tal foi utilizada uma mesa de classificação com as classes 1, 2 e 3.

Tabela 8 – Classificação de bulbos de cebola de acordo com diâmetro

Classes	Calibre
5	maior que 90 mm
4	maior que 70 a 90 mm
3 cheio	maior que 60 a 70 mm
3	maior que 50 a 60 mm
2	maior que 35 a 50 mm
1	maior que 15 a 35 mm
0	menor que 15 mm

Fonte: Centro de Qualidade em Horticultura – CEAGESP

3.6 Qualidade físico-química

Os bulbos colhidos foram analisados quanto aos aspectos físicos e químicos para fins de caracterização do material. Para as avaliações, os bulbos foram descascados, picados e triturados com auxílio de um “mixer” para a homogeneização da polpa.

Potencial hidrogeniônico

Utilizando o potenciômetro (modelo Tec-3MP Tecnal), foi mensurado o pH seguindo normas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Acidez total titulável (ATT)

Conforme normas do Instituto Adolfo Lutz (2008) utilizaram-se 5 g de polpa homogeneizada diluída em 100 mL de água destilada mais 2 a 4 gotas de solução indicadora de fenolftaleína. Procedeu-se a titulação com solução padrão de NaOH 0,1N, parando a titulação quando a solução adquiria coloração rosa. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) equivalentes a g de ácido málico por 100 g de amostra.

Sólidos solúveis (SS)

Determinado por refratometria utilizando refratômetro analógico tipo ABBE de acordo com método do Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados foram expressos em graus Brix (°Brix).

Açúcares redutores, açúcares redutores totais e sacarose

Determinado pelo método químico de Somogy adaptado por Nelson (1944). As leituras foram feitas no espectrofotômetro Micronal B382, na faixa de 535 nm. Resultados expressos em porcentagem (%) de açúcares redutores (AR), açúcares totais (AT) e sacarose (Sac).

Teor de umidade e teor de cinzas

O teor de umidade foi determinado através de secagem direta em estufa a 105°C. O teor de cinzas foi obtido através da incineração do produto em mufla a aproximadamente 550-570°C. Ambos os processos foram realizados de acordo com método do Instituto Adolfo Lutz (2008). Resultados expressos em porcentagem (%) de teor de umidade e teor de cinzas.

$$\% \text{ Umidade} = \frac{\text{massa inicial do cadinho (g)} - \text{massa final do cadinho (g)}}{\text{massa da amostra (g)}} \times 100$$

$$\% \text{ Cinzas} = \frac{\text{massa do cadinho com cinzas (g)} - \text{massa do cadinho vazio (g)}}{\text{massa da amostra (g)}} \times 100$$

Teor de fibra bruta

Determinado seguindo normas da AOAC (2005). O teor de fibra bruta foi obtido utilizando tubo digestor de fibras e as soluções de ácido sulfúrico e hidróxido de sódio.

$$\% \text{ Fibra bruta} = \frac{\text{massa do filtro com resíduo seco (g)} - \text{massa do filtro vazio (g)}}{\text{massa da amostra (g)}} \times 100$$

Teor de proteína bruta e teor de nitrogênio

Seguindo as normas da AOAC (2005) foi determinado o teor de proteína bruta e teor de nitrogênio. Obtido utilizando tudo digestor de proteínas e soluções digestoras.

$$\% \text{ Nitrogênio} = \frac{(V - A) \times 0,0014}{\text{massa da amostra (g)}} \times 100$$

Onde:

V = valor da titulação da amostra

A = valor da titulação da prova em branco

0,0014 = fator de correção

$$\% \text{ Proteína bruta} = \% \text{ Nitrogênio} \times 6,25$$

Onde:

6,25 = fator de correção da proteína bruta

3.7 Análise estatística

Os resultados do teor e acúmulo de nutrientes foram submetidos à análise de variância seguida de regressão (5% de probabilidade). Os resultados das análises de pós-colheita foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados foram processados pelo programa estatístico Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Comprimento de parte aérea, raiz e diâmetro dos bulbos

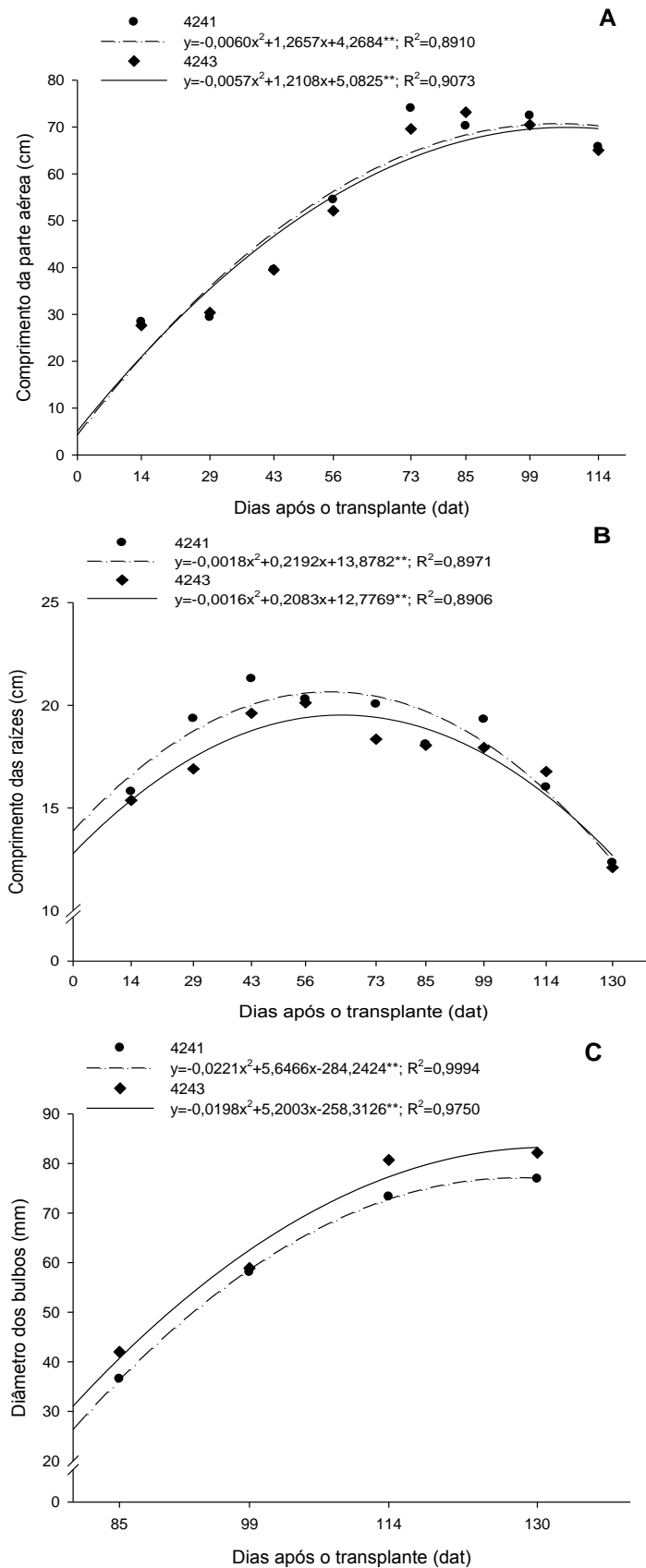
Na Figura 1, são apresentadas as médias de comprimento da parte aérea, raízes e diâmetro dos bulbos. Na 1ª colheita (0 dat) não foram feitas as análises de comprimento. Na última colheita (130 dat) a parte aérea apresentava-se muito deteriorada e por esse motivo não foi realizada a medição de comprimento, uma vez que o parâmetro estabelecido para essa análise foi de folhas verdes.

A parte aérea (Figura 1A) do material 4241 apresentou o maior comprimento aos 73 dat (74 cm), já para o material 4243 ocorreu aos 85 dat (73,2 cm). A partir de 99 dat observou-se um declínio no comprimento da parte aérea e de raízes (Figura 1B), indicando a senescência da planta e o enchimento dos bulbos. Apesar da diferença na época de amostragem ambos materiais apresentaram resultados semelhantes.

Os bulbos (Figura 1C) foram colhidos a partir de 85 dat, provavelmente a sua diferenciação ocorreu entre 73 dat e 85 dat. Aos 85 dat as médias observadas foram de 36,5 mm para o material 4241 e 42 mm para o material 4243. A partir desse ponto as médias de diâmetro ajustaram-se a um modelo quadrático. A maior média ocorreu na ocasião da colheita final (130 dat), 76,8 mm para o material 4241 e 82,2 mm para o material 4243.

Backes et al. (2018) trabalhando com a cultivar Bella Vista da Sakata Seeds® cujo ciclo foi de 140 dias, observaram valores semelhantes (81 mm aos 140 dat), aos 126 dat relataram valor de 78,2 mm, diferença de apenas 2,8 mm entre essa data e a colheita final. Neste experimento as diferenças entre a penúltima colheita e colheita final foram de 3,6 mm e 1,47 mm para os materiais 4241 e 4243 respectivamente. De acordo com os autores, isso é explicado devido à aproximação da colheita final, onde os bulbos param de crescer e passam por um processo fisiológico de maturação.

Figura 1 – Comprimento da parte aérea (A) e raízes (B) e diâmetro dos bulbos (C) das plantas de cebola em função dos dias após o transplante (dat)



4.2 Massa da matéria seca

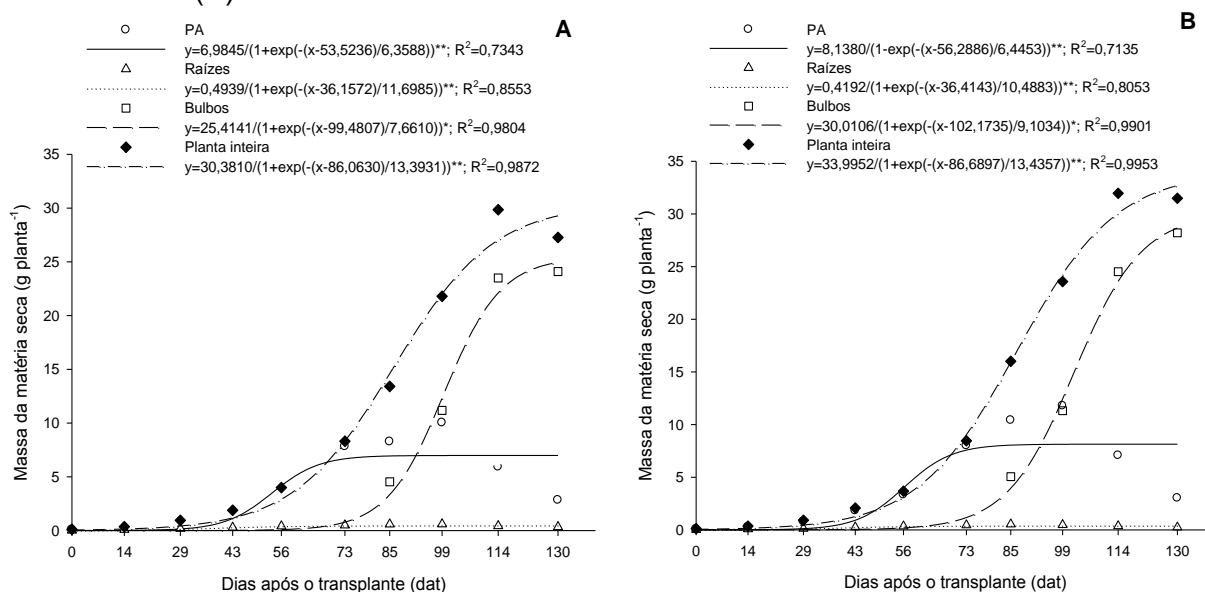
A MMS inicialmente é composta de parte aérea (PA) e raízes (0 dat à 73 dat) (Figura 2). A partir da 8ª colheita (99 dat) ocorreu uma diminuição nos valores da massa seca da PA. Para as raízes o decréscimo ocorre a partir de 99 dat para o material 4241 e 85 dat para 4243, sendo que a massa seca das raízes contribuiu com muito pouco para o valor total da massa da planta (Tabelas 8 e 9). O aumento da massa seca total da planta inteira ocorre devido à formação dos bulbos, aos 85 dat, quando começaram a ser analisados.

Entre a 9ª colheita e a colheita final foi possível observar os estádios fenológicos do desenvolvimento da cebola descritos por Andrade et al. (2008). Onde ocorreu o enchimento de bulbo e o início da dessecação da parte aérea, seguida de sua senescência até o ponto de colheita final. Isso se relaciona com os resultados obtidos de massa seca que de modo geral, mostra um aumento nos valores seguido de uma diminuição, ao passo que a massa seca do bulbo aumenta.

A máxima massa seca total obtida foi de 29,85 g planta⁻¹ aos 114 dat para o material 4241. Para a parte aérea e raízes, o máximo obtido foi aos 99 dat com 10,03 g planta⁻¹ e 0,60 g planta⁻¹, respectivamente. Para o bulbo, a máxima obtida foi aos 24,10 g planta⁻¹ aos 130 dat. Na última coleta cada parte da planta contribuiu com os seguintes valores: PA = 10%, raízes = 1% e bulbo = 88%. Diferentemente da primeira coleta (0 dat) onde a parte aérea contribuiu com 82% e raízes com 18%.

Backes et al. (2018) obtiveram máximo acúmulo de massa seca do bulbo no final do ciclo (140 dat), com 27,4 g planta⁻¹. O total de massa seca obtida foi 31,7 g planta⁻¹. Tais valores são semelhantes aos resultados obtidos do material 4243. Onde a máxima massa seca total observada foi 31,49 g planta⁻¹ no final do ciclo (130 dat). Para a parte aérea o máximo valor foi 11,78 g planta⁻¹ aos 99 dat, para as raízes foi 0,54 g planta⁻¹ aos 85 dat. No caso da massa seca do bulbo, o material mostrou comportamento semelhante ao material 4241, onde o máximo valor ocorreu também no final do ciclo, 28,21 g planta⁻¹. Nessa fase, cada parte da planta contribuiu com os respectivos resultados: PA = 10%, raízes = 1% e bulbo = 90%.

Figura 2 – Massa seca da parte aérea, raízes, bulbos e planta inteira de cebola em função dos dias após o transplante (dat) para o material 4241 (A) e 4243 (B)



O ganho diário de massa seca do material 4241 durante o ciclo foi obtido através da divisão da massa seca de cada época de amostragem pelo número de dias entre as amostragens. Assim para cada intervalo entre amostragens (0-14, 14-29, 29-43, 43-56, 56-73, 73-85, 85-99, 99-114 e 114-130) temos os respectivos incrementos: 0,018; 0,038; 0,075; 0,160; 0,254; 0,439; 0,632; 0,531 e -0,245 g planta⁻¹ dia⁻¹ para o material 4241. Para o material 4243 foram obtidos os seguintes ganhos: 0,022; 0,032; 0,079; 0,129; 0,270; 0,614; 0,556; 0,547 e 0,034 g planta⁻¹ dia⁻¹. Backes et al (2018), reportaram valores diferentes para ciclo de 140 dias e amostragens a cada 14, os ganhos foram: 0,01; 0,01; 0,02; 0,11; 0,10; 0,62; 0,34; 0,88 e 0,18 g planta⁻¹ dia⁻¹. Porém, observou-se que no último intervalo ocorreu uma diminuição no ganho. O mesmo ocorreu para ambos os materiais 4241 e 4243. Similarmente, esse mesmo comportamento foi constatado por Kurtz et al. (2016) que, trabalhando com a cultivar Bola Precoce de ciclo de 120 dias, observaram uma taxa de crescimento absoluto máximo para a planta toda aos 89 dat desacelerando nos 30 dias que antecederam a colheita, evidenciando o processo fisiológico de maturação dos bulbos para a colheita.

4.3 Teor de nutrientes nas plantas de cebola

Os teores de nutrientes na parte aérea, raiz e bulbo estão apresentados nas Tabelas 9 a 11 para o material 4241 e nas Tabelas 12 a 14 para o material 4243.

Foi observado um decréscimo no teor de N na parte aérea a partir de 56 dat. O alto teor inicial no início do ciclo (0 dat) se deve ao fato de ser o dia em que foi realizado o transplante. Ou seja, o substrato muito provavelmente influenciou nos teores de nutrientes. Esse comportamento também foi observado para outros nutrientes, exceto Ca, B e Fe para o material 4241. Para esses o máximo teor ocorreu na ocasião da colheita (130 dat), 22 g kg⁻¹, 61 e 1062 mg kg⁻¹ respectivamente. Para o material 4243 as exceções foram Ca, B, Cu e Fe, com os respectivos teores: 21 g kg⁻¹, 50, 21 e 1161 mg kg⁻¹, sendo que Cu obteve o máximo teor aos 114 dat. O alto teor de Fe observado possivelmente se deve a contaminação do solo, isso também ocorreu nas raízes para ambos os materiais.

Inicialmente (0 dat) o teor de P na parte aérea e raízes para ambos os materiais foi muito elevado quando comparado ao resto do ciclo, onde os valores se mantiveram estáveis. Como explicado anteriormente, o substrato utilizado na produção das mudas pode ter interferido nos resultados. A exceção seria o Ca, onde os teores aumentaram com o passar o de tempo, exceto para os bulbos.

Tabela 9 – Teor de nutrientes na parte aérea das plantas de cebola em função dos dias após o transplante (dat) para o material 4241

MATERIAL 4241											
dat	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g kg ⁻¹ -----						-----mg kg ⁻¹ -----				
0	38	9,7	50	6	3,8	6,0	40	23	141	90	40
14	32	3,0	31	11	3,4	4,7	32	7	152	43	24
29	33	2,0	31	14	3,0	3,0	21	10	126	23	24
43	36	2,1	36	15	3,0	3,1	22	7	96	18	32
56	37	2,7	44	15	2,8	3,5	23	10	138	13	31
73	33	3,0	31	14	2,6	3,3	27	10	110	19	26
85	30	2,5	32	16	2,8	3,6	26	17	174	12	23
99	23	2,0	26	13	3,0	2,9	21	9	105	13	18
114	24	1,7	24	17	3,6	3,1	31	25	164	14	17
130	16	1,0	17	22	3,7	1,3	61	18	1062	20	17
Média	32	2	31	15	3	3	27	10	140	19	24
Referência	25-35	2-4	30-50	15-30	3-5	5-8	30-50	10-30	60-300	50-200	30-100

Tabela 10 – Teor de nutrientes nas raízes das plantas de cebola em função dos dias após o transplante (dat) para o material 4241

MATERIAL 4241											
dat	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					
0	36	28,0	58	4	3,2	7,9	46	30	204	451	188
14	26	6,0	45	5	2,9	6,2	49	21	904	87	90
29	23	2,0	57	4	3,0	5,0	37	28	1331	57	102
43	24	1,9	61	7	3,4	4,5	41	12	874	51	92
56	25	2,2	52	7	2,8	4,4	42	16	1496	28	84
73	25	2,4	45	9	2,9	3,9	45	20	1309	22	72
85	21	1,8	42	11	2,7	3,6	40	24	1379	22	64
99	19	1,7	41	9	2,7	3,1	71	31	6519	22	72
114	18	1,3	25	12	2,5	2,8	81	37	8817	24	85
130	18	1,2	19	13	2,0	1,6	160	32	8445	30	71
Média	24	2	45	8	3	4	46	26	1355	29	85

Tabela 11 – Teor de nutrientes nos bulbos das plantas de cebola em função dos dias após o transplante (dat) para o material 4241

MATERIAL 4241											
dat	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					
85	13	2,0	13	7	1,2	2,3	13	10	48	5	34
99	12	2,2	14	6	1,4	2,3	21	7	46	6	25
114	13	1,7	12	6	1,3	2,6	15	8	41	6	24
130	16	2,1	14	6	1,4	1,7	25	6	37	5	26
Média	13	2	13	6	1	2	18	8	43	6	26

Tabela 12 – Teor de nutrientes na parte aérea das plantas de cebola em função dos dias após o transplante (dat) o material 4243

MATERIAL 4243											
dat	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					
0	40	14,1	45	6	3,9	5,2	37	14	151	62	32
14	31	3,2	30	11	3,3	4,0	28	14	155	39	22
29	32	2,0	29	13	3,0	3,0	19	10	109	17	23
43	34	2,0	36	15	2,8	2,7	22	8	97	21	25
56	36	2,8	40	15	2,6	3,3	21	11	123	12	31
73	33	3,0	31	13	2,3	3,2	25	9	124	12	27
85	29	2,7	33	13	2,7	3,7	25	21	195	12	21
99	21	2,0	23	11	2,5	2,8	19	8	115	14	14
114	24	1,8	26	15	3,3	3,6	23	21	130	13	18
130	18	1,1	20	21	3,4	1,4	50	13	1161	8	20
Média	32	2	31	13	3	3	24	12	127	14	23
Referência	25-35	2-4	30-50	15-30	3-5	5-8	30-50	10-30	60-300	50-200	30-100

Tabela 13 – Teor de nutrientes nas raízes das plantas de cebola em função dos dias após o transplante (dat) para o material 4243

MATERIAL 4243											
dat	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					
0	35	28,0	52	4	3,6	7,1	56	28	238	358	195
14	25	7,8	45	5	3,1	5,0	32	18	995	72	80
29	23	2,0	55	6	3,0	4,0	48	56	1656	45	145
43	23	2,0	62	7	3,7	4,2	47	13	1086	44	104
56	27	2,2	57	7	3,2	4,5	36	17	1581	25	89
73	25	2,6	47	9	2,8	4,2	50	25	1246	22	84
85	21	2,0	46	9	2,7	4,4	47	31	2023	21	80
99	20	1,8	47	11	3,0	3,6	47	32	6929	23	90
114	18	1,5	34	10	2,6	3,3	82	48	8530	24	97
130	18	1,1	20	12	2,1	1,6	163	50	8301	22	99
Média	23	2	47	8	3	4	48	29	1619	24	93

Tabela 14 – Teor de nutrientes nos bulbos das plantas de cebola em dos dias após o transplante (dat) para o material 4243

MATERIAL 4243											
dat	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					
85	14	2,2	12	6	1,1	2,1	11	10	62	5	26
99	13	2,5	14	6	1,3	2,2	20	6	42	6	23
114	13	2,1	12	6	1,4	2,7	16	8	45	6	29
130	18	2,6	14	6	1,4	1,9	23	6	32	5	26
Média	14	2	13	6	1	2	18	7	43	5	26

4.4 Quantidade de nutrientes acumulada nas plantas de cebola

A quantidade de nutrientes acumulada na parte aérea do material 4241 apresentou a seguinte ordem decrescente de acúmulo (g planta⁻¹) de macronutrientes: K (0,267), N (0,256), Ca (0,132), Mg (0,030), S (0,029) e P (0,023). Para os micronutrientes (mg planta⁻¹), a ordem decrescente foi: Fe (3,010), B (0,215), Zn (0,203), Mn (0,149) e Cu (0,145). Para o material 4243 foi observada a seguinte ordem decrescente de acúmulo: K (0,348), N (0,299), Ca (0,135), S (0,039), Mg (0,029) e P (0,028). Para os micronutrientes, ocorreu a seguinte ordem: Fe (3,505), Zn (0,219), B (0,255), Cu (0,213) e Mn (0,165). Para os macronutrientes ambos os materiais mostraram sequência similar, exceto para Mg e S. Para os micronutrientes, apenas o Fe foi nutriente mais acumulado. Esse alto valor se deve a

contaminação do solo. Backes et al. (2018), observaram a seguinte ordem para os macronutrientes (g planta^{-1}): Ca (0,143), N (0,138), K (0,129), Mg (0,041), S (0,025) e P (0,016). Os micronutrientes (mg planta^{-1}) seguiram a ordem: Fe (5,173), B (0,255), Zn (0,181), Mn (0,145) e B (0,077).

Na planta inteira a ordem decrescente de acúmulo de macronutrientes (g planta^{-1}) foi: N (0,451), K (0,441), Ca (0,240), S (0,079), P (0,053) e Mg (0,052). Para os micronutrientes foi obtida a seguinte ordem: Fe (6,730), B (0,825), Zn (0,701), Cu (0,349) e Mn (0,234) para o material 4241. Para o material 4243 a ordem decrescente para os macronutrientes foi: N (0,571), K (0,501), Ca (0,259), S (0,092), P (0,075) e Mg (0,057), para os micronutriente foi: Fe (6,493), Zn (0,874), B (0,844), Cu (0,362) e Mn (0,238).

De modo geral os nutrientes tiveram menor acúmulo ao final do ciclo na parte aérea, isso ocorreu devido a sua senescência e ao início da formação do bulbo, quando ocorre a translocação de fotoassimilados e nutrientes para a o mesmo (BREWSTER, 2008).

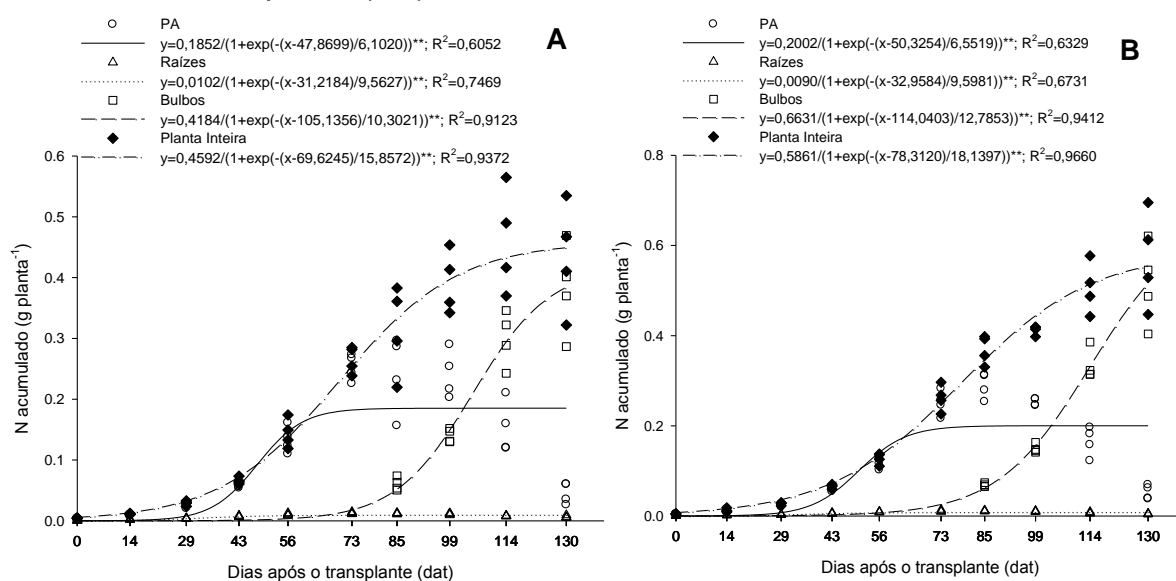
De acordo com os dados obtidos, a quantidade máxima acumulada de N (Figura 3) na parte aérea ocorreu aos 73 dat para o material 4241 e aos 85 dat para o material 4243. Até essa época o acúmulo de N foi lento, após essa data o acúmulo decresceu com o passar do tempo. Isso pode ser explicado através da redistribuição de N na planta para o bulbo. A formação dos bulbos provavelmente ocorreu entre 73 e 85 dat. E seu acúmulo foi crescente até o momento da colheita para ambos os materiais. Sendo o acúmulo máximo observado ao final do ciclo, $0,388 \text{ g planta}^{-1}$ para o 4241 e $0,513 \text{ g planta}^{-1}$ para o 4243, ultrapassando o acúmulo na parte aérea.

Nas raízes (Figura 3), a quantidade acumulada de N foi pouca quando comparada as outras partes da planta. O máximo acúmulo observado ocorreu aos 73 dat para ambos os materiais, $0,012 \text{ g planta}^{-1}$ para o 4241 e $0,011 \text{ g planta}^{-1}$ para o 4243.

Na planta inteira, N foi o nutriente mais acumulado para ambos os materiais, $0,451 \text{ g planta}^{-1}$ para o 4241 e $0,571 \text{ g planta}^{-1}$ para o 4243. Para Kurtz et al. (2016), o N também foi o elemento mais acumulado pelas plantas de cebola, estimado em $0,409 \text{ g planta}^{-1}$. Os autores também observaram que o acúmulo de N no bulbo foi maior que o acúmulo na parte aérea ao final do ciclo. Entretanto, para Pôrto et al. (2006), trabalhando com o híbrido Optima, ciclo de 150 dias, em semeadura direta o N foi o segundo elemento mais acumulado na planta inteira ($0,159 \text{ g planta}^{-1}$), sendo

superado pelo K. O mesmo ocorreu para Vidigal et al. (2010) com a cultivar Alta Tropical em sistema de semeadura direta, onde o acúmulo de N foi $0,192 \text{ g planta}^{-1}$, sendo o segundo mais acumulado. Em sistema de transplante de mudas, o acúmulo foi diferente ($0,212 \text{ g planta}^{-1}$), porém continuou sendo o segundo mais acumulado. Essas diferenças podem ser devidas às cultivares utilizadas, solo, clima ou sistema de cultivo.

Figura 3 – Quantidade de nitrogênio (N) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat)



O fósforo foi o quinto elemento mais acumulado na planta inteira pra ambos os materiais, $0,053 \text{ g planta}^{-1}$ para o 4241 (Figura 4A) e $0,075 \text{ g planta}^{-1}$ para o 4243 (Figura 4B). O máximo acúmulo observado ocorreu na ocasião da colheita final. Na parte aérea o máximo acúmulo obtido de P ocorreu aos 73 dat para o material 4241 ($0,023 \text{ g planta}^{-1}$) e aos 85 dat para o material 4243 ($0,028 \text{ g planta}^{-1}$).

No bulbo, o acúmulo é crescente até o final do ciclo, ao passo que na parte aérea e raízes, após o início da bulbificação, o acúmulo vai diminuindo até os 130 dat. O máximo valor observado ocorre na colheita final, $0,050 \text{ g planta}^{-1}$ para 4241 e $0,072 \text{ g planta}^{-1}$ para 4243. Nas raízes os valores máximos obtidos aos 73 dat não passaram de $0,012 \text{ g planta}^{-1}$ para ambos os materiais.

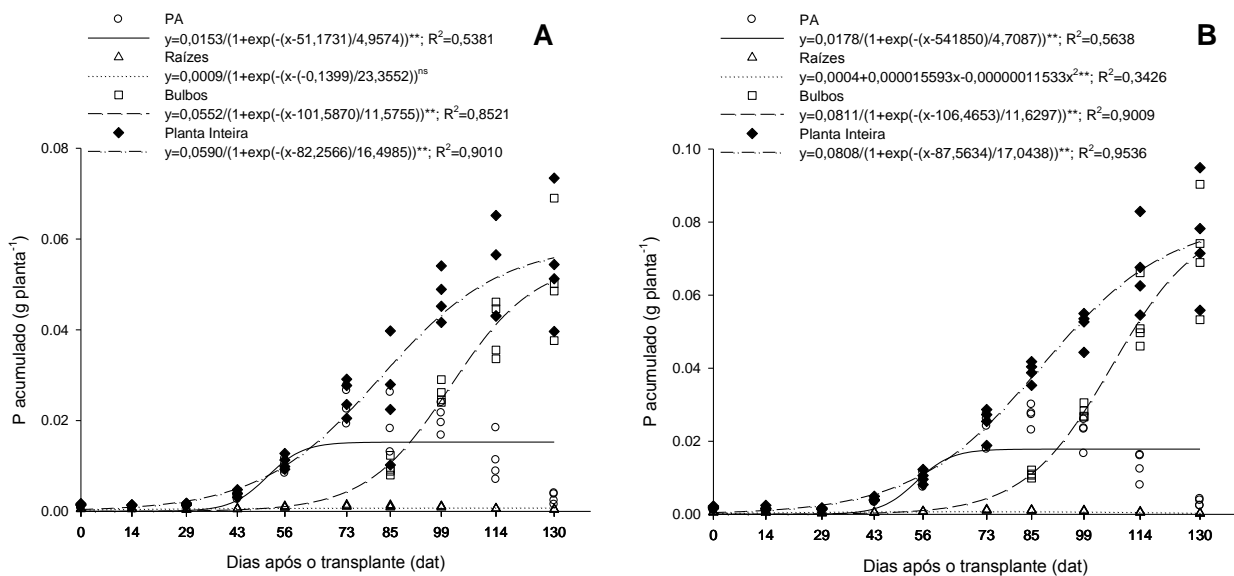
Pôrto et al. (2006), relataram que P foi o elemento acumulado em menor quantidade, $0,021 \text{ g planta}^{-1}$ aos 150 dias após a semeadura. O período de maior

acúmulo foi entre 70 e 130 dias após a semeadura. Ademais, no acúmulo total, o bulbo contribuiu com aproximadamente 61%, ao passo que a parte aérea participou com 39%. O acúmulo de P no bulbo foi crescente até a colheita final.

Do total de P acumulado aos 130 dat pelo material 4241, 94% corresponde ao bulbo, sendo 5% correspondente a parte aérea. Para o material 4243, o bulbo contribuiu com 95% e a parte aérea com 4%. Resultados semelhantes foram relatados por Kurtz et al. (2016) que observaram um maior acúmulo de P no bulbo (69%) do que na parte aérea (31%).

Apesar de ser absorvido em quantidades menores, foi um dos nutrientes mais translocados para o bulbo. Segundo Raij (2011), o P tem papel fundamental no desenvolvimento da planta, ao ser absorvido pela planta ele apresenta alta mobilidade, sendo transferido rapidamente de tecidos velhos para regiões de meristema ativo, participando de diversos processos metabólicos essenciais.

Figura 4 – Quantidade de fósforo (P) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat)

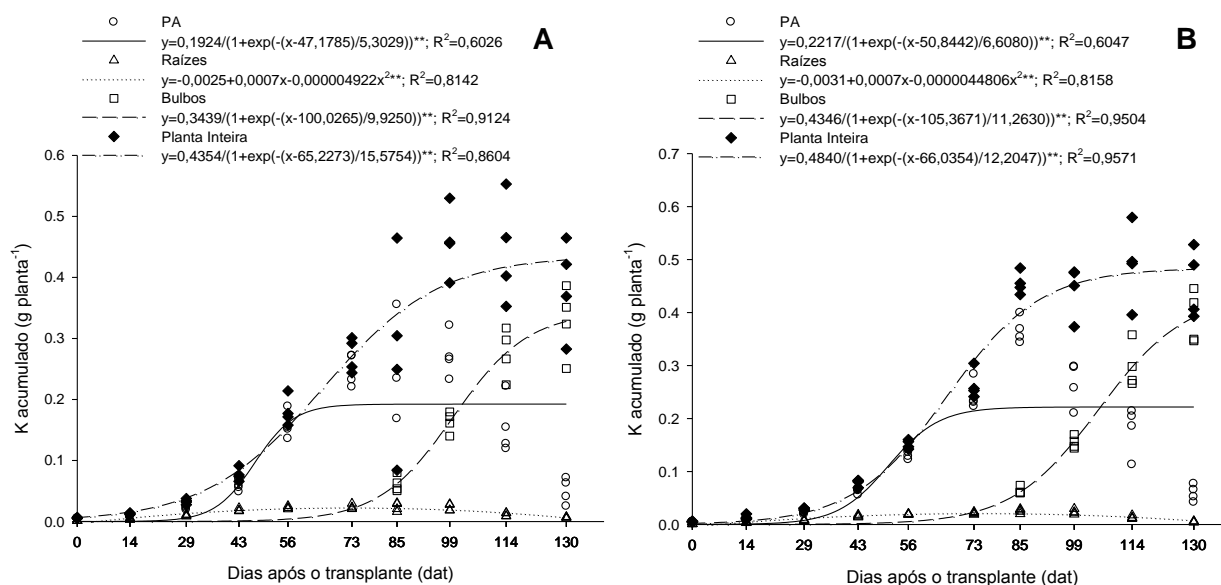


O potássio (Figura 5) foi o segundo elemento mais acumulado na planta inteira e no bulbo, na parte aérea foi o primeiro para ambos os materiais. Na planta inteira o máximo acúmulo observado para o material 4241 foi $0,441 \text{ g planta}^{-1}$ aos 99 dat e para o material 4243 foi $0,501 \text{ g planta}^{-1}$ aos 114 dat. Kurtz et al. (2016) constataram que o K foi o segundo elemento mais acumulado pela planta inteira

(0,346 g planta⁻¹). Para Pôrto et al. (2006), o potássio foi nutriente acumulado em maior quantidade pela cebola (0,273 g planta⁻¹). O resultado obtido do material 4243 (0,501 g planta⁻¹) é similar com o obtido por Backes et al. (2018), 0,521 g planta⁻¹.

Na parte aérea, inicialmente seu acúmulo foi lento. Para o material 4241 (Figura 5A), entre 43 e 56 dat o acúmulo diário nesse período de 13 dias foi 0,0078 g planta⁻¹ dia⁻¹, sendo a maior taxa de absorção. Para o material 4243 (Figura 5B), a maior taxa ocorreu entre 73 e 85 dat, 0,0084 g planta⁻¹ dia⁻¹, seguida de uma queda nos resultados de acúmulo. O máximo acúmulo observado ocorreu aos 85 dat para os dois materiais, 0,267 g planta⁻¹ para o 4241 e 0,348 g planta⁻¹ para o 4243, após essa data a curva decresceu até o momento da colheita final.

Figura 5 – Quantidade de potássio (K) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat)



O acúmulo de K nos bulbos aumentou até os 130 dat, ultrapassando os resultados da parte aérea (0,337 g planta⁻¹ para 4241, 0,381 g planta⁻¹ para 4243), evidenciando o translocamento do nutriente para o dreno. Pôrto et al. (2006), relataram um acúmulo de 0,164 g planta⁻¹ ao final do ciclo. O potássio é extremamente importante para a planta, atuando principalmente na translocação de açúcares e transporte de fotoassimilados da folhas para o dreno, abertura e fechamento dos estômatos e regulação osmótica (MALAVOLTA, 2006). Isso

provavelmente explicaria a grande quantidade de K acumulada na planta e alta demanda no início da bulbificação.

Nas raízes o acúmulo aumentou gradativamente até chegar ao seu máximo observado ($0,025 \text{ g planta}^{-1}$) aos 85 dat para o material 4241 (Figura 5A) e aos 73 dat para o material 4243 ($0,025 \text{ g planta}^{-1}$)(Figura 5B).

O cálcio foi o terceiro elemento mais acumulado pela planta de cebola. O máximo acúmulo obtido ocorreu aos 114 dat para os dois materiais, com $0,240 \text{ g planta}^{-1}$ para o material 4241 (Figura 6A) e $0,259 \text{ g planta}^{-1}$ pra o 4243 (Figura 6B). Pôrto et al. (2006), obtiveram quantidade de $0,150 \text{ g planta}^{-1}$ ao final do ciclo. Resultados semelhantes foram relatados por Kurtz et al. (2016), ao final do ciclo com $0,186 \text{ g planta}^{-1}$; e Moraes (2016), aos 148 dias após a semeadura com $0,260 \text{ g planta}^{-1}$ e $0,380 \text{ g planta}^{-1}$ para os híbridos Aquarius e Soberana, respectivamente.

Do total acumulado de Ca na planta inteira na colheita final, 60% corresponde ao bulbo e 30% a parte aérea para o material 4241, para o material 4243, os bulbos contribuíram com 71% e a parte aérea com 28%. Essa relação poderia ser diferente se caso a parte aérea não se encontrasse tão deteriorada no momento da colheita. Dentre os macronutrientes, Ca é o único cuja contribuição do bulbo foi menor. Para todos os outros nutrientes, o bulbo contribuiu com mais de 75% do valor total. Kurtz et al. (2016) constataram que 58% do total acumulou na parte aérea e 42% no bulbo. Corroborando com Vidigal et al. (2010) que obtiveram acúmulo de 55% na parte aérea e 45% no bulbo; e Pôrto et al. (2006) com 57% na parte aérea e 43% no bulbo. Isso evidencia a pouca mobilidade do elemento e sua baixa redistribuição na planta.

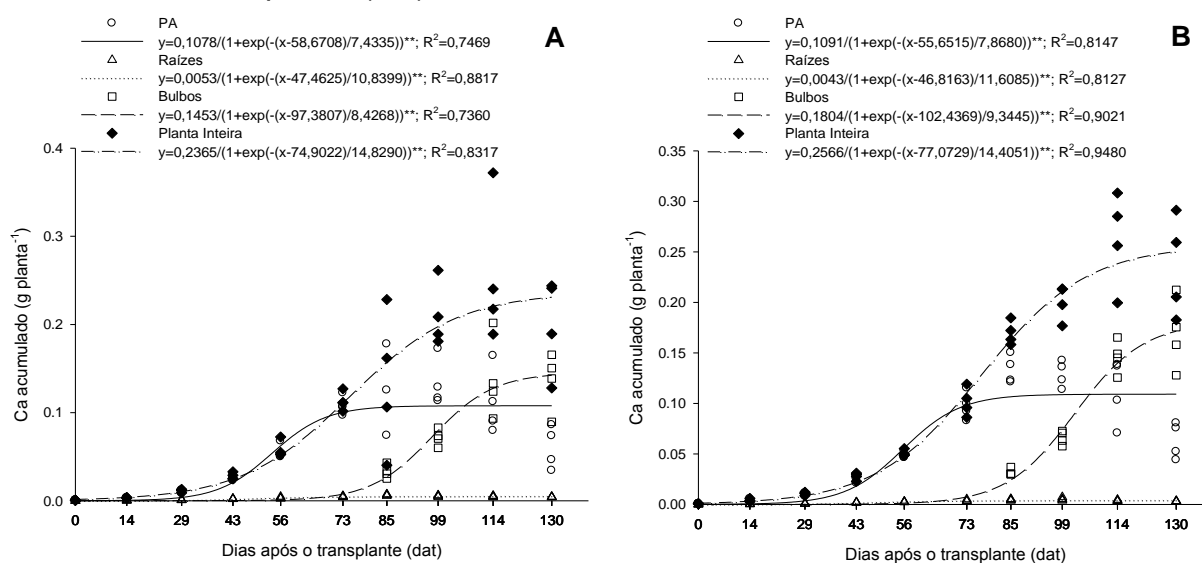
Na parte aérea o máximo acúmulo observado ocorreu aos 99 dat para o material 4241, com $0,132 \text{ g planta}^{-1}$. Para o 4243, o máximo valor obtido ocorreu aos 85 dat com $0,135 \text{ g planta}^{-1}$. Diferentemente de N, P e K, no final do ciclo ambos os materiais apresentaram 46% de Ca acumulado em relação ao acúmulo máximo. Comparando com K, no final do ciclo os dois materiais apresentaram 18% acumulado em relação ao valor máximo.

Nas raízes o acúmulo de Ca atingiu o máximo valor constatado aos 85 dat para o material 4241 ($0,0065 \text{ g planta}^{-1}$) e aos 99 dat para o material 4243 ($0,0051 \text{ g planta}^{-1}$).

Nos bulbos o máximo acúmulo verificado ocorreu na colheita final, com $0,140 \text{ g planta}^{-1}$ para o material 4241 e $0,161 \text{ g planta}^{-1}$ para o material 4243. Estes

resultados são semelhantes ao acúmulo na parte aérea. O Ca é um importante elemento para a conservação pós-colheita da cebola devido ao seu papel como regulador enzimático, mensageiro secundário e função estrutural (MALAVOLTA, 2006).

Figura 6 – Quantidade de cálcio (Ca) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat)



O magnésio foi o macronutriente menos acumulado na planta inteira pelos dois materiais. Com máximo acúmulo observado ocorrendo aos 114 dat, com $0,052 \text{ g planta}^{-1}$ para o material 4241 (Figura 7A) e $0,057 \text{ g planta}^{-1}$ para o material 4243 (Figura 7B). Moraes (2016) observou resultados semelhantes para os híbridos Aquarius e Soberana, $0,050$ e $0,060 \text{ g planta}^{-1}$ respectivamente, ao final do ciclo. Kurtz et al. (2016) também constataram que Mg foi o nutriente menos absorvido pela planta com $0,046 \text{ g planta}^{-1}$.

Do total acumulado no momento da colheita final, 75% correspondeu ao bulbo e 23% a parte aérea, para o material 4241 e 78% nos bulbos e 21% na parte aérea para o material 4243, comportamento semelhante ao Ca. Pôrto et al. (2006) observaram que no fim do ciclo, Mg acumulou $28,5 \text{ mg planta}^{-1}$, desse total 52% acumulou na parte aérea e 48% acumulou no bulbo. Sendo que a parte aérea apresentou maior demanda no período entre 70 e 110 dias após a semeadura. Similarmente, os materiais 4241 e 4243 também apresentaram maior demanda nessa época (70-112 dat). Esse maior acúmulo na parte aérea provavelmente é

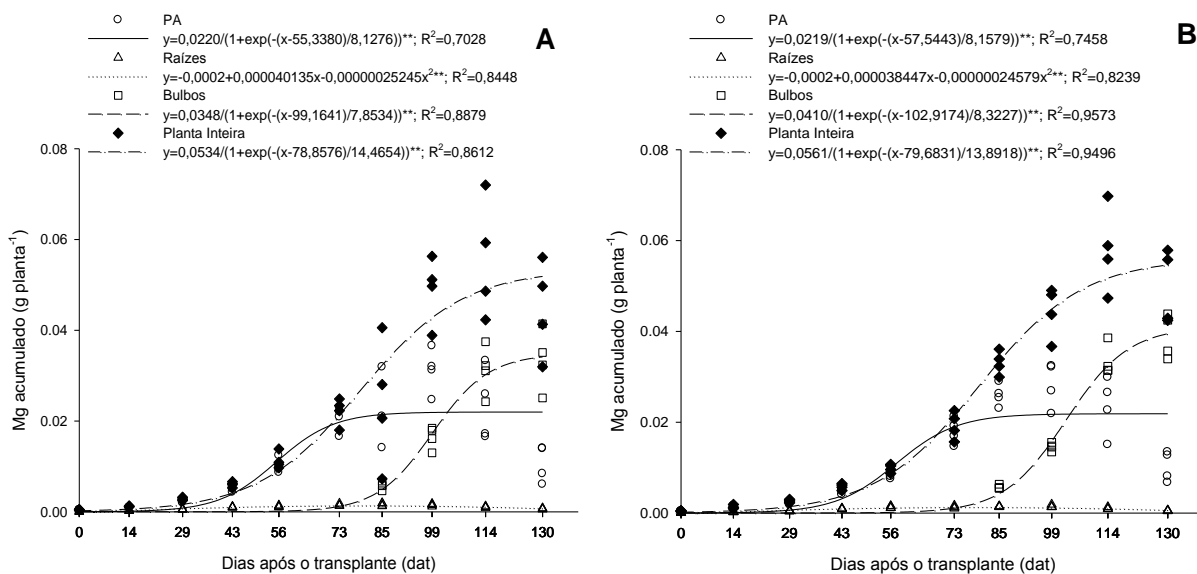
devido ao Mg ter papel fundamental na ativação de enzimas, principalmente as enzimas fosforilativas, além de fazer parte da clorofila e reações de fotofosforilação (MALAVOLTA, 2006).

Na parte aérea o maior acúmulo constatado ocorreu aos 99 dat, com $0,030 \text{ g planta}^{-1}$ para o material 4241 e $0,029 \text{ g planta}^{-1}$ para o 4243. Entre 56 e 73 dat ocorreu a maior demanda pela parte aérea, com ganho diário de aproximadamente $0,00061 \text{ g planta}^{-1}$, para o material 4241. Para o material 4243, a época de maior demanda foi entre 73 e 85 dat, com ganho diário de $0,00077 \text{ g planta}^{-1}$. Moraes (2016), observou que o máximo acúmulo ($0,030 \text{ g planta}^{-1}$) ocorreu ao final do ciclo.

Nas raízes o acúmulo não passou de $0,0016 \text{ g planta}^{-1}$, sendo que sua absorção foi gradual até os 85 dat, onde ocorreu o máximo acúmulo verificado. Moraes (2016) também constatou acúmulo semelhante ($0,001 \text{ g planta}^{-1}$) aos 76 e 78 dias após a semeadura para Aquarius e Soberana, respectivamente.

No bulbo os valores de acúmulo foram semelhantes ao encontrado na parte aérea. O máximo observado ocorreu aos 130 dat, com $0,034 \text{ g planta}^{-1}$ e $0,038 \text{ g planta}^{-1}$ para os materiais 4241 e 4243 respectivamente. Moraes (2016) obteve aos 148 dias após a semeadura o acúmulo máximo de $0,020 \text{ g planta}^{-1}$ para Aquarius e Soberana.

Figura 7 – Quantidade de magnésio (Mg) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat)



O enxofre foi o quarto elemento mais acumulado na planta inteira para ambos os materiais. O acúmulo máximo verificado ocorreu aos 114 dat, com $0,080 \text{ g planta}^{-1}$ e $0,092 \text{ g planta}^{-1}$ para 4241 (Figura 8A) e 4243 (Figura 8B), respectivamente. Pôrto et al. (2006) obtiveram quantidade de $0,078 \text{ g planta}^{-1}$ para o híbrido Optima na colheita final. Moraes (2016) observou os valores máximo de $0,170$ e $0,140 \text{ g planta}^{-1}$ para Aquarius e Soberana respectivamente, sendo superiores aos dos materiais 4241 e 4243.

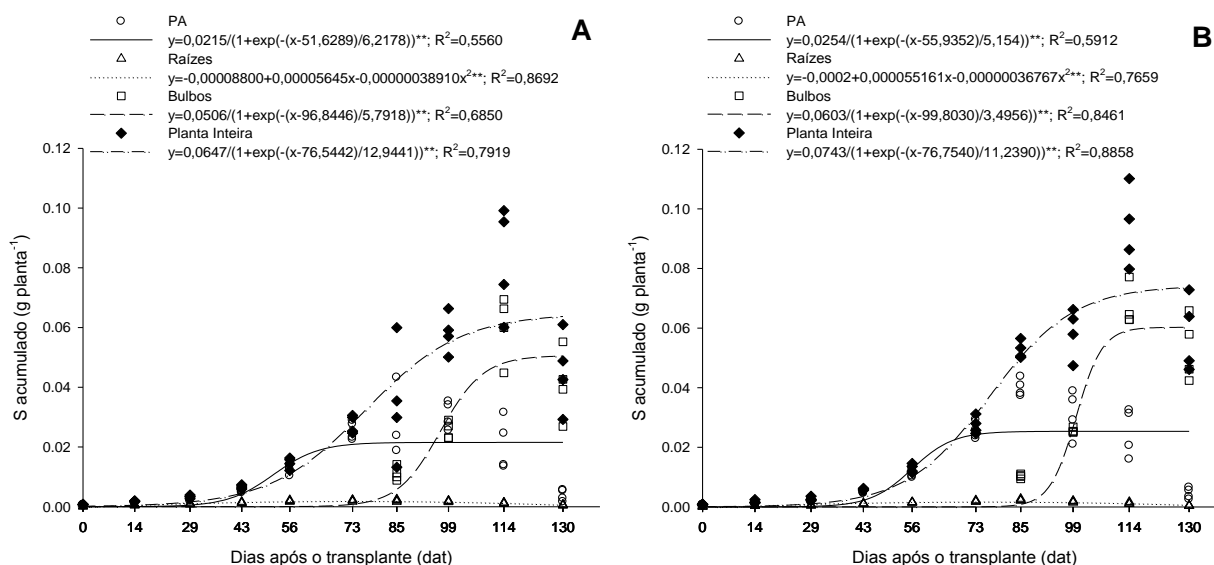
Do total acumulado na colheita final pela planta inteira, 90% ocorreu no bulbo, 9% na parte aérea e apenas 1% nas raízes, para o material 4241. Para o material 4243, o bulbo contribuiu com 92%, a parte aérea com 8% e raízes com 0,7%. Pôrto et al. (2006) observaram que 70% foi acumulado no bulbo e 30% na parte aérea do total de S na colheita final. Sendo valores inferiores ao verificados para os materiais 4241 e 4243. No bulbo, o acúmulo máximo ocorreu aos 114 dat, com $0,060$ e $0,065 \text{ g planta}^{-1}$ para os materiais 4241 e 4243 respectivamente. Esses valores ultrapassaram os obtidos na parte aérea. Resultados semelhantes foram observados por Moraes (2016), $0,070 \text{ g planta}^{-1}$ para Aquarius e $0,060 \text{ g planta}^{-1}$ para Soberana.

Esse maior acúmulo no bulbo está relacionado à cebola ser uma planta exigente em S, pois ele tem como principal função o papel constituinte dos aminoácidos, proteínas, vitaminas, flavonoides, alcaloides e compostos voláteis de baixo peso molecular responsáveis pelo sabor e aroma (MALAVOLTA, 2006).

Na parte aérea o máximo acúmulo observado ocorreu aos 85 dat, com $0,029$ e $0,039 \text{ g planta}^{-1}$ para o material 4241 e 4243, respectivamente. Vidigal et al. (2010) obtiveram quantidade de $0,035 \text{ g planta}^{-1}$ aos 115 dias após a semeadura. Coincidentemente, assim como para outros macronutrientes, os maiores acúmulos foram observados na época de bulbificação, tendo um declínio ao final do ciclo.

Nas raízes, o acúmulo não passou de $0,0024 \text{ g planta}^{-1}$, tendo o valor máximo ocorrido aos 85 dat, Moraes (2016) obteve acúmulo máximo aos 92 dias após a semeadura para Aquarius, com $0,004 \text{ g planta}^{-1}$ e aos 93 dias após a semeadura, com $0,005 \text{ g planta}^{-1}$ para Soberana.

Figura 8 – Quantidade de enxofre (S) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat)



Dentre os micronutrientes, para o material 4241 (Figura 9A) o boro foi o segundo elemento mais acumulado na planta, atrás apenas do Fe. Para o material 4243 (Figura 9B) ele foi terceiro mais acumulado. Na planta inteira, o acúmulo máximo observado ocorreu aos 130 dat, com $0,825 \text{ mg planta}^{-1}$ para o material 4241 e $0,844 \text{ mg planta}^{-1}$ para o 4243. Moraes (2016) obteve valores máximos aos 148 dias após a semeadura, com $0,920$ e $0,850 \text{ mg planta}^{-1}$ para Aquarius e Soberana, respectivamente.

A curva de acúmulo total de B seguiu a mesma da matéria seca total. Do total acumulado na colheita final, 73% ocorreu no bulbo, 21% na parte aérea e 6% nas raízes, para ambos os materiais. Resultados diferentes foram observados por Moraes (2016), para Aquarius a distribuição foi 59% nas folhas, 40% no bulbo e 1% nas raízes. Para Soberana a proporção foi 49,6% nas folhas, 48,6% no bulbo e 1,7% nas raízes.

Na parte aérea, o acúmulo máximo constatado ocorreu aos 85 dat para ambos os materiais. Para o material 4241 a quantidade foi $0,215 \text{ mg planta}^{-1}$ e para o material 4243 foi $0,255 \text{ mg planta}^{-1}$. Na ocasião da colheita final, a parte aérea do material 4241 apresentava cerca de 80% de B acumulado em relação ao valor máximo. Já para o material 4243, a parte aérea apresentou aproximadamente 59%

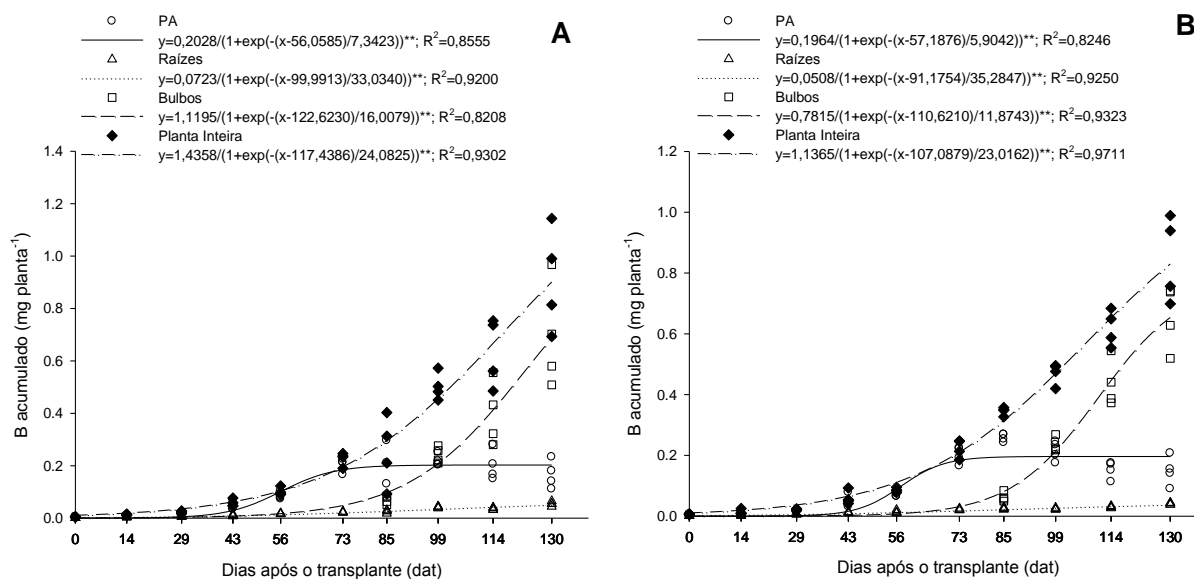
de B acumulado. Moraes (2016) obteve $0,550 \text{ mg planta}^{-1}$ para Aquarius e $0,440 \text{ mg planta}^{-1}$ para Soberana ao final do ciclo.

Nas raízes, o acúmulo máximo verificado ocorreu na colheita final (130 dat), com $0,054$ e $0,041 \text{ mg planta}^{-1}$ para os materiais 4241 e 4243 respectivamente. Moraes (2016) constatou valor máximo da Aquarius aos 108 dias após a semeadura com $0,011 \text{ mg planta}^{-1}$ e aos 104 dias após a semeadura para Soberana, com $0,015 \text{ mg planta}^{-1}$. Esses valores foram inferiores aos dos materiais 4241 e 4243.

No bulbo o acúmulo foi crescente ao longo do ciclo, onde o valor máximo observado ocorreu aos 130 dat. Para o material 4241 o acúmulo foi $0,598 \text{ mg planta}^{-1}$ e para o material 4243 foi $0,653 \text{ mg planta}^{-1}$, tais resultados ultrapassam o acúmulo de B na parte aérea. Comportamento similar ocorreu com o híbrido Soberana com acúmulo máximo de $0,430 \text{ mg planta}^{-1}$ (MORAES, 2016).

O B tem papel essencial na fotossíntese, transporte de fotoassimilados e auxílio na formação da colheita. Sua deficiência reduz o transporte de açúcares de folhas velhas para órgãos dreno, devido à diminuição na formação de complexos de borato com açúcares que facilita o transporte dos últimos dentro da planta (MALAVOLTA, 2006). Isso explica o alto acúmulo de B nos bulbos, evidenciando o desenvolvimento adequado da parte aérea, permitindo o translocamento do B e fotoassimilados para o bulbo.

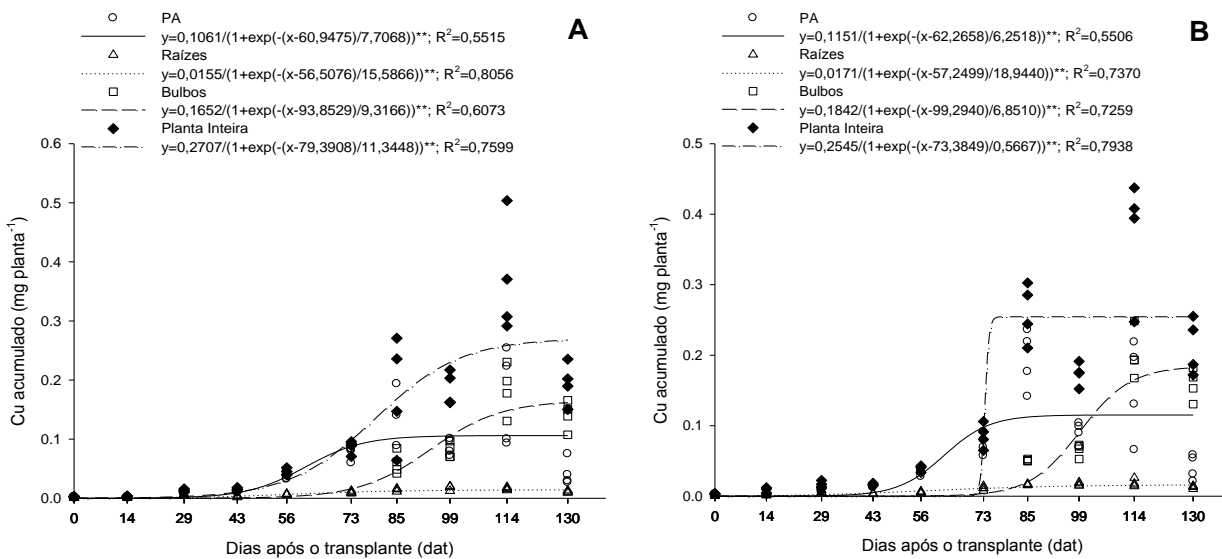
Figura 9 – Quantidade de boro (B) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat)



O cobre foi o quarto micronutriente mais acumulado na planta inteira. O máximo acúmulo ocorreu aos 114 dat, com 0,349 e 0,362 mg planta⁻¹ para os materiais 4241 (Figura 10A) e 4243 (Figura 10B) respectivamente. Do total acumulado na planta inteira na colheita final, 71% de Cu acumulou no bulbo, 24% na parte aérea e 5% nas raízes para o material 4241. Para o material 4243, a distribuição foi 75% no bulbo, 19% na parte aérea e 6% nas raízes. Valores diferentes foram encontrados por Moraes (2016), a folhas de Aquarius representaram 90%, enquanto que bulbo contribuíram com apenas 9% e raízes com 1%. Para Soberana, as folhas, bulbo e raízes representaram, respectivamente 92, 7 e 1%.

O acúmulo máximo observado na parte aérea do material 4241 ocorreu aos 114 dat, com 0,145 mg planta⁻¹. Para o material 4243, o valor máximo constatado ocorreu aos 85 dat com 0,213 mg planta⁻¹. Resultados muito superiores ocorreram na Aquarius e Soberana, com 0,960 e 0,850 mg planta⁻¹, respectivamente, ao final do ciclo (MORAES, 2016). Nas raízes, a quantidade máxima acumulada observada ocorreu aos 99 dat para o material 4241 (0,018 mg planta⁻¹) e aos 114 dat para o 4243 (0,018 mg planta⁻¹).

Figura 10 – Quantidade de cobre (Cu) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat)



No bulbo o acúmulo máximo verificado ocorreu aos 114 dat, com 0,188 mg planta⁻¹ para o material 4241 e 0,196 mg planta⁻¹ para o material 4243. Para a Aquarius, o valor máximo ocorreu ao final do ciclo, com 0,090 mg planta⁻¹ e para Soberana, também ao final do ciclo com 0,070 mg planta⁻¹.

O cobre quando deficiente na planta é pouco móvel, não sendo mobilizado das raízes e de outros órgãos. Porém, quando a demanda é suprida, o elemento é transportado via floema até os drenos (MALAVOLTA, 2006). Isso pode explicar a grande quantidade acumulada no bulbo. Ademais, durante o ciclo foram aplicados defensivos cúpricos que forneceram o elemento, corrigindo ou evitando a deficiência.

O ferro foi o micronutriente acumulado em maior quantidade. O máximo acúmulo observado na planta inteira ocorreu aos 130 dat, com 6,730 mg planta⁻¹ para 4241 (Figura 11A) e 6,493 mg planta⁻¹ para o material 4243 (Figura 11B). Moraes (2016) obteve valor máximo no fim do ciclo de 2,170 mg planta⁻¹ para Aquarius e 2,260 mg planta⁻¹ para Soberana. Kurtz et al. (2016) relataram que Fe foi o micronutriente mais acumulado na planta inteira.

Na parte aérea o acúmulo de Fe foi crescente ao longo do ciclo, o máximo valor observado ocorreu aos 130 dat com 3,010 mg planta⁻¹ para 4241 e 3,505 mg planta⁻¹ para o 4243. Possivelmente esse alto valor de acúmulo foi devido à contaminação do solo, uma vez que no momento da colheita muitas folhas apresentavam-se tombadas e muito deterioradas. Mesmo tendo sido feita a lavagem do material, é muito improvável que ele tenha ficado 100% livre de impurezas. Acúmulos máximos de 1,360 mg planta⁻¹ e 1,160 mg planta⁻¹ para Aquarius e Soberana, respectivamente, foram observados por Moraes (2016) ao final do ciclo.

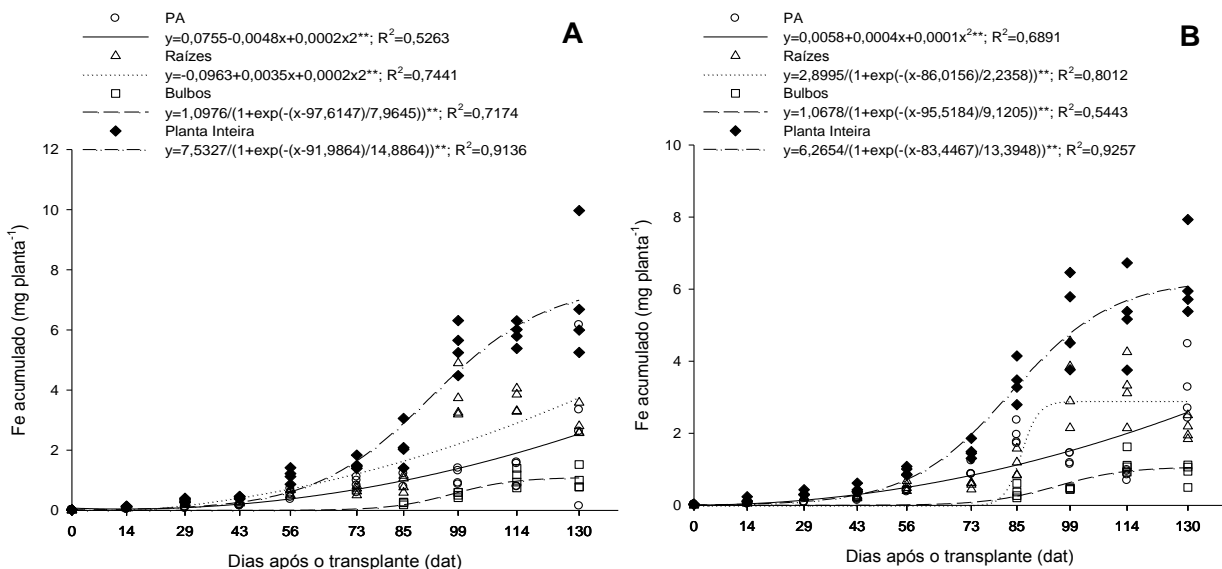
Nas raízes o acúmulo foi crescente até 99 dat, onde ocorreu o máximo valor observado para ambos os materiais, 3,879 mg planta⁻¹ para 4241 e 3,347 mg planta⁻¹ para 4243. Moraes (2016) obteve valores de 0,380 e 0,350 mg planta⁻¹ para Aquarius e Soberana, respectivamente, aos 96 dias após a semeadura. Mais uma vez é importante ressaltar que o material foi lavado para a retirada de impurezas, contudo o processo de lavagem de raízes é minucioso e difícil, logo pode ter ocorrido contaminação. Além disso, o teor de Fe inicial no solo era muito alto (54 mg dm⁻³) o que muito possivelmente influenciou nos resultados.

No bulbo o máximo acúmulo ocorreu aos 114 dat, com 0,952 e 1,103 mg planta⁻¹ para os materiais 4241 e 4243 respectivamente. Moraes (2016) observou

valores menores para Aquarius e Soberana, 0,430 mg planta⁻¹ e 0,790 mg planta⁻¹ aos 124 e 148 dias após a semeadura, respectivamente.

No total acumulado na planta inteira, para o material 4241 a parte aérea acumulou 45%, raízes 42% e bulbo 13%. Para o material 4243, a parte aérea contribuiu com 54%, raízes com 32% e bulbo com 14%. Sendo o único nutriente dentre todos, com maior distribuição na parte aérea e raízes. Moraes (2016) obteve para Aquarius a seguinte distribuição: 62,7% do total acumulado nas folhas, 19,7% no bulbo e 17,6% nas raízes. Para Soberana, as folhas participaram com 51%, o bulbo com 34% e as raízes com 15%.

Figura 11 – Quantidade de ferro (Fe) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat)



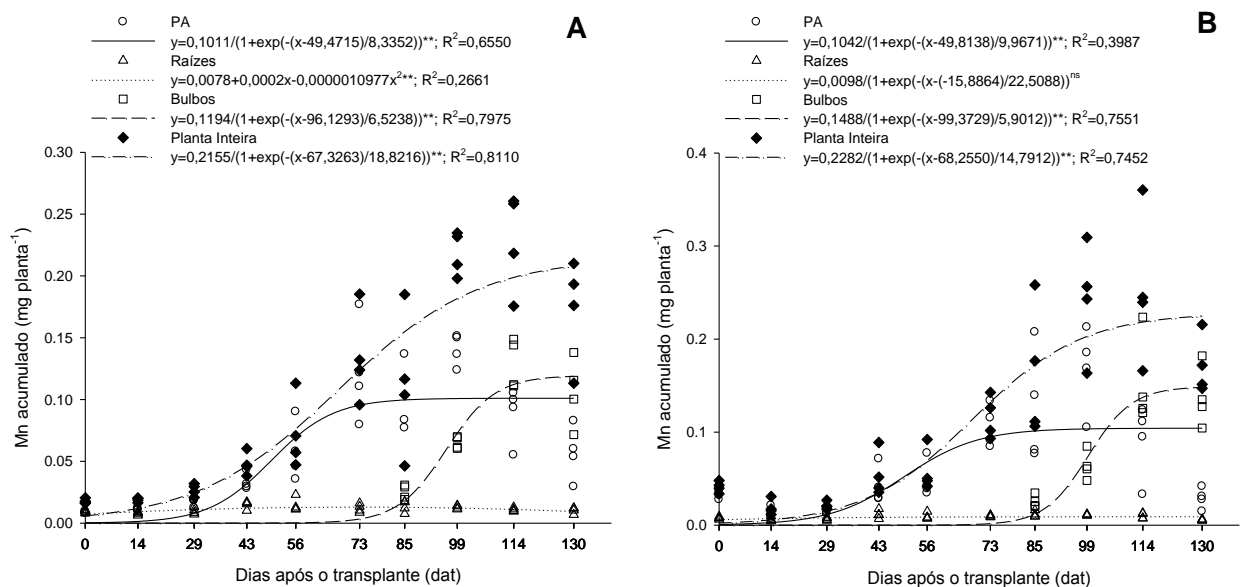
O manganês foi o elemento menos acumulado na planta inteira para ambos os materiais. O máximo acúmulo total observado para o material 4241 (Figura 12A) ocorreu aos 114 dat (0,234 mg planta⁻¹), para o material 4243 (Figura 12B) ocorreu aos 99 dat com 0,238 mg planta⁻¹. Tal resultado diverge dos relatados na literatura. Kurtz et al. (2016) observou que Mn foi o terceiro micronutriente mais acumulado pela planta. Para Vidigal et al. (2010), foi o segundo micronutriente mais acumulado, atrás apenas do Fe. Para Moraes (2016) o Mn foi terceiro micronutriente mais acumulado para Aquarius e o segundo para Soberana, com acúmulo máximo de 1,360 e 1,430 mg planta⁻¹ respectivamente.

A época com o maior acúmulo diário para o material 4241 foi entre 56 e 73 dat, com $0,0059 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Para o material 4243, isso ocorreu entre 85 e 99 dat com $0,0060 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Esses períodos coincidem com as épocas de acúmulo máximo na parte aérea, com $0,149 \text{ mg planta}^{-1}$ para o 4241 e $0,165 \text{ mg planta}^{-1}$ para o 4243.

No bulbo, a quantidade máxima verificada acumulada ocorreu aos 114 dat, com $0,141$ e $0,135 \text{ mg planta}^{-1}$ para 4241 e 4243, respectivamente. Na colheita final, os bulbos apresentaram 85 e 94% de Mn acumulado em relação ao valor máximo. Sendo que seus valores não ultrapassaram o acúmulo na parte aérea. Para Moraes (2016), no fim do ciclo, foi obtido $0,130$ e $0,220 \text{ mg planta}^{-1}$, respectivamente, para Aquarius e Soberana.

Do total acumulado na planta inteira do material 4241, o bulbo acumulou 64%, a parte aérea 30% e raízes 5%. Para o material 4243, 81% acumulou no bulbo, 15% na parte aérea e 3,6% nas raízes. Valores diferentes ocorreram na planta de Aquarius com 84% nas folhas, 10% no bulbo e 6% nas raízes. Diferiu também da Soberana, com 81% nas folhas, 15% no bulbo e 4% nas raízes (MORAES, 2016).

Figura 12 – Quantidade de manganês (Mn) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat)



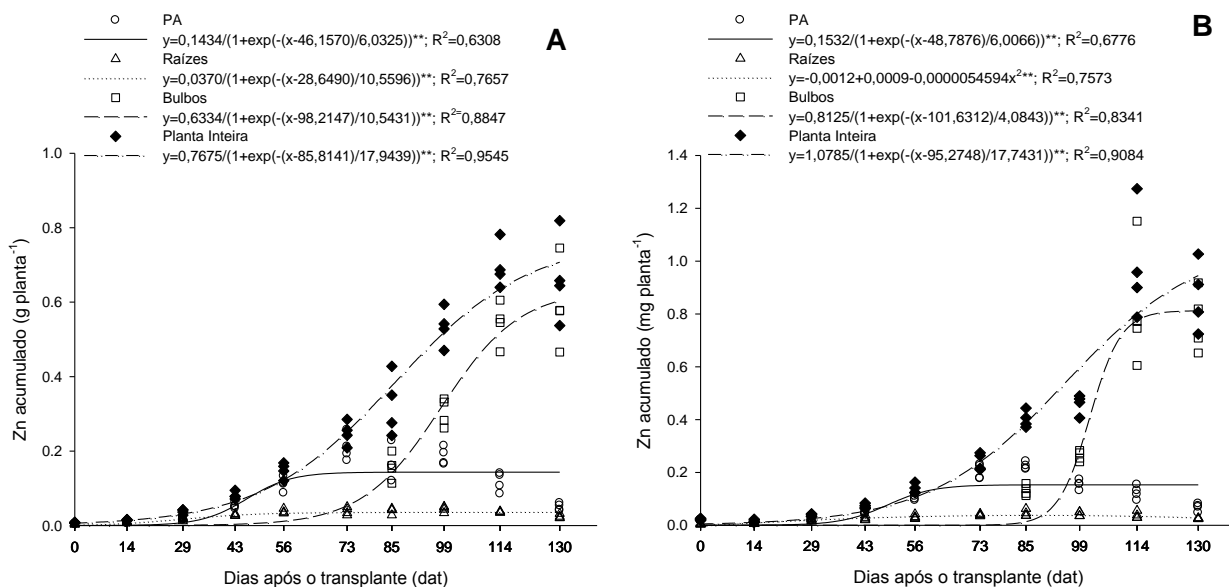
O zinco foi o terceiro elemento mais acumulado na planta inteira para o 4241 (Figura 13A) e o segundo para 4243 (Figura 13B). O maior acúmulo total observado

ocorreu aos 114 dat com 0,701 e 0,874 mg planta⁻¹ respectivamente. Aquarius e Soberana acumularam no total 1,420 e 0,910 mg planta⁻¹, respectivamente, aos 148 dias após a semeadura (MORAES, 2016).

Na parte aérea, o valor máximo observado ocorreu aos 73 dat para o 4241 com 0,203 mg planta⁻¹ e aos 85 dat para o 4243 com 0,219 mg planta⁻¹. Na colheita final, a parte aérea do material 4241 apresentou 24% de Zn acumulado em relação ao valor máximo. O material 4243 apresentou 27% de Zn. O acúmulo máximo para Aquarius e Soberana ocorreu no fim do ciclo, com 0,920 e 0,520 mg planta⁻¹, respectivamente (MORAES, 2016).

Nas raízes, o acúmulo de Zn foi crescente e gradual até os 99 dat com 0,043 mg planta⁻¹ para ambos os materiais.

Figura 13 – Quantidade de zinco (Zn) acumulada na parte aérea, raízes, bulbo e planta inteira do material 4241 (A) e 4243 (B) em função dos dias após o transplante (dat)



No bulbo, o maior acúmulo de Zn observado ocorreu na colheita final (130 dat) com 0,627 e 0,734 mg planta⁻¹ para 4241 e 4243 respectivamente. Esses valores foram superiores aos encontrados na parte aérea. Moraes (2016) obteve acúmulo máximo para Aquarius e Soberana na colheita final, com 0,430 e 0,320 mg planta⁻¹ respectivamente.

Da quantidade total de Zn acumulada, 90% foi no bulbo, 7% na parte aérea e 3% nas raízes para ambos os materiais. Moraes (2016) observou distribuição

invertida, para Aquarius, as folhas contribuíram com 64% do total, enquanto que o bulbo participou com 30% e raízes com 6%. Para Soberana, as folhas contribuíram com 57,5%, o bulbo com 34,6% e raízes com 7,9%.

4.5 Classificação dos bulbos curados e massa

A classificação em função do diâmetro do bulbo encontra-se na Tabela 15. Foram constatados que ambos os materiais tiveram produções quase semelhantes. No entanto o material 4241 embora com uma quantidade maior de bulbos produzidos, obteve peso inferior (54 kg) quando comparado ao material 4243 (63,7 kg). Observou-se que o material 4243 produziu mais bulbos na classe 4 (17 bulbos) em relação ao 4241 que produziu apenas 5. Na classe 3, o material 4243 produziu bulbos mais pesados (55,8 kg) quando comparado com o material 4241 (48,2 kg).

Tabela 15 – Classificação dos bulbos em função do diâmetro e massa dos bulbos de cada classe

Classificação	1		2		3		4		TOTAL	
	4241	4243	4241	4243	4241	4243	4241	4243	4241	4243
Quantidade de bulbo	1	2	38	18	257	254	5	17	301	291
Massa (kg)	0,07	0,1	3,5	1,8	48,2	55,8	1,6	6,0	54,0	63,7
Porcentagem (%)	1	2	6	3	89	88	3	9	100	100

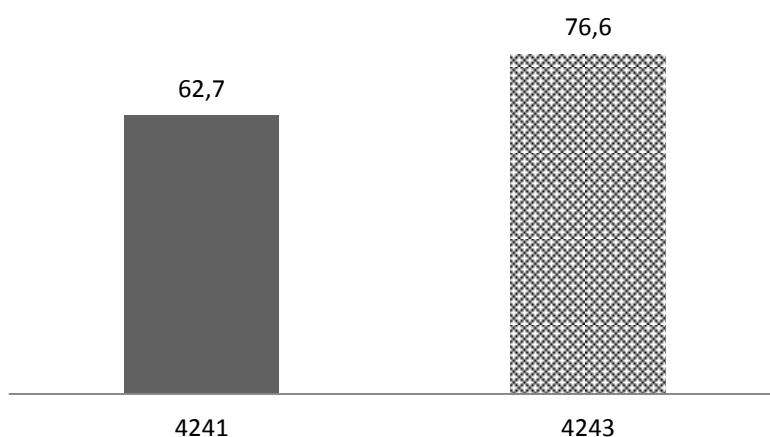
4.6 Produtividade de cada material

Considerando a população de 350.000 plantas na área efetiva de 1 hectare (7.000 m²) a produtividade obtida para o material 4241 foi de 62,7 t ha⁻¹. Para o material 4243 foi de 76,6 t ha⁻¹ mostrando-se mais produtivo que o 4241 (Figura 14). Como observado no item 4.5 o material 4243 produziu bulbos mais pesados em relação ao 4241. Essa produção pode ser considerada alta se comparada com a produtividade média brasileira em 2016 de 28,8 t ha⁻¹ (FAO, 2016).

Resultados semelhantes foram observados por Moraes (2016), com uma população de 320.000 plantas ha⁻¹ obteve produtividade de 78,9 t ha⁻¹ para o híbrido Aquarius e 72,2 t ha⁻¹ para o híbrido Soberana. Pôrto et al. (2006) obtiveram 72 t ha⁻¹ para uma população de 420.000 plantas ha⁻¹ com híbrido Optima. Valor semelhante foi constatado por May et al. (2008), com população de 354.000 plantas ha⁻¹,

obtiveram produtividade de 64,8 t ha⁻¹ para o mesmo híbrido e 72 t ha⁻¹ para Superex. Backes et al. (2018), trabalhando com o híbrido Bella Vista, com uma população de 300.000 plantas ha⁻¹, verificaram uma produtividade de 86,2 t ha⁻¹. Já Vidigal et al. (2010) trabalhando com a cultivar Alfa Tropical, obteve produtividade de 24 t ha⁻¹ para uma população de 700.000 plantas ha⁻¹.

Figura 14. Produtividade em t ha⁻¹ para os materiais 4241 e 4243



4.7 Extração e exportação de nutrientes na colheita final

Considerando a população de 350.000 plantas ha⁻¹ e o acúmulo dos nutrientes ao final do ciclo (130 dat), calculou-se as quantidades de nutrientes extraídas pela cultura no momento da colheita e exportadas pelo bulbo (Tabelas 16 e 17).

Tabela 16 – Extração de macronutrientes pelas plantas (kg ha⁻¹), exportação pelos bulbos (kg ha⁻¹) e porcentagem da exportação dos materiais 4241 e 4243 ao final do ciclo (130 dat)

	N		P		K		Ca		Mg		S	
	4241	4243	4241	4243	4241	4243	4241	4243	4241	4243	4241	4243
Extração	153,8	200,0	18,6	26,5	137,2	156,2	71,8	79,2	15,7	17,1	15,5	20,0
Exportação	135,8	179,7	17,5	25,3	118,1	133,3	48,9	56,3	11,8	13,3	14,0	18,4
% exportada	88	77	94	81	86	73	68	61	75	67	90	78

Tabela 17 – Extração de micronutrientes pelas plantas (kg ha^{-1}), exportação pelos bulbos (kg ha^{-1}) e porcentagem da exportação dos materiais 4241 e 4243 ao final do ciclo (130 dat)

	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	4241	4243	4241	4243	4241	4243	4241	4243	4241	4243
Extração	0,29	0,30	0,07	0,07	2,36	2,27	0,07	0,05	0,24	0,29
Exportação	0,21	0,23	0,05	0,05	0,31	0,31	0,04	0,04	0,22	0,26
% exportada	73	66	71	64	13	12	64	69	90	77

A quantificação da extração e exportação de nutrientes é importante para calcular a quantidade de nutrientes removidas da área e a reciclagem dos mesmos. Pois parte pode retornar ao solo através das folhas e outra parte é removida pelo bulbo.

A máxima extração de nutrientes nem sempre ocorreu na colheita final, com exceção de P, B e Fe. Os outros elementos apresentaram máxima quantidade extraída aos 114 dat, para os macronutrientes: N = 157, K = 155, Ca = 84, Mg = 18 e S = 38 kg ha^{-1} , para os micronutrientes: Cu = 122, Mn = 82 e Zn = 246 g ha^{-1} para o material 4241. Para o material 4243, exceto N, P, B e Fe obtiveram máximo acúmulo aos 130 dat, o restante ocorreu aos 114 dat (K = 175, Ca = 91, Mg = 20 e S = 32 kg ha^{-1} ; Cu = 127, Mn = 82 e Zn = 306 g ha^{-1}). Para Backes et al. (2018), a máxima extração para os macronutrientes foi N = 139,7; P = 23; K = 156,5; Ca = 76; Mg = 26,1 e S = 32,7 kg ha^{-1} e para os micronutrientes foi B = 271; Cu = 72; Fe = 2.760; Mn = 84 e Zn = 296 g ha^{-1} . Pôrto et al. (2006) relataram a seguinte extração ao final do ciclo: N = 61,2; P = 8,7; K = 106,2; Ca = 59,5; Mg = 11,6 e S = 31,6 kg ha^{-1} .

Todos os nutrientes, exceto Fe, foram exportados em grande parte pelo bulbo para ambos os materiais. As quantidades exportadas pelos bulbos relatada por Backes et al. (2018) foram N = 104 (75%), P = 20 (88%), K = 116 (75%), Ca = 32 (43%), Mg = 13 (53%), and S = 26 kg ha^{-1} (81%). Para Vidigal et al. (2010) as quantidades exportadas foram em kg ha^{-1} : N = 70,4; P = 14,7; K = 57,4; Ca = 25,1; Mg = 4,5; S = 12,3; Cu = 0,03; Fe = 0,63; Mn = 0,19 e Zn = 0,21. Sendo que essas quantidades devem ser repostas ao solo.

Para cada tonelada de bulbo produzida, foi extraída pela planta de cebola cerca de N = 2,0; P = 0,2; K = 1,8; Ca = 0,9; Mg = 0,2; S = 0,2 kg e B = 3,8; Cu = 0,9; Fe = 30,8; Mn = 0,9, Zn = 3,2 g para o material 4241. Para o material 4243 os valores foram, para os macronutrientes: N = 3,2; P = 0,4; K = 2,5; Ca = 1,3; Mg = 0,3 e S = 0,3 kg , para os micronutriente: B = 4,7; Cu = 1,2; Fe = 36,2; Mn = 0,9 e Zn =

4,6 g. Kurtz et al. (2016) apresentaram resultados semelhantes para N, P, K, Ca e Mg, com 2,72; 0,93; 2,32; 1,25; 0,33 kg respectivamente. Backes et al. (2018) obtiveram as seguintes quantidades 1,6 kg N; 0,3 kg P; 1,8 kg K; 0,9 kg Ca; 0,3 kg Mg e 0,4 kg S para produzir uma tonelada de bulbo.

4.8 Qualidade físico-química

Na Tabela 11 são apresentados os valores de pH, SS, AT e relação SS/AT. Ambos os materiais obtiveram resultados semelhantes para o pH e relação SS/AT. Observou-se que o material 4241 diferiu estatisticamente do 4243 quanto ao SS e AT. Os sólidos solúveis não representa com precisão o teor de açúcares, devido à presença de outras substâncias dissolvidas no vacúolo, como, por exemplo, vitaminas, compostos fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos, entre outros. Entretanto o teor de açúcares é o mais representativo (CHITARRA & CHITARRA, 2005). A quantidade de ácidos orgânicos em 100 g de cebola é de 0,2 g, de sais minerais é de 0,6 g e de vitaminas é de aproximadamente 0,7 g (SCHERZ & SENSER, 1999).

Mattos & Moretti (2015), trabalhando com a cultivar Crioula Alto Vale em condições de armazenamento em câmara fria a 5 e 15°C durante 5 dias, observaram que os sólidos solúveis no primeiro dia foi de 10,1°Brix para ambas as temperaturas, no quinto dia a medição marcou 9,6°Brix na temperatura 5°C e 10,3°Brix na temperatura 15°C.

Tabela 18 – pH, sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (AT), índice de maturação “ratio” (SS/AT) dos bulbos curados de cebola

Material	pH	SS	AT	SS/AT
		(°Brix)	(g de ácido málico 100 g de polpa ⁻¹)	
4241	4,79	8,95 b	0,22 a	40,68
4243	4,74	9,42 a	0,19 b	49,58
CV (%)	4,68	4,38	6,66	4,68
F	0,34 ^{ns}	10,84 ^{**}	6,38 ^{**}	0,34 ^{ns}

**=significativo a 1% de probabilidade; ^{ns}=não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey.

As quantidades de açúcares redutores, totais e de sacarose são apresentadas na Tabela 12. Constatou-se que o material 4241 obteve maior valor de ART (7,60%) diferindo estatisticamente do 4243 (7,15%). Tal fato pode ser explicado

através da alta quantidade de sacarose presente nos bulbos (3,01%), contra 1,91% do material 4243. O total de carboidratos em 100 g cebola é de 8,9 g (TACO, 2006).

Tabela 19 – Quantidade em porcentagem (%) de açúcar redutor (AR), açúcar redutor total (ART) e sacarose nos bulbos curados de cebola

Material	AR	Sacarose	ART
4241	4,42 b	3,01 a	7,60 a
4243	5,13 a	1,91 b	7,15 b
CV (%)	7,63	7,81	20,33
F	29,96**	4,82*	38,13**

*=significativo a 5% de probabilidade; **=significativo a 1% de probabilidade; ^{ns}=não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey.

O teor de umidade, cinzas, fibra bruta, nitrogênio e de proteína bruta está apresentado na Tabela 13. Ambos os materiais apresentaram resultados semelhantes para o teor de umidade e de fibra bruta. A quantidade de água em 100 g de cebola é de 87,6 g (SCHERZ & SENSER, 1999). Na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (2006), esse valor é de 88,9%.

As cinzas geralmente apresentam 0,4 g em 100 g de cebola (TACO, 2006). O material 4241 diferiu estatisticamente do 4243, apresentando maior porcentagem (0,41), as cinzas nem sempre representam todas as substâncias inorgânicas presentes na amostra, pois o aquecimento da mesma volatiliza ou reduz alguns sais (IAL, 2008). Para o teor de fibra bruta, ambos os materiais obtiveram resultados semelhantes. Em 100 g de cebola, há 2,2 g de fibra alimentar (TACO, 2006). Para Scherz & Senser (1999) essa quantidade varia para 3,1 g. As fibras são os resíduos orgânicos obtidos em certas condições de extração (IAL, 2008).

Tabela 20 – Teor (%) de umidade, cinzas, fibra bruta, nitrogênio e proteína bruta nos bulbos curados de cebola

Material	Teor de umidade	Teor de cinzas	Teor de fibra bruta	Teor de nitrogênio	Teor de proteína bruta
4241	90,23	0,41 a	1,44	0,18 b	1,11 b
4243	90,85	0,35 b	1,63	0,20 a	1,28 a
CV (%)	18,32	24,87	21,74	14,35	14,45
F	0,79 ^{ns}	10,98**	2,68 ^{ns}	7,23*	7,77**

*=significativo a 5% de probabilidade; **=significativo a 1% de probabilidade; ^{ns}=não significativo. Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey.

O material 4241 diferiu estatisticamente do 4243 para o teor de nitrogênio e de proteína bruta. A proteína bruta é determinada com a determinação de nitrogênio,

através da digestão, destilação e titulação. De acordo com Scherz & Senser (1999), em 100 g de cebola há 1,3 g de proteína. Na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (2006), esse valor é de 1,7 g para 100 g de cebola.

5 CONCLUSÕES

De modo geral ambos os materiais se comportaram de modo semelhante quanto ao acúmulo de nutrientes. Quantidades de extração e exportação variam conforme genótipo, sistema de cultivo, espaçamento, solo e clima. Por isso a importância das curvas de acúmulo.

A extração e exportação de nutriente apresentaram dados importantes para realizar a adubação para os materiais estudados. Entretanto, é necessário levar em consideração que esses valores não serão exatamente os mesmos a serem aplicados no solo, uma vez que os nutrientes podem sofrer diferentes processos de perda, como por exemplo, lixiviação, fixação e competição.

As quantidades exportadas demonstram que ambos os materiais utilizados apresentaram alta eficiência na conversão de nutrientes para formação de bulbos.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. 23. ed. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, p.338-344. 2018.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements**. FAO Irrigation and drainage paper, n. 56. FAO, Rome. 1998.
- ANDRADE, R. M.; RODRIGUES, S. D.; CRUZ, M. A. D. Cebola. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de Fisiologia Vegetal: fisiologia de cultivos**. 1. ed. Piracicaba, SP: Editora Agronômica Ceres, 2008. p. 670-684.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemistry International**. 18 ed. Gaithersburg: AOAC International, 2005. 1015 p.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. Plenum Press, 1994. 445 p.
- BREWSTER, J. L. **Onion and other vegetable alliums**. 2. ed. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI Publishing, 2008. 448 p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras: Editora UFLA, 2005. 785 p.
- BACKES, CLARICE et al. Determination of growth and nutrient accumulation in Bella Vista onion. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 1, p. 246-254, Mar. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21252018000100246&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 2 jun. 2018.
- Classificação da Cebola**. Centro de Qualidade em Horticultura – CEAGESP. Jun./2001. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/cebola.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2015.
- COSTA, N. D.(Ed.). **A Cultura da Cebola**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica , 2002. 107 p.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**, 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 12 mar. 2018.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia Moderna na Produção e Comercialização de Hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008. 421 p.

- FRITSCH, R. M.; FRIESEN, N. Evolution, Domestication and Taxonomy. In: RABINOWITCH, H. D.; CURRAH, L. (Eds.). **Allium Crop Science: Recent Advances**. 1. ed. Wallingford, Oxfordshire, UK: CABI Publishing, 2002. p. 5-30.
- HAAG, H. P.; HOMA, P.; KIMOTO, T. 1970. Nutrição mineral de hortaliças. VIII. Absorção de nutrientes pela cultura da cebola. **Anais... ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"**, Piracicaba. p. 143-153.
- HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. de; BARBOSA, V.; SILVA NETO, J. M. de. 1981. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicum esculentum Mill*) destinado ao processamento industrial. In: HAAG, H. P.; MINAMI, K. **Nutrição mineral de hortaliças**. Campinas: Fundação Cargill. p. 447-474.
- HALNET, P. Taxonomy, evolution and history. In: RABINOWITCH, H. D.; BREWSTER, J. L. (Eds.). **Onions and Allied Crops**. Vol. 1. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1990. p. 1-26.
- IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA)**, 2015. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo/2015/lspa_201512.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2016.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. ed. 1. ed. digital. São Paulo: IMESP, 2008.
- KIILL, L. H. P.; RESENDE, G. M. de; SOUZA, R. J. de. Cultivo da Cebola no Nordeste-Botânica. **Sistemas de produção**, 3, Embrapa Hortaliças. Versão eletrônica, Nov./2007. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cebola/CultivoCebolaNordeste/botanica.htm>. Acesso em: 16 out. 2015.
- KURTZ, C.; PAULETTI, V.; FAYAD, J. A.; VIEIRA NETO, J. Crescimento e absorção de nutrientes pela cultivar de cebola Bola Precoce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.279-288, abr.-jun. 2016
- LIEROP, W. V.; MARTEL, Y. A., CESCAS, M. P. Optimal soil pH and sufficiency concentrations of N, P and K for maximum alfalfa and onion yields on acid organic soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, 60: 107-17, 1980.
- MAGALHÃES, J. R. Nutrição e Adubação da Cebola. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. da. (eds.). **Nutrição e Adubação de Hortaliças**. 1. ed. Piracicaba, SP: POTAFOS, 1993. p. 381-399.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba, SP: POTAFOS. 1997. 319 p.

MATTOS, L. M.; MORETTI, C. L. Qualidade química e física de cebola minimamente processada armazenada sob refrigeração. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. n. 127, 28 p. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, mai. 2015.

MORAES, C. C. de. **Crescimento e acúmulo de nutrientes ao longo do ciclo de cultivo de dois híbridos de cebola**. 2016. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical)-Instituto Agronômico, Campinas, 2016.

NELSON, N. A photometric adaptation of the somogyi method for the determination of glicose. **Journal Biological Chemistry**, Baltimore, v.31, n.2, p.159-161, 1944.

PÔRTO, D. R. Q.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MAY, A.; BARBOSA, J. C. Acúmulo de macronutrientes pela cebola 'Optima' estabelecida por semeadura direta. **Horticultura Brasileira**, Brasília. v.24, n.4, p.470-475. out.-dez. 2006.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba, SP: International Plant Nutrition Institute. 2011. 420 p.

RESENDE, G. M. de.; COSTA, N. D.; SOUZA, R. J. de. Cultivo da Cebola no Nordeste – Clima. **Sistemas de produção**, 3, Embrapa Hortaliças. Versão eletrônica, Nov./2007. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cebola/CultivoCebolaNordeste/clima.htm>>. Acesso em: 16 out. 2016.

SCHERZ, H.; SENSER, F. (Comp.). **Tablas de composición de alimentos**: El pequeño Souci-Fachmann-Kraut. Edición del Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching bei München. Zaragoza, Espanha: Editorial ACRIBIA, S.A. 1999. 454 p.

SILVA, C. S. S. e. et al. **Cebola**. SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS. Disponível em:< http://www.agricultura.mg.gov.br/images/Arq_Relatorios/Agricultura/2015/fev/perfil_c ebola_fev_2015.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2016.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS – TACO, NEPA-UNICAMP, 2. ed. Campinas, SP. 2006. 113 p.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. Van. Hortaliças. In: RAIJ, B. Van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1997. 285 p.

VIDIGAL, S.M.; MOREIRA, M.A.; PEREIRA, P.R.G. Crescimento e absorção de nutrientes pela planta cebola cultivada no verão por semeadura direta e por transplântio de mudas. **Bioscience Journal**, v. 26, n.1, p. 59-70, jan.-fev. 2010.

VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E.; PENTEADO, S. R. 1994. Fertilizantes e fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS. 1. **Anais...** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. p. 261-280.