



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

OTACIANA MARIA DOS PRAZERES DA SILVA

**CRESCIMENTO, ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES E ADUBAÇÃO  
FOSFATADA DE ALHO NOBRE EM REGIÃO DE ALTITUDE NO SEMIÁRIDO**

MOSSORÓ

2019

OTACIANA MARIA DOS PRAZERES DA SILVA

**CRESCIMENTO, ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES E ADUBAÇÃO  
FOSFATADA DE ALHO NOBRE EM REGIÃO DE ALTITUDE NO SEMIÁRIDO**

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

Linha de Pesquisa: Práticas culturais

Orientador: Maria Zuleide de Negreiros, Prof<sup>a</sup>. Dra.

Coorientador: Welder de Araújo Rangel Lopes, Dr.

MOSSORÓ

2019

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

S587c Silva, Otaciana Maria dos Prazeres da.  
Crescimento, acúmulo de macronutrientes e adubação fosfatada de alho nobre em região de altitude no semiárido / Otaciana Maria dos Prazeres da Silva. - 2019.  
110 f. : il.

Orientadora: Maria Zuleide de Negreiros.  
Coorientador: Welder de Araújo Rangel Lopes.  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2019.

1. Allium sativum L.. 2. Análise de crescimento.. 3. Acúmulo de nutrientes. . 4. Produtividade.. I. Negreiros, Maria Zuleide de, orient. II. Lopes, Welder de Araújo Rangel, co-orient. III. Título.

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

OTACIANA MARIA DOS PRAZERES DA SILVA

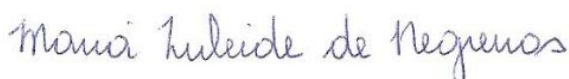
**CRESCIMENTO, ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES E ADUBAÇÃO  
FOSFATADA DE ALHO NOBRE EM REGIÃO DE ALTITUDE NO SEMIÁRIDO**

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

Linha de Pesquisa: Práticas Culturais

Defendida em: 19 / 02 / 2019.

**BANCA EXAMINADORA**



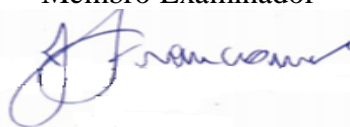
---

Maria Zuleide de Negreiros, Prof<sup>a</sup>. Dra. (UFERSA)  
Presidente



---

Welder de Araújo Rangel Lopes, Dr. (UFERSA)  
Membro Examinador



---

José Francismar de Medeiros, Dr. (UFERSA)  
Membro Examinador



---

Elizangela Cabral dos Santos, Prof<sup>a</sup>. Dra. (UFERSA)  
Membro Examinador



---

Fábio Henrique Tavares de Oliveira, Prof. Dr. (UFERSA)  
Membro Examinador



---

Francisco Vilela Resende, Dr. (EMBRAPA)  
Membro Examinador

*Aos meus amados pais, Otacílio e Luiza,  
pela confiança e apoio incondicional  
nessa jornada.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado forças para superar as dificuldades e ser a luz do meu caminho.

Aos meus pais, Otacílio e Luiza, pelo amor, apoio e confiança em mim depositados e por toda educação e valores transmitidos. Às minhas irmãs, Juliana e Cristiane, que sempre me apoiaram e se alegraram em cada uma das minhas vitórias. Às minhas sobrinhas (Luiza Sophia, Ana Letícia e Liah Sthela) e sobrinho (Acaz Lemoel), que, mesmo pequenos, compreendem a minha ausência nas datas especiais.

Ao meu esposo, Welton, por toda a sua paciência nos momentos em que eu estava mais estressada, pelo seu apoio, incentivo e carinho, durante esta etapa de minha vida.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em particular ao programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de cursar uma pós-graduação conceituada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida durante o curso de doutorado.

À EMBRAPA Hortaliças, em especial ao D. Sc. Francisco Vilela Resende, pelas valiosas contribuições e ensinamentos

À minha orientadora, Maria Zuleide, pela orientação, apoio, confiança e dedicação a mim direcionados. Obrigada por tudo que me ensinou com o seu exemplo de pessoa e profissional. Levarei tudo em meu coração.

Ao meu coorientador, Welder de Araújo Rangel Lopes, pela orientação, ensinamentos e paciência, e principalmente pela ajuda em todas as etapas de realização desse trabalho.

Aos membros da banca examinadora: Prof. D. Sc. José Francismar, Prof<sup>a</sup>. Dra. Sc. Elizangela Cabral, Prof. D. Sc. Fábio Henrique, D. Sc. Francisco Vilela, pelas contribuições para enriquecimento e aperfeiçoamento deste trabalho.

Aos amigos Welder, Mayky, Ramon, Hiago, Renan, Tamires, Laíza e Márcio, que foram essenciais para a realização deste trabalho e tornaram os momentos cansativos em campo e no laboratório em algo agradável, surgindo, assim, um forte laço de amizade que levarei por toda a vida.

Aos funcionários da horta do Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais, em especial ao Sr. Antônio, pela ajuda nas atividades realizadas em campo que permitiram a condução do experimento.

Ao Sr. Xavier, por ter permitido a realização do experimento em sua propriedade.

Aos funcionários do laboratório: Bruno, Paulo e Cristiane, por terem sempre a boa vontade de ajudar nas etapas do trabalho.

Presto aqui os meus sinceros agradecimentos a todos, incluindo as pessoas não mencionadas, mas que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização e conclusão deste trabalho.

**Muito Obrigada!**

“Posso, tudo posso Naquele que me fortalece  
Nada e ninguém no mundo vai me fazer  
desistir/ Quero, tudo quero, sem medo entregar  
meus projetos/ Deixar-me guiar nos caminhos  
que Deus desejou pra mim e ali estar”.

(Celina Borges)



## RESUMO

A expansão do cultivo do alho para novas áreas pode promover aumento da produção nacional, no entanto as plantas serão influenciadas pelas condições edafoclimáticas do local, sendo necessária uma adequação das técnicas de manejo empregadas atualmente na cultura, dentre elas a adubação fosfatada. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito de doses de fósforo sobre o crescimento, acúmulo de nutrientes e produtividade do alho nobre cultivado em região de altitude do semiárido. O trabalho foi conduzido no município de Portalegre, RN, de junho a setembro de 2017. A cultivar estudada foi a Roxo Pérola de Caçador. O delineamento foi em blocos casualizados completos, com quatro repetições. Nas avaliações de crescimento e acúmulo de nutrientes, os tratamentos foram dispostos em parcelas subdivididas. As parcelas foram compostas pelas doses de fósforo: 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup>. As subparcelas foram formadas pelas épocas de amostragem de plantas (30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após o plantio). Foram mensurados: área foliar, matéria seca da parte aérea, do bulbo e total, razão bulbar, razão de área foliar, taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo e taxa assimilatória líquida. Foram quantificados os acúmulos de N, P, K, Ca e Mg, da parte aérea, bulbo e total. Para as avaliações de produção, os tratamentos foram constituídos por doses de fósforo: 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup>. Avaliou-se: altura de plantas, número de folhas; ciclo, estande final; massa média de bulbos; percentagem de superbrotamento; produtividade total, comercial e não comercial de bulbos; número de bulbilhos por bulbo; classificação dos bulbos e bulbilhos, e a dose de máxima eficiência econômica. A máxima área foliar das plantas de alho foi obtida com a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo. As maiores taxas de crescimento relativo e taxa assimilatória líquida foram obtidas aos 40 dias após o plantio. O maior acúmulo de matéria seca do bulbo e total e maior taxa de crescimento absoluto ocorreram ao final do ciclo da cultura do alho. A partir dos 70 dias após o plantio, as maiores doses de P promoveram os maiores acúmulos total de macronutrientes nas plantas de alho, obtidos ao final do ciclo da cultura. O acúmulo de macronutrientes acompanhou o crescimento das plantas de alho com ordem de extração: N>K>Ca>P>Mg, sendo o N, P e K mais acumulados nos bulbos, enquanto o Ca e Mg nas folhas. A emergência e altura de plantas, estande final, bulbos não comerciais e número de bulbilhos por bulbo não foram influenciados pelas doses de fósforo. As maiores médias de massa média de bulbos e produtividade total de bulbos foram obtidas nas doses de 176 e 182 kg ha<sup>-1</sup> de P, respectivamente. A dose de máxima eficiência econômica foi de 165 kg ha<sup>-1</sup> de P, que promoveu maior produtividade de bulbos comerciais (6,69 t ha<sup>-1</sup>).

**Palavras-chave:** *Allium sativum* L. Análise de crescimento. Acúmulo de nutrientes. Produtividade.

## ABSTRACT

The expansion of garlic production to new area of cultivation promote productivity increases, however, the plants will be influenced by the local soil's climatic conditions, requiring an adaptation of the management techniques used in the crop, like phosphate fertilization. The objective of this research was to evaluate the effect of phosphorus doses on the growth, nutrient accumulation and productivity of the noble garlic cultivated in the semi-arid region. The work was conducted in the Municipality of Portalegre, RN, from June to September 2017. A complete randomized complete block design with four replications was used. In the growth and nutrient accumulation evaluations, the treatments were arranged in subdivided parcel. The parcels were composed of phosphorus doses: 0, 60, 120, 180 and 240 kg ha<sup>-1</sup>. The subplots were formed by plant sampling times (30, 40, 50, 60, 70, 80 and 90 days after planting). Leaf area, dry matter of aerial part, bulb and total, bulbar ratio, leaf area ratio, absolute growth rate, relative growth rate and net assimilation rate were determined. The accumulations of N, P, K, Ca and Mg of aerial part, bulb and total. For the production evaluations, the treatments were constituted by doses of phosphorus: 0, 60, 120, 180 and 240 kg ha<sup>-1</sup>. Height of plants, number of leaves; cycle, final stand; average mass of bulbs; percentage of superbroke; total commercial and non-commercial productivity of bulbs; number of bulbs per bulb; classification of bulbs and bulbs, and the dose of maximum economic efficiency were assessed. The maximum leaf area of the garlic plants was obtained with the dose of 180 kg ha<sup>-1</sup> of phosphorus. The highest rates of relative growth and net assimilation rate were obtained at 40 days after planting. The highest accumulation of bulb dry matter and total, and absolute growth rate, occurred at the end of the garlic crop cycle. From the 70 days after planting, the higher doses of P promoted the highest total accumulations of macronutrients in the garlic plants, obtained at the end of the crop cycle. The accumulation of macronutrients accompanied the growth of garlic plants with extraction order: N > K > Ca > P > Mg, with N, P and K being the most accumulated in the bulbs, while Ca and Mg in the leaves. The emergence and height of plants, final stand, non-commercial bulbs and number of bulbs per bulb were not influenced by phosphorus doses. The highest mean bulb mass and total bulb yield were obtained at the 176 and 182 kg ha<sup>-1</sup> doses of P, respectively. The maximum economic efficiency dose was 165 kg ha<sup>-1</sup> of P, which promoted higher productivity of commercial bulbs (6.69 t ha<sup>-1</sup>).

**Keywords:** *Allium sativum* L. Growth analysis. Accumulation of nutrients. Productivity.

**CAPÍTULO I**  
**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 -	Valores médios da área foliar (AF) de plantas de alho, em função das doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	35
Tabela 2 -	Valores médios para acúmulo de nitrogênio (N) nos bulbos de alho, submetidos a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	44
Tabela 3 -	Valores médios para acúmulo total de nitrogênio (N) nas plantas de alho, submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	46
Tabela 4-	Valores médios para acúmulo de fósforo (P) nos bulbos de alho, submetidos a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	49
Tabela 5 -	Valores médios para acúmulo total de fósforo (P) nas plantas de alho, submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	51
Tabela 6 -	Valores médios para acúmulo de potássio (K) nos bulbos de alho, submetidos a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	54
Tabela 7 -	Valores médios para acúmulo total de Potássio (K) nas plantas de alho, submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	56
Tabela 8 -	Valores médios para acúmulo de cálcio (Ca) na parte aérea de plantas de alho, submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	58
Tabela 9 -	Valores médios para acúmulo de cálcio (Ca) nos bulbos de alho, submetidos a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	60
Tabela 10-	Valores médios para acúmulo total de Cálcio (Ca) nas plantas de alho, submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	62
Tabela 11-	Valores médios para o acúmulo de magnésio (Mg) na parte aérea de plantas de alho, submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	64
Tabela 12-	Valores médios para acúmulo de magnésio (Mg) nos bulbos de alho, submetidos a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	66

Tabela 13- Valores médios para acúmulo total de Magnésio (Mg) nas plantas de alho, submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	68
---	----

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Temperatura do ar, média, mínima e máxima, na área durante o período de condução do experimento. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	28
Figura 2 -	Umidade relativa do ar, média, mínima e máxima, na área durante o período de condução do experimento. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	29
Figura 3 -	Precipitação pluviométrica na área durante o período de condução do experimento. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	29
Figura 4 -	Representação gráfica da parcela experimental de alho nobre submetido a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	30
Figura 5 -	Área foliar de plantas de alho em função das épocas de avaliação, cultivadas sob doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	34
Figura 6 -	Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA), de Bulbo (MSB) e Total (MST) de plantas de alho, em função das épocas de avaliação. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	36
Figura 7-	Razão Bulbar (RB) de plantas de alho em função das épocas de avaliação. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	37
Figura 8 -	Razão de Área Foliar (RAF) de plantas de alho em função das épocas de avaliação. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	38
Figura 9 -	Taxa de crescimento absoluto (TCA) de plantas de alho em função das épocas de avaliação. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	39
Figura 10-	Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de alho em função das épocas de avaliação. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	40
Figura 11-	Taxa assimilatória líquida (TAL) de plantas de alho em função das épocas de avaliação. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	41
Figura 12-	Acúmulo de nitrogênio (N) na parte aérea em função das doses de fósforo aplicadas (A); acúmulo de nitrogênio (N) na parte aérea em função das épocas de avaliação (B), em plantas de alho cultivadas sob doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	42

Figura 13-	Acúmulo de nitrogênio (N) nos bulbos de alho, em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	43
Figura 14-	Acúmulo total de nitrogênio (N) na planta de alho, em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	45
Figura 15-	Acúmulo de fósforo (P) na parte aérea de plantas de alho, em função das épocas de avaliação, cultivadas sob doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	47
Figura 16-	Acúmulo de fósforo (P) nos bulbos de alho, em função das épocas de avaliação, cultivadas com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	48
Figura 17-	Acúmulo total de fósforo (P) na planta de alho, em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	50
Figura 18-	Acúmulo de potássio (K) na parte aérea em função das doses de fósforo aplicadas (A); acúmulo de potássio (K) na parte aérea em função das épocas de avaliação (B), em plantas de alho cultivadas sob doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	52
Figura 19-	Acúmulo de potássio (K) nos bulbos de alho, em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	53
Figura 20-	Acúmulo total de potássio (K) nas plantas de alho, em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	55
Figura 21-	Acúmulo de cálcio (Ca) na parte aérea de plantas de alho, em função das épocas de avaliação, cultivadas com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	57
Figura 22-	Acúmulo de cálcio (Ca) nos bulbos de alho, em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	59

Figura 23-	Acúmulo total de cálcio (Ca) na planta de alho, em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	61
Figura 24-	Acúmulo de magnésio (Mg) na parte aérea de plantas de alho, em função das épocas de avaliação, cultivadas com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	63
Figura 25-	Acúmulo de magnésio (Mg) nos bulbos de alho em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	65
Figura 26-	Acúmulo total de magnésio (Mg) nas plantas de alho, em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	67

**CAPÍTULO II**  
**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 -	Emergência, estande final e altura de plantas de alho, em função de doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	88
Tabela 2 -	Produtividade de bulbos não comerciais, classificação de bulbos, número de bulbilhos por bulbo (NBB) e classificação de bulbilhos, de plantas de alho, em função de doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	93



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Temperatura do ar, média, mínima e máxima, na área durante o período de condução do experimento. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	81
Figura 2 -	Umidade relativa do ar, média, mínima e máxima, na área durante o período de condução do experimento. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	82
Figura 3 -	Precipitação pluviométrica na área durante o período de condução do experimento. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	82
Figura 4-	Representação gráfica da parcela experimental de alho nobre submetido a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	83
Figura 5 -	Número de folhas de plantas de alho, em função das doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	89
Figura 6 -	Massa média de bulbos de plantas de alho, em função das doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	90
Figura 7 -	Produtividade de bulbos comerciais de plantas de alho, em função das doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	91
Figura 8 -	Produtividade total de bulbos comerciais de plantas de alho, em função das doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	92
Figura 9 -	Dose de máxima eficiência física (DMEF) e econômica (DMEE) de plantas de alho nobre em função de doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.....	95

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>18</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO I - ANÁLISE DE CRESCIMENTO E MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM ALHO NOBRE CULTIVADO SOB DOSES DE FÓSFORO EM REGIÃO DE ALTITUDE DO RIO GRANDE DO NORTE.....</b>	<b>24</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>24</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>25</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
3.1    ÁREA FOLIAR.....	33
3.2    MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA, BULBO E TOAL.....	35
3.3    RAZÃO BULBAR.....	36
3.4    RAZÃO DE ÁREA FOLIAR.....	37
3.5    TAXA DE CRESCIMENTO ABSOLUTO.....	38
3.6    TAXA DE CRESCIMENTO RELATIVO.....	39
3.7    TAXA ASSIMILATÓRIA LÍQUIDA.....	40
3.8    ACÚMULO DE NITROGÊNIO (N) NA PARTE AÉREA, BULBO E TOTAL.....	41
3.9    ACÚMULO DE FÓSFORO (P) NA PARTE AÉREA, BULBO E TOTAL.....	46
3.10   ACÚMULO DE POTÁSSIO (K) NA PARTE AÉREA, BULBO E TOTAL.....	51
3.11   ACÚMULO DE CÁLCIO (Ca) NA PARTE AÉREA, BULBO E TOTAL.....	56
3.12   ACÚMULO DE MAGNÉSIO (Mg) NA PARTE AÉREA, BULBO E TOTAL.....	62
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>71</b>

<b>CAPÍTULO II - PRODUÇÃO DE ALHO NOBRE SOB DOSES DE FÓSFORO EM REGIÃO DE ALTITUDE DO RIO GRANDE DO NORTE.....</b>	<b>77</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>77</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>78</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>79</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>81</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>87</b>
3.1 EMERGÊNCIA, ESTANDE FINAL E ALTURA DE PLANTAS DE ALHO..	87
3.2 NÚMERO DE FOLHAS.....	88
3.3 MASSA MÉDIA DE BULBOS.....	89
3.4 PRODUTIVIDADE DE BULBOS COMERCIAIS.....	90
3.5 PRODUTIVIDADE TOTAL DE BULBOS.....	91
3.6 PRODUTIVIDADE DE BULBOS NÃO COMERCIAIS, CLASSIFICAÇÃO DE BULBOS, NÚMERO DE BULBILHOS POR BULBOS E CLASSIFICAÇÃO DE BULBILHOS.....	92
3.7 SUPERBROTAMENTO.....	94
3.8 DOSE DE MÁXIMA EFICIÊNCIA FÍSICA E ECONÔMICA.....	94
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>96</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>97</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>101</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

O alho é uma planta herbácea de propagação vegetativa e apresenta ciclo bienal, no entanto, é considerada uma hortaliça anual, pois completa seu ciclo biológico na fase vegetativa. As folhas são lanceoladas e existe um pseudocaule formado pelas bainhas das folhas. Quando as condições climáticas são favoráveis, as gemas do caule se desenvolvem e cada gema forma um bulbilho, com o conjunto constituindo o bulbo (TRANI, 2009).

O alho tem se destacado entre as cinco hortaliças mais produzidas no Brasil e seu consumo ocorre em escala mundial. Os bulbos apresentam estrutura rica em amido e substâncias aromáticas, de valor condimentar, medicinal e nutricional e, devido ao sabor e aroma característicos, é amplamente utilizado na culinária, o que contribui para a sua difusão por diversas regiões do país.

O Brasil é um dos maiores consumidores de alho, sendo a demanda nacional no ano de 2017 de 285 mil t, com o consumo *per capita* de 1,40 kg/habitante/ano (LUCINI, 2018). Sendo cultivado por pequenos e grandes agricultores e exigindo mão de obra em grande escala, o alho tem considerável relevância econômica e social. Entretanto, apesar da sua importância no cenário nacional, atualmente o país não consegue suprir a demanda interna do consumo de alho.

Existem no Brasil plantios comerciais de alho em todas as regiões, com exceção da região Norte, que, devido às condições de temperatura e pluviosidade elevadas. A região Sudeste se destaca como a maior produtora de alho, com 53.103 t, seguida pelo Sul, com 39.755 t, o Centro-Oeste produz 34.331 t e o Nordeste, 5.679 t (IBGE, 2018).

O Rio Grande do Norte, apesar de dispor de regiões com altitude, as quais proporcionam condições favoráveis ao cultivo de alho nobre, atualmente depende da importação deste produto para atender à sua demanda interna. Até o final da década de 1980, mesmo já sendo limitada a área de cultivo e a quantidade de alho produzido, o Estado conseguia abastecer parte da sua demanda na época da safra, que ocorria entre os meses de agosto a dezembro, dependendo da época de plantio (LOPES, 2014).

Alguns estudos verificaram que mesmo em locais onde o fotoperíodo é curto e inadequado para a bulbificação, a produção do alho nobre é possível, utilizando a técnica da vernalização no alho-semente, que compensa a exigência de fotoperíodo longo para que ocorra a bulbificação (SILVA et al., 2000; RESENDE et al., 2013; LOPES, 2014), que consiste basicamente no armazenamento do alho semente em câmara frigorífica, com

temperatura de 3 a 5 °C e umidade relativa entre 70 a 90%, por um período que varia de 40 a 60 dias (SOUZA et. al., 2009). Portanto, esta técnica altera as exigências termo-fotoperiódicas da cultura, favorecendo o cultivo e permitindo a bulbificação do alho nobre em regiões onde antes não era possível (MACÊDO et al., 2009).

Deste modo, a adoção da prática da vernalização possibilita expandir o cultivo de alho nobre para regiões de altitude do Nordeste, inclusive para regiões serranas do Rio Grande do Norte, que se mostram promissoras para a produção dessa hortaliça. No entanto, por se tratar de uma nova região com potencial de cultivo, com condições climáticas e de solo distintas das tradicionais regiões produtoras, é necessário adequar o manejo de produção da cultura, inclusive o manejo da adubação.

Nesse contexto, destaca-se o fósforo, que, apesar de não ser o nutriente mais exigido pela cultura, é aplicado em grande quantidade no cultivo do alho, devido às características dos solos tropicais, que apresentam alta capacidade de fixação desse nutriente, retendo-o em formas pouco solúveis, dificultando a absorção pelas plantas (BÜLL et al., 2008). No entanto, as áreas destinadas ao cultivo são adubadas constantemente, o que eleva o teor de fósforo no solo, sugerindo que poderia ser aplicada dose menor desse nutriente.

Dessa forma, são necessários estudos avaliando a dose mais adequada de fósforo para o alho, proporcionando uso equilibrado dos nutrientes, reduzindo custos com adubação e possibilitando incrementos na produtividade.

Na planta, o fósforo desempenha papel importante, participando de processos metabólicos, desempenha funções de armazenamento e transporte de energia na forma de ATP, está presente nas moléculas de DNA e RNA, contribui para a formação de raízes e compõe os lipídios da membrana celular (MALAVOLTA, 2006). Portanto, quando as plantas não recebem quantidade adequada de fósforo o crescimento é reduzido, há o amarelecimento irregular das folhas mais velhas, progredindo do ápice em direção à base, podendo ser confundida com sintoma de deficiência de nitrogênio, ocasionando perda na produtividade comercial e qualidade dos bulbos (MAGALHÃES, 1986; MACÊDO, 2008).

O suprimento adequado das necessidades nutricionais da cultura é primordial para o crescimento das plantas, proporcionando incremento na produtividade e maior qualidade dos bulbos. Para que a adubação seja eficiente, é preciso conhecer o comportamento do crescimento da cultura, pois geralmente a absorção e o acúmulo de nutriente ocorrem acompanhando a curva de crescimento.

Para compreender o crescimento e desenvolvimento do alho, é preciso o estabelecimento de alguns índices fisiológicos (BENINCASA, 2003), que indicam a

capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar e alocar matéria orgânica para os órgãos que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados, para os locais onde ocorrem o crescimento e a diferenciação dos órgãos.

Alguns trabalhos evidenciam a importância do conhecimento sobre o crescimento através de índices fisiológicos de plantas (OLIVEIRA 2010; VIDIGAL et al., 2010; LOPES et al., 2011). No entanto, as informações são escassas, pois existem poucos trabalhos disponíveis na literatura acerca desse assunto, principalmente sobre o alho nobre vernalizado cultivado em regiões semiáridas, tornando-se fundamentais estudos sobre o comportamento do crescimento dessa hortaliça em diferentes sistemas de produção, nas áreas tradicionalmente produtoras de alho, bem como em novas regiões que se mostram promissoras para o cultivo, como é o caso de algumas regiões de altitude do Rio Grande do Norte.

Existem na literatura alguns estudos que constataram respostas positivas da adubação fosfatada no cultivo do alho. Jacon (2016) observou que a dose de  $200 \text{ mg dm}^{-3}$  de P proporcionou maior produção e porcentagem de bulbos nas classes, de maior valor comercial. Macêdo et al. (2011) verificaram que a aplicação de  $200 \text{ Kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  proporcionou produtividade de bulbos comerciais de  $12,12 \text{ t ha}^{-1}$ . Andrioli et al. (2008) verificaram que a absorção do P ocorreu mais intensamente no final do ciclo produtivo, quando ocorre maior translocação de assimilados para os bulbos que se tornam fortes drenos. No entanto, apesar desses resultados sobre a adubação fosfata no cultivo do alho nobre, ainda não se chegou a um consenso sobre a quantidade de fósforo adequada para proporcionar maiores incrementos na produtividade, sem que haja aplicação excessiva de adubo nem de gastos na sua aplicação, permitindo que o alho nacional seja mais competitivo no mercado frente aos produtos importados. Por isso, é importante desenvolver estudos sobre adubação fosfatada no alho nobre em novas áreas de cultivo, para indicar com segurança a dose mais eficiente para o cultivo dessa hortaliça.

Portanto, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar o efeito de doses de fósforo sobre o crescimento, acúmulo de nutrientes e produção do alho nobre cultivado em região de altitude do semiárido.

## REFERÊNCIAS

ANDRIOLI, F. F.; PRADO, R. M.; ANDRIOLI, I.; SAES, L. P. Curva de crescimento e marcha de absorção de nutrientes pela cultura do alho sob condições de campo. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 385-393, 2008. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/11538>>. Acesso em 15 de nov. 2018.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2003.

BÜLL, L. T.; NOVELLO, A; CORRÊA, J. C; VILLAS BOAS, R L. Doses de fósforo e zinco na cultura do alho em condições de casa de vegetação. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 941-949, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052008000400017&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052008000400017&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 30 de nov. 2018.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p. 1-78, jan. 2018. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=76>>. Acesso em: 17 de out. 2018.

JACON, C. P. R. P. **Fontes e doses de fósforo em alho vernalizado livre de vírus**. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2016. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/144705/jacon\\_cprp\\_dr\\_bot.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/144705/jacon_cprp_dr_bot.pdf?sequence=3&isAllowed=y)>. Acesso em: 20 de out. 2018.

LOPES, W. A. R.; NEGREIROS, M. Z.; DOMBROSKI, J. L. D.; RODRIGUES, G. S. O.; SOARES, A. M.; ARAÚJO, A. P. Análise do crescimento de tomate ‘SM-16’ cultivado sob diferentes coberturas de solo. **Horticultura Brasileira**. 29: 554-561. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v29n4/a19v29n4.pdf>>. Acesso em: 26 de Nov. de 2018.

LOPES, W. A. R. **Produção e qualidade de alho nobre submetido a diferentes períodos de vernalização e épocas de plantio em Baraúna, RN**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – UFERSA, Mossoró, RN, 2014. Disponível em: <<https://ppgfito.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/45/2015/02/Tese-2014-WELDER-DE-ARA%C3%9AJO-RANGEL-LOPES.pdf>>. Acesso em: 20 de out. 2018.

LUCINI, M. A. Conjuntura do alho em 2017. **Revista Nosso Alho**, Brasília, n. 28, p. 32- 39, 2018. Disponível em: <<http://anapa.com.br/wp-content/uploads/2018/06/revista-nosso-alho-n-28.compressed.pdf>>. Acesso em: 24 de ago. 2018.

MACÊDO, F. S. **Marcha de absorção de nutrientes e produtividade em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas**. 63 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/bit>

stream/1/3111/1/TESE\_Marcha%20de%20absor%C3%A7%C3%A3o%20de%20nutrientes.pdf>. Acesso em: 30 de nov. 2018.

MACÊDO, F. S.; SOUZA, R. J.; CARVALHO, J. G.; SANTOS, B. R.; LEITE, L. V. R. Produtividade de alho vernalizado em função de doses de nitrogênio e molibdênio. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 657-663, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052009000300012](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052009000300012)>. Acesso: em 29 de nov. 2018.

MACÊDO, F. S.; SEDOGUCHI, E. T.; SOUZA R. J.; CARVALHO, J. G. Produtividade de alho vernalizado em função de fontes e doses de fósforo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 3, p. 379-383, mar, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v41-n3/a877cr1507.pdf>>. Acesso em: 24 de out. 2018.

MAGALHÃES, A. C. N. **Análise quantitativa do crescimento**. In: FERRI, M. G. Fisiologia vegetal. São Paulo, EPU, v.1, p. 363–50, 1986.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 638 p. 2006.

OLIVEIRA, N. L. C. **Avaliação ecofisiológica de subamostras de alho cv. Amarante**. Tese (Doutorado) Universidade Federal Rural de Viçosa. Viçosa – MG. 2010. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/1135/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 30 de nov. 2018.

RESENDE, J. T. V.; MORALES, R. G. F.; ZANIN, D. S.; RESENDE, F. V.; PAULA, J. T.; DIAS, D. M.; GALVÃO, A. G. Caracterização morfológica, produtividade e rendimento comercial de cultivares de alho. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 31, n. 1, jan./mar. 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362013000100025&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362013000100025&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 27 de out. 2018.

SILVA, E. C.; SOUZA, R. J.; SANTOS, V. S. Efeitos do tempo de frigidificação em cultivares de alho (*Allium sativum* L.) provenientes de cultura de meristemas. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 939-946, out./dez. 2000. Disponível em: <[file:///C:/Users/omc%20informatica/Downloads/24-4-2000\\_14%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/omc%20informatica/Downloads/24-4-2000_14%20(1).pdf)>. Acesso em: 02 de dez. 2018.

SOUZA, R. J. D.; MACÊDO, F. S. **Cultura do alho: técnicas modernas de produção**. Lavras: UFLA, 2009.

TRANI, P. E. **Cultura do alho (*Allium sativum*): Diagnóstico e recomendações para seu cultivo no Estado de São Paulo**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_2/alho/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/alho/index.htm)>. Acesso em: 18 de jan. 2019.



VIDIGAL, S. M.; MOREIRA, M. A.; PEREIRA, P. R. G. Crescimento e absorção de nutrientes pela planta de cebola cultivada no verão por semeadura direta e por transplântio de mudas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 59-70, 2010. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7036>>. Acesso em: 24 de nov. 2018.

## CAPÍTULO I

### ANÁLISE DE CRESCIMENTO E MARCHA DE ABSORÇÃO DE NUTRIENTES EM ALHO NOBRE CULTIVADO SOB DOSES DE FÓSFORO EM REGIÃO DE ALTITUDE DO RIO GRANDE DO NORTE

#### RESUMO

O cultivo do alho nobre está se expandindo pelo território nacional devido à técnica da vernalização empregada nos bulbos-sementes, que possibilita o cultivo em diversos estados brasileiros. O Rio Grande do Norte dispõe de áreas propícias para o cultivo do alho nobre, no entanto, é preciso realizar estudos avaliando o crescimento e a absorção de nutrientes em cultivares de alho nobre em diferentes condições de clima e solo. O objetivo da presente pesquisa foi avaliar o efeito de doses de fósforo sobre o crescimento e acúmulo de nutrientes em alho nobre produzido em região de altitude no Rio Grande do Norte. O trabalho foi conduzido no Município de Portalegre, RN, de junho a setembro de 2017. A cultivar avaliada foi a Roxo Pérola de Caçador. O delineamento foi em blocos casualizados completos, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em parcelas subdivididas. As parcelas foram compostas pelas doses de fósforo aplicadas em fundação: 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup>. As subparcelas foram formadas pelas épocas de amostragem de plantas (30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após o plantio), composta por seis plantas. A partir disso, foram determinadas: área foliar, matéria seca da parte aérea, do bulbo e total, razão bulbar, razão de área foliar, taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo e taxa assimilatória líquida. Ao longo do ciclo do alho, em função do acúmulo de matéria seca dos órgãos da planta, foram determinados os acúmulos de N, P, K, Ca e Mg, da parte aérea, bulbo e total. A máxima área foliar das plantas de alho foi obtida com a dose de 180 Kg ha<sup>-1</sup> de fósforo. As maiores taxas de crescimento relativo e taxa assimilatória líquida foram obtidas aos 40 dias após o plantio. O maior acúmulo de matéria seca do bulbo e total e maior taxa de crescimento absoluto ocorreram ao final do ciclo da cultura do alho. A partir dos 70 dias após o plantio, as maiores doses de P promoveram os maiores acúmulos total de macronutrientes nas plantas de alho, obtidos ao final do ciclo da cultura. O acúmulo de macronutrientes acompanhou o crescimento das plantas de alho com ordem de extração: N>K>Ca>P>Mg, sendo o N, P e K mais acumulados nos bulbos, ao passo que Ca e Mg foram mais acumulados nas folhas.

**Palavras-chaves:** *Allium sativum* L. Índices fisiológicos. Acúmulo de nutrientes. Adubação fosfatada.

**ANALYSIS OF GROWTH AND MARCH OF NUTRIENT ABSORPTION OF NOBLE  
GARLIC CULTIVATED WITH DOSES OF PHOSPHORUS IN AN ALTITUDE  
REGION OF RIO GRANDE DO NORTE**

**ABSTRACT**

The cultivation of the noble garlic is expanding throughout the national territory due to the technique of the vernalization used in the seed bulbs, which makes possible its cultivation in several Brazilian states. The Rio Grande do Norte has adequate areas for the cultivation of noble garlic, however studies are necessary to evaluate the growth and nutrient absorption in noble garlic cultivars in different climate and soil conditions. The objective of this research was to evaluate the effect of phosphorus doses on the growth and accumulation of nutrients in noble garlic produced in altitude region in Rio Grande do Norte. The work was conducted in the Municipality of Portalegre, RN, from June to September 2017. The evaluated cultivar was Roxo Pérola de Caçador. A complete randomized complete block design with four replications was used. The treatments were arranged in subdivided plots. The plots were composed of the doses of phosphorus applied in the foundation: 0, 60, 120, 180 and 240 kg ha<sup>-1</sup>. The subplots were formed by the sampling times of plants (30, 40, 50, 60, 70, 80 and 90 days after planting), composed of six plants. Leaf area, dry matter aerial part, bulb and total, bulbar ratio, leaf area ratio, absolute growth rate, relative growth rate and net assimilatory rate were determined. During the garlic cycle, due to the accumulation of dry mass of the plant organs, the N, P, K, Ca and Mg accumulations of aerial part, bulb and total were determined. The maximum leaf area of the garlic plants was obtained with the dose of 180 kg ha<sup>-1</sup> of phosphorus. The highest rates of relative growth and net assimilation rate were obtained at 40 days after planting. The highest accumulation of bulb dry matter and total and absolute growth rate occurred at the end of the garlic culture cycle. From the 70 days after planting, the higher doses of P promoted the highest total accumulations of macronutrients in the garlic plants, obtained at the end of the crop cycle. The accumulation of macronutrients accompanied the growth of garlic plants with extraction order: N > K > Ca > P > Mg, with N, P and K being the most accumulated in the bulbs, while Ca and Mg were more accumulated in the leaves.

**Palavras-chaves:** *Allium sativum* L. Physiological indices. Accumulation of nutrients. Phosphate fertilization.

## 1 INTRODUÇÃO

A produção brasileira de alho (120,897 t) ainda é considerada baixa quando comparada com países como China (22.216,965 t) e Índia (1.693,000 t), maiores produtores mundiais dessa hortaliça (FAO, 2018). Atualmente, a produção nacional não supre a demanda interna, no entanto, o país tem potencial e disponibilidade de tecnologias que possibilitam rendimentos elevados e, por consequência, aumento de produção. Para isto, é importante expandir a área de plantio para outras regiões do país, incluindo o semiárido brasileiro, com condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo.

Na literatura, faltam estudos sobre as exigências nutricionais da resposta à adubação com fósforo para o alho no semiárido. Considerando esse aspecto, é necessário testar e adequar as tecnologias disponíveis para produção de alho no país, para outras regiões, principalmente, aquelas de altitudes elevadas no semiárido nordestino.

Diversos estudos (BÜLL et al., 2004; ANDRIOLI, et al., 2008; MACÊDO et al., 2011; JACON, 2016) têm demonstrado que é possível obter incrementos na produtividade do alho nacional por meio de tecnologias de produção, tais como o manejo da adubação fosfatada. Os autores observaram respostas positivas da adubação com doses de fósforo no crescimento e desenvolvimento da planta, bem como na produtividade do alho.

Em diversas áreas de cultivo de alho comercial, alguns produtores utilizam adubos químicos em altas doses, o que resulta em aumento no custo de produção, de forma que os gastos com adubação passam a ser responsáveis por grande parte do custo total da cultura (MACÊDO et al., 2011).

Dentre os adubos aplicados em excesso, destaca-se o fósforo, que, apesar de não ser o nutriente mais exigido pela cultura, é fornecido em doses elevadas devido à característica dos solos brasileiros de fixar o fósforo em reações com os seus componentes, retendo esse elemento em formas pouco solúveis, dificultando a absorção pelas plantas (BÜLL et al., 2008; BENTO et al., 2015), sem necessariamente resultar em incremento da produtividade quando aplicado em grande quantidade.

A extração de nutrientes pelo alho está diretamente ligada ao crescimento e desenvolvimento da planta, pois para a maioria dos nutrientes, o acúmulo acompanha a curva de crescimento (RESENDE et al., 1999; ANDRIOLI et al., 2008). Portanto, para o sucesso da prática de adubação, é importante conhecer o comportamento do crescimento das plantas em diferentes condições ambientais.

Deste modo, entende-se que o crescimento das plantas pode ser influenciado pelo fornecimento e acúmulo dos nutrientes, tais como o fósforo, que desempenha funções de armazenamento e transporte de energia, participa das moléculas de DNA e RNA, etc. (MALAVOLTA, 2006). Pesquisas constataram que esse nutriente modificou o crescimento e acúmulo de matéria seca dos bulbos, dentre outras características relacionadas ao crescimento das plantas (BÜLL et al., 2008, BENTO et al., 2015).

Considerando esses aspectos, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de doses de fósforo aplicado em fundação sobre o crescimento e acúmulo de nutrientes em alho nobre produzido em região de altitude do Rio Grande do Norte.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Portalegre – RN, região Oeste do Rio Grande do Norte, nos meses de junho a setembro de 2017. A área experimental localiza-se a uma latitude de 6°01'20" sul e 38°01'55" de longitude a oeste de Greenwich e altitude de aproximadamente 520 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, isto é, tropical chuvoso, com inverno seco e a estação chuvosa prolongando-se até o mês de julho, com médias pluviométricas anuais situando-se entre 800 e 1.200 mm (SEPLAN, 2013). As condições de temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica observadas durante a pesquisa estão apresentadas nas figuras 1, 2 e 3.

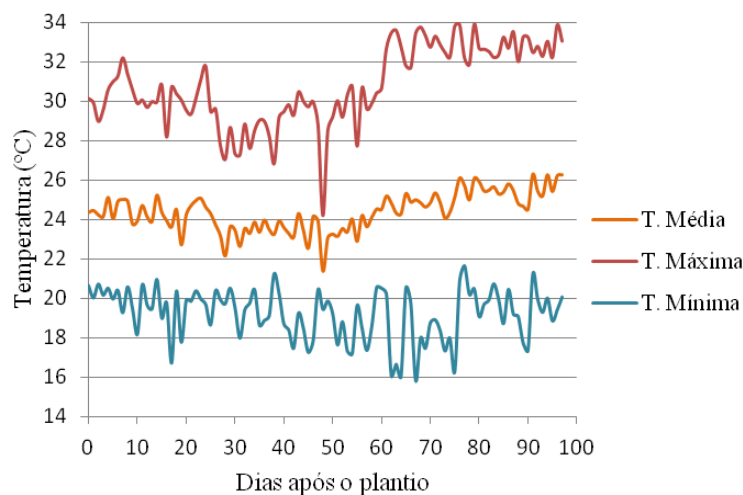


Figura 1 – Temperatura do ar, média, mínima e máxima, na área durante o período de condução do experimento. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

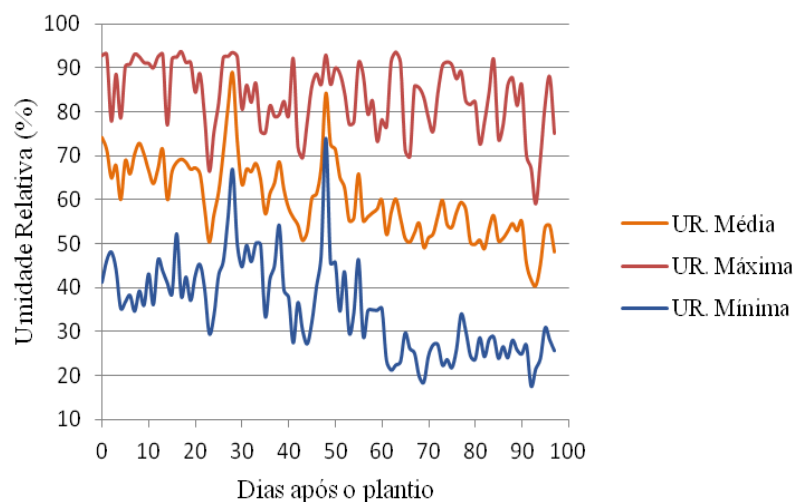


Figura 2 – Umidade relativa do ar, média, mínima e máxima, na área durante o período de condução do experimento. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

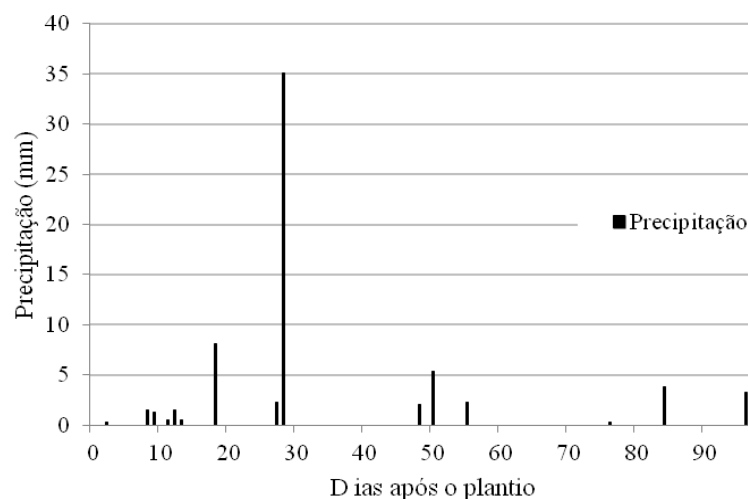


Figura 3 – Precipitação pluviométrica na área durante o período de condução do experimento. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Foi coletada uma amostra de solo da área experimental na camada de 0 a 20 cm de profundidade, que permitiu classificar o solo como Litossolo Eutrófico com A fraco textura média (EMBRAPA, 2013), cuja análise química apresentou as seguintes características: pH (H<sub>2</sub>O) = 5,60; N = 0,42 g kg<sup>-1</sup>; P = 7,3 mg dm<sup>-3</sup>; K = 75,7 mg dm<sup>-3</sup>; Na = 5,9 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 2,70 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 1,30 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 2,31 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB = 4,22 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; t = 4,22 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC = 6,53 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V = 65%; m = 0%; PST = 0% e MO = 12,00 g kg<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados completos, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em parcelas subdivididas. As parcelas foram compostas pelas doses de fósforo aplicadas em fundação: 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup>. As subparcelas foram formadas pelas épocas de amostragem de plantas (30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 dias após o plantio - DAP). Em cada repetição das subparcelas, foram coletadas seis plantas.

O plantio foi realizado em canteiros de 0,20 m de altura, 1,0 m de largura e 2,5 m de comprimento. O espaçamento adotado foi de 0,20 m entre linhas e 0,10 m entre plantas, com cinco linhas de plantio e um estande de 375 mil plantas por hectare, sendo a área útil composta pelas três fileiras centrais, desconsiderando-se uma planta de cada extremidade (Figura 5).

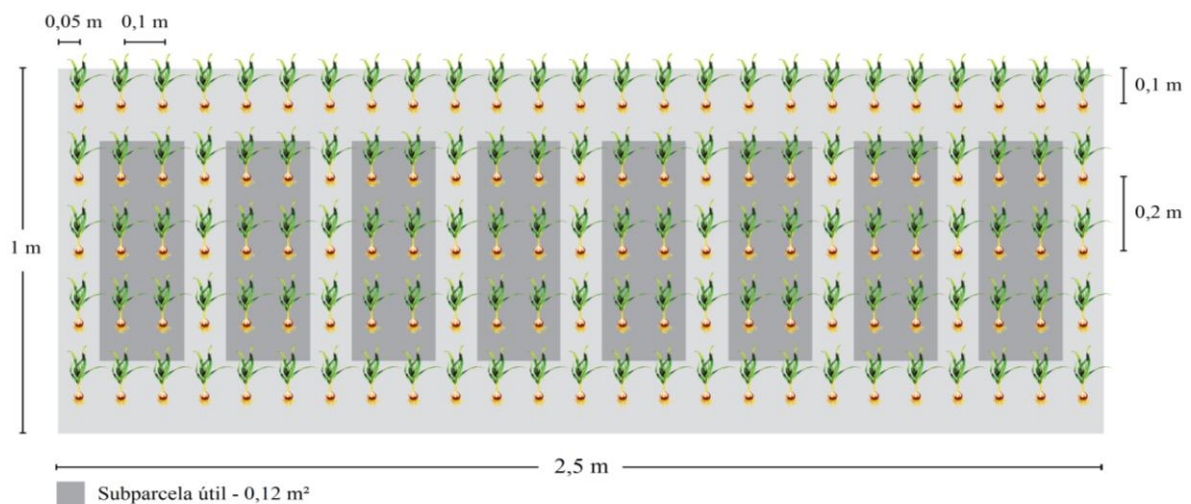


Figura 5 - Representação gráfica da parcela experimental de alho nobre submetido a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

A cultivar empregada neste estudo foi a Roxo Pérola de Caçador, que é do grupo nobre e tem como características: bulbos redondos e uniformes, com túnica branca. Os bulbilhos com película roxa são grandes e não há palitos (RESENDE et al., 2013).

Os bulbos-sementes foram submetidos ao processo de vernalização em refrigerador por um período de 50 dias a uma temperatura de 4 °C ± 1 e umidade relativa de 70%. Um dia antes do plantio, os bulbos foram retirados da refrigeração, para a realização da debulha. Em seguida, os bulbilhos foram classificados por tamanho, como grandes os bulbilhos retidos na peneira 1 (malha 15 x 25 mm); médios, retidos na peneira 2 (malha 10 x 20 mm); médios pequenos, retidos na peneira 3 (malha 8 x 17 mm) e pequenos, retidos na peneira 4 (malha 5 x 17 mm). Para se obter maior uniformidade no estande, foram plantados por blocos de acordo



com a classificação. Antes do plantio, os bulbilhos foram imersos em solução de Iprodione contendo 5 g L<sup>-1</sup> do ingrediente ativo, para prevenir possíveis ataques de patógenos de solo nas sementes.

No preparo do solo, realizou-se uma aração e uma gradagem, seguidas do levantamento manual dos canteiros. A área experimental foi adubada com base na análise do solo e seguindo as sugestões de Cavalcanti (2008) e Resende et al. (2004) para a cultura do alho. Na adubação de plantio, aplicou-se 30 kg ha<sup>-1</sup> de N (Nitrato de Cálcio), 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Cloreto de Potássio), 150 kg ha<sup>-1</sup> Sulfato de Magnésio, 60 kg ha<sup>-1</sup> de Sulfato de Zinco, 9,68 kg ha<sup>-1</sup> de Ácido bórico e 75 t ha<sup>-1</sup> de Pole Fértil<sup>®</sup>, à base de esterco bovino e de galinha decompostos, com 1% de N total, 15% de C orgânico. A adubação fosfatada foi efetuada conforme as doses estabelecidas nos tratamentos (0, 60, 120, 180 e 240 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), usando como fonte o superfosfato simples. As adubações de cobertura foram realizadas em duas aplicações, uma aos 30 dias após o plantio (DAP), usando nitrato de cálcio como fonte (30 kg ha<sup>-1</sup> de N), e outra aos 50 dias, utilizando ureia (60 kg ha<sup>-1</sup> de N).

O sistema de irrigação utilizado foi o de microaspersão, com vazão de 40 L h<sup>-1</sup> para uma pressão de 200 KPa, com dois microaspersores por subparcela. As irrigações foram suspensas três dias antes da colheita quando as plantas apresentaram sinais de maturação.

Na prevenção e controle de doenças como mancha púrpura e ferrugem, foram pulverizados produtos à base de Mancozeb (Manzate<sup>®</sup>), em intervalos de sete dias. Para controlar pragas, como tripés e ácaros, a área experimental foi pulverizada com produtos à base de Clorfenapir (Pirate<sup>®</sup>), em intervalos de quinze dias, a partir dos 30 dias após o plantio. As plantas daninhas foram controladas com capinas manuais de acordo com as necessidades da área experimental.

Durante o ciclo das plantas, as características avaliadas foram as seguintes:

Razão bulbar – determinada pela divisão do diâmetro do pseudocaule, na altura do colo da planta, com diâmetro da parte mediana do bulbo, de seis plantas da área útil da subparcela.

A área foliar foi obtida pelo método do disco foliar, utilizando um vazador com área conhecida. Foram destacados discos foliares das porções basal, mediana e apical do limbo foliar. Por meio da área conhecida dos discos foliares, do peso dos mesmos e do peso da folha, foi estimada a área foliar total.

As plantas coletadas foram encaminhadas ao Centro de Pesquisas Vegetais do Semiárido Nordeste – CPVSA, UFERSA, Mossoró-RN, lavadas em água corrente e enxaguadas em água destilada e fracionadas em parte aérea (folhas e bainhas) e bulbo. As

amostras foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar, sob temperatura média de 65°C até obtenção de massa constante.

Os acúmulos de matéria seca da parte aérea e do bulbo foram obtidos por meio de pesagens da matéria seca de cada órgão.

Com base na área foliar e nas matérias secas, foram avaliados:

Razão de área foliar:  $RAF = AF/MST$  ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ );

Taxa de crescimento absoluto:  $TCA = (P2 - P1)/(T2 - T1)$  ( $\text{g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ );

Taxa de crescimento relativo:  $TCR = (\ln P2 - \ln P1)/(T2 - T1)$ , ( $\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ );

Taxa assimilatória líquida:  $TAL = [(P2 - P1)/(T2 - T1)] \cdot [(\ln A2 - \ln A1)/(A2 - A1)]$  ( $\text{g cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );

Onde AF é a área foliar em  $\text{cm}^2$ , MST é a matéria seca total em g, P2 e P1 são as massas da matéria seca de duas amostragens sucessivas, T2 e T1 representam as épocas de amostragem. Neste caso, a diferença de tempo foi fixada em 10 dias, e A2 e A1 representam as áreas foliares de duas amostragens sucessivas (BENINCASA, 2003).

Para a quantificação dos macronutrientes no material vegetal, as amostras foram trituradas em moinho tipo Willey (peneira de 2 mm) e acondicionadas em recipientes fechados. Para analisar os teores de N, P, K, Ca e Mg, foram pesadas amostras de 0,4 g do material devidamente moído, em seguida procedeu-se à extração com peróxido de hidrogênio (2 mL), ácido sulfúrico concentrado (4 mL) e mistura digestora (0,7 g) composta de sulfato de sódio, sulfato de cobre e selênio (metálico).

Os teores de N foram determinados pelo método Micro-Kjeldahl; para o fósforo, empregou-se o método do complexo fosfo-molibdico em meio redutor, adaptado por Braga e Defelipo (1974); o K foi determinado por fotometria de emissão de chama e os valores de Ca e Mg foram lidos na absorção atômica (EMBRAPA, 1999). Com os resultados da matéria seca e dos teores de N, P, K, Ca e Mg, na parte aérea e bulbos, em cada época de amostragem, avaliou-se o acúmulo dos macronutrientes, sendo os resultados expressos em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Os dados foram submetidos às análises de variância por meio do *software* Sisvar® (FERREIRA, 2008) e análises de regressões por meio do *software* Table Curve 2D v5.01 (JANDEL SCIENTIFIC, 1991), obedecendo-se ao nível de significância de 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da interação doses de fósforo x épocas de avaliação para a área foliar (AF). Houve efeito significativo das épocas para razão de área foliar (RAF), razão bulbar (RB) (Tabela 1A), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca dos bulbos (MSB), matéria seca total (MST) (Tabela 2A), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa assimilatória líquida (TAL) (Tabela 3A). Verificou-se efeito significativo da interação doses de fósforo x épocas de avaliação para o acúmulo de N, P, K, Ca e Mg no bulbo e total (Tabela 6A, 7A, 8A, e 9A) e efeito significativo da interação para Ca e Mg na folha (Tabela 5A). Para o acúmulo de N, P e K na folha, foi observado efeito significativo somente das épocas de avaliação (Tabela 4A).

#### 3.1 ÁREA FOLIAR

Verificou-se efeito quadrático para a área foliar em função das épocas de avaliação em cada dose de fósforo. Os valores máximos estimados foram de 190,20 cm<sup>2</sup> aos 73 DAP; 188,52 cm<sup>2</sup> aos 75 DAP; 207,17 cm<sup>2</sup> aos 69 DAP; 200,33 cm<sup>2</sup> aos 78 DAP e 195,80 cm<sup>2</sup> aos 74 DAP, para as doses de 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, respectivamente (Figura 2). Assim, inicialmente houve um investimento da planta no aparato fotossintético, o que justifica o aumento da área foliar, seguida de intensa translocação de assimilados para os bulbos, com posterior maturação dos bulbos, a planta inicia a senescência foliar, o que resulta na diminuição da AF.

Oliveira (2010), trabalhando com alho seminobre, cv. Amaranthe, verificou que aos 87 DAP a área foliar foi uma das características morfofisiológicas que mais influenciaram a produtividade total de bulbos. Deste modo, entende-se que a área foliar está diretamente relacionada ao rendimento das cultivares, tendo em vista que quanto maior for a área foliar maior será a interceptação de luz, que será usada na fotossíntese e resultará numa maior produção de matéria seca alocada nos órgãos da planta.

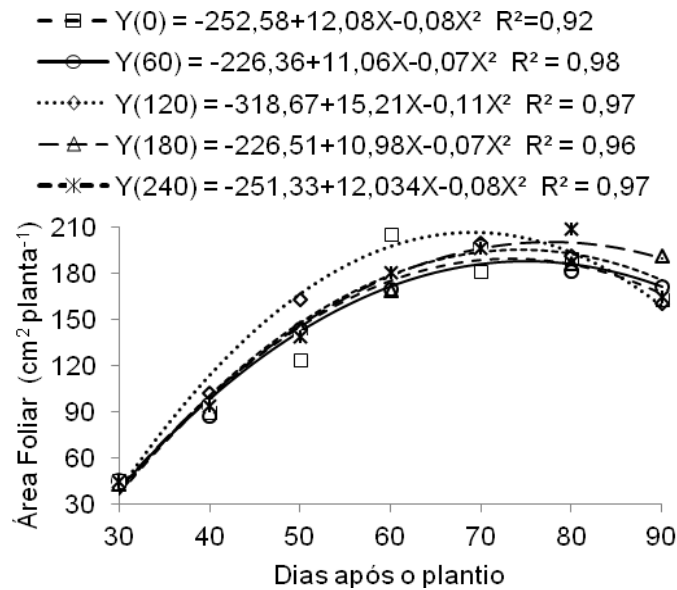


Figura 2 – Área foliar de plantas de alho, em função das épocas de avaliação, cultivadas sob doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Analisando a área foliar em função das doses de fósforo, em cada época de avaliação, observa-se que aos 30, 40, 70, 80 e 90 DAP não houve diferença estatística das doses de fósforo para a área foliar. No entanto, aos 50 DAP a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P proporcionou maior área foliar (162,68 cm<sup>2</sup>), não diferindo das doses de 60, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P, que tiveram área foliar de 143,78; 144,81 e 138,84 cm<sup>2</sup>, respectivamente. Aos 60 DAP, a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P também apresentou em média a maior área foliar (216,65 cm<sup>2</sup>), não diferindo da dose 0 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P, para as quais se observa área foliar de 205,63 e 180,66 cm<sup>2</sup>, respectivamente (Tabela 1).

A área foliar é extremamente importante para o alho, na medida em que há incremento em produtividade de bulbo estimado em cerca de 1,30 t ha<sup>-1</sup> por folha a mais na planta (NICK; BORÉM, 2017). Alguns autores verificaram que baixo suprimento de fósforo diminui a área foliar, devido à redução no crescimento, amarelecimento e redução no número de folhas, ocasionando ainda uma limitação da expansão foliar (RODRIGUEZ et. al., 1998; MACÊDO et. al., 2011), de modo que é interessante identificar a dose adequada de fósforo que proporcione maior expansão da área foliar, que influencia o rendimento final da cultura.

Tabela 1- Valores médios da área foliar (AF) de plantas de alho, em função das doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2018.

Época (Dias)	AF (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )				
	Doses de P (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
30	45,55 A	45,69 A	44,94 A	42,90 A	44,72 A
40	89,29 A	87,49 A	102,29 A	95,94 A	93,52 A
50	123,56 B	143,78 AB	162,68 A	144,81 AB	138,84 AB
60	205,63 AB	169,64 B	216,65 A	169,14 B	180,66 AB
70	181,32 A	198,05 A	199,50 A	218,45 A	196,26 A
80	190,18 A	181,55 A	191,11 A	186,49 A	209,07 A
90	163,30 A	171,07 A	160,75 A	191,59 A	164,82 A

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas comparam as doses de fósforo dentro de cada época, e não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.2 MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA, BULBO E TOTAL

Para a matéria seca da parte aérea, do bulbo e total, verifica-se que somente as épocas de avaliação influenciaram essas características. Observou-se aumento da matéria seca da parte aérea até o máximo de 2,58 g planta<sup>-1</sup> aos 74 DAP, decrescendo no final do ciclo, porém maiores incrementos na matéria seca dos bulbos e total (5,44 e 7,56 g planta<sup>-1</sup> respectivamente) ocorreram na fase final do ciclo da cultura (Figura 3).

Pesquisas também demonstram que o máximo acúmulo de matéria seca nas folhas ocorre entre 70 e 80 DAP (HAYNES, 1980; RESENDE et. al., 1999; ANDRIOLI et. al., 2008), sendo elas responsáveis por mais da metade da massa seca da planta no início do crescimento da cultura. Nesta fase, os metabólitos são destinados a incrementar a área foliar, o que resulta em aumento da taxa fotossintética, refletida no aumento da biomassa da planta inteira, sendo possível, portanto, correlacionar o índice de área foliar e a produção de massa seca.

Para os bulbos e planta inteira, ocorre maior acúmulo de matéria seca na fase final do ciclo, pois os bulbos se comportam como fortes mobilizadores de assimilados, se tornando os principais drenos por volta do final do ciclo da cultura. Nessa fase (aos 90 DAP), a massa dos bulbos foi responsável pela maior parte do total acumulado pela planta inteira, o que

corresponde a 71,67%, e a parte aérea representou apenas 28,33% do que foi acumulado, semelhantemente ao observado por Andrioli et al. (2008), quando avaliaram o crescimento da cultivar Roxo Pérola de Caçador. Deste modo, verifica-se que no final do ciclo os bulbos apresentam alta capacidade mobilizadora de assimilados, se comportando como fortes drenos, acumulando mais massa seca.

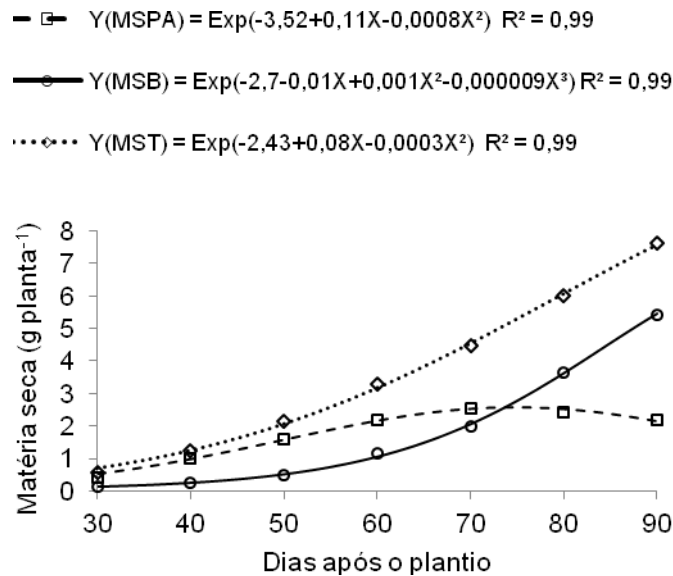


Figura 3 – Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA), de Bulbo (MSB) e Total (MST) de plantas de alho, em função das épocas de avaliação. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

### 3.3 RAZÃO BULBAR

A razão bulbar, como esperado, decresceu em função das épocas de avaliação, com médias menores do que 0,2 nas últimas épocas de avaliação. Essa característica é usada para estimar o estágio e intensidade de bulbificação, entendendo-se, portanto, que valores inferiores a 0,5 indicam o início do crescimento do bulbo e valores menores do que 0,2 indicam a formação definitiva e maturação dos bulbos (MANN; MINGES, 1958).

Pode-se observar uma tendência de diminuição dos valores de razão bulbar na medida em que as avaliações foram efetuadas, notando-se que a bulbificação se intensificou até os 90 DAP, tendo sido os bulbos colhidos, com média de razão bulbar de 0,15 (Figura 4). Araújo (2014), trabalhando com uma cultivar de alho nobre, obteve valores de razão bulbar aos 90 DAP variando entre 0,50 e 0,24. Neste caso, o que justifica esses valores mais elevados do que os encontrados na presente pesquisa é o ciclo, que se estendeu até os 120 DAP. A cultivar

avaliada na presente pesquisa teve o ciclo mais curto devido ao emprego da técnica de vernalização, que reduz o ciclo e também as condições ambientais do local de cultivo, que agiram acelerando a bulbificação do alho e a sua maturação, atingindo o ponto de colheita aos 90 DAP.

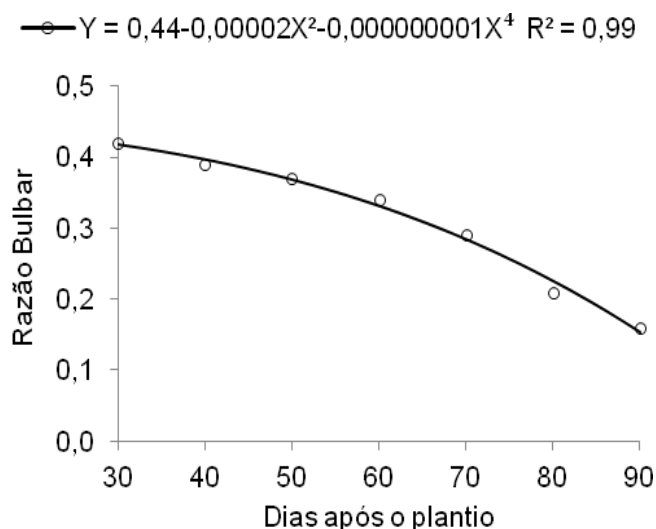


Figura 4 - Razão Bulbar (RB) de plantas de alho em função das épocas de avaliação. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

### 3.4 RAZÃO DE ÁREA FOLIAR

A maior razão de área foliar (RAF) ocorreu aos 30 DAP, com  $80,01 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ , em seguida observa-se um declínio em função das épocas de avaliação, com mínimo estimado de  $22,46 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  aos 90 DAP (Figura 5).

A redução na RAF ocorre porque esta característica é dada pela razão entre a AF e a MST. Esse declínio ocorre enquanto a planta cresce, pois há uma tendência de diminuição da área foliar útil ou fotossinteticamente ativa para a produção de matéria seca (PEIXOTO et al., 2011), ou seja, a AF não apresenta o mesmo ritmo de crescimento enquanto se observa aumento na MST durante todo o ciclo.

Estudos avaliando a razão de área foliar da cultivar de alho Balady, em duas épocas de cultivo no Egito, também mostram redução considerável ao longo das amostragens para esta característica (ABOU EL-MAGD et al., 2013). Tal comportamento decrescente da RAF se mostra semelhante ao observado por Bettoni et al. (2013), ao estudar o crescimento de

cultivares de cebola, verificando que a RAF é elevada no início do ciclo vegetativo e decresce com a maturação das plantas.

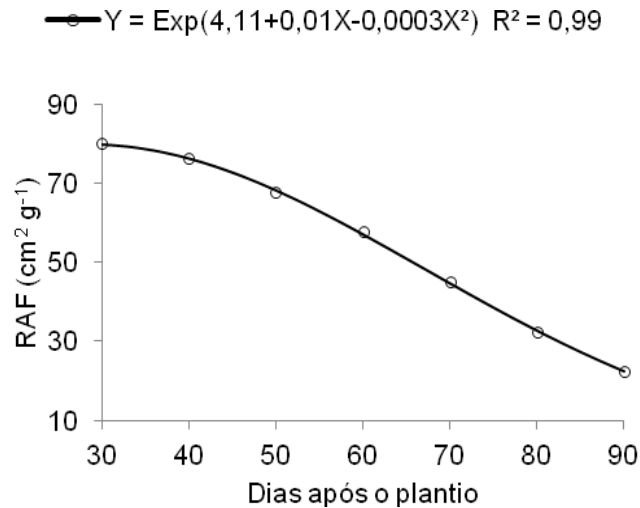


Figura 5 – Razão de Área Foliar (RAF) de plantas de alho em função das épocas de avaliação. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

### 3.5 TAXA DE CRESCIMENTO ABSOLUTO

Para a taxa de crescimento absoluto (TCA), foi observado aumento em função das épocas avaliadas, sendo o maior valor de  $0,16 \text{ g planta}^{-1}\text{dia}^{-1}$ , estimado no fim do ciclo de produção aos 90 DAP (Figura 6). Segundo Benincasa (2003), a TCA permite ter uma ideia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação, pois mostra basicamente a variação ou incremento entre duas amostragens.

Semelhantemente ao relatado por Abou El-Magd et al. (2013), o aumento da TCA ocorreu principalmente devido ao crescimento e enchimento dos bulbos, pois há uma intensa translocação de fotoassimilados das folhas para o bulbo na medida em que a planta se aproxima do final do ciclo, o que leva a um aumento no peso total da planta.

Fernandes et al. (2013), avaliando o crescimento das cultivares de alho, Caturra, Branco Mossoró, Centenário, Cateto Roxo, Gravatá e Mexicano, no Vale do Açu, encontraram taxas de crescimento absoluto variando entre 1,27; 1,21; 1,11; 1,08 e 1,01  $\text{cm dia}^{-1}$ , verificando que as maiores TCA foram observadas entre os 14 e 21 DAP, seguindo-se decréscimo até a colheita. Estes resultados se mostram divergentes da presente pesquisa, na qual foi observado aumento crescente da TCA, com o máximo ocorrendo ao final do ciclo da



cultura. Provavelmente essa diferença ocorreu pelo fato de se tratar de grupos diferentes de alho, que, conseqüentemente, apresentam comportamentos de crescimento distintos.

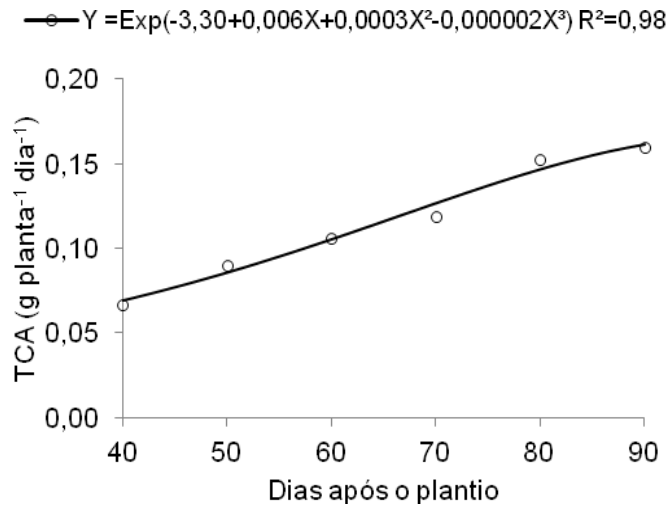


Figura 6 – Taxa de crescimento absoluto (TCA) de plantas de alho em função das épocas de avaliação. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

### 3.6 TAXA DE CRESCIMENTO RELATIVO

Observou-se uma redução na taxa de crescimento relativo (TCR) em função das épocas de avaliação, com máximo ( $0,08 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) aos 40 DAP (Figura 7).

Em oposição à TCA, que quantifica apenas quanto a planta acumulou ( $\text{g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) entre as épocas de avaliação, a TCR é um dado referente ao total acumulado pela planta na época de amostragem anterior ( $\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), por isso os comportamentos observados são distintos. Magalhães (1985) considera a taxa de crescimento relativo como uma medida mais apropriada para avaliação do crescimento vegetal, que é dependente da quantidade de material que está sendo acumulado. Portanto, a taxa de crescimento de uma planta é uma função do tamanho inicial, podendo ser exemplificado pelo aumento em gramas, relacionado ao peso de matéria seca no instante em que se inicia o período de observação (BENINCASA, 2003).

Oliveira (2010), fazendo uma avaliação ecofisiológica de subamostras da cultivar Amarante, encontrou TCR variando entre  $0,02$  a  $0,04 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  no período de 59 a 87 DAP. Essas diferenças nos máximos valores de TCR e nas épocas avaliadas ocorrem devido às diferenças no crescimento entre a cultivar nobre avaliada na presente pesquisa e a cultivar seminobre estudada pelo autor, que tem ciclo mais longo e não passou pelo processo de

vernalização. Deste modo, entende-se que todo crescimento da planta é resultado da produção de material, e cada cultivar tem um metabolismo de produção diferente, o qual é suficiente para atender às necessidades metabólicas do material já existente e ainda para armazenar e/ou construir um novo material estrutural (BENINCASA, 2003).

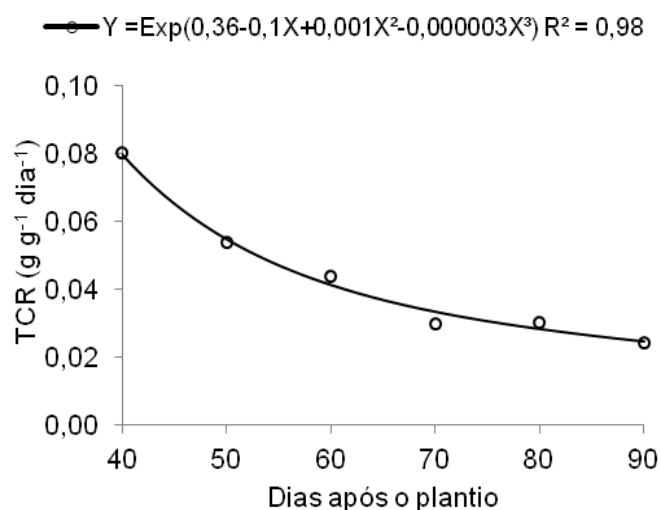


Figura 7 – Taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de alho em função das épocas de avaliação. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

### 3.7 TAXA ASSIMILATÓRIA LÍQUIDA

Avaliando a taxa assimilatória líquida (TAL), estimou-se o máximo valor (0,0010 g cm<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>) aos 40 DAP, tendo ocorrido um leve aumento próximo ao final do ciclo da cultura (Figura 8). Devido ao auto-sombreamento, a TAL diminui com o aumento da AF, no entanto, pode-se observar que a TAL sofreu leve aumento próximo ao final do ciclo, provavelmente porque teve início a senescência e não houve sombreamento sobre as folhas presentes na planta, que se mostraram eficientes na produção de fotossíntese (PEIXOTO et al., 2011), favorecendo a maior produção de matéria seca no final do ciclo.

Abou El-Magd et al. (2013), avaliando a cv. Balady de alho, verificaram que a TAL aumentou significativamente com os estágios de crescimento da cultura, sendo o maior valor de TAL obtido durante os 150-180 DAP, próximo à colheita. Esses maiores valores na última fase de crescimento podem estar relacionados ao rápido desenvolvimento dos bulbos, considerados como fortes drenos. Apesar de os resultados divergirem com a presente pesquisa quanto ao comportamento crescente da taxa assimilatória líquida, há um aumento da TAL na

última fase de crescimento, próximo ao final do ciclo da cultura, o que pode ser justificado também pelo crescimento dos bulbos, na medida em que a TAL mede o ganho ou acúmulo de matéria seca por unidade de área foliar, por unidade de tempo, de forma que este índice de crescimento permite mensurar a eficiência fotossintética da cultura, ou seja, é possível estimar a fotossíntese líquida (PEIXOTO et al., 2011). Assim, os fotoassimilados produzidos no final do ciclo são destinados para os órgãos de reserva, que neste caso são os bulbos, ocorrendo, assim, maior incremento desse índice próximo ao final do ciclo de cultivo.

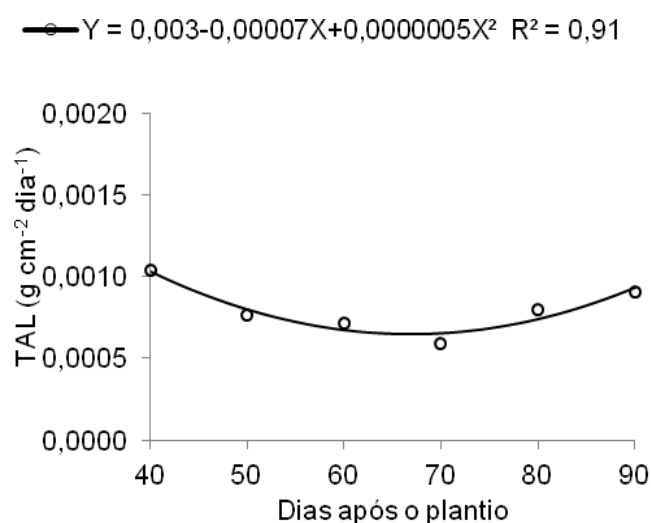


Figura 8 – Taxa assimilatória líquida (TAL) de plantas de alho em função das épocas de avaliação. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

### 3.8 ACÚMULO DE NITROGÊNIO (N) NA PARTE AÉREA, BULBO E TOTAL

Avaliando o acúmulo de N na parte aérea em função das doses de P, verifica-se que o máximo estimado (26,64 kg ha<sup>-1</sup>) ocorreu na dose de 174 kg ha<sup>-1</sup> de P, com decréscimo na medida em que as doses de fósforo aumentaram (Figura 9A). Em função das épocas de avaliação, observa-se maior quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea (32,07 kg ha<sup>-1</sup> de N) por volta dos 75 DAP (Figura 9B), bem próximo à época em que foi observado o máximo acúmulo de matéria seca na parte aérea da planta (Figura 3). Na cultura do alho, o N exerce efeito marcante na altura e no número de folhas, estando diretamente ligado ao crescimento, proporcionando, portanto, maior vigor vegetativo das plantas (SOUZA; CASALI, 1986). Deste modo, é possível associar o maior acúmulo de N na parte aérea à época em que foi observado maior acúmulo de matéria seca da parte aérea.

Alguns pesquisadores observaram que a absorção máxima de N ocorreu próximo aos 80 DAP, justificando que nessa época a parte aérea das plantas encontra-se em pleno crescimento, correlacionando, assim, os incrementos da parte aérea ao maior acúmulo de N (ANDRIOLI et al., 2008; RESENDE et al., 2000), corroborando com os resultados da presente pesquisa. Outros estudos comprovaram que o maior acúmulo de N é influenciado pelo maior acúmulo de P, devido a uma correlação positiva entre o acúmulo de N na parte aérea das plantas de alho e doses de P aplicadas (BÜLL et al., 1998; SUMNER; FARINA, 1986).

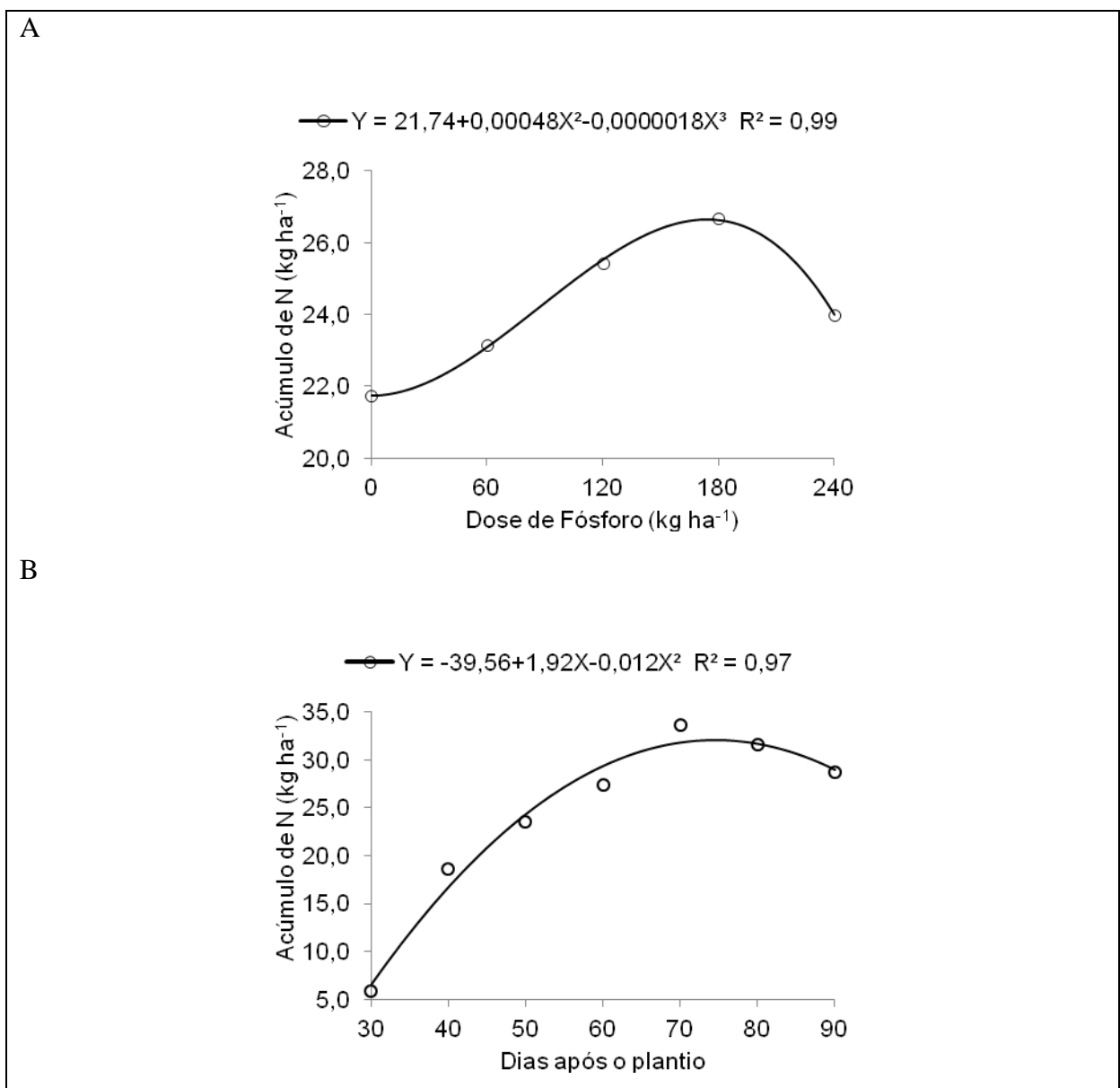


Figura 9 – Acúmulo de nitrogênio (N) na parte aérea em função das doses de fósforo aplicadas (A); acúmulo de nitrogênio (N) na parte aérea em função das épocas de avaliação (B), em plantas de alho cultivadas sob doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Para o acúmulo de nitrogênio nos bulbos em função das épocas de avaliação, verifica-se aumento crescente em todas as doses de fósforo aplicadas, estimados os máximos valores: 36,53; 38,03; 45,55; 45,47 e 41,49 kg ha<sup>-1</sup> de N aos 90 DAP (Figura 10), sendo esse comportamento semelhante ao observado para o acúmulo de matéria seca nos bulbos (Figura 3), que também alcançou máximo valor aos 90 DAP. O nitrogênio exerce efeito positivo na cultura do alho, inclusive no tamanho dos bulbos e na produtividade (SOUZA; CASALI, 1986). Souza et al. (2011), determinando a marcha de absorção em alho nobre, constataram que o acúmulo de N acompanhou a matéria seca nos bulbos e atingiu o máximo na colheita, corroborando com os resultados apresentados.

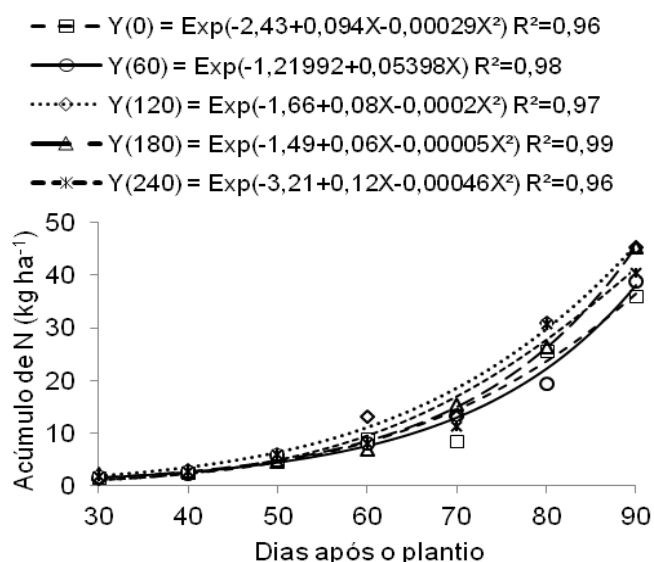


Figura 10 – Acúmulo de nitrogênio (N) nos bulbos de alho, em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFRSA, 2017.

Avaliando a influência das doses de fósforo no acúmulo de nitrogênio no bulbo, verifica-se que aos 30, 40, 50 e 60 DAP não houve diferença estatística entre as doses de fósforo no acúmulo do N. Somente aos 70 DAP observa-se influência das doses de fósforo no acúmulo de nitrogênio no bulbo, onde a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de P proporcionou maior acúmulo de N ( 15,39 kg ha<sup>-1</sup>), não diferindo estatisticamente das doses de 60, 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P. Aos 80 DAP, as doses de 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo não diferiram da dose 0, apresentando os maiores acúmulos de N no bulbo (30,93; 26,39; 30,60 e 25,62, respectivamente). Por volta da colheita, aos 90 DAP as doses de 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de P se destacaram com os maiores acúmulos de N (45,32 e 45,35 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente), não diferindo, porém, estatisticamente das doses de 60 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P (38,90 e 40,55 35 kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 2).

O acúmulo de N acompanhou o da matéria seca do bulbo e intensificou-se a partir dos 70 DAP, comportamento semelhante ao observado para o acúmulo de N em função das doses de P aplicadas. Pesquisas verificaram que o nitrogênio é acumulado mais intensamente a partir dos 50 DAP, atingindo máximo valor próximo à colheita (RESENDE et al., 1999; SOUZA et al., 2011), comportamento compatível ao observado na presente pesquisa.

Outra observação importante refere-se à absorção de N pela planta, que acompanhou de forma positiva o aumento dos níveis de P aplicados no solo, levando-se em consideração que o N favorece o crescimento e aumento da massa foliar do alho (RESENDE, 1992). Este pode ser correlacionado com a área foliar das plantas de alho, que também aumentou com a aplicação das doses de fósforo, favorecendo maior produção de fotoassimilados, que, com o início da bulbificação, são destinados aos bulbos, pois estes se tornam fortes drenos.

Tabela 2 - Valores médios para acúmulo de nitrogênio (N) nos bulbos de alho, submetidos a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Época (Dias)	N (kg ha <sup>-1</sup> )				
	Doses de P (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
30	1,52 A	1,47 A	1,15 A	2,09 A	1,77 A
40	2,52 A	2,27 A	2,80 A	2,65 A	2,71 A
50	4,87 A	5,62 A	5,89 A	4,58 A	5,80 A
60	8,82 A	8,02 A	13,11 A	6,79 A	8,03 A
70	8,51 B	13,33 AB	13,13 AB	15,39 A	11,34 AB
80	25,62 AB	19,34 B	30,93 A	26,39 A	30,60 A
90	35,99 B	38,90 AB	45,32 A	45,35 A	40,55 AB

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas comparam as doses de fósforo dentro de cada época, e não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Avaliando o acúmulo total de N na planta de alho em função das épocas de avaliação, observa-se aumento gradativo na medida em que se aproximou o final do ciclo, estimados os máximos valores de 61,44; 64,52; 75,87; 80,57 e 69,96 kg ha<sup>-1</sup> de N na planta, para as doses de 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, respectivamente, aos 90 DAP (Figura 11). Souza et al. (2011), determinando a marcha de absorção da cv. Roxo Pérola de Caçador, verificaram que o máximo acúmulo de N ocorreu por ocasião da colheita, aos 130 DAP, corroborando

com os resultados da presente pesquisa, na qual o máximo acúmulo ocorreu por ocasião da colheita e acompanhou o acúmulo da matéria seca total das plantas de alho. Alguns estudos constataram que esse nutriente é absorvido em maior quantidade pelas plantas de alho, ocupando sempre a primeira posição na ordem de extração (RESENDE et al., 1999; ANDRIOLI et al., 2008; MACÊDO, 2008).

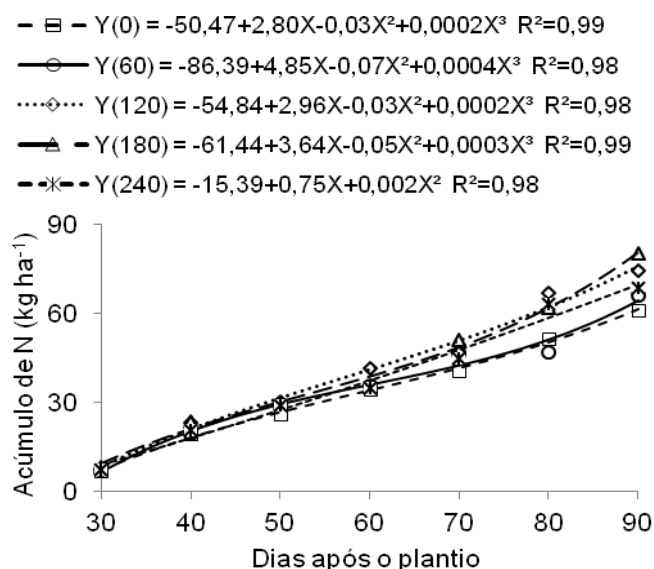


Figura 11 – Acúmulo total de nitrogênio (N) na planta de alho, em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Não houve modelo matemático ajustado para o acúmulo total de N nas plantas de alho em função das doses de fósforo, não sendo observadas diferenças significativas aos 30, 40, 50 e 60 DAP; aos 70 DAP, a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo proporcionou maior acúmulo de N (51,23 kg ha<sup>-1</sup>), não diferindo, porém, das aplicações de 60, 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P (46,53; 46,89 e 44,71 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente); para as análises realizadas aos 80 DAP, observa-se que as doses de 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P obtiveram máximos acúmulos de 66,77; 62,02 e 63,35 kg ha<sup>-1</sup>; e aos 90 DAP, as doses de 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de P não diferiram entre si e proporcionaram maior acúmulo de N na planta, 74,27 e 80,15 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 3).

Cunha (2014), estudando a demanda de nutrientes da cultura do alho, verificou comportamento linear positivo entre a produtividade da cultura e o acúmulo de N na planta inteira, comportamento que indica que o acúmulo desse nutriente influenciará diretamente a produtividade da cultura, tendo em vista que o nitrogênio é um elemento diretamente ligado ao crescimento vegetativo das plantas (MALAVOLTA, 2006).

Tabela 3 - Valores médios para acúmulo total de nitrogênio (N) nas plantas de alho, submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFRSA, 2017.

Época (Dias)	N (kg ha <sup>-1</sup> )				
	Doses de P (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
30	7,03 A	7,17 A	7,14 A	8,27 A	7,38 A
40	19,24 A	19,36 A	23,34 A	23,43 A	20,82 A
50	26,11 A	29,24 A	30,34 A	29,90 A	28,88 A
60	34,39 A	35,83 A	41,48 A	35,07 A	34,99 A
70	40,55 B	46,53 AB	46,89 AB	51,23 A	44,71 AB
80	51,70 B	46,97 B	66,77 A	62,02 A	63,35 A
90	60,96 C	65,93 BC	74,27 A	80,15 A	68,52 BC

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas comparam as doses de fósforo dentro de cada época, e não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.9 ACÚMULO DE FÓSFORO (P) NA PARTE AÉREA, BULBO E TOTAL

Analisando o acúmulo de fósforo na parte aérea em função das épocas de avaliação, observa-se que o máximo foi de 4,49 kg ha<sup>-1</sup>, alcançado aos 73 DAP (Figura 12). Esse comportamento pode ser explicado pelo início da senescência das folhas, também pelo fato dos nutrientes que passam a ser exportados para os bulbos mais intensamente, pois estes se encontram em acelerado processo de crescimento, se tornando fortes drenos. Resende et al. (1999), avaliando a cv. Gigante Roxão, verificaram que a maior absorção de P ocorreu entre 50 e 110 DAP, ocorrendo queda no acúmulo no final do ciclo, comportamento semelhante ao observado na presente pesquisa, que apresenta diminuição no acúmulo de P a partir dos 74 DAP, próximo ao final do ciclo.

Alguns estudos constataram que o P é o quinto nutriente em ordem de extração pela cultura do alho, no entanto, este elemento é um dos que proporcionam maiores respostas em termos de produtividade, agindo inclusive no aumento da massa dos bulbos (FILGUEIRA 2000; RESENDE et al., 1999; SOUZA et al., 2011). No alho, a deficiência desse nutriente, de acordo com Marschner (1995), resulta em folhas com eficiência fotossintética por unidade de clorofila muito reduzida. Assim, o adequado fornecimento deste nutriente é indispensável



para o equilíbrio fisiológico da planta por ser constituinte e fonte de energia, permitindo, assim, que a planta possa expressar todo o seu potencial de rendimento e de defesas contra patógenos (ARAÚJO, 2014).

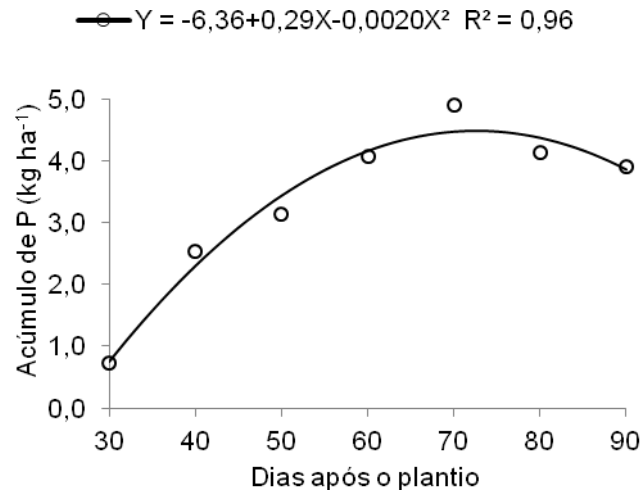


Figura 12 – Acúmulo de fósforo (P) na parte aérea de plantas de alho, em função das épocas de avaliação, cultivadas sob doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Verificou-se aumento do acúmulo de fósforo no bulbo em função das épocas de avaliação, em todas as doses de P, nas quais se obteve os máximos valores estimados de 8,96; 8,27; 9,27; 10,64 e 10,70 kg ha<sup>-1</sup> de P, aos 90 DAP (Figura 13). Esse incremento gradativo no acúmulo de fósforo na medida em que foram feitas as avaliações é semelhante ao aumento no acúmulo de matéria seca observado nos bulbos em função das épocas de avaliação (Figura 3). Souza et al. (2011), avaliando a cv. Roxo Pérola de Caçador, observaram que o acúmulo desse nutriente acompanhou o aumento da matéria seca dos bulbos, se intensificando por volta dos 50 DAP, tendo atingindo o valor máximo na colheita, sendo observado comportamento semelhante para este nutriente na presente pesquisa.

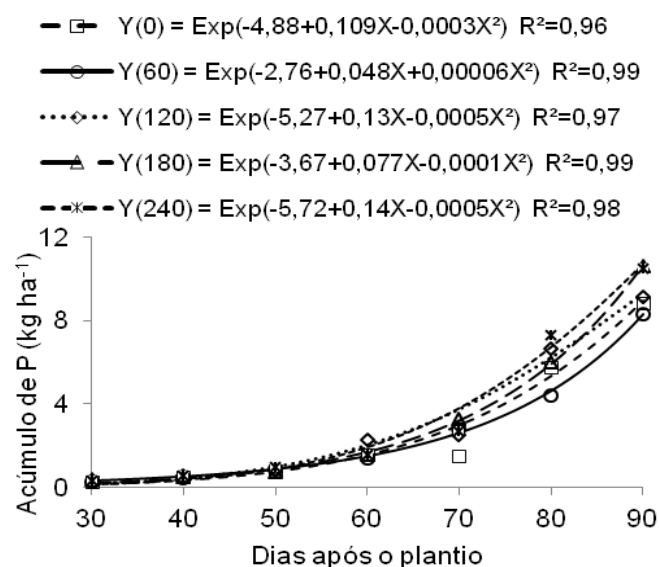


Figura 13 – Acúmulo de fósforo (P) nos bulbos de alho, em função das épocas de avaliação, cultivadas com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Para o acúmulo de fósforo no bulbo em função das doses de P aplicadas, observa-se que nas avaliações realizadas aos 30, 40, 50 e 60 DAP não houve diferenças estatísticas para as doses de fósforo empregadas na pesquisa. Somente a partir dos 70 DAP, foi observado efeito das doses de 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P, que não diferiram estatisticamente da dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de P; aos 80 DAP, as doses de 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P também proporcionaram maior acúmulo de fósforo nos bulbos, porém não diferiram da dose 0; para o acúmulo aos 90 DAP, as doses 120, 180 e 240 se destacaram quanto ao acúmulo de fósforo no bulbo (Tabela 4).

Estudos avaliando o efeito de doses de fósforo sobre o acúmulo de macronutrientes nas folhas e bulbos de cebola constataram resposta significativa dos bulbos com o aumento das doses de fósforo, obtendo-se acúmulo de P com valores máximos estimados de 28,93 g planta<sup>-1</sup> para a dose 166,24 kg ha<sup>-1</sup> de P. Verificou-se ainda nesse estudo que doses superiores à mencionada podem reduzir o acúmulo desse nutriente, pois pode ocorrer desequilíbrio nutricional e redução da produção de fotoassimilados e nutrientes que seriam destinados aos bulbos (CARNEIRO et al. 2017).

Jacon (2016), trabalhando com doses de fósforo em alho cv. Roxo Pérola de Caçador, observou que a massa dos bulbos foi afetada significativamente pelas doses de P aplicadas, ocorrendo produtividade de 15,9 t ha<sup>-1</sup> de bulbos na dose de 123 mg dm<sup>-3</sup> de P, indicando, assim, que a maior produtividade foi obtida utilizando a menor dose de P, provavelmente porque o solo tinha uma quantidade considerável de P, diferentemente do solo da presente pesquisa que tem baixo teor de fósforo.

Tyler et al. (1988), após cinco anos de experimentação no cultivo de alho livre de vírus na Califórnia, não verificaram efeito significativo da aplicação de P na produção de alho, atribuindo esse comportamento a uma boa eficiência da cultura na utilização de fósforo, o que leva este elemento a ser exigido muito raramente e somente em solos onde os teores de formas disponíveis são extremamente baixos. Cabe ressaltar que o solo da Califórnia apresenta características distintas dos solos brasileiros, seja pelo material de origem, grau de intemperização e propriedades químicas.

Tabela 4 - Valores médios para acúmulo de fósforo (P) nos bulbos de alho, submetidos a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Época (Dias)	P (kg ha <sup>-1</sup> )				
	Doses de P (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
30	0,28 A	0,26 A	0,26 A	0,38 A	0,35 A
40	0,48 A	0,44 A	0,56 A	0,48 A	0,55 A
50	0,79 A	0,83 A	0,87 A	0,73 A	1,00 A
60	1,54 A	1,40 A	2,24 A	1,55 A	1,53 A
70	1,49 B	2,82 AB	2,50 A	3,27 A	2,69 A
80	5,76 AB	4,39 B	6,65 A	5,98 A	7,31 A
90	8,85 B	8,31 B	9,14 A	10,62 A	10,51 A

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas comparam as doses de fósforo dentro de cada época, e não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Avaliando o acúmulo total de fósforo em função das épocas de avaliação, observa-se máximos acúmulos de 11,97; 11,30; 13,23; 14,92 e 14,31 kg ha<sup>-1</sup> aos 90 DAP, para as doses de 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P, respectivamente (Figura 14), ocorrendo comportamento crescente para o acúmulo desse nutriente, semelhantemente ao observado para o acúmulo de matéria seca total de plantas de alho. Souza et al. (2011) constataram acúmulo crescente de fósforo em plantas de alho, com o máximo acúmulado no final do ciclo de produção, sendo observado comportamento semelhante à presente pesquisa, na qual o acúmulo de fósforo acompanhou o acúmulo de massa seca total das plantas. Resende et al. (1999) observaram maior acúmulo de P na parte aérea + bulbo, ao final do ciclo, para plantas de cultivo convencional.

Apesar de o fósforo ser um dos macronutrientes menos exigidos pelas plantas, representa importante papel, pois está ligado ao armazenamento e transporte de energia na forma de ATP, atuando na composição das moléculas de DNA e RNA e síntese de proteínas. Quando há deficiência desse nutriente, o desenvolvimento vegetativo é menor, a qualidade é prejudicada, há senescência precoce, o que vai interferir diretamente na produtividade final (MALAVOLTA, 2006).

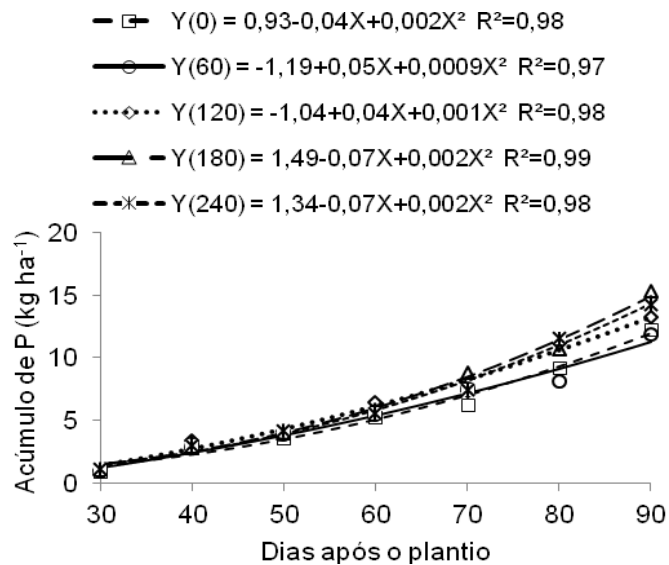


Figura 14 – Acúmulo total de fósforo (P) na planta de alho, em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Não houve modelo matemático ajustado para o acúmulo total de fósforo nas plantas de alho em função das doses de fósforo. Nas avaliações realizadas aos 30, 40, 50 e 60 DAP, não houve diferenças estatísticas; somente a partir dos 70 DAP foi observado efeito das doses de 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P (8,77 e 7,39 kg ha<sup>-1</sup>), não diferindo da aplicação de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P (7,51 e 7,29 kg ha<sup>-1</sup>); aos 80 DAP, a dose de 120 e 240 proporcionou maior acúmulo de P (11,17 e 11,58), não diferindo estatisticamente da dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de P (10,71) e aos 90 DAP somente as doses de 180 e 240 se destacaram com os máximos acúmulos de 15,35 e 14,26 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 5).

Carneiro et al. (2017), estudando o acúmulo de nutrientes em cebola, verificaram que o acúmulo de P na planta inteira aumentou até determinada dose, seguindo-se decréscimo no acúmulo desse nutriente, possivelmente ocasionado por um desequilíbrio nutricional, devido ao excesso de P, que prejudica o desenvolvimento das plantas. No entanto, na presente pesquisa não houve tal tendência de comportamento, pois até nas doses mais altas foi possível observar máximos acúmulos de fósforo, principalmente próximo ao final do ciclo da cultura.

Tabela 5 - Valores médios para acúmulo total de Fósforo (P) nas plantas de alho, submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Época (Dias)	P (kg ha <sup>-1</sup> )				
	Doses de P (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
30	0,97 A	0,94 A	0,99 A	1,15 A	1,09 A
40	2,76 A	2,88 A	3,36 A	3,18 A	2,98 A
50	3,63 A	3,90 A	4,17 A	4,02 A	4,23 A
60	5,30 A	5,47 A	6,41 A	5,87 A	5,58 A
70	6,29 B	7,51 AB	7,29 AB	8,77 A	7,39 A
80	9,23 BC	8,08 C	11,17 A	10,71 AB	11,58 A
90	12,23 BC	11,88 C	13,19 BC	15,35 A	14,26 A

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas comparam as doses de fósforo dentro de cada época, e não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.10 ACÚMULO DE POTÁSSIO (K) NA PARTE AÉREA, BULBO E TOTAL

O acúmulo de K na parte aérea foi influenciado pelas doses de fósforo, tendo o máximo estimado para o acúmulo de K (34,26 kg ha<sup>-1</sup>) na dose de 169 kg ha<sup>-1</sup> de P, com posterior decréscimo (Figura 15A). Jacon (2016), avaliando o acúmulo de nutrientes em plantas de alho nobre, em função de doses de P, verificou que o acúmulo de K aumentou até a aplicação de 153 mg dm<sup>-3</sup> de P e em seguida diminuiu com o aumento das doses de P aplicadas, corroborando o comportamento observado na presente pesquisa.

Araújo (2014), avaliando o efeito da ausência de nutrientes nas cultivares Ito e Quitéria, verificou que na ausência de K houve baixa produção de matéria seca e maior efeito da concentração de P, podendo ser explicado pelo que é descrito por Malavolta et al. (1997), que afirmam que a redução da massa seca pode aumentar o teor de nutrientes na massa seca de plantas com carência nutricional, estando o acúmulo de nutrientes ligado ao acúmulo de matéria seca.

O acúmulo de K também foi afetado pelas épocas de avaliação, sendo estimado o máximo (41,16 kg ha<sup>-1</sup>) aos 72 DAP, e em seguida ocorre um declínio na medida em que se aproxima a colheita (Figura 15B). Alguns autores constataram em suas pesquisas que uma

parte da quantidade absorvida de alguns nutrientes (incluindo o K) foi perdida no final do ciclo da cultura, provavelmente junto com as folhas senescentes das plantas de alho (RESENDE et al., 1999; SILVA et al., 1970).

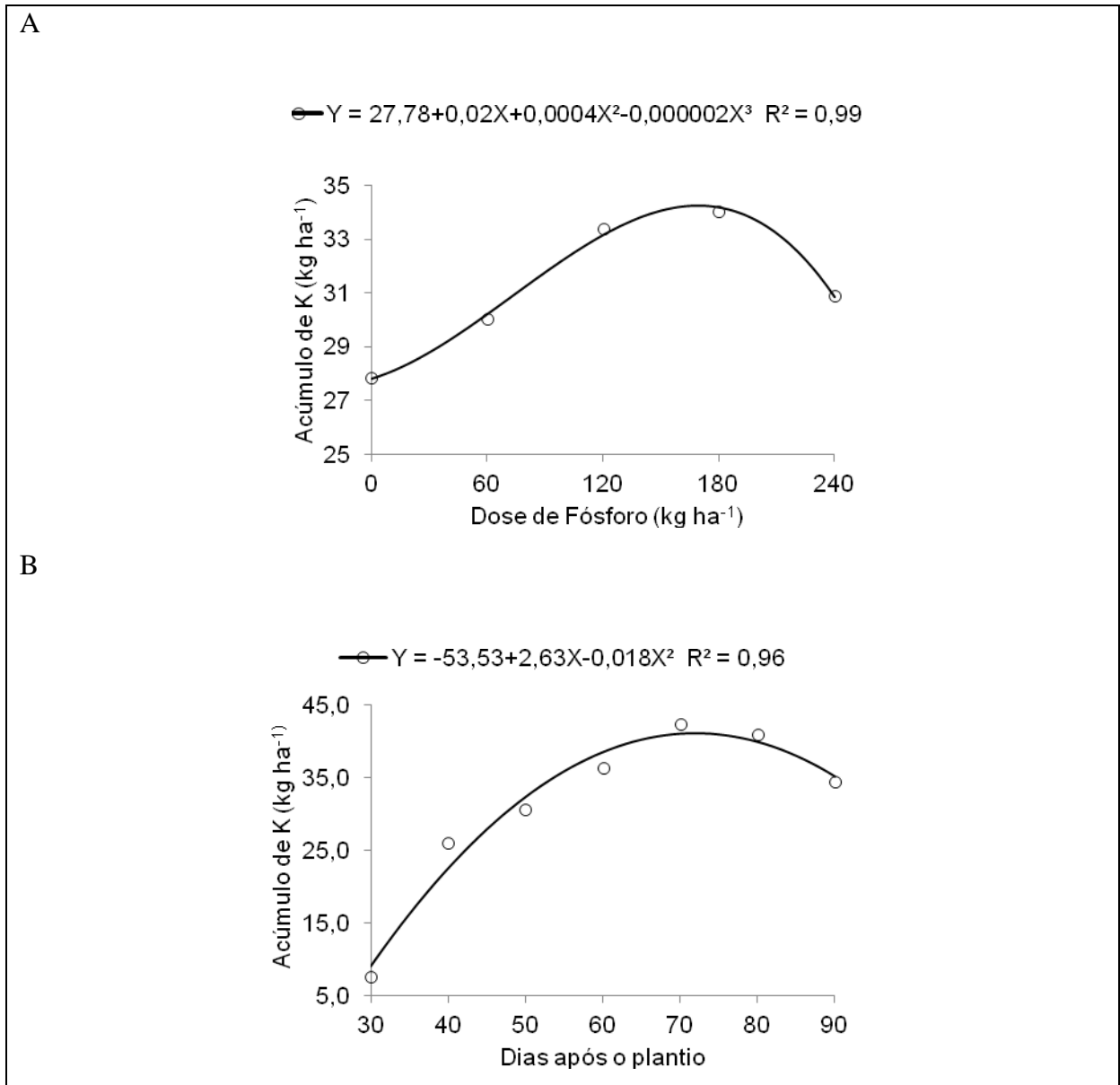


Figura 15 – Acúmulo de potássio (K) na parte aérea em função das doses de fósforo aplicadas (A); acúmulo de potássio (K) na parte aérea em função das épocas de avaliação (B), em plantas de alho cultivadas sob doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Para o acúmulo de K no bulbo em função das épocas de avaliação, os máximos estimados foram 21,13; 22,26; 25,80; 27,67 e 25,58 kg ha<sup>-1</sup>, aos 90 DAP, nas doses de 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P, respectivamente (Figura 16). Andrioli et al. (2008), avaliando o acúmulo de nutrientes na cultivar Roxo Pérola de Caçador, observaram que o K no bulbo foi

acumulado mais intensamente após o período de 80 DAP e o máximo ocorreu na colheita. Como a bulbificação da cultura ocorreu mais tardiamente, o período de intensificação no acúmulo ocorreu depois do que foi observado na presente pesquisa. Apesar de se tratar da mesma cultivar, as condições edafoclimáticas influenciaram o ciclo que se estendeu até os 105 DAP. Portanto, é possível observar que no presente estudo o acúmulo de K se intensificou já aos 40 DAP, tendo o máximo acúmulo desse nutriente ocorrido na colheita, semelhantemente ao observado no trabalho descrito anteriormente.

Macêdo et al. (2008), avaliando o acúmulo de nutrientes na cv Roxo Pérola de Caçador, observaram comportamento semelhante ao observado na presente pesquisa, na qual o máximo acúmulo de K também ocorreu na colheita

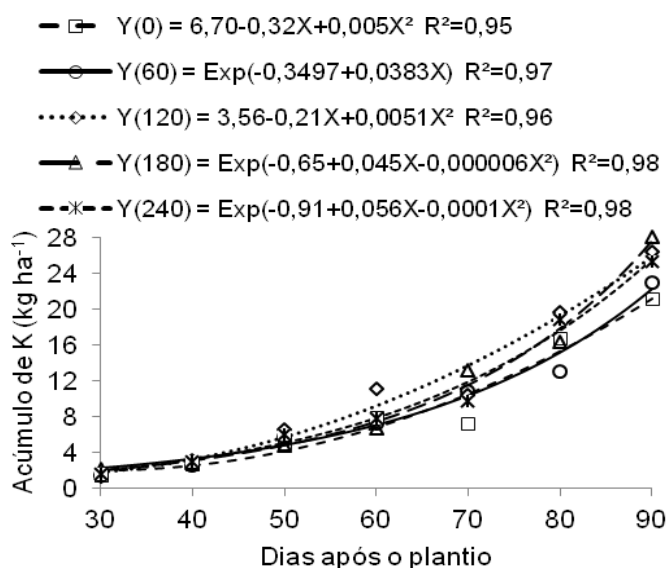


Figura 16 – Acúmulo de potássio (K) nos bulbos de alho, em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Não houve modelo matemático ajustado para o acúmulo de K no bulbo aos 30, 40 e 50 DAP. Somente aos 60 DAP observa-se efeito, quando as doses de 0 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P não diferiram entre si e tiveram o máximo acúmulo de K (7,94 e 11,13 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente); aos 70 DAP, a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de P se destacou, no entanto, não diferiu estatisticamente das doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P (13,11; 10,79 e 10,37 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Para a avaliação de 80 DAP, observa-se que a aplicação de 0, 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P proporcionou os maiores acúmulos de K no bulbo (16,72; 19,64 e 18,83 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente), porém não diferiu da dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de P (16,31 kg ha<sup>-1</sup>); aos 90 DAP, as doses de 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P não diferiram entre si e proporcionaram os maiores acúmulos de K no bulbo (26,40; 27,99 e 25,20 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) (Tabela 6).

Divergindo do resultado encontrado na presente pesquisa, Jacon (2016) constatou, em seu estudo com a cv. Roxo Pérola de Caçador, que o acúmulo de potássio no bulbo não foi influenciado pelas doses de fósforo aplicadas no solo, no entanto o potássio foi o segundo elemento em ordem de extração. Por ser um nutriente de extrema importância, o potássio tem papel fundamental em plantas que armazenam compostos orgânicos, como, por exemplo, o alho, onde atua no transporte de assimilados das folhas para os órgãos de reserva (FAQUIN, 1994).

Tabela 6 - Valores médios para acúmulo de potássio (K) nos bulbos de alho, submetidos a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Época (Dias)	K (kg ha <sup>-1</sup> )				
	Doses de P (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
30	1,44 A	1,42 A	1,27 A	2,07 A	1,63 A
40	2,74 A	2,53 A	3,13 A	2,75 A	2,92 A
50	5,09 A	5,78 A	6,54 A	4,77 A	5,99 A
60	7,94 A	7,25 B	11,13 A	6,66 B	7,71 B
70	7,24 C	10,79 AB	10,37 ABC	13,11 A	9,71 BC
80	16,72 A	13,03 B	19,64 A	16,31 AB	18,83 A
90	21,19 C	22,93 BC	26,40 A	27,99 A	25,26 A

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas comparam as doses de fósforo dentro de cada época, e não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o acúmulo total de potássio em função das épocas de avaliação, estimou-se máximos valores de 52,76; 63,53; 66,78 e 58,95 kg ha<sup>-1</sup> para as doses de 0, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo aos 90 DAP; para a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de P, o máximo acúmulo foi de 54,40 Kg ha<sup>-1</sup>, por volta dos 86 DAP (Figura 17).

Segundo Resende et al. (1999), o máximo acúmulo de K ocorreu por volta dos 110 DAP para as plantas da cv. Gigante Roxão, propagadas de forma convencional, entretanto, para as plantas obtidas por meio de cultura de tecidos, o máximo acúmulo ocorreu somente aos 130 DAP, tendo o ciclo se estendido até os 150 DAP. Os autores constataram ainda que o potássio foi acumulado em maior quantidade nas plantas livres de vírus, oriundas de cultura de tecidos, superando o acúmulo de N, que geralmente é o nutriente mais absorvido pela cultura do alho. Outro autor também verificou comportamento semelhante, no qual o potássio



foi o macronutriente mais extraído, seguido do N, para o alho livre de vírus, obtido por meio de cultura de meristemas (RESENDE, 1997). No entanto, na presente pesquisa observa-se comportamento divergente, com as plantas de alho absorvendo em maior quantidade o N, seguido pelo K.

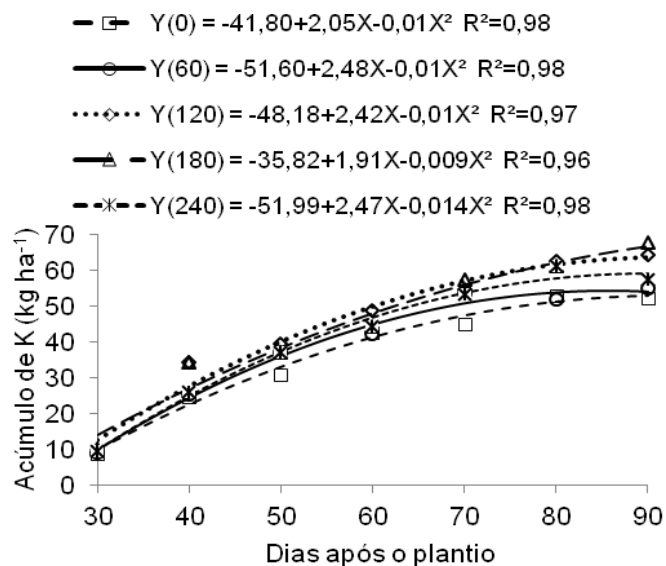


Figura 17 – Acúmulo total de potássio (K) nas plantas de alho, em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Não houve modelo ajustado para o acúmulo total de potássio em função das doses de fósforo. Aos 30, 50 e 60 DAP, não houve influência das doses de fósforo no acúmulo total de potássio em plantas de alho; aos 40 DAP, as doses de 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P não diferiram entre si e proporcionaram maior acúmulo de K (34,20; 34,16 e 26,10 kg ha<sup>-1</sup>); aos 70 DAP, as aplicações de 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P não diferiram entre si e sobressaíram em relação ao tratamento em que não se aplicou fósforo; aos 80 DAP, as doses de 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P se destacaram com os maiores acúmulos de K (62,36 e 61,09 kg ha<sup>-1</sup>), não diferindo da aplicação de 180 kg ha<sup>-1</sup> de P (61,08 kg ha<sup>-1</sup>) e aos 90 DAP somente as doses de 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de P obtiveram maior acúmulo de K (64,30 e 67,77 kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 7).

Carneiro et al. (2017), estudando o efeito das doses de fósforo sobre o acúmulo de nutrientes em cebola, constataram efeito significativo das doses de fósforo para o teor de K; por outro lado, Jacon (2016), estudando fontes e doses de P em alho vernalizado, não observou efeito das doses de fósforo para o acúmulo de potássio na parte aérea e nem para os bulbos, diferindo dos resultados da presente pesquisa, na qual as doses de fósforo influenciaram o acúmulo de K.

Tabela 7 - Valores médios para acúmulo total de Potássio (K) nas plantas de alho, submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Época (Dias)	K (kg ha <sup>-1</sup> )				
	Doses de P (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
30	8,74 A	9,00 A	8,96 A	10,01 A	9,30 A
40	24,71 B	25,28 B	34,20 A	34,16 A	26,10 A
50	30,80 A	36,94 A	39,29 A	37,11 A	37,09 A
60	42,71 A	42,36 A	48,69 A	44,29 A	44,18 A
70	44,97 B	53,46 A	54,54 A	57,39 A	53,26 A
80	52,90 BC	52,00 C	62,36 A	61,08 AB	61,09 A
90	52,30 C	54,84 C	64,30 A	67,77 A	57,21 BC

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas comparam as doses de fósforo dentro de cada época, e não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.11 ACÚMULO DE CÁLCIO (Ca) NA PARTE AÉREA, BULBO E TOTAL

Verificou-se aumento constante do acúmulo de Ca na parte aérea em função das épocas de avaliação em cada dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado. Os máximos valores estimados foram de 19,24 kg ha<sup>-1</sup>, 20,78 kg ha<sup>-1</sup>, 20,97 kg ha<sup>-1</sup>, 29,85 kg ha<sup>-1</sup> e 26,88 kg ha<sup>-1</sup>, para as doses de 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P, respectivamente, sendo observados todos os máximos acúmulos no final do ciclo de cultivo (Figura 18). Andrioli et al. (2008), avaliando o acúmulo de nutrientes na cultivar Roxo Pérola de Caçador em condições de campo, verificaram comportamento semelhante ao observado na presente pesquisa, na qual o maior acúmulo de Ca ocorreu no final do ciclo de cultivo, tendo o acúmulo deste nutriente se concentrado mais na parte aérea do que nos bulbos até os 80-85 DAP.

Resende et al. (1999) verificaram que o Ca se situa entre os macronutrientes absorvidos em maior quantidade tanto para alho multiplicado de forma convencional quanto para alho livre de vírus da cv. Gigante Roxão.

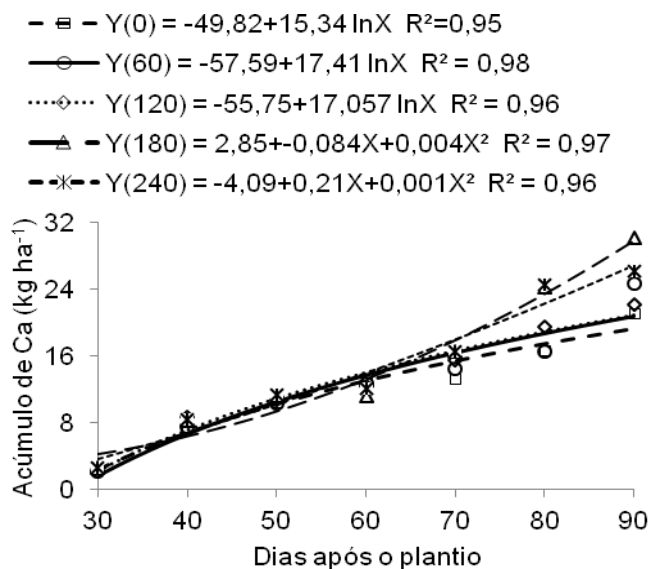


Figura 18 – Acúmulo de cálcio (Ca) na parte aérea de plantas de alho, em função das épocas de avaliação, cultivadas com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Não houve modelo matemático ajustado para o acúmulo de Ca na parte aérea em função das doses de P, dentro de cada época de avaliação. Aos 30, 40, 50, 60 e 70 DAP, não foram observadas diferenças estatísticas entre as doses de fósforo aplicadas. As maiores médias observadas foram 24,20 e 24,51 kg ha<sup>-1</sup> de Ca na parte aérea, que ocorreram aos 80 DAP, quando se aplicou 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P, respectivamente, e aos 90 DAP somente a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de P proporcionou maior acúmulo de Ca (30,13 kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 8). Como o Ca é um elemento pouco móvel, sua redistribuição das regiões de maior para as de menor concentração pode ser comprometido, portanto, mesmo próximo ao final do ciclo ocorre maior concentração desse elemento nas folhas, nas maiores doses de fósforo aplicadas. Souza; Casali (1986) verificaram que o cálcio também exerce influência sobre a matéria fresca das plantas de alho, sendo constatada relação positiva entre o aumento da matéria fresca e o fornecimento desse nutriente.

Tabela 8 - Valores médios para acúmulo de cálcio (Ca) na parte aérea, de plantas de alho submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Época (Dias)	Ca (kg ha <sup>-1</sup> )				
	Doses de P (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
30	2,41 A	2,16 A	2,10 A	2,62 A	2,54 A
40	7,26 A	7,53 A	8,62 A	8,29 A	8,44 A
50	10,38 A	10,31 A	10,78 A	11,09 A	11,35 A
60	13,27 A	12,74 A	12,34 A	11,20 A	12,018 A
70	13,27 A	14,40 A	15,45 A	16,58 A	16,57 A
80	16,65 B	16,56 B	19,50 B	24,20 A	24,51 A
90	21,21 C	24,74 BC	22,22 C	30,13 A	26,26 B

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas comparam as doses de fósforo dentro de cada época, e não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o acúmulo de Ca no bulbo, foi observado aumento em função das épocas de avaliação para as doses 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, atingindo máximos valores de 7,54; 11,32 e 10,21 kg ha<sup>-1</sup>, aos 90 DAP; para as doses de 0 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de P, o máximo acúmulo de Ca foi de 6,22 e 8,52 kg ha<sup>-1</sup>, aos 73 e 77 DAP, respectivamente (Figura 19). Andrioli et al. (2008), estudando o acúmulo de nutrientes em plantas de alho, verificaram comportamento linear para o acúmulo de Ca no bulbo. Segundo os autores, tal nutriente se encontra entre os três macronutrientes que são mais absorvidos pela cultura do alho. Macêdo et al. (2011) também observaram comportamento linear no acúmulo de Ca, sendo observado máximo valor ao final do ciclo da cultura, semelhantemente ao que é observado para as doses 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo aplicadas na presente pesquisa.

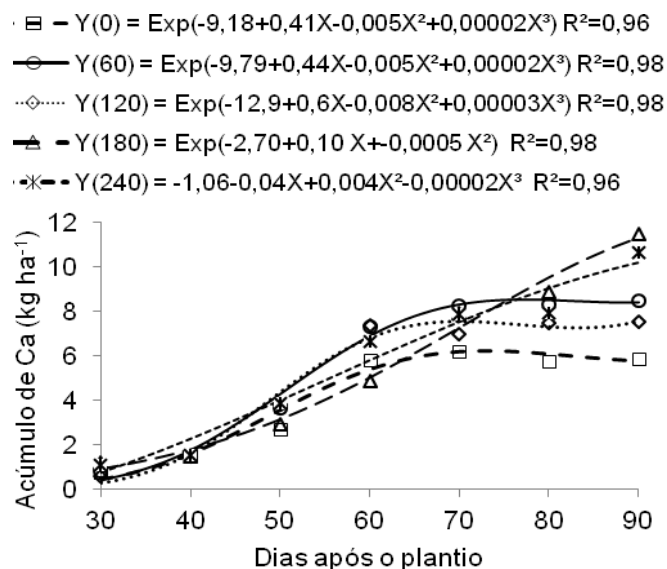


Figura 19 – Acúmulo de cálcio (Ca) nos bulbos de alho, em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Avaliando o acúmulo de Ca no bulbo em função das doses de fósforo, aos 30, 40, 50 e 70 DAP não houve diferença significativa; aos 60 DAP, a aplicação de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo proporcionou maior acúmulo de Ca no bulbo (7,33 e 7,37 kg ha<sup>-1</sup>), não diferindo, no entanto, das doses de 0 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P (5,81 e 6,63 kg ha<sup>-1</sup>); para a avaliação realizada aos 80 DAP, observa-se que a aplicação de 60 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de P promoveu maior acúmulo de Ca, com valores de 8,29 e 8,88 kg ha<sup>-1</sup>, não diferindo, porém, das doses de 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P, com acúmulos de 7,46 e 7,93, respectivamente. Aos 90 DAP, a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo se destacou, proporcionando acúmulo de Ca no bulbo de 11,48 kg ha<sup>-1</sup>, não diferindo, porém, da aplicação de 240 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo (Tabela 9). Jacon (2016) verificou que as doses de fósforo influenciaram o acúmulo de Ca no bulbo, sendo observado aumento do acúmulo de Ca até determinado ponto, seguido por decréscimo na quantidade desse nutriente no bulbo. Na presente pesquisa, também foi observado efeito do fósforo para o acúmulo de Ca.

Sendo um elemento estrutural na planta, o cálcio é um nutriente pouco móvel e está presente na lamela média das paredes celulares e na parte externa da membrana plasmática, de modo que sua mobilidade fica restrita (FURLANI, 2004). Quando Ca não é fornecido em quantidade adequada, pode ocorrer a não formação de bulbos nas plantas de alho, pois a ausência desse nutriente leva as plantas a entrar em senescência precoce (ARAÚJO, 2014).

Tabela 9 - Valores médios para acúmulo de cálcio (Ca) nos bulbos de alho, submetidos a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Época (Dias)	Ca (kg ha <sup>-1</sup> )				
	Doses de P (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
30	0,74 A	0,80 A	0,60 A	1,17 A	1,08 A
40	1,50 A	1,49 A	1,47 A	1,45 A	1,52 A
50	2,71 A	3,63 A	3,82 A	2,89 A	3,85 A
60	5,81 AB	7,33 A	7,37 A	4,87 B	6,63 AB
70	6,22 A	8,24 A	6,96 A	7,91 A	7,89 A
80	5,74 B	8,29 A	7,46AB	8,88 A	7,93 AB
90	5,89 D	8,48 BC	7,53 CD	11,48 A	10,66 AB

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas comparam as doses de fósforo dentro de cada época, e não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verificou-se aumento constante no acúmulo total de Ca em função das épocas de avaliação em cada dose de P aplicado. Os máximos estimados foram de 26,09; 32,56; 29,54; 41,49 e 37,24 kg ha<sup>-1</sup> para as doses de 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P, respectivamente (Figura 20). Segundo estudo realizado por Andrioli et al. (2008), o Ca foi mais acumulado nas folhas até os 80-85 DAP e depois foi observado decréscimo no seu conteúdo, ocorrendo máximo acúmulo nos bulbos por volta do final do ciclo produtivo. Para o acúmulo total, os maiores valores foram observados ao final do ciclo da cultura, no entanto, na presente pesquisa o acúmulo de Ca foi maior nas folhas do que nos bulbos, tendo ocorrido máximo acúmulo total na colheita, provavelmente por ser um nutriente que compõe a parte estrutural das plantas, ocorrendo em alta concentração na lamela média das paredes celulares, estando presente também na parte externa da membrana plasmática, esse elemento tem sua mobilidade restrita (FURLANI, 2004), por isso sua redistribuição na planta é limitada, quando comparado a outros nutrientes.

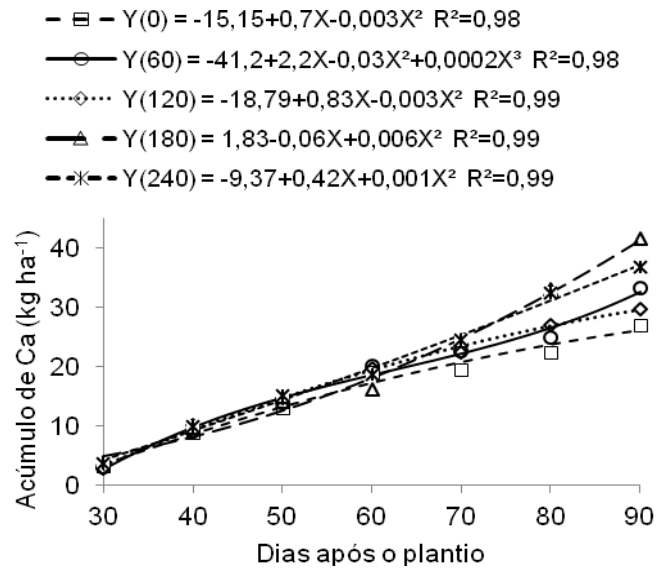


Figura 20 – Acúmulo total de cálcio (Ca) na planta de alho, em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Não houve modelo matemático ajustado para o acúmulo total de Ca em função das doses de fósforo. Nas avaliações realizadas aos 30, 40, 50 e 60 DAP, não houve efeito significativo das doses de P no acúmulo de Ca, porém aos 70 DAP as doses de 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P apresentaram máximos acúmulos de Ca (24,49 e 24,47 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente), não diferindo das aplicações de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P (22,64 e 22,41 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente); aos 80 DAP, somente a aplicação de 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo proporcionou máximos acúmulos de Ca (33,08 e 32,44 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Comportamento semelhante foi observado aos 90 DAP, quando foram observados máximos acúmulos (41,61 e 36,92 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) nas mesmas doses de P (Tabela 10).

No estudo realizado por Resende et al. (1999), N, K e Ca foram os macronutrientes absorvidos em maior quantidade pela planta, tanto no alho proveniente de cultura de tecidos quanto no multiplicado de forma convencional. Jacon (2016) constatou em sua pesquisa que o acúmulo de Ca variou em função das doses de P aplicadas, semelhantemente ao que ocorre na presente pesquisa. Tal nutriente tem papel importante na permeabilidade das membranas e manutenção das células, e sua deficiência causa clorose das folhas novas e necrose das margens das folhas e pode não haver formação de bulbos, devido à senescência precoce, ocasionada pela ausência desse nutriente (ARAÚJO, 2014).

Tabela 10 - Valores médios para acúmulo total de cálcio (Ca) nas plantas de alho, submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Época (Dias)	Ca (kg ha <sup>-1</sup> )				
	Doses de P (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
30	3,15 A	2,96 A	2,70 A	3,78 A	3,62 A
40	8,76 A	9,02 A	10,088 A	9,73 A	9,96 A
50	13,09 A	13,94 A	14,60 A	13,98 A	15,19 A
60	19,08 A	20,06 A	19,71 A	16,06 A	18,65 A
70	19,48 B	22,64 AB	22,41 AB	24,49 A	24,47 A
80	22,39 B	24,85 B	26,96 B	33,08 A	32,44 A
90	27,09 D	33,22 BC	29,75 CD	41,61 A	36,92 A

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas comparam as doses de fósforo dentro de cada época, e não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.12 ACÚMULO DE MAGNÉSIO (Mg) NA PARTE AÉREA, BULBO E TOTAL

Para o acúmulo de Mg na parte aérea, foi observado aumento em função das épocas de avaliação em cada dose de P aplicado aos 90 DAP, exceto para a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de P, que proporcionou leve diminuição no acúmulo de Mg próximo ao final do ciclo da cultura. Os máximos estimados foram 8,02; 8,80; 7,90 e 9,26 kg ha<sup>-1</sup> de Mg na parte aérea, aos 90 DAP, para as doses de 0, 60, 120, e 180 kg ha<sup>-1</sup> de P, respectivamente; para a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de P aplicado, o máximo foi 8,59 kg ha<sup>-1</sup> de Mg na parte aérea aos 86 DAP (Figura 21). Souza et al. (2011) determinaram a marcha de absorção de macronutrientes em plantas de alho nobre, verificando que o máximo acúmulo de Mg ocorreu por ocasião da colheita, aos 130 DAP, o que coincidiu com o máximo acúmulo de matéria seca total das plantas, semelhantemente ao comportamento observado na presente pesquisa.



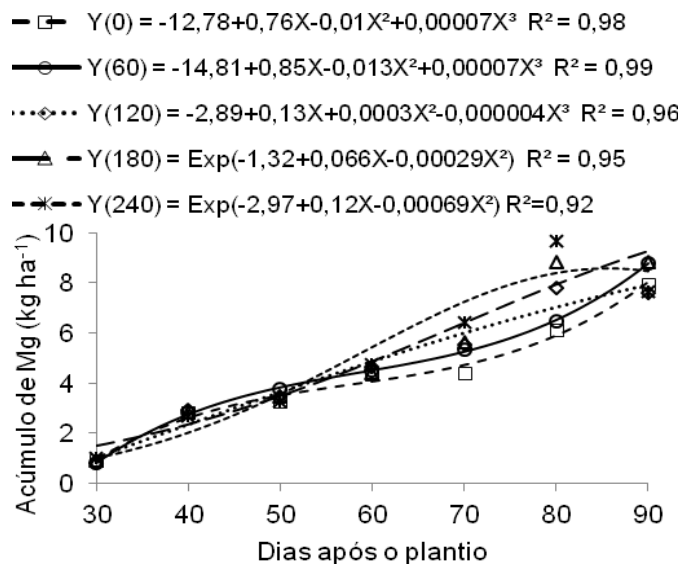


Figura 21 – Acúmulo de magnésio (Mg) na parte aérea de plantas de alho, em função das épocas de avaliação, cultivadas com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Não houve modelo matemático ajustado para o acúmulo de Mg na parte aérea em função das doses de fósforo, dentro de cada época de avaliação (Tabela 11). Aos 30, 40, 50, 60 e 90 DAP, não foram observadas diferenças estatísticas entre as doses de fósforo aplicadas, porém aos 70 DAP o máximo acúmulo de Mg na parte aérea ( $6,42 \text{ kg ha}^{-1}$ ) ocorreu com a aplicação de  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  de P, não diferindo estatisticamente do Mg acumulado pela parte aérea, quando as doses de fósforo foram de 60, 120 e  $180 \text{ kg ha}^{-1}$ , e aos 80 DAP a aplicação de 180 e  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  de P não diferiram entre si e proporcionaram os maiores acúmulos de Mg na parte aérea ( $8,82$  e  $9,67 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente). Andrioli et al. (2008), estudando o acúmulo de nutrientes na cv. Roxo Pérola de Caçador, observaram comportamento semelhante ao encontrado na presente pesquisa, na qual os maiores acúmulos de Mg foram obtidos aos 80 e 90 DAP, antes do final do ciclo de produção. Carneiro et al. (2017), trabalhando com cebola, observaram que os maiores acúmulos de Mg ocorreu nas maiores doses de fósforo aplicada, constatando, assim, que o fósforo pode influenciar positivamente o acúmulo de nutrientes, como observado na presente pesquisa.

Tabela 11 - Valores médios para o acúmulo de magnésio (Mg) na parte aérea de plantas de alho, submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFRSA, 2017.

Época (Dias)	Mg (kg ha <sup>-1</sup> )				
	Doses de P (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
30	0,92 A	0,78 A	0,80 A	0,91 A	0,98 A
40	2,82 A	2,85 A	2,94 A	2,84 A	2,66 A
50	3,26 A	3,76 A	3,46 A	3,48 A	3,28 A
60	4,34 A	4,51 A	4,67 A	4,43 A	4,73 A
70	4,42 B	5,35 AB	5,54 AB	5,62AB	6,42 A
80	6,13 C	6,49 C	7,81 B	8,82 A	9,67 A
90	7,95 A	8,81 A	7,61 A	8,85 A	7,65 A

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas comparam as doses de fósforo dentro de cada época, e não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verificou-se aumento do acúmulo de Mg no bulbo em todas as doses de fósforo em função das épocas de avaliação, nas quais se obteve os máximos valores de 2,06; 1,55; 2,15; 1,97 e 1,96 kg ha<sup>-1</sup>, aos 90 DAP (Figura 22). Alguns autores encontraram comportamento semelhante para o acúmulo de Mg no bulbo, com os máximos observados por volta do final do ciclo da cultura (RESENDE et al., 1999; ANDRIOLI et al., 2008). Esse nutriente é encontrado em menores quantidades em todas as partes da planta, inclusive no bulbo. Estudos como o realizado por Andrioli et al. (2008) corroboram com a presente pesquisa, tendo sido observado comportamento no qual o acúmulo de Mg no bulbo foi menor do que o ocorrido para as folhas. Divergindo, no entanto, desses resultados, no qual as folhas de plantas de alho obtiveram maior concentração de magnésio, Carneiro et al. (2017) verificaram maior acúmulo desse nutriente nos bulbos de cebola na comparação com as folhas.

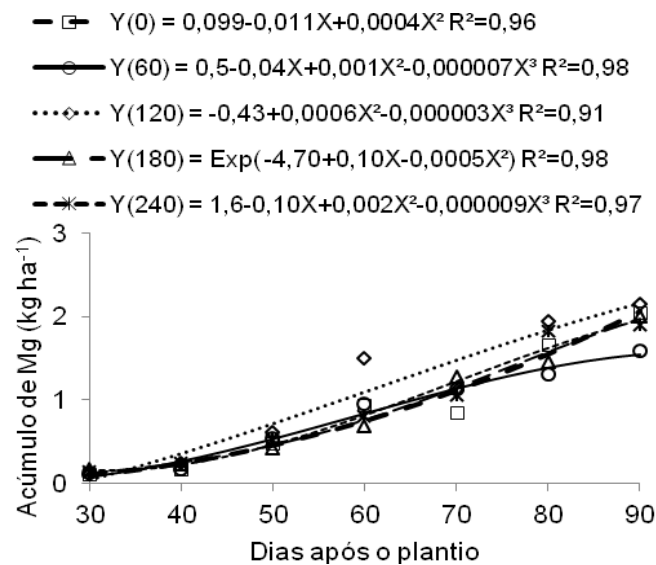


Figura 22 – Acúmulo de magnésio (Mg) nos bulbos de alho em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Não houve ajuste de modelo de matemático para o acúmulo de Mg no bulbo em função das doses de fósforo, não ocorrendo efeito significativo das doses aplicadas aos 30, 40 e 50 DAP; somente aos 60 DAP ocorreu diferenças estatísticas, com destaque para a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P, que proporcionou maior acúmulo de Mg no bulbo (1,50 kg ha<sup>-1</sup>); aos 70 DAP, as doses de 120 e 180 tiveram máximos acúmulo de Mg, com valores de 1,12 e 1,28 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, não diferindo, no entanto, da aplicação de 60 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P, com os valores de 1,13 e 1,06 kg ha<sup>-1</sup>. Para a avaliação de 80 DAP, observa-se que a dose de 120 apresentou o maior acúmulo de Mg, com valor de 1,94 kg ha<sup>-1</sup>, que não diferiu da dose de 0 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P, com valores de 1,66 e 1,82 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente; aos 90 DAP, as doses de 0, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de P proporcionaram os máximos acúmulos de Mg no bulbo (2,05; 2,15 e 2,00 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente) e não diferiram da aplicação de 240 kg ha<sup>-1</sup> de P (1,90 kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 12).

Diferindo da presente pesquisa, os resultados encontrados por Jacon (2016) demonstram que não houve efeito significativo para as doses de fósforo sobre o acúmulo de Mg no bulbo. Devido aos baixos valores acumulados por tal macronutriente, este é considerado secundário, pois sua exigência pelas plantas é relativamente baixa, tanto nas folhas quanto nos bulbos (FAQUIN, 2001). No entanto, apesar da baixa demanda o Mg desempenha papel importante na síntese de DNA e RNA (TAIZ; ZEIGER, 2004), além de ser um componente importante da molécula de clorofila (EPSTEIN, 1978), evidenciando sua importância para as plantas.

Tabela 12 - Valores médios para acúmulo de magnésio (Mg) nos bulbos de alho, submetidos a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Época (Dias)	Mg (kg ha <sup>-1</sup> )				
	Doses de P (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
30	0,11 A	0,12 A	0,10 A	0,17 A	0,14 A
40	0,17 A	0,17 A	0,24 A	0,22 A	0,25 A
50	0,47 A	0,54 A	0,61 A	0,42 A	0,52 A
60	0,94 B	0,95 B	1,50 A	0,69 B	0,80 B
70	0,85 B	1,13 AB	1,12 A	1,28 A	1,06 AB
80	1,66 ABC	1,31C	1,94 A	1,45 BC	1,82 AB
90	2,05 A	1,59 B	2,15 A	2,00 A	1,90 AB

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas comparam as doses de fósforo dentro de cada época, e não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Avaliando o acúmulo total de Mg em função das épocas de avaliação, verifica-se máximos acúmulos de 10,09; 10,35; 10,10 e 11,29 Kg ha<sup>-1</sup>, aos 90 DAP, para as doses de 0, 60, 120 e 180 Kg ha<sup>-1</sup> de P, e aos 87 DAP foi observado máximo acúmulo (10,46 Kg ha<sup>-1</sup>) na dose de 240 Kg ha<sup>-1</sup> de P (Figura 23). Estudo realizado por Souza et al. (2011) verificou que o acúmulo de Mg ocorreu de forma linear no período observado, semelhantemente ao que ocorreu para a maioria das doses de P aplicadas ao longo das épocas avaliadas na presente pesquisa.

Apesar do acúmulo crescente do Mg, esse nutriente é encontrado em menor quantidade nas plantas de alho, tanto no bulbo quanto na parte aérea (RESENDE et al., 1999; ANDRIOLI et al., 2008; SOUZA et al., 2011), sendo possível observar na presente pesquisa que esse nutriente também foi acumulado em menores quantidades.

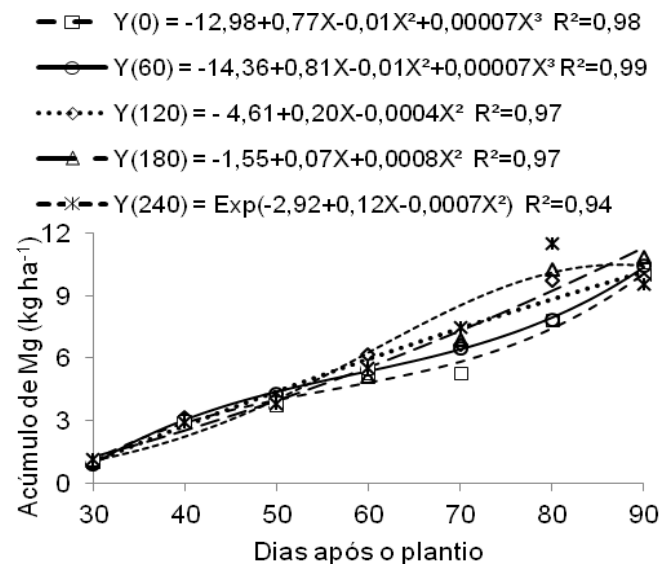


Figura 23 – Acúmulo total de magnésio (Mg) nas plantas de alho, em função das épocas de avaliação, cultivado com doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Não houve ajuste de modelo matemático para o acúmulo total de Mg em função das doses de fósforo aos 30, 40, 50, 60 e 90 DAP. Somente aos 70 DAP houve influência da aplicação de fósforo para o acúmulo de Mg, ocorrendo máximos valores de 6,90 e 7,48 kg ha<sup>-1</sup> para as doses de 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P, respectivamente, que não diferiram das doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P, com acúmulos de 6,48 e 6,65 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Aos 80 DAP, as doses de 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P sobressaíram em relação às demais, com máximos valores de 10,27 e 11,49 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 13).

Jacon (2013), estudando o acúmulo de nutrientes em plantas de alho, verificou que o acúmulo de Mg aumentou com o incremento das doses de P, comportamento semelhante ao observado na presente pesquisa, onde as maiores doses de P proporcionaram maiores acúmulos desse nutriente.

O magnésio tem papel importante na planta, fazendo parte da síntese de DNA e RNA (TAIZ; ZEIGER, 2004), além de ser um componente estrutural da molécula de clorofila, chegando a corresponder a 2,7% do peso molecular deste pigmento, ativando mais moléculas do que qualquer outro elemento (EPSTEIN, 1978).

Tabela 13 - Valores médios para acúmulo total de Magnésio (Mg) nas plantas de alho, submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Época (Dias)	Mg (kg ha <sup>-1</sup> )				
	Doses de P (kg ha <sup>-1</sup> )				
	0	60	120	180	240
30	1,03 A	0,92 A	0,91 A	1,08 A	1,13 A
40	2,98 A	3,01 A	3,17 A	3,07 A	2,91 A
50	3,73 A	4,29 A	4,06 A	3,91 A	3,80 A
60	5,28 A	5,46 A	6,17 A	5,12 A	5,54 A
70	5,26 B	6,48 AB	6,65 AB	6,90 A	7,48 A
80	7,80 C	7,80 C	9,74 B	10,27 A	11,49 A
90	10,00 A	10,40 A	9,75 A	10,85 A	9,55 A

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas comparam as doses de fósforo dentro de cada época, e não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em função dos resultados obtidos, constatou-se que o máximo acúmulo de nutrientes ocorreu por volta do final do ciclo produtivo, aos 90 DAP, observando-se para os macronutrientes a ordem decrescente de extração: N>K>Ca>P>Mg. Sequência semelhante foi observada por outros autores para a mesma cultivar estudada na presente pesquisa (RESENDE et al., 1999b; MACÊDO et al., 2008; SOUZA et al., 2011). É possível observar que os macronutrientes N, K e Ca foram absorvidos em maior quantidade pelas plantas de alho e acompanharam o crescimento da cultura, concordando com os resultados observados por Cunha (2014) e Andrioli et al. (2008).

É importante que o suprimento adequado de P ocorra desde o início do desenvolvimento vegetal, influenciando positivamente a formação dos primórdios das partes vegetativas e reprodutivas (RAIJ, 2001). Apesar de ser um macronutriente primário e de grande importância, o fósforo tem seus teores na planta considerados baixos, sendo geralmente o quinto elemento na ordem de extração, oferecendo, no entanto, maiores respostas em produtividade e aumento da massa do bulbo (FILGUEIRA, 2000). Portanto, é um elemento importante, com potencial para aumentar o rendimento e a qualidade das hortaliças.

O conhecimento da extração de nutrientes é importante no manejo adequado de reposição da adubação, pois leva em consideração o que foi extraído pelas plantas durante o ciclo de produção, para que seja fornecida a quantidade adequada de nutrientes.

#### 4 CONCLUSÕES

A máxima área foliar das plantas de alho foi obtida com a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo.

As maiores taxas de crescimento relativo e taxa assimilatória líquida foram obtidas aos 40 dias após o plantio.

O maior acúmulo de matéria seca do bulbo e total, bem como maior taxa de crescimento absoluto, ocorreu ao final do ciclo da cultura do alho.

A partir dos 70 dias após o plantio, as maiores doses de fósforo promoveram os maiores acúmulos total de macronutrientes nas plantas de alho.

O acúmulo de macronutrientes acompanhou o crescimento das plantas de alho com ordem de extração: N>K>Ca>P>Mg, sendo N, P e K mais acumulados nos bulbos, ao passo que o Ca e Mg nas folhas.



## REFERÊNCIAS

- ABOU EL-MAGD, M. M.; ZAKI, M. F.; FATEN, S. ABD EL-AL; E. H. Abd EL-SAMAD. Growth Analysis and Chemical Constituents of Garlic Plants in Relation to Morphological Growth Stages. **Journal of Applied Sciences Research**, v. 9, n. 2, p. 1170-1180, 2013. Disponível em: <<http://www.aensiweb.com/old/jasr/jasr/2013/1170-1180.pdf>>. Acesso em: 07 de dez. 2018.
- ANDRIOLI F. F.; PRADO R. M.; ANDRIOLI I.; SAES L. P. Curva de crescimento e marcha de absorção de nutrientes pela cultura do alho sob condições de campo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 385-393, 2008. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/11538>>. Acesso em: 15 de nov. 2018.
- ARAÚJO, J. C. **Produtividade e aspectos nutricionais da cultura do alho vernalizado**. 2014. 162f. Tese (Doutorado), Lavras: UFLA, Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4435/1/TESE\\_Produtividade%20e%20aspectos%20nutricionais%20da%20cultura%20do%20alho%20vernalizado.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4435/1/TESE_Produtividade%20e%20aspectos%20nutricionais%20da%20cultura%20do%20alho%20vernalizado.pdf)>. Acesso em: 12 de set. 2018.
- BENTO, R. U.; VENÂNCIO, D. G.; RIBEIRO, M. A.; SILVA, E. P.; PELÁ, A. Adubação fosfatada e inoculação com microorganismos solubilizadores de fosfato na cultura do alho. **II Congresso de ensino, pesquisa e extensão**. Universidade Estadual de Goiás – UEG. 2015. Disponível em: <<http://www.anais.ueg.br/index.php/cepe/article/view/5012>>. Acesso em: 23 de nov. 2018.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2003.
- BERTTONI, M. M.; MÓGOR, A. F.; DECHAMPS, C.; SILVA, V. C. P.; SASS, M. D.; FABBRIN, E. G. S. Crescimento e produção de sete cultivares de cebola em sistema orgânico em plantio fora de época. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 2139-2152. 2013. Disponível em: <[file:///C:/Users/omc%20informatica/Downloads/11177-68060-1-PB%20\(8\).pdf](file:///C:/Users/omc%20informatica/Downloads/11177-68060-1-PB%20(8).pdf)>. Acesso em: 14 de ago. 2018.
- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, v. 21, p. 73-85, 1974. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000121&pid=S01000683200700060001600014&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000121&pid=S01000683200700060001600014&lng=pt)>. Acesso em: 26 de jul. 2018.
- BÜLL, L. T.; FORLI, F.; TECCHIO, M. A.; CORRÊA, J. C. Relações entre fósforo extraído por resina e respostas da cultura do alho vernalizado a adubação fosfatada em cinco solos com e sem adubação orgânica. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 458-470, 1998. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S01000683199800-0300012&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S01000683199800-0300012&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 15 de ago. 2018.

BÜLL, L. T.; COSTA, M. C. G.; NOVELLO, A.; FERNANDES, F. M.; VILLAS BOAS, R. L. Doses and forms of application of phosphorus in vernalized garlic. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 5, p. 516-521, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162004000500009](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162004000500009)>. Acesso em 26: de jul. 2018.

BÜLL, L. T.; NOVELLO, A.; CORRÊA J. C.; VILLAS BOAS, R. L. Doses de fósforo e Zinco na cultura do alho em condições de casa de vegetação. **Bragantina**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 941-949, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052008000400017&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052008000400017&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 30 de nov. 2018.

CAVALCANTI, F. J. A. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco, 2008.

CARNEIRO, J. V.; GRANGEIRO, L. C.; RIBEIRO, R. M. P.; SOUSA, V. F. L.; CORDEIRO, C. J. X.; FONTELES, J. L. V. Teores e acúmulo de macronutrientes em cebola fertirrigada com adubação fosfatada. **IV INOVAGRI International Meeting**, 2017.

CUNHA, M. L. P. **Demanda de nutrientes e diagnose do estado nutricional da cultura do alho**. 2014. 49f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG. Setembro de 2014. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/2035/texto%20completo.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 23 de nov. 2018.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**: Embrapa Solos/Embrapa Informática Agropecuária. In: SILVA, F. C. (org.). Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs>>. Acesso em: 15 de nov. 2019.

EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. New Delhi: Willey Earstern, 1978.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. **Crops and livestock products**. 2018. Disponível em <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 15 de dez. 2018.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA, 2001.

FERNADES, M. C. T.; ARÚJO JUNIOR, B. B.; FIGUEIREDO, J. P. M.; MELO, A. E. Análise de crescimento e produção de bulbos de alho comum, em sistema orgânico, no Vale do Açu. **IX CONGIC – IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN**, p. 241-347, 2013.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 421 p. 2000.

FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. (org.). **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro, 2004. p. 40-75.

HAYNES, R. J. Competitive aspects of the grass-legume association. **Advances in Agronomy**, v. 33, p. 227-261, 1980. Disponível em: <<https://www.science-direct.com/science/article/pii/S0065211308601686>>. Acesso em: 26 de jul. 2018.

JACON, C. P. R. P. **Fontes e doses de fósforo em alho vernalizado livre de vírus**. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2016. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/144705/jacon\\_cprp\\_dr\\_bot.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/144705/jacon_cprp_dr_bot.pdf?sequence=3&isAllowed=y)>. Acesso em: 20 de out. 2018.

JANDEL SCIENTIFIC. **Table Curve**: curve fitting software. Corte Madera, CA: Jandel Scientific, 1991.

MACÊDO, F. S. **Marcha de absorção de nutrientes e produtividade em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas**. 2008. 63f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3111/1/TESE\\_Marcha%20de%20absor%C3%A7%C3%A3o%20de%20nutrientes.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3111/1/TESE_Marcha%20de%20absor%C3%A7%C3%A3o%20de%20nutrientes.pdf)>. Acesso em: 30 de nov. 2018.

MACÊDO, F. S.; SEDOGUCHI, E. T.; SOUZA R. J.; CARVALHO, J. G. Produtividade de alho vernalizado em função de fontes e doses de fósforo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 3, p. 379-383, mar. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v41-n3/a877cr1507.pdf>>. Acesso em: 24 de out. 2018.

MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G. (org.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo, EPU, V.1, p. 363–50, 1986.

MALAVOLTA, E. VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2 ed. Piracicaba: Potafos, 1997.

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

MANN, L. K.; MINGES, P. A. Growth and bulbing of garlic (*Allium sativum* L.) In response to storage temperature of planting stocks, day length and planting date. **Hilgardia**, California, v. 27, n. 15, p. 285-419, 1958. Disponível em: <<http://hilgardia.ucanr.edu/Abstract/?a=hilg.v27n15p385>>. Acesso em: 15 de nov. 2018.

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

NICK C.; BORÉM A. **Alho: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017.

OLIVEIRA, N. L. C. **Avaliação ecofisiológica de subamostras de alho cv. Amarante**. 2010. 72f. Tese (Doutorado) Universidade Federal Rural de Viçosa. Viçosa – MG. 2010. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/113-5/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 30 de nov. 2018.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 51-76, 2011.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico, 2001.

RESENDE, G. M. **Influência do nitrogênio e paclobutrazol na cultura do alho (*Allium sativum* L.) cv. “Quitéria”**. 1993. 63f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1993. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/35743200\\_Influencia\\_do\\_nitrogenio\\_e\\_paclobutrazol\\_na\\_cultura\\_do\\_alho\\_Allium\\_sativum\\_L\\_cv\\_Quiteria](https://www.researchgate.net/publication/35743200_Influencia_do_nitrogenio_e_paclobutrazol_na_cultura_do_alho_Allium_sativum_L_cv_Quiteria)>. Acesso em: 20 de set. 2018.

RESENDE, F. V. **Crescimento, absorção de nutrientes, resposta à adubação nitrogenada e qualidade de bulbos de alho proveniente de cultura de tecidos**. 1997. 139f. Tese (Doutorado). Lavras: UFLA, 1997. Disponível em: <<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=AGB.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=212691>>. Acesso em: 26 de out. 2018.

RESENDE, F. V.; FAQUIN, V.; SOUZA, R. J.; SILVA, V. S. Acúmulo de matéria seca e exigências nutricionais de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de propagação convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17 n. 3, p. 220-226, nov. 1999. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/766151>>. Acesso em: 14 de nov. 2018.

RESENDE, F. V.; OLIVEIRA, P. S. R.; SOUZA, R. J. Crescimento, produção e absorção de nitrogênio do alho proveniente de cultura de tecidos, cultivado com doses elevadas de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 31-36, 2000.

RESENDE, F. V.; DUSI, A. N.; MELO, W. F. Recomendações básicas para a produção de alho em pequenas propriedades. Brasília, DF: **Embrapa-CNPB**, 12p. (Comunicado técnico, 22) 2004.

RESENDE, J. T. V.; MORALES, R. G. F.; ZANIN, D. S.; RESENDE, F. V.; PAULA, J. T.; DIAS, D. M.; GALVÃO, A. G. Caracterização morfológica, produtividade e rendimento Comercial de cultivares de alho. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 157-162, 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010205362013000100025&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010205362013000100025&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 27 de out. 2018.

RODRIGUES, D.; KELTJENS, W. G.; GOUDRIAAN, J. Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growth under low phosphorus conditions. **Plant and Soil**, The Hague, v. 200, n 2, p. 227-240, 1998. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1004310217694>>. Acesso em: 12 de nov. 2018.

SEPLAN - Secretaria de Estado do Planejamento e das Finanças do RN. Perfil do Rio Grande do Norte. Natal: **SEPLAN**, 2013. Disponível em: <[http://www.seplan.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=PROCED&TARG=&ACT=xp00\\_BUSCA&PAGE=0&PARM=%22SEPLAN%22+%2C%22ANY%22%2C+%22PESQUISA+EM+TODOS+PORTAL%22&LBL=>](http://www.seplan.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=PROCED&TARG=&ACT=xp00_BUSCA&PAGE=0&PARM=%22SEPLAN%22+%2C%22ANY%22%2C+%22PESQUISA+EM+TODOS+PORTAL%22&LBL=>)>. Acesso em: 02 de nov. 2018.

SILVA, N.; OLIVEIRA, G. R.; VASCONCELOS, E. F. C.; HAAG, H. P. Absorção de nutrientes pela cultura do alho. **O Solo**, Piracicaba, v. 62, n. 1, p. 8-17. 1970.

SOUZA, R. J.; CASALI, V. W. D. Pseudoperfilhamento: uma anormalidade genético-fisiológica em alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 142, p. 36-41, 1986. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000114&pid=S0103-9016200100010002400027&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000114&pid=S0103-9016200100010002400027&lng=pt)>. Acesso em: 06 de jul. 2018.

SOUZA, R. J.; MACÊDO, F. S.; CARVALHO, J. G.; SANTOS, B. R.; LEITE, L. V. R. Absorção de nutrientes em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas cultivado sob doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 498-503, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102053620110004000-09&script=sciabstract&tlng=pt>>. Acesso em: 09 de dez. 2018.

SUMNER, M.E.; FARINA, M.W. Phosphorus interaction with other nutrients and lime in field cropping systems. **Advances in Soil Science**, Chistchurch – New Zealand, v. 5, p. 201-36, 1986. Disponível em: <[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4613-8660-5\\_5](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4613-8660-5_5)>. Acesso em: 22 de nov. 2018.

TAIZ L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TYLER, K. B.; MAY, D. M.; GUERARD, J. P.; RIRIE, D.; HATAKEDA, J. J. Diagnosing nutrient needs of garlic. **California Agriculture**, v. 42, n. 2, p. 28-29, 1988. Disponível em: <file:///C:/Users/omc%20informatica/Downloads/ca4202p28-171465.pdf>. Acesso em: 21 de set. 2018.

## CAPÍTULO II

### DESEMPENHO AGRONÔMICO DE ALHO NOBRE SOB DOSES DE FÓSFORO EM REGIÃO DE ALTITUDE DO RIO GRANDE DO NORTE

#### RESUMO

Para elevar o rendimento da cultura do alho, é importante que sejam realizados estudos sobre a nutrição mineral em áreas que se mostram propícias ao cultivo dessa hortaliça. No entanto, deve-se levar em consideração as características dos solos tropicais que, dentre outras, têm a capacidade de reter o fósforo, o que dificulta a absorção desse nutriente pelas plantas e tem levado à aplicação de doses elevadas nos cultivos comerciais. Deste modo, objetivou-se avaliar o efeito de doses de fósforo sobre a produtividade do alho nobre vernalizado cultivado em região de altitude no semiárido. O trabalho foi conduzido no Município de Portalegre, RN, de junho a setembro de 2017. O delineamento experimental foi em blocos casualizados completos com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas doses de fósforo aplicadas em fundação: 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup>. Foram avaliadas: altura de plantas, número de folhas; ciclo, estande final; massa média de bulbos; percentagem de superbrotamento de plantas; produtividade total, comercial e não comercial de bulbos; número de bulbilhos por bulbo; classificação dos bulbos e bulbilhos, bem como dose de máxima eficiência econômica. A emergência e altura de plantas, estande final, bulbos não comerciais e número de bulbilhos por bulbo não foram influenciados pelas doses de fósforo. A massa média de bulbos e máxima produtividade total de bulbos foram alcançadas nas doses de 176 e 182 kg ha<sup>-1</sup> de P, respectivamente. A dose de máxima eficiência econômica foi de 165 kg ha<sup>-1</sup> de P, que promoveu maior produtividade de bulbos comerciais (6,58 t ha<sup>-1</sup>).

**Palavras-chave:** *Allium sativum* L. Adubação fosfatada. Produtividade.

## AGRONOMIC PERFORMANCE OF NOBLE GARLIC UNDER PHOSPHORUS DOSES IN RIO GRANDE DO NORTE ALTITUDE REGION

### ABSTRACT

To increase the yield of the garlic culture, it is important to study about the mineral nutrition in the areas which are propitious for the cultivation of this vegetable. However, it must be consider the characteristics of tropical soils which, among others, have the capacity to retain phosphorus, which hinders the absorption of this nutrient by plants, and has led to the application of high doses in commercial crops. The objective of this study was to evaluate the effect of phosphorus doses on the productivity of vernalized noble garlic cultivated in an altitude region in the semi-arid region. The work was conducted in the County of Portalegre, RN, from June to September, 2017. The experimental design was a randomized complete block with four replicates. The treatments were constituted by the doses of phosphorus applied in foundation: 0, 60, 120, 180 and 240 kg ha<sup>-1</sup>. Plant height, number of leaves; cycle, final booth; average mass of bulbs; percentage of superbudding of plants; total productivity, commercial and non-commercial bulbs; number of bulbs per bulb; classification of bulbs and bulbs, and the dose of maximum economic efficiency were assessed. The emergence and height of plants, final stand, non-commercial bulbs and number of bulbs per bulb were not influenced by the doses of phosphorus. The highest average bulb mass average and total bulb yield were reached at 176 and 182 kg ha<sup>-1</sup> of P, respectively. The maximum economic efficiency dose was 165 kg ha<sup>-1</sup> of P, which promoted higher productivity of commercial bulbs (6.69 t ha<sup>-1</sup>).

**Key words:** *Allium sativum* L. Phosphate fertilization. Yield.



## 1 INTRODUÇÃO

O alho tem importância significativa no mercado nacional, estando entre as principais hortaliças consumidas no Brasil. A demanda interna de alho no ano de 2017 foi de 285 mil t, sendo 44% abastecidos pelo alho brasileiro e 56% ofertados principalmente pela China, Argentina e Espanha (LUCINI, 2018). Atualmente, a área de cultivo corresponde a 10.588 ha, com a produção de 120.897 t no ano de 2017 (FAO, 2018).

Para que o alho brasileiro seja competitivo no mercado, é preciso aumentar a produtividade, e entre os fatores limitantes à obtenção de altos rendimentos se destaca a adubação (NICK; BORÉM, 2017). Alguns estudos apontam respostas positivas do alho à aplicação de fertilizantes, inclusive à adubação fosfatada (MACÊDO et al., 2011; VILLAS BÔAS et al., 2008; BÜLL et al., 2008).

Doses elevadas de fósforo são comumente aplicadas no cultivo do alho, pois os solos brasileiros têm a capacidade de reter o elemento em formas pouco solúveis, tornando-o indisponível às plantas (LIMA et al., 2007). Apesar de ser pouco exigido pela cultura, o fósforo é aplicado em grande quantidade, considerando que sua indisponibilidade pode afetar a formação de raízes, ocasionar menor produção e baixa qualidade, sendo este o nutriente que mais limita a produtividade (FAQUIN, 2001).

Apesar da adoção de novas tecnologias no cultivo do alho, como, por exemplo, uso de cultivares nobres e livres de vírus, prática da vernalização em alho nobre, também é importante o manejo cultural, principalmente com relação à adubação, destacando-se a fosfatada. Desse modo, pode-se obter resultados satisfatórios, em termos de produtividade e qualidade dos bulbos produzidos, com capacidade de competir no mercado com os importados, especialmente com alhos provenientes da China e Argentina.

Macêdo et al. (2011), avaliando em campo a cv. Roxo Pérola de Caçador, constataram que aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> proporcionou maior produtividade de bulbos comerciais; Villas Bôas et al. (2008), também com a cv. Roxo Pérola de Caçador, porém em cultivo protegido, avaliaram as doses de 0; 166; 286 e 406 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, verificando que na medida em que as doses aumentaram houve incremento no peso médio e produtividade total de bulbos.

No entanto, estudos sobre adubação fosfatada para alho vernalizado são limitados, não havendo ainda consenso sobre as quantidades e fontes que proporcionem maiores incrementos na produtividade (MACÊDO et al., 2011; ASSIS, 2010).

Além disso, por existirem microrregiões serranas no semiárido, com potencial de cultivo de alho nobre, com condições edafoclimáticas diferentes das tradicionais regiões produtoras do Brasil, pesquisas com nutrição mineral, como a adubação fosfatada, são de fundamental importância para a expansão do cultivo da hortaliça. Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de doses de fósforo sobre a produção do alho nobre cultivado em região serrana no semiárido.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Portalegre - RN, nos meses de junho a setembro de 2017. A área experimental localiza-se a uma latitude de 6°01'20" sul e 38°01'45" de longitude a oeste de Greenwich e altitude de aproximadamente 520 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, isto é, tropical chuvoso, com inverno seco e a estação chuvosa prolongando-se até o mês de julho, com médias pluviométricas anuais situando-se entre 800 e 1.200 mm (SEPLAN, 2013). As condições de temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica observadas durante a pesquisa estão apresentadas nas figuras 1, 2 e 3.

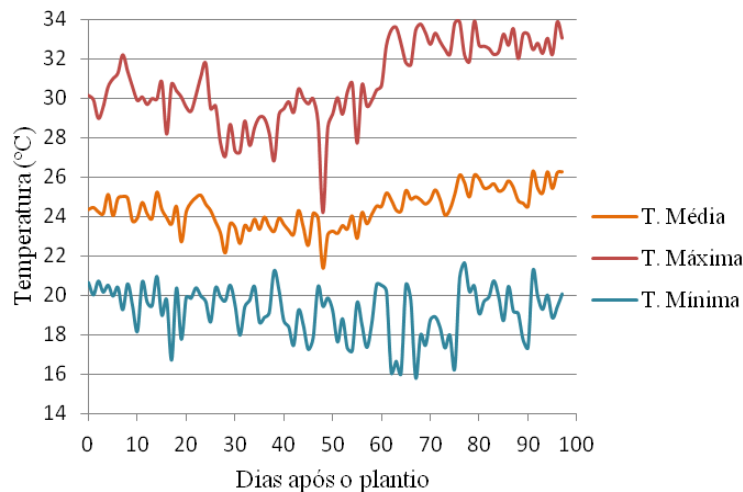


Figura 1 – Temperatura do ar, média, mínima e máxima, na área durante o período de condução do experimento. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

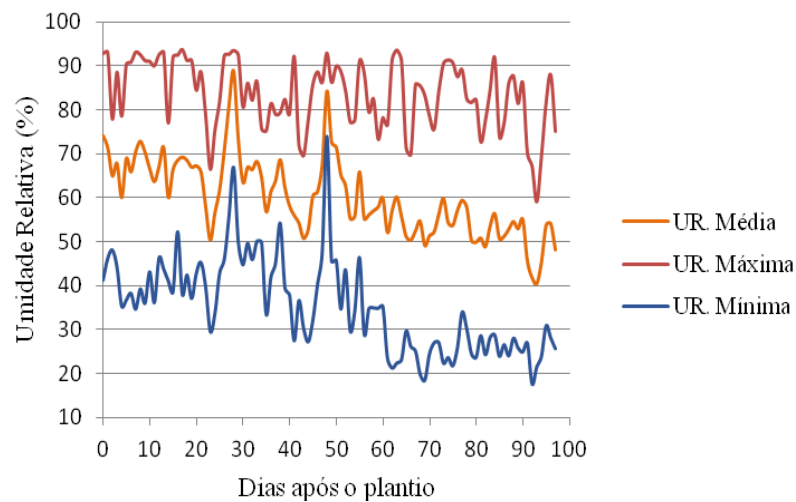


Figura 2 – Umidade relativa do ar, média, mínima e máxima, na área durante o período de condução do experimento. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

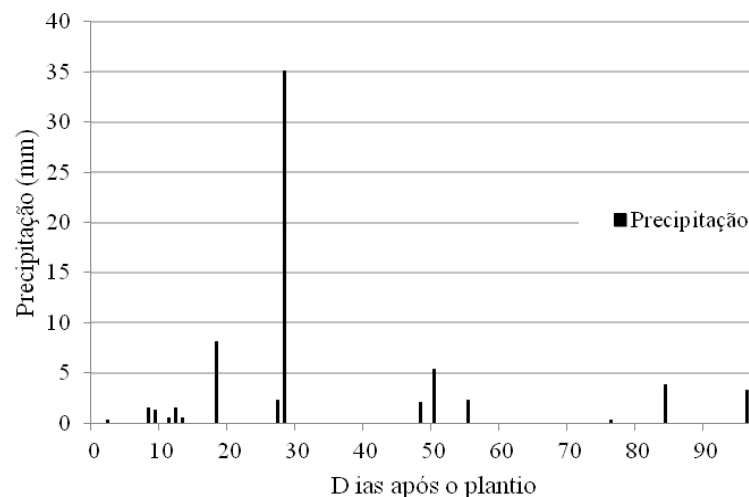


Figura 3 – Precipitação pluviométrica na área durante o período de condução do experimento. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

O solo da área experimental é classificado como Litossolo Eutrófico com A fraco textura média (EMBRAPA, 2013), cuja análise química apresentou as seguintes características: pH (H<sub>2</sub>O) = 5,60; N = 0,42 g kg<sup>-1</sup>; P = 7,3 mg dm<sup>-3</sup>; K = 75,7 mg dm<sup>-3</sup>; Na = 5,9 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 2,70 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 1,30 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 2,31 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB = 4,22 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; t = 4,22 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC = 6,53 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V = 65%; m = 0%; PST = 0% e MO = 12,00 g kg<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados completos com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos por cinco doses de fósforo aplicadas em fundação: 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup>. As parcelas foram representadas por canteiros de 0,20 m de altura 1,0 m de largura e 2,0 m de comprimento, o espaçamento adotado foi de 0,20 m entre linhas e 0,10 m entre plantas, sendo a área útil composta pelas três fileiras centrais, desconsiderando uma planta de cada extremidade (Figura 4).

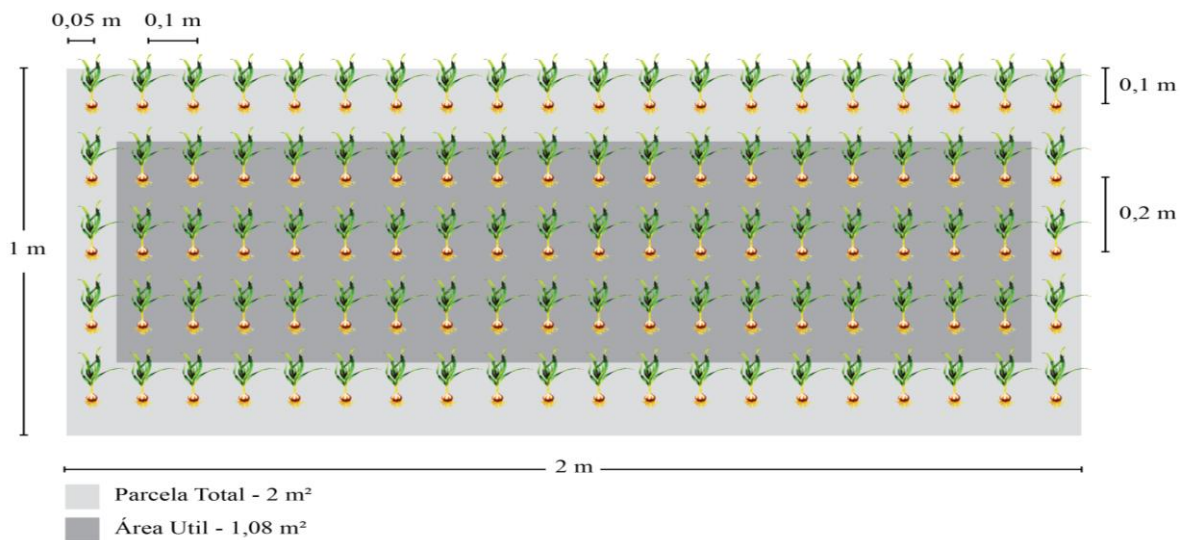


Figura 4 - Representação gráfica da parcela experimental de alho nobre submetido a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

A cultivar utilizada foi a Roxo Pérola de Caçador, que é do grupo nobre e tem como características: bulbos redondos e uniformes, com túnica branca, película com coloração roxa, os bulbilhos são grandes e não há presença de palitos (RESENDE et al., 2013).

Os bulbos sementes foram vernalizados em um refrigerador por um período de 50 dias a uma temperatura de 4 °C ± 2 e umidade relativa de 70%. Um dia antes do plantio, os bulbos foram retirados do refrigerador, para a realização da debulha. Em seguida, os bulbilhos foram classificados por tamanho: grandes foram os bulbilhos retidos na peneira 1 (malha 15 x 25 mm); médios, retidos na peneira 2 (malha 10 x 20 mm); médios pequenos, retidos na peneira 3 (malha 8 x 17 mm) e pequenos, retidos na peneira 4 (malha 5 x 17 mm). Para obter maior uniformidade no estande, foram plantados por blocos de acordo com a classificação. Antes do plantio, os bulbilhos foram imersos em solução de Iprodione contendo 5 g L<sup>-1</sup> do ingrediente ativo, para prevenir possíveis ataques de patógenos de solo.

O solo foi preparado com uma aração e uma gradagem, e posterior levantamento manual dos canteiros. A área experimental foi adubada com base na análise do solo e

sugestões de Cavalcanti (2008) e Resende et al. (2004) para a cultura do alho. Na adubação de plantio aplicou-se 30 kg ha<sup>-1</sup> de N (Nitrato de Cálcio), 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Cloreto de Potássio), 150 kg ha<sup>-1</sup> de Sulfato de Magnésio, 60 kg ha<sup>-1</sup> de Sulfato de Zinco, 9,68 kg ha<sup>-1</sup> de Ácido bórico e 75 t ha<sup>-1</sup> de Pole Fértil®, à base de esterco bovino e de galinha decompostos, com 1% de N total, 15% de C orgânico. A adubação fosfatada foi efetuada conforme as doses estabelecidas nos tratamentos (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup>), usando como fonte o superfosfato simples, aplicado em fundação. As adubações de cobertura foram realizadas em duas aplicações, aos 30 dias após o plantio (DAP), usando nitrato de cálcio como fonte (30 kg ha<sup>-1</sup> de N) e aos 50 DAP, utilizando ureia (60 kg ha<sup>-1</sup> de N).

O sistema de irrigação utilizado foi o de microaspersão, com vazão de 40 L h<sup>-1</sup> para uma pressão de 200 KPa, com 2 microaspersores por parcela. As irrigações foram suspensas três dias antes da colheita, quando as plantas apresentaram sinais de maturação.

Na prevenção e controle de doenças como mancha púrpura e ferrugem, foram pulverizados produtos à base de Mancozeb (Manzate®) em intervalos de sete dias. Para controlar pragas como tripés e ácaros, foram utilizados produtos à base de Clorfenapir (Pirate®), em intervalos de quinze dias, a partir dos 30 DAP. As plantas daninhas foram controladas com capinas manuais de acordo com as necessidades da área experimental.

A colheita foi realizada quando as plantas apresentaram sinais de maturação, caracterizada pelo amarelecimento e secamento parcial da parte aérea e/ou tombamento das plantas. Depois de colhidas, as plantas foram submetidas ao processo de “pré-cura”, permanecendo três dias expostas ao sol, dispostas de forma que as folhas das plantas cubram os bulbos das outras, os protegendo da radiação solar direta. Em seguida, realizou-se a cura à sombra, quando as plantas ficaram por um período de 17 dias em local seco e arejado. Após o processo de cura, os bulbos passaram pelo toalete, no qual se eliminou as raízes, folhas e túnicas sujas.

Durante o ciclo, as características avaliadas foram as seguintes: Altura de plantas (cm) - determinada pela distância entre o nível do solo até a extremidade da folha mais comprida, em uma amostra de dez plantas, aos 70 DAP; Número de folhas - determinado pela contagem de folhas fotossinteticamente ativas de uma amostra de dez plantas, aos 70 DAP; Estande final - obtido pelo número de plantas colhidas em relação à população inicial. Os dados foram expressos em percentagem de plantas ha<sup>-1</sup>.

Após o processo de cura, foram analisadas as seguintes características: Massa média de bulbos (g) - obtida através da relação entre a massa e o número total de bulbos; Produtividade total de bulbos em (t ha<sup>-1</sup>) - determinada pela pesagem dos bulbos de cada

parcela; Produtividade de bulbos comerciais ( $t\ ha^{-1}$ ) - composta por bulbos não superbrotados e com diâmetro transversal acima de 32 mm, obtida pela soma dos pesos dos bulbos das classes comerciais, de acordo com a portaria nº 242 de 17/9/1992 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Produtividade de bulbos não comerciais ( $t\ ha^{-1}$ ) - determinada pela soma dos bulbos superbrotados e com diâmetro transversal inferior a 32 mm; Classificação dos bulbos - de acordo com a portaria Nº 242 de 17/09/1992 do - MAPA: classe 3 (maior que 32 até 37 mm), classe 4 (maior que 37 até 42 mm), classe 5 (maior que 42 até 47 mm), classe 6 (maior que 47 até 56 mm) e classe 7 (maior que 56 mm). Os bulbos de cada classe foram pesados, e os dados foram expressos em percentagem de cada classe em relação à produção total de bulbos; Número de bulbilhos por bulbo - determinado pela relação entre a quantidade de bulbilhos e o número total de bulbos; Classificação dos bulbilhos - foram definidos como grandes os bulbilhos retidos na peneira 1 (malha 15 x 25 mm); médios, retidos na peneira 2 (malha 10 x 20 mm); médios pequenos, retidos na peneira 3 (malha 8 x 17 mm); pequenos, retidos na peneira 4 (malha 5 x 17 mm) e palitos, os que passam pela peneira 4. A porcentagem de superbrotamento de plantas foi determinada através da relação entre o número de plantas superbrotadas e o número total de plantas colhidas.

Os dados foram submetidos às análises de variância por meio do *software* Sisvar® (FERREIRA, 2008) e análises de regressões através do *software* Table Curve 2D v5.01 (JANDEL SCIENTIFIC, 1991), obedecendo-se ao nível de significância de 5% de probabilidade, respectivamente.

Utilizou-se o valor da produtividade comercial de bulbos como base de dados para calcular a dose de máxima eficiência econômica, através da receita bruta (RB), receita líquida (RL) e dos custos com fertilizantes, que variaram em função das doses e do preço do alho. Por ter gastos uniformes para os tratamentos, os demais custos não foram levados em consideração.

A RB foi calculada considerando-se a produção estimada pelo modelo de equação de regressão ajustado e o preço de bulbos no mês de setembro (1 kg foi cotado a R\$ 9,90), e a RL foi calculada subtraindo-se o custo dos fertilizantes da RB. Deste modo, a análise econômica de funções polinomiais foi calculada da seguinte maneira: seja  $RL = RB - DF - DV$ , uma função em que RL é a receita líquida;  $RB = Y.w$ , onde Y (kg) é a quantidade do produto e w (R\$  $kg^{-1}$ ) é o preço desse produto; a despesa fixa é  $(DF) = m$ ; a despesa variada  $(DV) = t.X$ , onde t (R\$  $kg^{-1}$ ) é o preço do insumo e X (kg de N) é a quantidade de insumo.

Portanto, para obtenção da dose de fósforo de máxima eficiência física, derivou-se a equação de regressão do tipo  $Y_{MEF} = 5,1 + 0,0014x^{1,5} - 3,3 \cdot 10^{-7}x^3$ , usada para a variável

produtividade de bulbos comerciais. Deste modo, temos:  $X_{DMEF} = \frac{dy}{dx} = 0$ , ou seja:  $X_{DMEF} = 0,0021x^{0,5} - 9,9 \cdot 10^{-7}x^2$

Assim, a equação  $Y_{DMEF} = 5,1 + 0,0014x^{1,5} - 3,3 \cdot 10^{-7}x^3 \Rightarrow X_{DMEF} = 169 \text{ kg ha}^{-1}$  de P.

O valor de  $y$  que corresponde ao valor de  $X_{DMEF}$  é:

$$Y_{MEF} = 5,1 + 0,0014 \cdot (169^{1,5}) - 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot (169^3) \Rightarrow Y_{MEF} = 6,58 \text{ t ha}^{-1} \text{ de bulbos}$$

A receita líquida deve ser maximizada, para termos a dose de maior retorno econômico. Deste modo, temos:  $RL = Y \cdot w - m - t \cdot X$ , isto é feito por  $\frac{dRL}{dx} = \left(\frac{dy}{dx}\right)w - t = 0$ , o que implica  $\left(\frac{dy}{dx}\right) = \left(\frac{t}{w}\right)$ , onde a relação  $t/w$  varia em função dos preços dos produtos ( $W$ ) e do insumo ( $t$ ).

Sendo a equação  $Y_{DMEE} = 5,1 + 0,0014x^{1,5} - 3,3 \cdot 10^{-7}x^3$ , então  $\frac{dy}{dx} = 0,0021x^{0,5} - 9,9 \cdot 10^{-7}x^2 = \frac{t}{w} \Rightarrow X_{DMEE} = 165 \text{ kg ha}^{-1}$  de P.

$$Y_{MEE} = 5,1 + 0,0014 \cdot 165^{1,5} - 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot 165^3 \Rightarrow X_{MEE} = 6,58 \text{ t ha}^{-1} \text{ de bulbos.}$$



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo das doses de fósforo para número de folhas, massa média de bulbos, produtividade de bulbos comerciais e produtividade total de bulbos (Tabela 1A, 2A e 3A).

#### 3.1 EMERGÊNCIA, ESTANDE FINAL E ALTURA DE PLANTAS DE ALHO

Para a emergência de plantas, não se verificou influência das doses de fósforo aplicadas, sendo observados em média 85,30% de plantas emergidas (Tabela 1). Durante a emergência, as reservas nutritivas do bulbilho são capazes de suprir as necessidades nutricionais da planta por vários dias, razão pela qual o fósforo presente no solo não exerce influência sobre a emergência de plantas (NICK; BORÉM, 2017; RESENDE et al., 2018).

O estande final de plantas também não foi influenciado pelas doses de fósforo. Considerando uma população de 375 mil plantas ha<sup>-1</sup>, observa-se que para todas as doses de fósforo aplicadas o estande de plantas colhidas no final do ciclo foi acima de 93% (Tabela 1). Esta característica, quando associada à porcentagem de bulbos com diferenciação, se mostra como um indicativo do sucesso da vernalização quando o estande populacional é superior a 85% (LOPES et al., 2016). Assim, esta característica é mais responsiva ao processo de vernalização do que a aplicação da adubação fosfatada.

Para a altura de plantas em função das doses de fósforo, também não foi observado efeito das aplicações desse nutriente, obtendo-se em média plantas com comprimento de 50,17 cm (Tabela 1). De acordo com a literatura, as plantas de alho atingem em média de 0,40 a 0,70 m de altura dependendo da cultivar (NICK; BORÉM, 2017), estando os dados desta pesquisa condizentes com outros estudos (FEITOSA et al., 2009; RESENDE et al., 2000, SEDOGUCHI et al., 2002).

Tabela 1. Emergência, estande final e altura de plantas de alho, em função de doses de fósforo. Portalegre. RN. UFERSA, 2017.

Doses de Fósforo	Emergência de plantas (%)	Estande final (%)	Altura de plantas (cm)
0	86,25 a	93,06 a	48,67 a
60	83,83 a	93,52 a	49,29 a
120	86,13 a	94,44 a	51,04 a
180	84,67 a	95,37 a	50,83 a
240	85,63 a	95,37 a	51,00 a
Média	85,30	94,35	50,17

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.2 NÚMERO DE FOLHAS

As doses de fósforo influenciaram o número de folhas, com o máximo estimado de 6,27 folhas na dose de 213 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 5). Divergindo desse resultado, Jacon (2016), estudando o efeito de doses de P em plantas de alho nobre, verificou que não houve influência das doses aplicadas para o número de folhas, porém ocorreu maior número de folhas durante a fase de diferenciação dos bulbilhos, quando foram coletados os dados (70 DAP) referentes a essa característica na presente pesquisa. Avaliando a cv. Roxo Pérola de Caçador, em relação a períodos de vernalização e épocas de plantio, foram relatados máximos valores estimados em 6,7 e 6,0 folhas (LOPES et al., 2016), comportamento semelhante ao observado no presente estudo.

O nitrogênio influencia mais o número de folhas quando comparado com o fósforo (MACÊDO et al., 2009; SOUZA et al., 2011), porém é sabido que a deficiência de fósforo no alho ocasiona perda de vigor nas plantas, redução no crescimento e as folhas mais velhas apresentam amarelecimento irregular, semelhantemente ao sintoma de deficiência de nitrogênio, que, conseqüentemente, afeta a fotossíntese e influenciará negativamente a produtividade, resultando em perdas nos bulbos comerciais e diminuição da qualidade (MACÊDO, 2008).

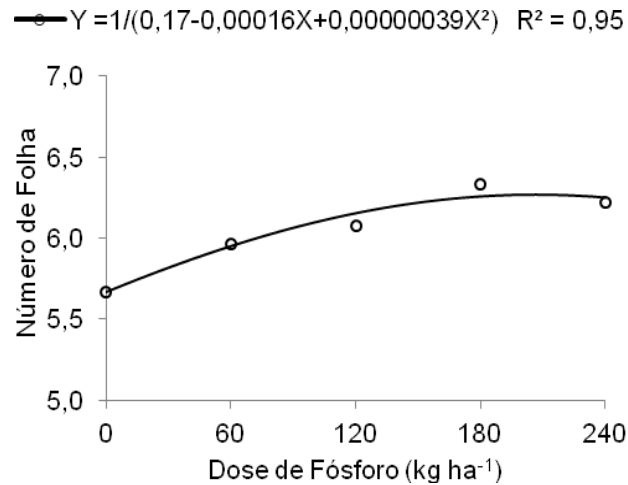


Figura 5 – Número de folhas de plantas de alho, em função das doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

### 3.3 MASSA MÉDIA DE BULBOS

A massa média de bulbos aumentou até o máximo estimado de 18,94 g na dose 176 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo (Figura 6), nutriente, que, apesar de exigido em pequenas quantidades, proporciona maiores incrementos no aumento da massa do bulbo (FILGUEIRA, 2000). Villas Bôas et al. (2008) avaliaram as doses de 0, 166, 286 e 406 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, no plantio da cultivar Roxo Pérola de Caçador em Santa Juliana-MG, verificando aumento linear na massa média dos bulbos (23,25; 22,83; 24,58 e 25,58 g), possivelmente neste caso poderiam ter sido aplicadas doses maiores até atingir o ponto de máxima. No entanto, deve-se ter cautela com a quantidade de fósforo aplicado, pois os solos brasileiros têm a capacidade de reter esse nutriente devido às reações de adsorção e precipitação (e também podem interagir com outros nutrientes presentes no solo). Constata-se, portanto, que a resposta à adubação fosfatada depende também do tipo e da fertilidade do solo (MACÊDO et al., 2011).

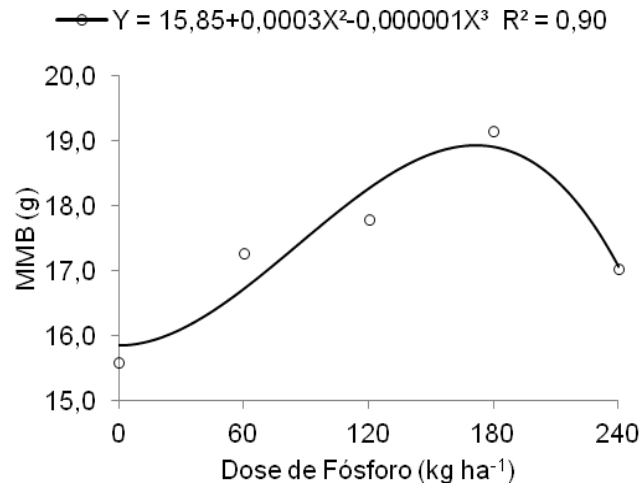


Figura 6 – Massa média de bulbos de plantas de alho, em função das doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

### 3.4 PRODUTIVIDADE DE BULBOS COMERCIAIS

A produtividade de bulbos comerciais se elevou com o aumento das doses de fósforo até o ponto de máxima, seguido por um decréscimo. Estima-se que a maior produtividade comercial foi de 6,69 t ha<sup>-1</sup>, na dose de 174 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo (Figura 7). Esse decréscimo com o aumento da quantidade de fósforo aplicado ocorre na medida em que maiores doses de fósforo no solo podem causar a precipitação de nutrientes como Zn, Cu e Fe, reduzindo a absorção desses elementos pelas plantas, que vai interferir no crescimento e, por fim, na produtividade das culturas (VIDIGAL et al., 2002).

Comportamento semelhante ao observado também foi relatado por Macêdo et al. (2011), que, estudando a interferência de doses de fósforo na produtividade da cv. Roxo Pérola de Caçador, verificaram que a aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> proporcionou maior produtividade de bulbos comerciais (12,12 t ha<sup>-1</sup>). Também foi observada redução na produtividade de bulbos comerciais na medida em que as doses de fósforo aumentaram.

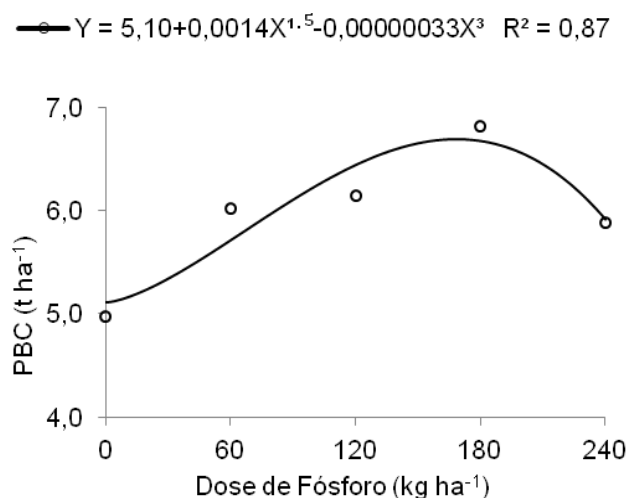


Figura 7 – Produtividade de bulbos comerciais de plantas de alho, em função das doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

### 3.5 PRODUTIVIDADE TOTAL DE BULBOS

Observa-se que a produtividade total aumentou em função das doses de fósforo aplicadas, até o máximo estimado de 6,79 t ha<sup>-1</sup>, na dose 182 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo (Figura 8), seguindo-se uma redução nas médias. Esse comportamento também foi observado para a massa média de bulbos e produtividade comercial (Figuras 6 e 7, respectivamente), que tiveram suas médias reduzidas na medida em que a dose aplicada de fósforo aumentou, interferindo diretamente no resultado da produtividade total. Neste caso, pode ter ocorrido interação entre o fósforo e alguns micronutrientes, ocasionando desbalanceamento e deficiência entre os nutrientes, em função de sua complexação pela matéria orgânica, que resulta numa desordem metabólica que prejudica o desenvolvimento (VIDIGAL et al., 2002). Sedoguchi (2008), estudando a influência de fontes e doses de fósforo na cv. Roxo Pérola de Caçador, constatou redução da produtividade em doses acima de 200 kg ha<sup>-1</sup>, reafirmando, assim, que doses excessivas de fósforo podem ocasionar diminuição da produtividade total.

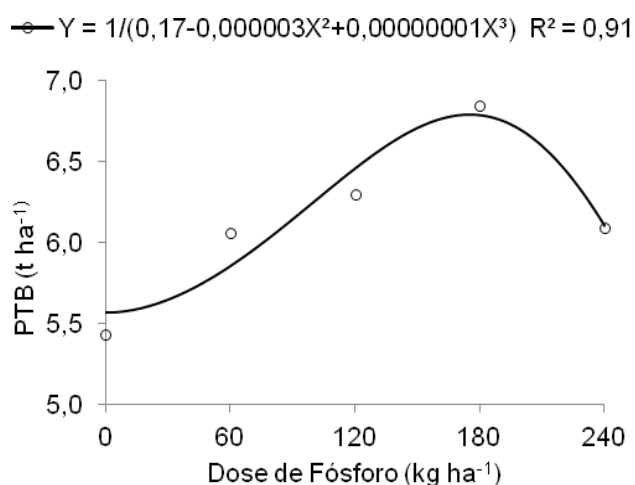


Figura 8 – Produtividade total de bulbos de plantas de alho, em função das doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

### 3.6 PRODUTIVIDADE DE BULBOS NÃO COMERCIAIS, CLASSIFICAÇÃO DE BULBOS, NÚMERO DE BULBILHOS POR BULBO E CLASSIFICAÇÃO DE BULBILHOS

A produtividade de bulbos não comerciais não foi afetada pelas doses de fósforo. Nesse caso, observou-se tendência das doses 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> em promover, respectivamente, a maior (11,75%) e menor (3,29%) percentagens de bulbos não comerciais (Tabela 2). Para o produtor, o ideal é que sejam produzidas menores percentagens de bulbos com diâmetro inferior a 32 mm. Na dose de 180 t ha<sup>-1</sup> de P, além de ter ocorrido menor percentagem de bulbos não comerciais, houve maior percentagem de bulbos na classe 5 (23,33%). Villas Bôas et al. (2008), avaliando doses de fósforo, observaram incremento crescente de bulbos na classe 5 na medida em que as doses aumentaram. Verificaram ainda presença de bulbos na classe 6 em todas as doses aplicadas, constatando, assim, que a adubação fosfatada estimula o crescimento dos bulbos e pode proporcionar maior percentual de bulbos de classes maiores, que têm maior valor econômico no mercado.

O número de bulbilhos por bulbo não foi influenciado pelas doses de fósforo (Tabela 2), provavelmente porque essa é uma característica intrínseca do grupo nobre, ao qual pertence esta cultivar de alho, que geralmente dispõe de 8 a 12 bulbilhos por bulbo (NICK; BORÉM, 2017). Na literatura disponível, não há evidências de que o fósforo possa interferir no número de bulbilhos por bulbo. Neste caso, é possível observar uma tendência segundo a qual a maior parte dos bulbilhos (55%) ficou retida na peneira 3, em todas as doses aplicadas,

porém não houve padrão de distribuição dos bulbilhos por peneira em função das doses de fósforo (Tabela 2). Outros pesquisadores avaliando a cv. Roxo Pérola de Caçador encontraram valores semelhantes e a maior parte dos bulbilhos se concentrou na peneira 3 (LOPES et al., 2016).

Tabela 2. Produtividade de bulbos não comerciais, classificação de bulbos, número de bulbilhos por bulbo (NBB) e classificação de bulbilhos, de plantas de alho, em função de doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

Classificação de Bulbos (%)					
Doses de Fósforo	Bulbos não comerciais (<32mm)	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
		(>32 até 37mm)	(>37 até 42mm)	(>42 até 47mm)	(>47 até 56mm)
0	8,69	50,99	33,51	6,81	0,00
60	5,67	46,03	31,53	15,91	0,87
120	11,75	48,76	31,73	7,76	0,00
180	3,29	44,86	28,52	23,33	0,00
240	3,41	49,76	35,01	11,82	0,00
Classificação de Bulbilhos (%)					
Doses de Fósforo	NBB	Peneira 1	Peneira 2	Peneira 3	Peneira 4
		(15 x 25mm)	(10 x 20mm)	(8 x 17mm)	(5 x 17mm)
0	9,20 a	0,27	24,89	58,80	16,05
60	10,05 a	0,51	26,05	49,74	23,70
120	9,55 a	0,00	26,37	55,60	18,03
180	9,73 a	0,83	28,58	54,27	16,32
240	9,43 a	0,00	26,34	56,63	17,03
Média	9,59	0,32	26,45	55,00	18,23

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.7 SUPERBROTAMENTO

Em nenhum dos tratamentos aplicados, foi observada incidência de superbrotamento de plantas, distúrbio fisiológico caracterizado pelo crescimento atípico de folhas de gemas laterais, formando pseudobulbos com capa protetora aberta e grande espaço entre os bulbilhos, o que deprecia o produto e reduz a produtividade (NICK; BORÉM 2017). Os dados corroboram estudos sobre adubação fosfatada no cultivo de alho, que também não verificaram influência das doses de fósforo sobre a porcentagem de superbrotamento (MACÊDO et al., 2011; SEDOGUCHI, 2008), indicando, assim, que não há relação entre o nutriente e essa anormalidade fisiológica.

### 3.8 DOSE DE MÁXIMA EFICIÊNCIA FÍSICA E ECONÔMICA

A dose de máxima eficiência física foi estimada em  $169 \text{ kg ha}^{-1}$  de P, e a dose de máxima eficiência econômica, em  $165 \text{ kg ha}^{-1}$  de P, as quais proporcionaram uma produtividade de bulbos comerciais de  $6,58 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 9). Resende et al. (2014), avaliando doses de fósforo na produção de cebola, verificaram que a dose de máxima eficiência econômica,  $129,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , também foi próxima à dose de máxima eficiência física, constatando-se também que a aplicação da dose de máxima eficiência econômica permitiu a redução da quantidade de fósforo aplicada para a cultura estudada.

Convém ressaltar que a produtividade de bulbos comerciais foi a mesma para as doses de máxima eficiência física e econômica, de forma que a escolha pela aplicação da dose de máxima eficiência econômica permite reduzir a aplicação de fósforo sem perda da produtividade de bulbos comerciais. Portanto, com base nos resultados alcançados os produtores poderão obter a máxima produtividade da cultura e diminuir os gastos com o fertilizante fosfatado.



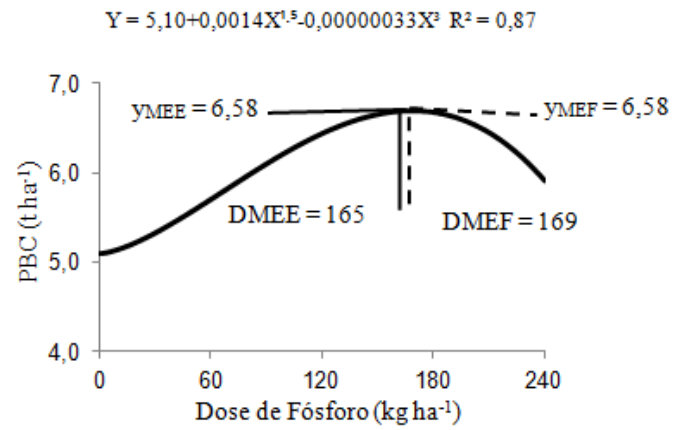


Figura 9 – Dose de máxima eficiência física (DMEF) e econômica (DMEE) de plantas de alho nobre em função de doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA, 2017.

#### 4. CONCLUSÕES

A emergência e altura de plantas, estande final, bulbos não comerciais e número de bulbilhos por bulbo não foram influenciados pelas doses de fósforo.

A massa média de bulbos e máxima produtividade total de bulbos foram alcançadas nas doses de 176 e 182 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, respectivamente.

A dose de máxima eficiência econômica foi de 165 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, que promoveu maior produtividade de bulbos comerciais (6,58 t ha<sup>-1</sup>).

## REFERÊNCIAS

- ASSIS, R. P. **Produtividade e análise econômica do cultivo de alho vernalizado em função de doses de NPK**. 2010. 46f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras: UFLA, 46f. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3532/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_Produtividade%20e%20an%C3%A1lise%20econ%C3%B4mica%20do%20cultivo%20de%20alho%20vernalizado%20em%20fun%C3%A7%C3%A3o%20de%20doses%20de%20NPK.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3532/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Produtividade%20e%20an%C3%A1lise%20econ%C3%B4mica%20do%20cultivo%20de%20alho%20vernalizado%20em%20fun%C3%A7%C3%A3o%20de%20doses%20de%20NPK.pdf)>. Acesso em: 17 de set. 2018.
- BÜLL, L. T.; NOVELLO, A; CORRÊA, J. C; VILLAS BOAS, R L. Doses de fósforo e zinco na cultura do alho em condições de casa de vegetação. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 941-949, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052008000400017&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052008000400017&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 30 de nov. 2018.
- CAVALCANTI, F. J. A. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs>>. Acesso em: 15 de nov. 2019.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. Crops and livestock products. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 15 de dez. 2018.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA, 2001.
- FEITOSA H. D. O.; JUNQUEIRA R. M.; GUERRA J. G. M.; TEIXEIRA M. G.; RESENDE F. V. Avaliação de cultivares de alho em três regiões do Estado do Rio de Janeiro cultivados sob sistema orgânico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, p. 399-404, 2009. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/html/1190/119012569005/>>. Acesso: 24 de ago. 2018.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Recife, v. 6, p. 36-41, 2008.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 2000.
- JACON, C. P. R. P. **Fontes e doses de fósforo em alho vernalizado livre de vírus**. 2016. 99f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2016. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/144705/jacon\\_cprp\\_dr\\_bot.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/144705/jacon_cprp_dr_bot.pdf?sequence=3&isAllowed=y)>. Acesso em: 20 de out. 2018.

JANDEL SCIENTIFIC. **Table Curve**: curve fitting software. Corte Madera, CA: Jandel Scientific, 1991.

LIMA, C. P.; BULL, L. T.; MANETTI, F. A.; BACKES, C.; VILLAS BOAS, R. L.; GODOY, L. J. G. Efeito residual da adubação fosfatada sobre a cultura do alho vernalizado. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 1-10, out./dez. 2007. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6687/4404>>. Acesso em: 14 de dez. 2018.

LOPES, W. A. R.; NEGREIROS, M. Z.; RESENDE, F. V.; LUCENA, R. R. M.; SOARES, A. M.; SILVA, O. M. P.; MEDEIROS, J. F. Produção de alho submetido a períodos de vernalização e épocas de plantio em região de clima semiárido. **Horticultura Brasileira**, Recife, v. 34, p. 249-256, 2016. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstre-am/item/152580/1/201634214.pdf>>. Acesso em: 30 de nov. 2018.

LUCINI, M. A. Conjuntura do alho em 2017. **Revista Nosso Alho**, Brasília, n. 28, p. 32-39, 2018. Disponível em: <<http://anapa.com.br/wp-content/uploads/2018/06/revista-nosso-alho-n-28.compressed.pdf>>. Acesso em: 24 de ago. 2018.

MACÊDO, F. S. **Marcha de absorção de nutrientes e produtividade em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas**. 2008. 63f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/31111/1/TESE\\_Marcha%20de%20absor%C3%A7%C3%A3o%20de%20nutrientes.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/31111/1/TESE_Marcha%20de%20absor%C3%A7%C3%A3o%20de%20nutrientes.pdf)>. Acesso em: 30 de nov. 2018.

MACÊDO, F. S.; SOUZA, R. J.; CARVALHO, J. G.; SANTOS, B. R.; LEITE, L. V. R. Produtividade de alho vernalizado em função de doses de nitrogênio e molibdênio. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 657-663, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v68n3/a12v68n3.pdf>>. Acesso em: 19 de set. 2018.

MACÊDO, F. S.; SEDOGUCHI, E. T.; SOUZA R. J.; CARVALHO, J. G. Produtividade de alho vernalizado em função de fontes e doses de fósforo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 3, p. 379-383, mar. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v41-n3/a877cr1507.pdf>>. Acesso em: 24 de out. 2018.

NICK C.; BORÉM A. **Alho**: do plantio à colheita. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017.

RESENDE, F. V.; OLIVEIRA, P. S. R.; SOUZA, R. J. Crescimento, produção e absorção de nitrogênio do alho proveniente de cultura de tecidos, cultivado com doses elevadas de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 31-36, 2000. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/hb/v18n1/v18n1a\\_07.pdf](http://www.scielo.br/pdf/hb/v18n1/v18n1a_07.pdf)>. Acesso em 20 de set. 2018.

RESENDE, F. V.; DUSI, A. N.; MELO, W. F. Recomendações básicas para a produção de alho em pequenas propriedades. Brasília, DF: **Embrapa-CNPB**, 12 p. (Comunicado técnico, 22) 2004. Disponível em: <file:///C:/Users/omc%20informatica/Downloads/ct-22.pdf>. Acesso em: 22 de ago. 2018.

RESENDE, J. T. V.; MORALES, R. G. F.; ZANIN, D. S.; RESENDE, F. V.; PAULA, J. T.; DIAS, D. M.; GALVÃO, A. G. Caracterização morfológica, produtividade e rendimento Comercial de cultivares de alho. **Horticultura Brasileira** 31: 157-162. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010205362013000100025&script=sci\_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 27 de out. 2018.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; YURI, J. E. Dose adequada de fósforo para cebola. **Revista Cultivar Hortaliças e Frutas**. p 15-17. Ano XII, n. 85, 2014. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/dose-adequada>. Acesso em: 12 de set. 2018.

RESENDE, F. V.; HABER, L. L.; PINHEIRO, J. B. **A cultura do alho**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355126/9124396/Sistema+de+Produ%C3%A7%C3%A3o+de+Alho/64258d94-6bb8-4826-a0e9-ece47aa434ff>. Acesso em: 27 de dez. 2018.

SEDOGUCHI, E. T.; CARMO, M. G. F.; PARRAGA, M. S.; TOZANI, R.; ARAÚJO, M. L. Características morfológicas, de produção e efeitos da vernalização sobre cultivares de alho em duas épocas de plantio em Seropédica-RJ. **Agronomia**, v. 36, n. 1/2, p. 42-47, 2002. Disponível em: <https://docplayer.com.br/27872016-Characterísticas-morfológicas-de-produção-e-efeitos-da-vernalização-sobre-cultivares-de-alho-em-duas-epocas-de-plantio-em-seropedica-rj-1.html>. Acesso em: 30 de nov. 2018.

SEDOGUCHI, E. T. **Produtividade em alho vernalizado, proveniente de cultura de meristemas, sob doses de fósforo, nitrogênio e potássio**. 2008. 77f. Tese (Doutorado), Lavras: UFLA, 2008. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3109/1/TESE\_Produtividade%20em%20alho%20vernalizado%2C%20proveniente%20de%20cultura%20de%20meristemas%2C%20sob%20doses%20de%20f%C3%B3sforo%2C%20nitrog%C3%AAnio%20e%20pot%C3%A1ssio.pdf>. Acesso em: 17 de set. 2018.

SEPLAN - Secretaria de Estado do Planejamento e das Finanças do RN. Perfil do Rio Grande do Norte. Natal: **SEPLAN**, 191p. 2013. Disponível em: <http://www.seplan.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=PROCED&TARG=&ACT=xp00\_BUSCA&PAGE=0&PARM=%22SEPLAN%22+%2C%22ANY%22+%22PESQUISA+EM+TODOS+OS+PORTAIS%22&LBL=>. Acesso em: 02 de nov. 2018.

SOUZA, R. J.; MACÊDO, F. S.; CARVALHO, J. G.; SANTOS, B. R.; LEITE, L. V. R. Absorção de nutrientes em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas cultivado sob doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 498-503, 2011.

Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102053620110004000-09&script=sciabstract&tlng=pt>>. Acesso em: 09 de dez. 2018.

VILLAS BÔAS, R. L. LIMA, C. P.; BACKES, C.; GODOY, L. J. G. IMAIZUMI, I. Adubações fosfatada e potássica afetando a produção de bulbos de alho. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 55, n. 6, p. 605-609, nov./dez. 2008. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3386>>. Acesso em: 24 de set. 2018.

VIDIGAL, S. M. et al. Nutrição mineral e adubação da cebola. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 218, p. 36-50, 2002. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/161505/1/CTE86.pdf>>. Acesso em: 12 de ago. 2018.

**APÊNDICE**

## CAPÍTULO I

Tabela 1A – Resumo da análise de variância para a área foliar (AF), Razão de área foliar (RAF) e razão bulbar (RB) de plantas de alho submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA 2017.

FV	GL	Quadrado médio		
		AF	RAF	RB
Bloco	3	5426,076303	83,259942	0,001403
Dose de P	4	674,032226 <sup>ns</sup>	3,931745 <sup>ns</sup>	0,000443 <sup>ns</sup>
Erro 1	12	479,599313	44,424142	0,001436
Época	6	67449,684653**	9766,05839 **	0,189523**
Dose de P*Época	24	648,340166*	31,118519 <sup>ns</sup>	0,000500 <sup>ns</sup>
Erro 2	90	342,466116	53,286823	0,000676
CV 1 (%)		14,88	12,21	12,05
CV 2 (%)		12,57	13,37	8,27

\*Significativo a 5% de probabilidade

\*\*Significativo a 1% de probabilidade

<sup>ns</sup> Não significativo



Tabela 2A – Resumo da análise de variância para a matéria seca da parte aérea (MSPA) do bulbo (MSB) e total (MST) de plantas de alho submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA. 2017.

FV	GL	Quadrado médio		
		MSPA	MSB	MST
Bloco	3	1,245025	2,779703	5,415418
Dose de P	4	0,102154 <sup>ns</sup>	0,487672 <sup>ns</sup>	0,934930 <sup>ns</sup>
Erro 1	12	0,110647	0,401793	0,636408
Época	6	12,716716 <sup>**</sup>	79,366740 <sup>**</sup>	132,299152 <sup>**</sup>
Dose de P*Época	24	0,082841 <sup>ns</sup>	0,186203 <sup>ns</sup>	0,250139 <sup>ns</sup>
Erro 2	90	0,059026	0,238512	0,366506
CV 1 (%)		18,87	33,87	22,08
CV 2 (%)		13,78	26,10	16,75

\*Significativo a 5% de probabilidade

\*\*Significativo a 1% de probabilidade

<sup>ns</sup> Não significativo

Tabela 3A – Resumo da análise de variância para a taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa assimilatória líquida (TAL) de plantas de alho submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA. 2017.

FV	GL	Quadrado médio		
		TCA	TCR	TAL
Bloco	3	0,003069	0,000092	0,000000025467500
Dose de P	4	0,002138 <sup>ns</sup>	0,000070 <sup>ns</sup>	0,000000044183333 <sup>ns</sup>
Erro 1	12	0,000960	0,000051	0,000000027818889
Época	5	0,025887 <sup>**</sup>	0,008773 <sup>**</sup>	0,000000481974833*
Dose de P*Época	20	0,003026 <sup>ns</sup>	0,000219 <sup>ns</sup>	0,000000094187333 <sup>ns</sup>
Erro 2	75	0,004868	0,000422	0,000000180979944
CV 1 (%)		26,74	16,26	20,77
CV 2 (%)		60,23	47,02	52,98

\*Significativo a 5% de probabilidade

\*\*Significativo a 1% de probabilidade

<sup>ns</sup> Não significativo

Tabela 4A – Resumo da análise de variância para o acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), na parte aérea de plantas de alho submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA. 2017.

FV	GL	Quadrado médio		
		Ac. Fol. N	Ac. Fol. P	Ac. Fol. K
Bloco	3	95,026068	3,016580	110,353983
Dose de P	4	104,276657**	2,000461 <sup>ns</sup>	179,924161**
Erro 1	12	12,065041	0,717363	19,171202
Época	6	1815,009049**	38,229105**	2806,717220**
Dose de P*Época	24	11,562216 <sup>ns</sup>	0,207273 <sup>ns</sup>	14,868957 <sup>ns</sup>
Erro 2	90	12,483215	0,340262	13,568940
CV 1 (%)		14,36	25,35	14,02
CV 2 (%)		14,60	17,46	11,79

\*Significativo a 5% de probabilidade

\*\*Significativo a 1% de probabilidade

<sup>ns</sup> Não significativo

Tabela 5A – Resumo da análise de variância para o acúmulo de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), na parte aérea de plantas de alho submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA. 2017.

FV	GL	Quadrado médio	
		Ac. Fol. Ca	Ac. Fol. Mg
Bloco	3	45,263692	7,646899
Dose de P	4	41,770804**	2,805082**
Erro 1	12	4,977895	0,179967
Época	6	1139,838334**	139,511559**
Dose de P*Época	24	13,708244**	1,683411**
Erro 2	90	3,637476	0,482841
CV 1 (%)		16,63	8,97
CV 2 (%)		14,21	14,69

\*Significativo a 5% de probabilidade

\*\*Significativo a 1% de probabilidade

<sup>ns</sup> Não significativo

Tabela 6A – Resumo da análise de variância para o acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), no bulbo de plantas de alho submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA. 2017.

FV	GL	Quadrado médio		
		Ac. Bul. N	Ac. Bul. P	Ac. Bul K
Bloco	3	54,187887	2,299270	18,799096
Dose de P	4	60,550647*	3,320675**	26,781135**
Erro 1	12	11,946729	0,585006	3,386986
Época	6	4286,417989**	237,654823**	1369,289242**
Dose de P*Época	24	24,555900**	1,322082**	10,300724**
Erro 2	90	11,274324	0,642202	2,914201
CV 1 (%)		24,53	25,05	18,39
CV 2 (%)		23,83	26,25	17,06

\*Significativo a 5% de probabilidade

\*\*Significativo a 1% de probabilidade

<sup>ns</sup> Não significativo

Tabela 7A – Resumo da análise de variância para o acúmulo de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), no bulbo de plantas de alho submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA. 2017.

FV	GL	Quadrado médio	
		Ac. Bul. Ca	Ac. Bul. Mg
Bloco	3	4,449887	0,404978
Dose de P	4	11,419497**	0,278347**
Erro 1	12	1,739319	0,015203
Época	6	204,518482**	9,583215**
Dose de P*Época	24	3,974697**	0,114520**
Erro 2	90	1,168911	0,043664
CV 1 (%)		25,60	13,31
CV 2 (%)		20,99	22,57

\*Significativo a 5% de probabilidade

\*\*Significativo a 1% de probabilidade

<sup>ns</sup> Não significativo

Tabela 8A – Resumo da análise de variância para o acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) total, de plantas de alho, submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA. 2017.

FV	GL	Quadrado médio		
		Ac. Total N	Ac. Total P	Ac. Total K
Bloco	3	256,382217	6,440185	203,211731
Dose de P	4	293,569776**	8,967005*	329,913631**
Erro 1	12	19,046209	1,666372	26,739951
Época	6	9315,540800**	368,254047**	6496,430360**
Dose de P*Época	24	55,612677*	2,027305*	31,288534*
Erro 2	90	26,701804	1,100898	17,741534
CV 1 (%)		11,40	20,19	12,54
CV 2 (%)		13,50	16,41	10,21

\*Significativo a 5% de probabilidade

\*\*Significativo a 1% de probabilidade

<sup>ns</sup> Não significativo

Tabela 9A – Resumo da análise de variância para o acúmulo de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) total, em plantas de alho submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA. 2017.

FV	GL	Quadrado médio	
		Ac. Total Ca	Ac. Total Mg
Bloco	3	77,161232	11,220451
Dose de P	4	85,918423*	3,186411**
Erro 1	12	9,837162	0,215247
Época	6	2236,182296**	220,579998**
Dose de P*Época	24	27,644593**	1,973595**
Erro 2	90	5,342503	0,645070
CV 1 (%)		16,89	8,20
CV 2 (%)		12,45	14,20

\*Significativo a 5% de probabilidade

\*\*Significativo a 1% de probabilidade

<sup>ns</sup> Não significativo

## CAPÍTULO II

Tabela 1A – Resumo da análise de variância para a emergência (EMERG), altura de plantas (ALT) e número de folhas (NF) de plantas de alho submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA 2017.

FV	GL	Quadrado médio		
		EMERG	ALT	NF
Bloco	3	17,270377	64,907429	0,243366
Dose	4	4,240974 <sup>ns</sup>	4,920139 <sup>ns</sup>	0,266356*
Erro	12	7,345600	15,994219	0,069753
CV		3,18	7,97	4,36

\*Significativo a 5% de probabilidade

\*\*Significativo a 1% de probabilidade

<sup>ns</sup> Não significativo

Tabela 2A – Resumo da análise de variância para estande final (EF), massa média de bulbos (MMB) e produtividade total de bulbos (PTB) de plantas de alho submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA 2017.

FV	GL	Quadrado médio		
		EF	MMB	PTB
Bloco	3	7,944676	3,449382	0,486381
Dose	4	4,458170 <sup>ns</sup>	6,694111*	1,032846*
Erro	12	5,944225	2,013285	0,236880
CV		2,58	8,17	7,92

\*Significativo a 5% de probabilidade

\*\*Significativo a 1% de probabilidade

<sup>ns</sup> Não significativo

Tabela 3A – Resumo da análise de variância para produtividade de bulbos comerciais (PBC), bulbos não comerciais (BNC) e número de bulbilhos por bulbo (Nbb/B) de plantas de alho submetidas a doses de fósforo. Portalegre, RN. UFERSA 2017.

FV	GL	Quadrado médio		
		PBC	BNC	Nbb/B
Bloco	3	0,516238	0,073350	0,592667
Dose	4	1,759995**	0,102668 <sup>ns</sup>	0,410750 <sup>ns</sup>
Erro	12	0,273320	0,046026	0,168083
CV		8,76	94,54	4,28

\*Significativo a 5% de probabilidade

\*\*Significativo a 1% de probabilidade

<sup>ns</sup> Não significativo