

IZA PAULA DE CARVALHO LOPES

**CARACTERÍSTICAS DA PLANTA E DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE
TUBÉRCULOS DE BATATA EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE MAGNÉSIO**

Tese apresentada à Universidade Federal
de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia,
para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS- BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

L864c
2018
Lopes, Iza Paula de Carvalho, 1983-
Características da planta e do solo e produtividade de
tubérculos de batata em função da aplicação de magnésio / Iza
Paula de Carvalho Lopes. – Viçosa, MG, 2018.
xv, 121f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Batata. 2. Plantas - Nutrição. 3. Magnésio.
4. Tubérculo (Botânica). I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia. II. Título.

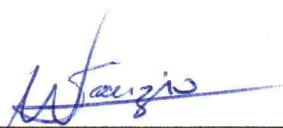
CDD 22. ed. 635.21

IZA PAULA DE CARVALHO LOPES

**CARACTERÍSTICAS DA PLANTA E DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE
TUBÉRCULOS DE BATATA EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE MAGNÉSIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Aprovada: 18 outubro de 2018.



Sanzio Mollica Vidigal



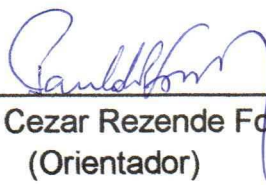
Renildes Lucio Ferreira Fontes



Carla do Carmo Milagres



Marialva Alvarenga Moreira



Paulo Cezar Rezende Fontes
(Orientador)

Aos meus pais, Maria Isabel de Carvalho Lopes e Daniel Antônio Lopes, minha irmã, Cláudia Carla de Carvalho Lopes, e minha sobrinha, Maria Alice Lopes Moreira.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao professor Paulo Cezar Rezende Fontes.

Ao professor Paulo Roberto Cecon.

Ao professor Fernando Luiz Finger.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial, ao Departamento de Fitotecnia.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo apoio financeiro.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos funcionários da Horta Nova de pesquisa do Departamento de Fitotecnia.

Aos funcionários do laboratório de Nutrição Mineral.

Aos meus amigos da Pós-Graduação, em especial, Walas Sturião e Marialva Moreira.

BIOGRAFIA

IZA PAULA DE CARVALHO LOPES, filha de Daniel Antônio Lopes e Maria Isabel de Carvalho Lopes, nasceu em 16 de novembro de 1983, em Belo Horizonte- MG.

No ano de 2009, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais.

Em dezembro de 2012, iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, defendendo dissertação em julho de 2014.

Em agosto de 2014, iniciou o curso de Doutorado em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em outubro de 2018.

SUMÁRIO

RESUMO	x
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO 1 – PRODUTIVIDADE DE TUBÉRCULOS DE BATATA E CARACTERÍSTICAS DA PLANTA E DO SOLO INFLUENCIADAS POR DOSES DE SULFATO DE MAGNÉSIO	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	3
2.1 Localização e caracterização da área experimental	3
2.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	5
2.3 Instalação e condução dos experimentos	6
2.4 Características avaliadas	7
2.4.1 Índice de Velocidade de Emergência (IVE)	7
2.4.2 Características agronômicas e químicas, aos 21 e 63 DAE	8
2.4.2.1 Comprimento da maior haste e número de hastes, folhas e tubérculos da planta	8
2.4.2.2 Diâmetro da base do pecíolo, comprimento e largura da quarta folha.....	8
2.4.2.3 Área foliar da quarta folha e área foliar da planta.....	9
2.4.2.4 Medições ópticas na quarta folha	9
2.4.2.5 Massa da matéria fresca e seca dos órgãos da planta (folhas, hastes, raiz, tubérculos) e da quarta folha.....	9
2.4.2.6 Teor e conteúdo de S, Mg e micronutrientes na massa da matéria seca dos órgãos da planta (folhas, hastes, raiz, tubérculos) e na quarta folha.....	10
2.4.3 Colheita final de tubérculos, aos 103 DAE.....	10
2.4.3.1 Massa da matéria fresca, massa da matéria seca e produtividade total e comercial de tubérculos	10
2.4.3.2 Teor e acúmulo de S, Mg e micronutrientes nos tubérculos comerciais	11
2.4.4 Pós colheita	11
2.4.4.1 Perda de peso	11
2.4.4.2 Gemas brotadas	12

2.4.5 Solo.....	12
2.4.5.1 Condutividade elétrica, pH e teor de Mg, Ca e S no solo	12
2.5 Análise estatística	12
3. RESULTADOS	13
3.1 Índice de Velocidade de Emergência (IVE).....	13
3.2 SPAD e DUALEX (NBI, CHL e FLV) na quarta folha, aos 21 e 63 DAE .	13
3.3 Comprimento (C), largura (L), diâmetro do pecíolo (D), área foliar (AF), massa da matéria fresca (MF) e seca (MS) da quarta folha, aos 21 e 63 DAE	14
3.4 Número de folhas (NF), número de hastes (NH), número de tubérculos (NT), comprimento (C) e diâmetro (D) da maior haste, aos 21 e 63 DAE.....	16
3.5 Massa da matéria fresca de folhas, hastes, raiz e tubérculos (MFF, MFH, MFR, MFT, respectivamente), massa da matéria seca de folhas, hastes, raiz, tubérculos (MSF, MSH, MSR e MST, respectivamente) e área foliar (AF), aos 21 e 63 DAE.....	18
3.6 Número (NTT), massa da matéria fresca (MFTT), massa da matéria seca (MSTT) e produtividade total de tubérculos (PTT), número (NTC), massa da matéria fresca (MFTC), massa da matéria seca (MSTC) e produtividade de tubérculos comerciais (PTC) na colheita final	20
3.7 Teor e acúmulo de Mg na massa da matéria seca de folhas, hastes, tubérculos, raiz e quarta folha (TMgF, TMgH, TMgT, TMgR, TMgQF e AMgF, AMgH, AMgT, AMgR, AMgQF, respectivamente), aos 21 e 63 DAE.....	22
3.8 Teor de S na massa da matéria seca de folhas, hastes, tubérculos, raiz e quarta folha (TMgF, TMgH, TMgT, TMgR e TMgQF), aos 21 e 63 DAE.....	27
3.9 Teor de Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca da quarta folha, aos 21 e 63 DAE.....	29
3.10 Acúmulo de Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca de folhas, hastes, tubérculos e raiz, aos 21 e 63 DAE.....	31
3.11 Teor e acúmulo de Mg, S, Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca de tubérculos comerciais	35
3.12 Perda de peso em tubérculos	37
3.13 Brotação de tubérculos de batata	38
3.14 pH do solo.....	39
3.15 Condutividade elétrica (CE) do solo.....	39
3.16 Teor Mg e Ca no solo.....	40
4. DISCUSSÃO	43
4.1 Efeito sobre a produção de tubérculos de batata.....	43
4.2 Efeito sobre o Índice de Velocidade de Emergência (IVE).....	44

4.3 Efeito sobre índices SPAD e Dualex na folha de referência (quarta folha)	44
4.4 Efeito sobre os parâmetros estruturais da quarta folha	45
4.5 Efeito sobre as características morfológicas da planta	46
4.6 Efeito sobre o teor e acúmulo de Mg na massa da matéria seca da planta (folhas, hastes, tubérculos, raiz e quarta folha), aos 21 e 63 DAE	47
4.7 Teor de Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca da quarta folha	49
4.8 Acúmulo de Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca da planta (folhas, hastes, tubérculos e raiz), aos 21 e 63 DAE	50
4.9 Teor e acúmulo de Mg, S, Cu, Mn, Fe e Zn nos tubérculos comerciais	53
4.10 Perda de peso no armazenamento	55
4.11 Efeito sobre o solo (teor de Mg e Ca, pH, CE)	56
5. DISCUSSÃO FINAL	58
6. CONCLUSÕES	59
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
CAPÍTULO 2 - PRODUTIVIDADE DE TUBÉRCULOS DE BATATA E CARACTERÍSTICAS DA PLANTA E DO SOLO INFLUENCIADAS POR DOSES DE CALCÁRIO DOLOMITICO	
1. INTRODUÇÃO	68
2. MATERIAL E MÉTODOS	70
2.1 Localização e caracterização da área experimental	70
2.2 Delineamento experimental e tratamentos	72
2.3 Instalação e condução dos experimentos no campo	73
2.4 Características avaliadas	75
2.4.1 Índice de Velocidade de Emergência (IVE)	75
2.4.2 Características avaliadas na quarta folha, aos 21 DAE	75
2.4.2.1 Comprimento e largura	75
2.4.2.2 Medições ópticas	75
2.4.2.3 Área foliar	76
2.4.2.4 Massa da matéria fresca e seca	76
2.4.2.5 Teores de Ca e Mg e micronutrientes	76
2.4.3 Características avaliadas na planta, aos 21 DAE	77
2.4.3.1 Número de folhas, hastes e tubérculos, comprimento e diâmetro da maior haste, massa da matéria fresca e seca de folhas, hastes, raízes e tubérculos e área foliar	77
2.4.4 Avaliação no solo	77

2.4.5 Avaliações realizadas na colheita	78
2.4.5.1 Produtividade de tubérculos comerciais	78
2.4.5.2 Teor de Ca, Mg e micronutrientes nos tubérculos comerciais	78
2.4.6 Pós colheita	79
2.4.6.1 Perda de peso	79
3. RESULTADOS	80
3.1 Índice de velocidade de emergência (IVE).....	80
3.2 Efeito dos tratamentos no solo	80
3.2.1 pH	80
3.2.2 Teor de Ca e Mg	82
3.3 Efeito dos tratamentos sobre índices agronômicos.....	84
3.3.1 SPAD e DUALEX (NBI, CHL e FLV), comprimento (C), largura (L), área foliar (AF), massa da matéria fresca (MF) e seca (MS) da quarta folha, aos 21 DAE	84
3.3.2 Número de folhas (NF), hastes (NH) e tubérculos (NT), comprimento (C) e diâmetro (D) da maior haste, massas das matérias fresca de folhas, hastes, raízes e tubérculos (MFF, MFH, MFR, MFT, respectivamente), massas das matérias seca de folhas, hastes, raízes, tubérculos (MSF, MSH, MSR e MST, respectivamente) e área foliar (AF), aos 21 DAE	86
3.4 Efeito dos tratamentos sobre os teores de Mg, Ca, Cu, Mn, Fe e Zn na quarta folha	89
3.5 Efeito dos tratamentos sobre teor de nutrientes na polpa e casca de tubérculos comerciais	91
3.6 Efeito dos tratamentos sobre a pós colheita	94
3.7 Produção de tubérculos comerciais	94
4. DISCUSSÃO	96
4.1 Efeito dos tratamentos no solo	96
4.1.1 pH	96
4.1.2 Teores de Ca e Mg no solo.....	98
4.2 Efeito dos tratamentos sobre índices agronômicos.....	102
4.2.1 SPAD e DUALEX (NBI, CHL e FLV), comprimento (C), largura (L), área foliar (AF), massa da matéria fresca (MF) e seca (MS) da quarta folha, aos 21 DAE	102
4.2.2 Número de folhas (NF), hastes (NH) e tubérculos (NT), comprimento (C) e diâmetro (D) da maior haste, massas das matérias fresca de folhas, hastes, raízes e tubérculos (MFF, MFH, MFR, MFT, respectivamente), massas das matérias seca de folhas, hastes, raízes, tubérculo (MSF, MSH, MSR e MST, respectivamente) e área foliar (AF), aos 21 DAE..	103

4.3 Efeito dos tratamentos sobre o estado nutricional	104
4.4 Efeito dos tratamentos sobre teor de nutrientes na massa da matéria seca de polpa e casca de tubérculos de batata.....	106
4.5 Produção de tubérculos de batata comerciais	108
4.6 Efeito dos tratamentos sobre a pós colheita	110
5. DISCUSSÃO FINAL	111
6. CONCLUSÕES	112
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114

RESUMO

LOPES, Iza Paula de Carvalho, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2018. **Características da planta e do solo e produtividade de tubérculos de batata em função da aplicação de magnésio.** Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes.

O magnésio (Mg) é um macronutriente que participa em diversos processos metabólicos e reações bioquímicas das plantas. Quando mal supridas de Mg, as plantas apresentam reduzido sistema radicular e prejuízos na produção de energia, síntese de enzimas, ácidos orgânicos e proteínas e acumulam sacarose nas folhas com menor concentração de clorofila, enfim exibem menor produção de material vegetal. O excesso também pode retardar o crescimento e interferir negativamente em processos metabólicos, e conseqüentemente, sobre a produtividade das culturas. Em condição de campo, não é comum o relato de perceptível limitação no crescimento da batateira devido à escassez de Mg. Mas, pode estar ocorrendo deficiência latente, pois tem havido estudos, ao longo dos anos, mostrando que a adição de Mg a solo com baixa disponibilidade do nutriente tem efeito positivo sobre a produção de batata. Alternativamente, pode ser que sintomas de deficiência de Mg estejam sendo diagnosticados impropriamente como outras deficiências ou de natural senescência foliar, o que resultaria em subestimar a importância do Mg na produção da cultura da batata. O objetivo central da tese foi determinar o efeito do suprimento de Mg como sulfato de magnésio e calcário dolomítico sobre a produtividade de tubérculos de batata. Além da produtividade, o efeito do Mg foi determinado sobre o índice de velocidade de emergência das plantas – IVE; sobre características possíveis de utilização na determinação do estado de nitrogênio da planta (área, diâmetro da base do pecíolo, comprimento, largura, índice SPAD, índices DUALEX, massa da matéria fresca e seca da folha índice); teores de S, Mg e micronutrientes na folha índice; características do crescimento (comprimento e diâmetro da maior haste, número de hastes, folhas e tubérculos, área foliar, massa da matéria fresca e seca de folhas, hastes, raízes e tubérculos); características nutricionais da planta (teor e conteúdo de S, Mg e micronutrientes nas folhas, hastes, raízes e tubérculos); pH, CE e teor de Ca e Mg do solo e características pós colheita

dos tubérculos (perda de peso e brotação). Adicionalmente, no segundo experimento foram analisados os teores de nutrientes na polpa e na casca. O primeiro experimento foi realizado com o sulfato de magnésio heptahidratado ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) com 9% de Mg. Os tratamentos foram cinco doses de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0; 300; 600; 1200 e 2400 kg ha^{-1}), aplicadas no sulco de plantio e quatro repetições, utilizando a cultivar Markies. No segundo experimento, foram avaliadas cinco doses de calcário dolomítico (0; 0,20; 0,34; 0,78 e 3,11 t ha^{-1}) que foram determinadas como 0; $\frac{1}{2}$; 1; 2 e 8 vezes a dose necessária para atingir a saturação de base de 60%, estimadas para a incorporação a 10 cm de profundidade. Os tratamentos foram repetidos quatro vezes, utilizando a cultivar Ágata, sendo instalado um tratamento adicional de 0,34 t ha^{-1} aplicado diretamente no sulco de semeadura, sem incorporação ao solo ou ao adubo. O delineamento adotado nos dois experimentos foi de blocos ao acaso e as parcelas foram constituídas por 28 plantas, espaçadas de 0,75 cm entre linhas e 0,25 m entre plantas. O IVE não foi influenciado por doses de MgSO_4 . Da mesma forma, não foram influenciadas por doses de MgSO_4 as características da folha índice possíveis de utilização na determinação do estado de nitrogênio da planta (os índices SPAD; NBI, CHL e FLV além do comprimento e massa da matéria fresca), determinadas aos 21 DAE, no início da tuberização. Não foram observadas diferenças entre os tratamentos para as características do crescimento das plantas, porém houve aumento no teor de Mg em todos os órgãos da planta e no solo, além do pH do solo. O acúmulo de micronutrientes em cada órgão foi reduzido com as doses de MgSO_4 , principalmente de Zn, aos 63 DAE. A máxima produtividade de tubérculos comerciais foi 42,98 t ha^{-1} que exportou 5,79 kg ha^{-1} de Mg tendo sido obtida com a aplicação de 1461,10 kg ha^{-1} de MgSO_4 que proporcionou o teor de Mg na matéria seca da folha índice de 0,57 dag kg^{-1} e a eficiência de utilização do Mg de 154 kg kg^{-1} . A maior dose de MgSO_4 resultou em efeito negativo sobre as variáveis analisadas na parte fotossintética da planta, número de folhas e área foliar, como também sobre o índice NBI, teor de Ca no solo em todas as épocas de avaliação e produtividade de tubérculos totais e comerciais. Houve decréscimo linear na massa fresca e seca de hastes com o aumento das doses de MgSO_4 . Os tubérculos lavados e não lavados apresentaram baixa perda de peso nas menores doses de MgSO_4 .

No segundo experimento, os valores de pH, teor de Ca e Mg no solo verificados com a aplicação da maior dose de calcário incorporada na área foram maiores do que o valores obtidos com a dose aplicada no sulco. A produtividade estimada de tubérculos comerciais máxima foi 35,57 t ha⁻¹ tendo sido obtida com a aplicação de 1,77 t ha⁻¹ de calcário que proporcionou o teor de Mg na matéria seca da folha índice de 0,52 dag kg⁻¹ e a eficiência de utilização do Mg de 114 kg kg⁻¹. A produtividade observada com a dose de 0,34 t ha⁻¹ de calcário dolomítico aplicada no sulco de plantio foi 34,58 t ha⁻¹ que propiciou a eficiência de utilização do Mg de 221 kg kg⁻¹. Doses crescentes de calcário aumentaram o teor de Mg no solo e na polpa, porém diminuíram o teor de Ca na casca de tubérculos comerciais. Não houve efeito de doses de calcário na perda de peso de tubérculos após colheita.

ABSTRACT

LOPES, Iza Paula de Carvalho, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, October, 2018. **Plant and soil characteristics and yield of potato tubers as a function of magnesium application.** Adviser: Paulo Cezar Rezende Fontes.

Magnesium (Mg) is a macronutrient that participates in several plants metabolic processes and biochemical reactions. A plant poorly supplied with Mg presents a reduction of the root system, loss in energy, synthesis of enzymes, organic acids and proteins and accumulation of sucrose in the leaves with lower concentration of chlorophyll, consequently exhibiting lower production of vegetal material. The excess of Mg can also reduce growth levels and interfere negatively in metabolic processes and therefore in cultivation productivity. In field conditions, it is not usual to notice limitation in potato growth due to the lack of Mg. However, latent deficiency may occur, as there have been studies over the years demonstrating the positive effect of Mg addition to soil with low nutrient availability on potato production. Alternatively, the Mg deficiency symptoms may be diagnosed inadequately as other nutrients deficiencies or natural foliar senescence, which could contribute to a underestimation in the importance of Mg in the potato cultivation production. The main aim of the thesis was to determine the effect of Mg supply as magnesium sulfate and dolomitic limestone on the productivity of potato tubers. In addition, the effect of Mg was determined based on the rate of emergence speed of plants - IVE; (area, petiole diameter, length, width, SPAD index, DUALEX indexes, fresh and dry mass of the index leaf); S, Mg and micronutrients in index leaf; growth characteristics (length and diameter of the largest stem, number of stems, leaves and tubers, leaf area, fresh and dry mass of leaves, stems, roots and tubers); nutritional characteristics of the plant (content of S, Mg and micronutrients in leaves, stems, roots and tubers); pH, CE, Ca and Mg content on soil and post-harvest characteristics of the tubers (weight loss and sprouting). Additionally, in the second experiment the nutrient content of the pulp and bark was analyzed. In the first experiment it was used magnesium sulfate heptahydrate ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) with 9% Mg. The treatments consisted of five doses of $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0, 300, 600, 1200 and 2400 kg ha^{-1}), introduced into the planting groove and four replicates, using the Markies cultivar. In the second experiment, five doses of dolomitic limestone (0, 0.20, 0.34, 0.78 and 3.11 t

ha⁻¹) were evaluated and determined as 0; ½; 1; 2 and 8x the usual dose required to achieve 60% of base saturation, estimated to procedures with incorporation at 10 cm depth. The treatments were repeated 4x using the Agate cultivar with an additional treatment of 0.34 t ha⁻¹ applied directly to the planting groove, without incorporation to soil or to fertilizer. The design used in the first and second experiment was randomized blocks and the plots consisted of 28 plants, separated by 0.75 m between rows and 0.25 m between plants. IVE was not influenced by doses of MgSO₄. In the same way, the characteristics of the index leaf liable to be used to determine the nitrogen status of the plant were not influenced by doses of MgSO₄ (the SPAD, NBI, CHL and FLV indexes besides the length and mass of the fresh material), determined at 21 DAE, at the beginning of the tuberization. It was not observed differences between the treatments for characteristics of plant growth. However, it was noticed an increase in Mg content in all plant organs and in the soil, as in soil pH. Micronutrient accumulation in each plant organ was reduced by doses of MgSO₄, mainly Zn, at 63 DAE. The maximum productivity of commercial tubers was 42.98 t ha⁻¹ that exported 5.79 kg ha⁻¹ of Mg. It was obtained with the application of 1461.10 kg ha⁻¹ of MgSO₄ and provided 0.57 dag kg⁻¹ of Mg content in the dry material of leaf index and the use efficiency of 154 kg kg⁻¹ of the Mg. The highest dose of MgSO₄ generated a negative effect on the variables analyzed in the photosynthetic part of the plant, number of leaves and leaf area, as well as on the NBI index, Ca content in soil in all the time periods evaluated and productivity of total and commercial tubers. It was observed a linear decrease in fresh and dry mass of stems with the increase of MgSO₄ doses. The washed and unwashed tubers presented low weight loss at lower doses of MgSO₄. In the second experiment, the values of pH, Ca and Mg on soil verified with the application of the highest dose of limestone incorporated in area were higher than the values obtained with the dose applied in the groove. The maximum estimated productivity of commercial tubers was 35.57 t ha⁻¹ and was obtained with the application of 1.77 t ha⁻¹ of limestone that provided 0.52 dag kg⁻¹ of Mg in the dry material of the leaf index and 114 kg kg⁻¹ of use efficiency of Mg. The productivity observed to the dose of 0.34 t ha⁻¹ of dolomitic limestone applied in the planting groove was 34.58 t ha⁻¹, which led to 221 kg kg⁻¹ of use efficiency of Mg. Higher

doses of limestone increased the Mg content in soil and pulp, but decreased the Ca content in the bark of commercial tubers. There was no effect of limestone doses on the weight loss of tubers after harvest.

CAPÍTULO 1 – PRODUTIVIDADE DE TUBÉRCULOS DE BATATA E CARACTERÍSTICAS DA PLANTA E DO SOLO INFLUENCIADAS POR DOSES DE SULFATO DE MAGNÉSIO

1. INTRODUÇÃO

A produção de batata no Brasil em 2017 de foi 4.279.797 t, em 140.353 ha, com a produtividade média de 30.493 kg ha⁻¹, sendo que Minas Gerais é o maior produtor nacional, com a produção de 1,27 milhão t (IBGE, 2018). A expectativa em 2018 é de 3.834.049 t, em 129.686 ha com produtividade média de 29,564 kg ha⁻¹ (IBGE, 2018).

Dentre os diversos fatores que contribuem para o incremento da produtividade de tubérculos de batata, destaca-se o fornecimento adequado de nutrientes, dentre os quais o magnésio (Mg). Esse nutriente, apesar de estar envolvido em várias funções vitais nas plantas, ainda tem recebido limitada atenção da pesquisa, tanto nos níveis fundamental quanto aplicado (FARHAT et al., 2016).

O Mg participa em diversos processos metabólicos e em reações como a formação de ATP nos cloroplastos, fixação de dióxido de carbono (CO₂) síntese proteica, formação de clorofila, partição e utilização de fotoassimilados, geração de espécies reativas de oxigênio e fotooxidação em tecidos foliares (HERMANS et al., 2005; CAKMAK & TAZICI, 2010). Dependendo do estado nutricional, cerca de 35 % do Mg presente nas plantas está nos cloroplastos (CAKMAK & TAZICI, 2010) e cerca de 6 a 25% do Mg total está ligado à clorofila (MARSCHNER, 2012). Portanto, devido à importância para a fotossíntese e translocação de assimilados, observa-se forte efeito do Mg sobre a produtividade e qualidade dos tubérculos de batata para os diversos modos de usos dos mesmos (GERENDAS & FUHRS, 2013; SENBAYRAM et al., 2016).

Em caso de deficiência, as folhas inferiores são as que primeiro manifestam os sintomas e pode haver acúmulo significativo de cálcio e potássio nas folhas (HERMANS et al., 2004). Os sintomas visíveis de deficiência de Mg são frequentemente descritos como clorose internervural e, no caso de estresse

severo pode aparecer necrose (CAKMAK & MARSCHNER, 1992). O excesso de Mg também pode retardar o crescimento e interferir em processos metabólicos das plantas (VENKATESAN & JAYAGANESH, 2010).

O balanço da disponibilidade do Mg às plantas envolve o teor original no solo, além da possibilidade de fácil perda do Mg por lixiviação em condições de solos ácidos, arenosos e precipitação intensa, intensificada pela acidez provocada pela aplicação do sulfato de amônio em cultura anterior. A disponibilidade de Mg para a batata é dependente da fonte nitrogenada sendo negativamente influenciada pela adição de sulfato de amônio, tanto na safra quando foi adicionado ao solo quanto na safra seguinte (MULDER, 1956). Também, a baixa disponibilidade do Mg envolve a competição com outros cátions, como K, Ca, Na, H, NH₄ e Al (GRANSEE & FUHRS, 2012) e a adição maciça de NH₄ e K como fertilizante (HERMANS et al., 2005), principalmente tendo o cloreto de potássio como fonte de K (DING et al., 2006).

De modo geral, a recomendação da dose de Mg a ser aplicada ao solo tem sido bastante variável, 10 a 120 kg ha⁻¹ de Mg (SENBAYRAM et al., 2016), utilizando-se fertilizantes como o composto iônico sulfato de magnésio (MgSO₄.7H₂O) ou sal de Epsom, rapidamente solúvel em água e que contém magnésio, enxofre, oxigênio e sete moléculas de água.

O efeito da interação sulfato de magnésio sobre a produtividade comercial e pós colheita de tubérculos da cultivar Markies ainda não foi avaliado. Essa cultivar tem dupla aptidão culinária, cozimento e fritura, sendo uma opção de ciclo tardio a muito tardio (FERNANDES et al., 2010). Em variedade tardia, Gerendas & Fuhrs (2013) observaram resposta consistente da produtividade e concentração de amido à aplicação de 80 kg ha⁻¹ de Mg, enquanto a resposta de cultivar precoce foi menos consistente.

Adicionalmente, também é limitado o conhecimento do efeito da aplicação do sulfato de magnésio sobre características possíveis de utilização na determinação do estado de nitrogênio da planta, como os índices medidos pelo Dualox e SPAD (FONTES, 2016). Hipotetiza-se que tais índices possam ser influenciados por doses diferenciadas de MgSO₄, o que limitaria a utilização daqueles índices. Tal hipótese não foi ainda avaliada em batata.

O objetivo desse trabalho foi verificar a influência de doses de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ sobre produtividade e pós colheita de tubérculos de batata, características da planta relacionadas ao crescimento e ao diagnóstico do estado de nitrogênio e características químicas do solo, cultivar Markies.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Horta Nova, área de pesquisa do Departamento de Fitotecnia (DFT) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), a 693 m de altitude, latitude de 20°45' sul e longitude oeste 42°51', no período de junho a outubro de 2016. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Koppen (1948), é do tipo Cwa e o solo do local é plano, pouco susceptível a erosão, caracterizado como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico (EMBRAPA, 1999).

Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo na camada de 0-20 cm de profundidade, para a determinação das características químicas e físicas do solo. A análise do solo foi realizada pelo Laboratório de Solos da UFV (Tabela 1).

Durante a condução do experimento, nos meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro, a temperatura média foi 16,15; 17,22; 18,40; 20,75 e 18,97 °C; a umidade relativa média foi 83,79; 80,16; 69,55; 69,9 e 80,60 % e chuva 0,62; 0; 0,36; 0,59 e 4,54 mm, respectivamente (Figura 1) (UFV, 2017).

Tabela 1. Características química e física do solo na camada de 0-20 cm de profundidade, antes da instalação do experimento

Características químicas	Valor
pH em água - 1:2,5	5,85
Matéria orgânica (MO) (dag kg ⁻¹) ¹	1,42
Fósforo (P) (mg dm ⁻³) ²	30,40
Potássio (K) (mg dm ⁻³) ²	72,00
Cálcio (Ca ²⁺) (cmol _c dm ⁻³) ³	2,46
Magnésio (Mg ²⁺) (cmol _c dm ⁻³) ³	0,61
Enxofre (S) (mg dm ⁻³)	8,80
Acidez trocável (Al ³⁺) (cmol _c dm ⁻³) ³	0,00
Acidez potencial (H + Al) (cmol _c dm ⁻³) ⁴	2,30
Soma de bases (SB) (cmol _c dm ⁻³)	3,25
Capacidade de troca de cátions: CTC efetiva (t) (cmol _c dm ⁻³)	3,25
Capacidade de troca de cátions: CTC a pH 7,0 (T) (cmol _c dm ⁻³)	5,55
Saturação por bases (V,%)	58,60
P-remanescente (mg L ⁻¹)	34,60
Características físicas	Valor
Areia grossa (kg kg ⁻¹)	0,342
Areia fina (kg kg ⁻¹)	0,133
Silte (kg kg ⁻¹)	0,140
Argila (kg kg ⁻¹)	0,384
Classificação textual ⁵	Franco argiloso
Tipo de solo ⁶	3

¹ MO=C. Org x 1,724 – Walkley – Black; ² Extrator Mehlich - 1; ³ Extrator KCl 1 mol.L⁻¹; ⁴ Extrator Acetato de cálcio 0,5 mol.L⁻¹ pH 7,0; ⁵ SBCS ; ⁶ IN SPA/MAPA 02/2008

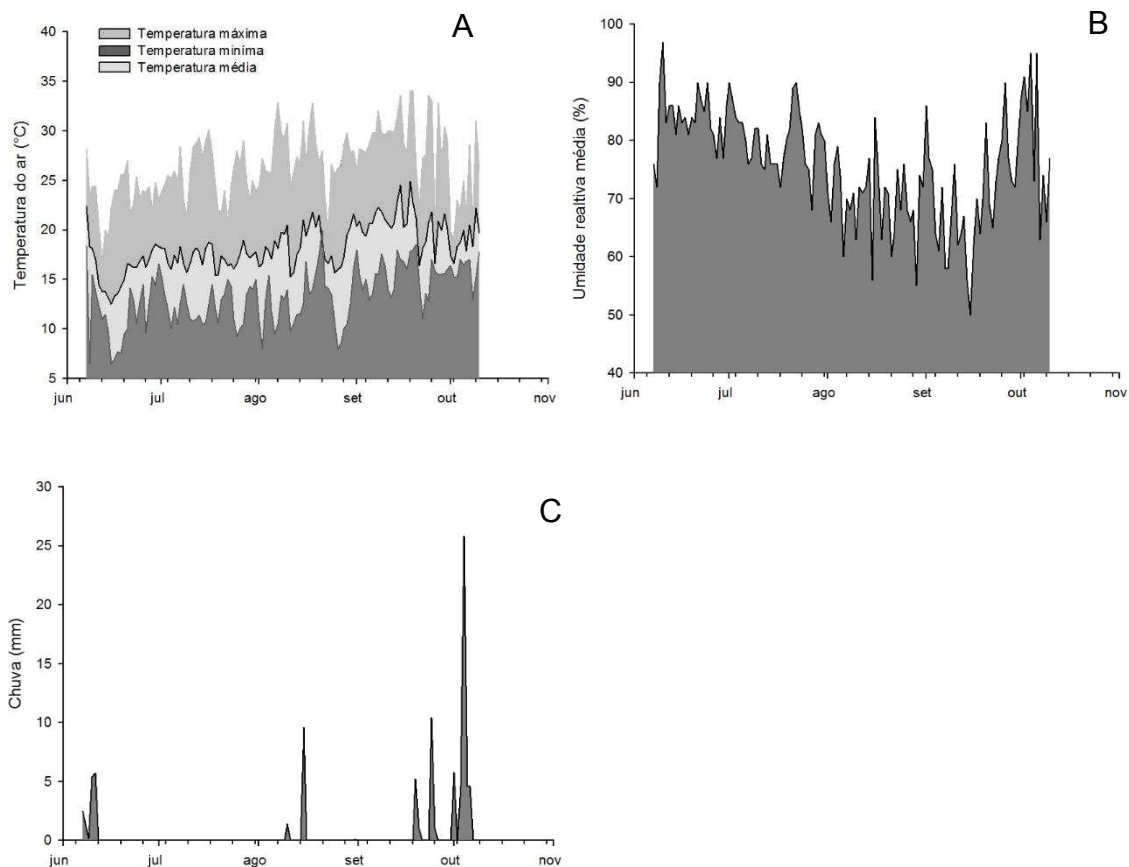


Figura 1. Temperatura máxima, média e mínima (A), umidade relativa média (B) e chuvas (C), nos meses de junho a outubro de 2016.

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

A cultivar de batata (*Solanum Tuberosum* L.) utilizada foi a Markies. Foram utilizados tubérculos semente de tamanho uniforme, com massa média de 40 g, previamente brotados, cedidos pela empresa Bem Brasil Alimentos LTDA – Araxá - MG.

Foram avaliados cinco tratamentos constituídos de cinco doses de sulfato de magnésio (0, 300, 600, 1200 e 2400 kg ha⁻¹ de sulfato de magnésio – nome comum Sal Epsom e fórmula: MgSO₄ . 7 H₂O, com 9% de Mg e 11% de S), aplicadas em pré-plantio, nos sulcos de plantio. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições.

Cada unidade experimental foi constituída de 4 linhas de 1,75 m de comprimento, espaçadas de 0,75 m, com 0,25 m entre plantas, perfazendo a área de 5,25 m² (3,0 x 1,75m), sendo consideradas úteis as fileiras centrais,

excluindo as duas plantas das extremidades de cada linha, totalizando 10 plantas úteis.

2.3 Instalação e condução dos experimentos

Previamente, a área do experimento foi submetida a dois plantios sucessivos de milho, sem adubação de plantio. Ao final do ciclo, as plantas foram cortadas mecanicamente e retiradas da área. Posteriormente, o solo foi preparado mecanicamente de forma convencional, sendo realizada uma aração, duas gradagens e o sulcamento. Não foi feita aplicação de calcário na área experimental.

Todas as parcelas receberam em pré-plantio a mesma quantidade dos seguintes fertilizantes: 1800 kg ha⁻¹ de superfosfato simples (18%P₂O₅); 500 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (60% de K₂O); 10 kg ha⁻¹ de bórax (11% de B); 10 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco (22% de Zn); 10 kg ha⁻¹ de sulfato de cobre; 0,5 kg ha⁻¹ de molibdato de sódio (39% Mo). A adubação nitrogenada (550 kg ha⁻¹ de ureia - 44% N) foi aplicada da seguinte forma: 50 % no sulco de plantio juntamente com os demais adubos e 50 % em cobertura, no momento da amontoa.

No dia 07 de junho de 2016 foi realizada a marcação das parcelas e a aplicação dos fertilizantes pré-plantio de forma uniforme nos sulcos de plantio, incluindo as doses de MgSO₄ . 7 H₂O, de acordo com os tratamentos. Os adubos foram incorporados ao solo, com auxílio de enxada. Os tubérculos semente foram distribuídos manualmente dentro dos sulcos juntamente com a aplicação de inseticida Carbofuran (60 kg ha⁻¹ do produto comercial). Finalmente, os sulcos foram fechados com auxílio de enxada.

Durante o período experimental, foram feitas aplicações semanais dos fungicidas Cymoxanil + Mancozeb (16 + 128 g i.a. 100L⁻¹ de água) e Oxicloreto de cobre (168g 100L⁻¹ de água) e inseticida Acetamiprido (10 g i.a. 100L⁻¹ de água). Capinas manuais foram feitas para controle de plantas daninhas até o momento do fechamento do dossel. A irrigação foi realizada por aspersão convencional no período da manhã, quando necessário, em reposição à água perdida devido à evapotranspiração. A suspensão da irrigação ocorreu duas semanas antes da colheita.

O dia da emergência foi considerado quando 50% das plântulas apresentavam-se visíveis acima do nível do solo (BISOGNIN & STRECK, 2009). A data em que 50% das plantas na parcela estavam no estágio de início de senescência foi considerada como início da senescência.

Aos 21 (20/07/2016) e 63 (31/08/2016) dias após a emergência (DAE), em uma planta representativa da parcela, foram avaliadas características da quarta folha e dos diversos órgãos da planta.

Aos 22 DAE foi realizada a aplicação de N em cobertura, utilizando 275 kg ha⁻¹ de uréia e sequencialmente a amontoa, com auxílio de enxada.

A colheita dos tubérculos ocorreu quando a parte aérea das plantas estava totalmente seca de forma natural, aos 103 DAE (10/10/2016).

2.4 Características avaliadas

2.4.1 Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

Após o plantio foi feita avaliação diária para determinar o índice de velocidade de emergência, calculado de acordo com a seguinte fórmula (MAGUIRE, 1962):

$$\text{IVE} = E_1/N_1 + E_2/N_2 + \dots + E_n/N_n$$

E_1, E_2, \dots, E_n = número de plântulas emergidas na primeira, segunda, ..., n contagem.

N_1, N_2, \dots, N_n = número de dias de semeadura à primeira, segunda, ..., n de contagem.

2.4.2 Características agronômicas e químicas, aos 21 e 63 DAE

Foram avaliadas características agronômicas e químicas de cada órgão da planta e da quarta folha completamente expandida, ou folha referência, recomendada para verificar o estado nutricional da batateira (FONTES, 2005). A planta foi colhida, lavada em água corrente para retirar resíduos de solo e separada em folhas, hastes, raiz, tubérculos e quarta folha.

As características avaliadas na planta foram: comprimento da maior haste, número de hastes, folhas e tubérculos, área foliar, massa da matéria fresca e seca, teor e conteúdo de S, Mg e micronutrientes dos órgãos da planta (folhas, hastes, raiz e tubérculos).

As características avaliadas na quarta folha foram: área foliar, diâmetro da base do pecíolo, comprimento, largura, medições ópticas (SPAD e DUALEX), massa da matéria fresca e seca e teor de S, Mg e micronutrientes.

2.4.2.1 Comprimento da maior haste e número de hastes, folhas e tubérculos da planta

O comprimento da maior haste foi medido com régua milimetrada e as hastes, folhas e tubérculos foram contados.

2.4.2.2 Diâmetro da base do pecíolo, comprimento e largura da quarta folha

A medição do diâmetro da base do pecíolo foi realizada a 1 cm da base de inserção da folha à haste, usando paquímetro digital. O comprimento e a largura foram medidos com régua milimetrada. O comprimento foi considerado como a distância entre a base distal do pecíolo e a extremidade do folíolo terminal. A largura foi determinada medindo-se a maior distância perpendicular ao eixo do comprimento.

2.4.2.3 Área foliar da quarta folha e área foliar da planta

Foi determinada a área foliar da quarta folha (AFQF, cm²) e área foliar da planta (AFP, cm²/planta), utilizando o medidor de área foliar modelo LICOR 3100.

2.4.2.4 Medições ópticas na quarta folha

As medições ópticas na quarta folha foram realizadas no campo antes da mesma ser destacada da planta para as outras avaliações. Nessa folha, foi determinado o índice SPAD, usando o medidor portátil clorofilômetro SPAD – 502 (Soil Plant Analysis Development – 502). Também foi realizada medições com o DUALEX (Force A). O Dualex fornece três índices: clorofila (Chl), flavonóis (Flv) e IBN (Índice de balanço do nitrogênio). O IBN é obtido pela relação entre os índices Chl e Flv (FONTES, 2011). Em cada aparelho, foram realizadas três leituras no folíolo terminal da quarta folha, evitando-se leituras nas nervuras centrais, entre 8 e 10 horas da manhã. Foi utilizada a média das três leituras em cada folha amostrada. A medição seguiu os procedimentos indicados em Fontes & Araújo (2007).

2.4.2.5 Massa da matéria fresca e seca dos órgãos da planta (folhas, hastes, raiz, tubérculos) e da quarta folha

Após pesagem em balança analítica para determinar a massa da matéria fresca de folhas, hastes, raiz, tubérculos e quarta folha da planta recém-colhida, cada material foi acondicionado em saco de papel e colocado em estufa de ventilação forçada de ar a 70 °C, até atingir massa constante, quando foi determinada a massa da matéria seca de cada órgão.

2.4.2.6 Teor e conteúdo de S, Mg e micronutrientes na massa da matéria seca dos órgãos da planta (folhas, hastes, raiz, tubérculos) e na quarta folha

A massa da matéria seca de cada parte da planta (folhas, hastes, raiz e tubérculos) e da quarta folha foram trituradas em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de 20 mesh. De cada órgão, foi retirada 0,5 g para realização da digestão nitroperclórica (Malavolta et al., 1997). A determinação do teor de S foi realizada por fotometria de emissão de chama (BRAGA & DEFELIPO, 1974). Magnésio e micronutrientes foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (BLANCHAR et al., 1965).

A multiplicação do teor do nutriente na massa da matéria seca de cada órgão da planta pela respectiva massa da matéria seca forneceu o conteúdo de S, Mg e micronutrientes de cada órgão.

2.4.3 Colheita final de tubérculos, aos 103 DAE

2.4.3.1 Massa da matéria fresca, massa da matéria seca e produtividade total e comercial de tubérculos

Quando as plantas estavam com a parte aérea totalmente seca (103 DAE), os tubérculos foram arrancados e deixados por duas horas sobre o solo para secamento da periderme. Posteriormente, os tubérculos foram levados para um galpão, onde foram lavados, pesados, contados e classificados nas classes 1, 2, 3 e 4 de acordo com o maior diâmetro transversal (PORTARIA Nº 69, de 21/02/1995 do MARA): tubérculo 1 (maior ou igual a 85 mm); 2 (maior ou igual a 45 e menor que 85 mm); 3 (maior ou igual a 33 e menor que 45 mm); 4 (menor que 33 mm). Os tubérculos não-comerciais foram considerados aqueles pertencentes à classe 4, além dos podres, atacados por pragas e doenças, com defeitos de esverdeamento, embonecamento ou rachaduras.

Para a obtenção da produtividade total de tubérculos foi somado o peso de todas as classes e para a produtividade comercial foram somados apenas as classes 2 e 3.

Posteriormente, os tubérculos comerciais foram cortados em pequenos pedaços, colocados em placas de Petri e deixados sobre uma mesa do laboratório para a secagem parcial. Finalmente, foram colocados em estufa de circulação forçada de ar, a 70°C até a massa constante, para obtenção da massa da matéria seca.

2.4.3.2 Teor e acúmulo de S, Mg e micronutrientes nos tubérculos comerciais

Amostra de tubérculo de cada parcela foi pesada, colocada para secagem em estufa de ventilação forçada e moída em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de 20 mesh. Posteriormente foi realizada a digestão nitroperclórica do material (Malavolta et al., 1997). A determinação do teor de S foi realizada por fotometria de emissão de chama (BRAGA & DEFELIPO, 1974). Teor de Mg e micronutrientes foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica (BLANCHAR et al., 1965). A multiplicação do teor do nutriente na massa da matéria seca pela respectiva massa da matéria seca forneceu o conteúdo de S, Mg e micronutrientes.

2.4.4 Pós colheita

2.4.4.1 Perda de peso

Para análise de perda de peso, foram selecionados seis tubérculos de cada tratamento. Três tubérculos foram lavados para retirar a terra aderida na casca e os outros três tubérculos foi apenas retirado o excesso de terra manualmente. As amostras foram colocadas em bandeja de isopor e expostas a luz proveniente de quatro lâmpadas fluorescentes de 60 W cada uma e também influenciados pela luz natural. Foram realizadas pesagens semanais durante 7 semanas. O peso fresco inicial, aquele no momento em que as batatas foram colocadas na bancada, foi considerado como 100%, e os demais valores de cada pesagem posterior foram transformados proporcionalmente ao peso inicial, estimando-se assim a perda de peso fresco dos tubérculos.

2.4.4.2 Gemas brotadas

Aos 35 dias após a exposição à luz, foi determinado o número de gemas brotadas nos mesmos tubérculos lavados e não lavados separados para a avaliação da perda de peso.

2.4.5 Solo

2.4.5.1 Condutividade elétrica, pH e teor de Mg, Ca e S no solo

No mesmo local onde foram coletadas as plantas, aos 21, 63 e 103 DAE, foram retiradas amostras de solo na profundidade aproximada de 20 cm. As amostras de solo foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm de abertura. Em seguida foi realizada análise da condutividade elétrica da solução do solo (condutivímetro Lutron CD-4303), do pH em H₂O (pHmetro Digital PG1800) e do teor de Mg e Ca (espectrofotometria de absorção atômica) e S por fotometria de emissão de chama (BRAGA & DEFELIPO, 1974).

O pH em água, proporção 1:2,5 (solo-água), foi determinado seguindo procedimento de EMBRAPA (1997). Para a determinação da condutividade elétrica do solo (extrato aquoso 1:5), foi utilizado o procedimento descrito em Raji et al. (2001).

2.5 Análise estatística

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. As variáveis estudadas foram comparadas pelas médias, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os modelos foram escolhidos com base no fenômeno em estudo, na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t” adotando-se o nível de até 10% de probabilidade e no coeficiente de determinação ($R^2 = \text{SQRegressão} / \text{SQTratamento}$). Utilizou-se o software

Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG versão 9.1) e para a confecção dos gráficos foi utilizado o software SigmaPlot V.10.

3. RESULTADOS

3.1 Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

Não houve efeito das doses de $MgSO_4$ sobre os valores do índice de velocidade de emergência das plântulas. O valor médio encontrado foi de 0,96 planta/dia.

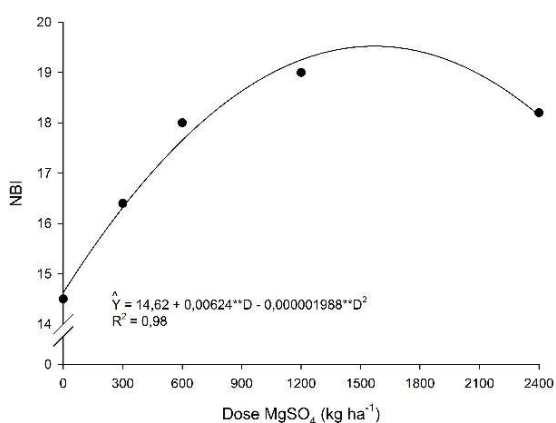
3.2 SPAD e DUALEX (NBI, CHL e FLV) na quarta folha, aos 21 e 63 DAE

Aos 21 DAE, não houve efeito das doses de $MgSO_4$ sobre os valores das leituras obtidas com SPAD e DUALEX (NBI, CHL e FLV) no folíolo terminal da quarta folha. O valor médio de cada variável está na Tabela 2.

Aos 63 DAE, houve efeito das doses de $MgSO_4$ sobre os valores do índice NBI. O modelo que melhor descreveu o efeito das doses de $MgSO_4$ sobre os valores dessa variável está na Tabela 2 e na Figura 2.

Tabela 2 – Equações de regressão ajustadas para os índices SPAD e DUALEX (NBI, CHL, FLV) medidos na quarta folha, em função das doses de MgSO₄ (D) e os respectivos coeficientes de determinação, aos 21 e 63 DAE

Variáveis	Equações ajustadas	R ²
21 DAE		
SPAD	$\hat{Y} = 47,55$	-
NBI	$\hat{Y} = 17,54$	-
CHL	$\hat{Y} = 40,40$	-
FLV	$\hat{Y} = 2,37$	-
63 DAE		
SPAD	$\hat{Y} = 45,11$	-
NBI	$\hat{Y} = 14,62 + 0,00624251^{**}D - 0,00000198856^{**}D^2$	0,98
CHL	$\hat{Y} = 38,27$	-
FLV	$\hat{Y} = 2,30$	-



** - significativo a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

Figura 2– Relação entre NBI e doses de MgSO₄, aos 63 DAE.

3.3 Comprimento (C), largura (L), diâmetro do pecíolo (D), área foliar (AF), massa da matéria fresca (MF) e seca (MS) da quarta folha, aos 21 e 63 DAE

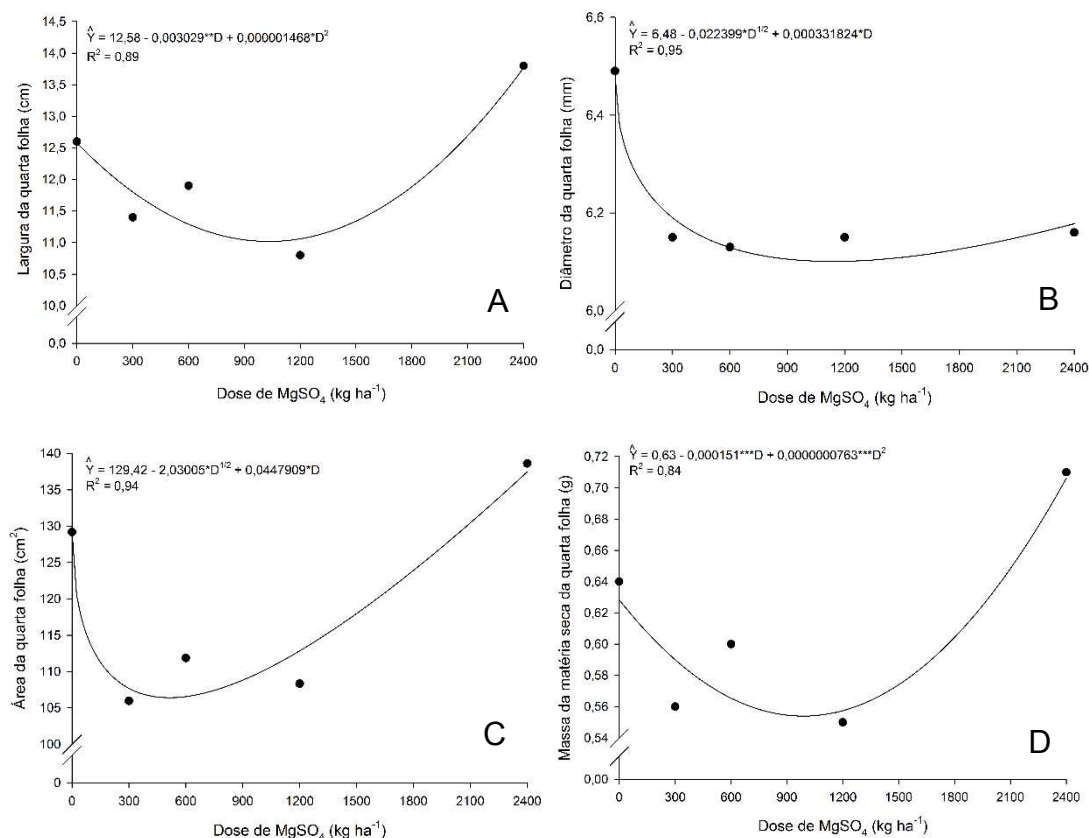
Aos 21 DAE, houve efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores da largura (L), diâmetro do pecíolo (D), área foliar (AF) e massa da matéria seca (MS) da quarta folha. Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses

de MgSO₄ sobre os valores dessas variáveis estão na Tabela 3 e nas Figuras 3A, 3B, 3C e 3D.

Aos 63 DAE, não houve efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores das variáveis analisadas. O valor médio de cada variável está na Tabela 3.

Tabela 3 – Equações de regressão ajustadas para comprimento (C), largura (L), diâmetro do pecíolo (D), número de folíolos (NF), área foliar (AF), massa de matéria fresca (MF) e massa de matéria seca (MS) da quarta folha em função das doses MgSO₄ (D) e os respectivos coeficientes de determinação, aos 21 e 63 DAE

Variáveis	Unid	Equações ajustadas	R ²
21 DAE			
C	cm	$\hat{Y} = 25,08$	-
L	cm	$\hat{Y} = 12,58 - 0,00302864^{***}D + 0,00000146805^{*}D^2$	0,89
D	mm	$\hat{Y} = 6,48 - 0,022399^{*}D^{1/2} + 0,000331924^{*}D$	0,95
AF	cm ²	$\hat{Y} = 129,42 - 2,03005^{*}D^{1/2} + 0,0447909^{*}D$	0,94
MF	g	$\hat{Y} = 7,23$	-
MS	g	$\hat{Y} = 0,63 - 0,000150639^{***}D + 0,00000007627^{***}D^2$	0,84
63 DAE			
C	cm	$\hat{Y} = 30,78$	-
L	cm	$\hat{Y} = 23,40$	-
D	mm	$\hat{Y} = 6,40$	-
AF	cm ²	$\hat{Y} = 304,37$	-
MF	g	$\hat{Y} = 16,29$	-
MS	g	$\hat{Y} = 2,01$	-



* e *** - significativo a 5 e 10 % de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 3 – Relação entre largura (A), diâmetro do pecíolo (B), área foliar (C) e massa da matéria seca (D) da quarta folha e doses de MgSO₄, aos 21 DAE.

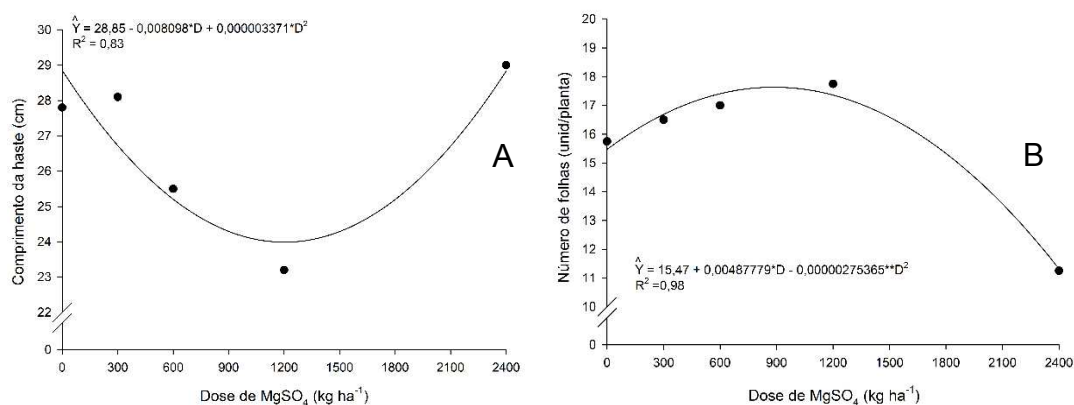
3.4 Número de folhas (NF), número de hastes (NH), número de tubérculos (NT), comprimento (C) e diâmetro (D) da maior haste, aos 21 e 63 DAE

Aos 21 DAE, houve efeito das doses de MgSO₄ apenas sobre os valores do comprimento da maior haste (C). O modelo que melhor descreveu o efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores dessa variável está na Tabela 4 e na Figura 4A.

Aos 63 DAE, houve efeito das doses de MgSO₄ apenas sobre o número de folhas (NF). O modelo que melhor descreveu o efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores dessa variável está na Tabela 4 e na Figura 4B.

Tabela 4 – Equações de regressão ajustadas para número de folhas (NF), número de hastes (NH), número de tubérculos (NT), comprimento (C) e diâmetro (D) da maior haste em função das doses MgSO₄ (D) e os respectivos coeficientes de determinação, aos 21 e 63 DAE

Variáveis	Unid	Equações ajustadas	R ²
21 DAE			
NF	unid	$\hat{Y} = 14,65$	-
NH	unid	$\hat{Y} = 1,50$	-
NT	unid	$\hat{Y} = 5,95$	-
C	cm	$\hat{Y} = 28,85 - 0,00809865*D + 0,00000337067*D^2$	0,83
D	mm	$\hat{Y} = 9,40$	-
63 DAE			
NF	unid	$\hat{Y} = 15,47 + 0,00487779*D - 0,00000275365**D^2$	0,98
NH	unid	$\hat{Y} = 1,65$	-
NT	unid	$\hat{Y} = 5,8$	-
C	cm	$\hat{Y} = 41,59$	-
D	mm	$\hat{Y} = 9,32$	-



* e ** - significativo a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

Figura 4 – Relação entre comprimento da maior haste (A) e número de folhas (B) e doses de MgSO₄, aos 21 e 63 DAE, respectivamente.

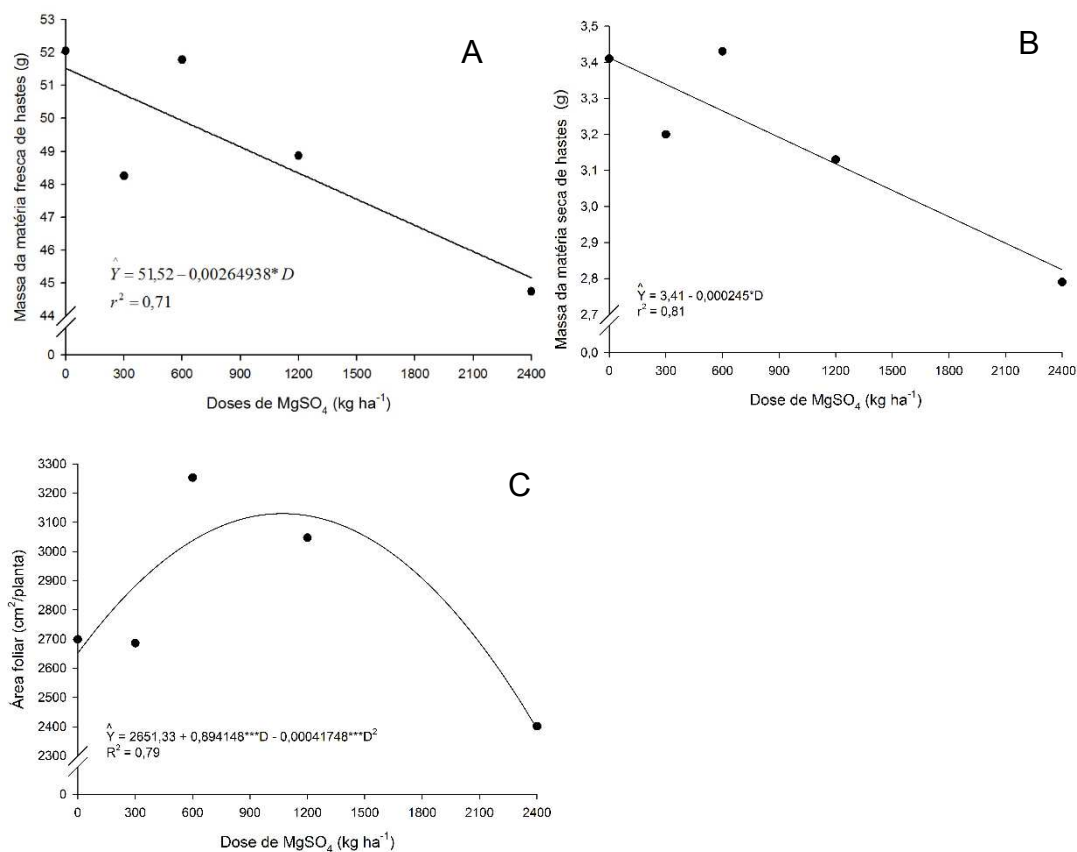
3.5 Massa da matéria fresca de folhas, hastes, raiz e tubérculos (MFF, MFH, MFR, MFT, respectivamente), massa da matéria seca de folhas, hastes, raiz, tubérculos (MSF, MSH, MSR e MST, respectivamente) e área foliar (AF), aos 21 e 63 DAE

Aos 21 DAE, não houve efeito das doses de $MgSO_4$ sobre os valores das variáveis analisadas. O valor médio de cada variável está na Tabela 5.

Aos 63 DAE, houve efeito das doses de $MgSO_4$ sobre os valores da massa da matéria fresca (MFH) e seca de hastes (MSH) e área foliar (AF). Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses de $MgSO_4$ sobre os valores dessas variáveis estão na Tabela 5 e nas Figuras 5A, 5B e 5C.

Tabela 5 – Equações de regressão ajustadas para massa da matéria fresca de folhas, hastes, raiz e tubérculos (MFF, MFH, MFR, MFT, respectivamente), massa da matéria seca de folhas, hastes, raiz, tubérculos (MSF, MSH, MSR e MST, respectivamente) e área foliar (AF) em função das doses de MgSO₄ (D) e os respectivos coeficientes de determinação, aos 21 e 63 DAE

Variáveis	Unid	Equações ajustadas	R ² /r ²
21 DAE			
MFF	G	$\hat{Y} = 95,52$	-
MFH	G	$\hat{Y} = 31,08$	-
MFR	G	$\hat{Y} = 10,69$	-
MFT	G	$\hat{Y} = 26,89$	-
MSF	G	$\hat{Y} = 6,39$	-
MSH	G	$\hat{Y} = 1,41$	-
MSR	G	$\hat{Y} = 1,16$	-
MST	G	$\hat{Y} = 3,32$	-
AF	cm ²	$\hat{Y} = 1437,84$	-
63 DAE			
MFF	G	$\hat{Y} = 202,53$	-
MFH	G	$\hat{Y} = 51,52 - 0,00264938 *D$	0,71
MFR	G	$\hat{Y} = 8,85$	-
MFT	G	$\hat{Y} = 542,12$	-
MSF	G	$\hat{Y} = 18,83$	-
MSH	G	$\hat{Y} = 3,4125 - 0,000245*D$	0,81
MSR	G	$\hat{Y} = 1,21$	-
MST	G	$\hat{Y} = 110,34$	-
AF	cm ²	$\hat{Y} = 2651,33 + 0,894148***D - 0,00041748***D^2$	0,79



* e *** - significativo a 5 e 10 % de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente.

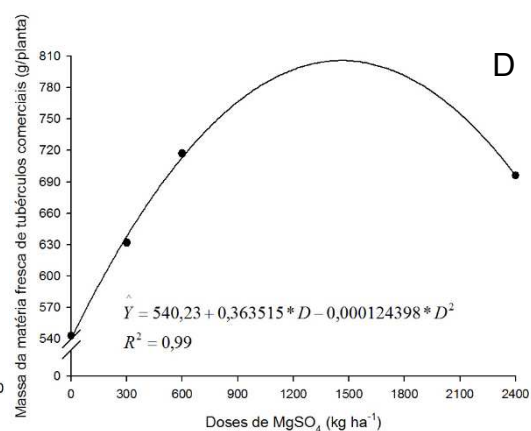
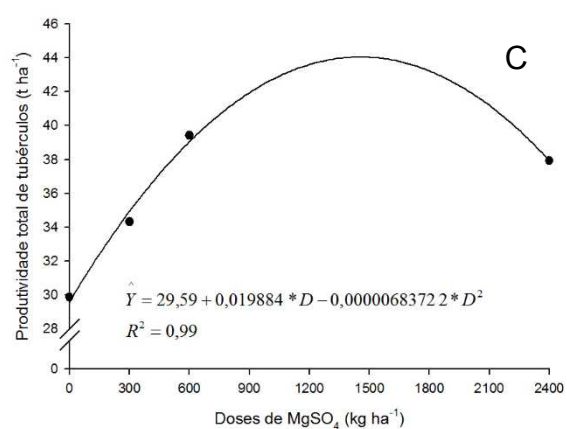
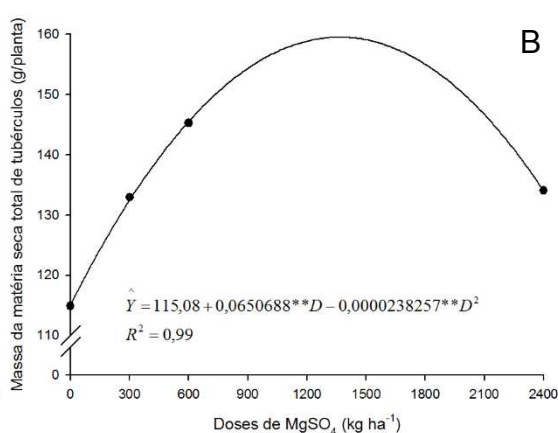
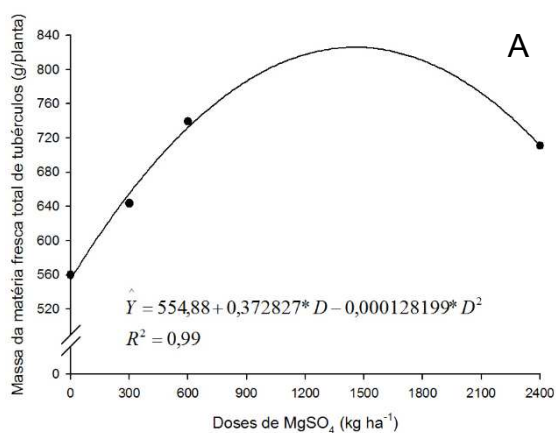
Figura 5 – Relação entre massa da matéria fresca (A) e seca de hastes (B) e área foliar (C) e doses de MgSO₄, aos 63 DAE.

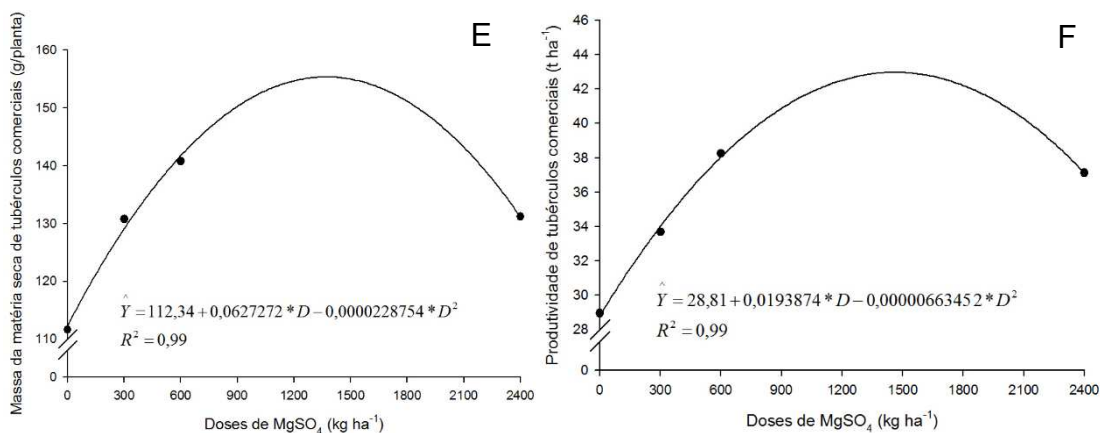
3.6 Número (NTT), massa da matéria fresca (MFTT), massa da matéria seca (MSTT) e produtividade total de tubérculos (PTT), número (NTC), massa da matéria fresca (MFTC), massa da matéria seca (MSTC) e produtividade de tubérculos comerciais (PTC) na colheita final

Houve efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores da massa da matéria fresca (MFTT), massa da matéria seca (MSTT) e produtividade de total de tubérculos (PTT) e da massa da matéria fresca (MFTC), massa da matéria seca (MSTC) e produtividade de tubérculos comerciais (PTC). Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores dessas variáveis analisadas estão na Tabela 6 e nas Figuras 6A, 6B, 6C, 6D, 6E e 6F.

Tabela 6 – Equações de regressão ajustadas para número (NTT), massa da matéria fresca (MFTT), massa da matéria seca (MSTT) e produtividade de total de tubérculos (PTT), número (NTC), massa da matéria fresca (MFTC), massa da matéria seca (MSTC) e produtividade de tubérculos comerciais (PTC) na colheita final em função das doses de MgSO₄ (D) e os respectivos coeficientes de determinação

Variáveis	Unid	Equações ajustadas	R ²
NTT	ud/planta	$\hat{Y} = 7,13$	-
MFTT	g/planta	$\hat{Y} = 554,88 + 0,372827 * D - 0,000128199 * D^2$	0,99
MSTT	g/planta	$\hat{Y} = 115,08 + 0,0650688 **D - 0,0000238257 **D^2$	0,99
PTT	t ha ⁻¹	$\hat{Y} = 29,59 + 0,019884 * D - 0,00000683722 * D^2$	0,99
NTC	ud/planta	$\hat{Y} = 5,94$	-
MFTC	g/planta	$\hat{Y} = 540,23 + 0,363515 * D - 0,000124398 * D^2$	0,99
MSTC	g/planta	$\hat{Y} = 112,345 + 0,0627272 * D - 0,0000228754 * D^2$	0,99
PTC	t ha ⁻¹	$\hat{Y} = 28,81 + 0,0193874 * D - 0,00000663452 * D^2$	0,99





* e *** - significativo a 5 e 10 % de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 6 – Relação entre a massa da matéria fresca (A), massa da matéria seca (B) e produtividade de total de tubérculos (C), massa da matéria fresca (D), massa da matéria seca (E) e produtividade de tubérculos comerciais (F) na colheita final e doses MgSO₄.

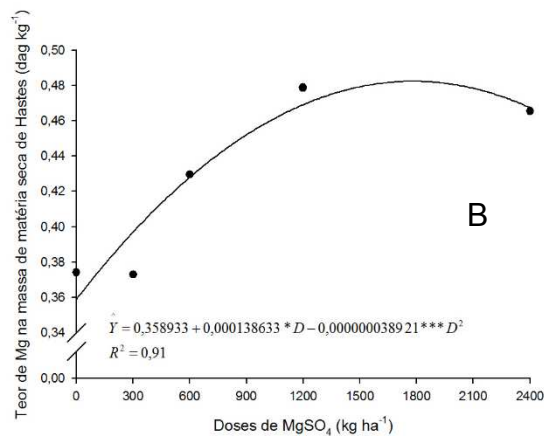
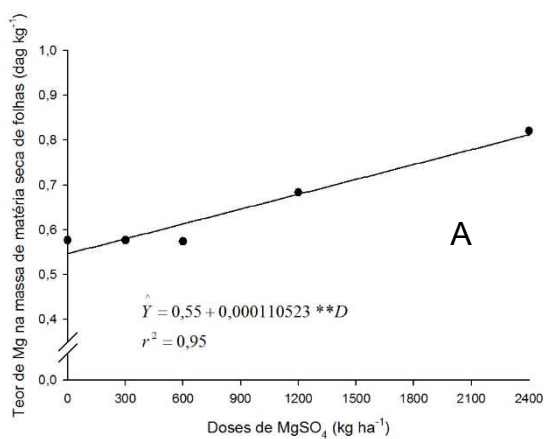
3.7 Teor e acúmulo de Mg na massa da matéria seca de folhas, hastes, tubérculos, raiz e quarta folha (TMgF, TMgH, TMgT, TMgR, TMgQF e AMgF, AMgH, AMgT, AMgR, AMgQF, respectivamente), aos 21 e 63 DAE

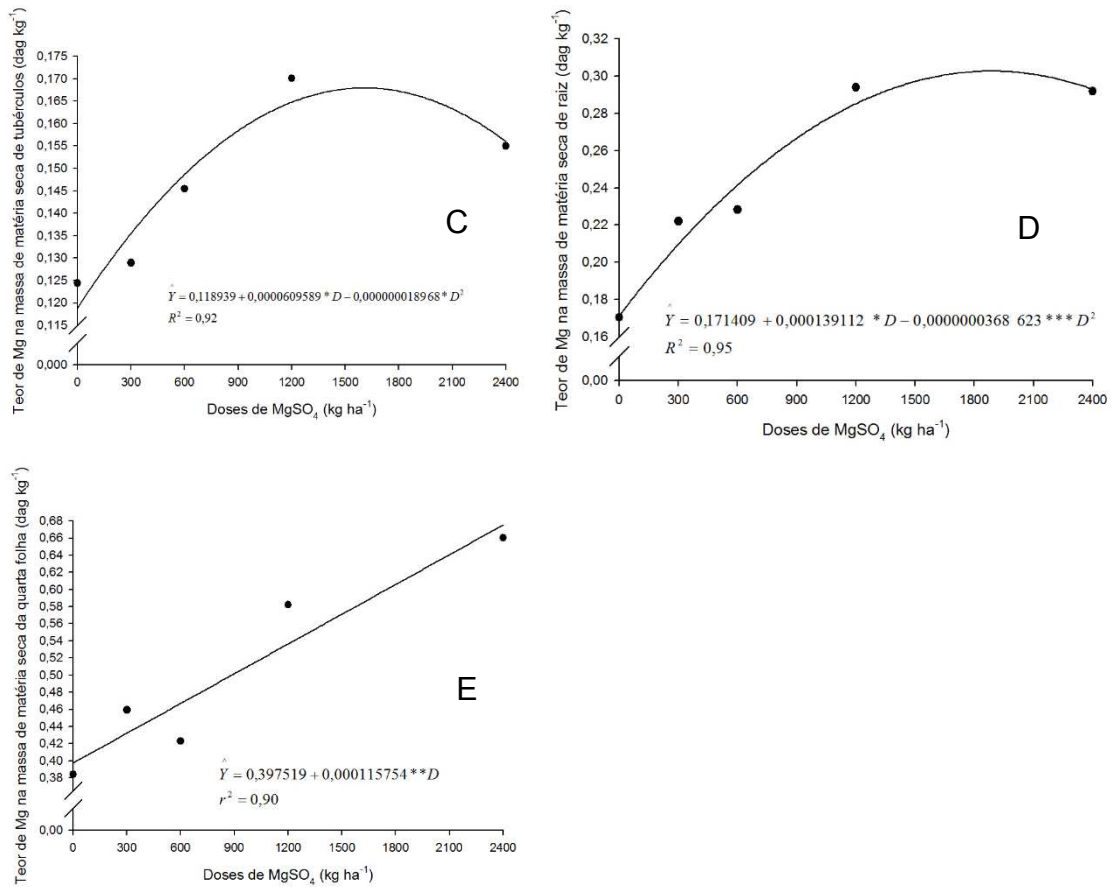
Aos 21 DAE, houve efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores do teor de Mg em todos os órgãos da planta. Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores das variáveis analisadas estão na Tabela 7 e nas Figuras 7A, 7B, 7C, 7D e 7E.

Aos 63 DAE, houve efeito das doses de MgSO₄ apenas sobre os valores do teor de Mg na massa da matéria seca de hastes e raiz. Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores das variáveis analisadas estão na Tabela 7 e nas Figuras 8A e 8B.

Tabela 7 – Equações de regressão ajustadas para o teor de Mg na massa da matéria seca de folhas, hastes, tubérculos, raiz e quarta folha (TMgF, TMgH, TMgT, TMgR e TMgQF), em função das doses de MgSO₄ (D) e os respectivos coeficientes de determinação, aos 21 e 63 DAE

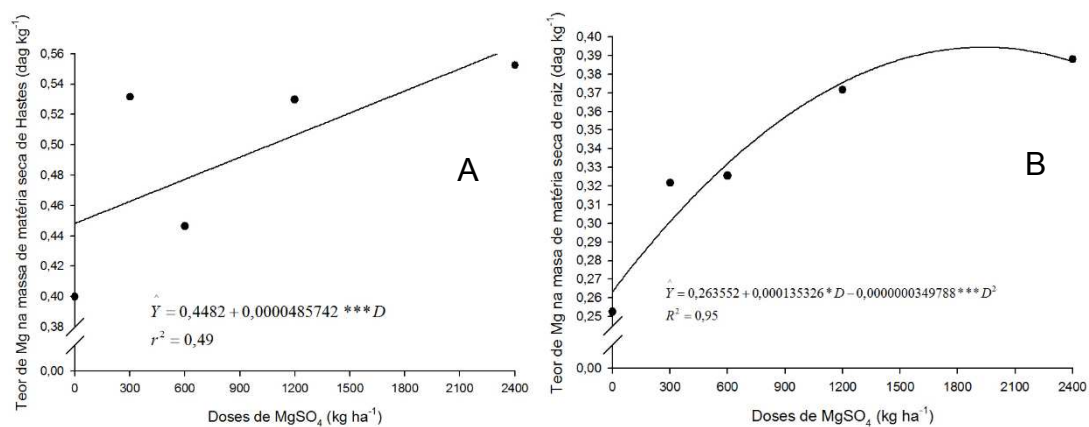
Variáveis	Unid	Equações ajustadas	R ² /r ²
21 DAE			
TMgF	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,55 + 0,000110523**D$	0,95
TMgH	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,36 + 0,000138633 *D - 0,00000003892***D^2$	0,91
TMgT	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,12 + 0,000060959 *D - 0,000000018968 *D^2$	0,92
TMgR	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,17 + 0,000139112 *D - 0,00000003686 ***D^2$	0,95
TMgQF	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,40 + 0,000115754 **D$	0,90
63 DAE			
TMgF	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,6423$	-
TMgH	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,4482 + 0,0000485742 ***D$	0,49
TMgT	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,0885$	-
TMgR	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,263552 + 0,000135326 *D - 0,000000034978 ***D^2$	0,95
TMgQF	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,8727$	-





*, ** e ***- significativos a 5, 1 e 10 % de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 7 – Relação entre teor de Mg na massa da matéria seca de folhas (A), hastes (B), tubérculos (C), raiz (D) e quarta folha (E) e doses de MgSO₄, aos 21 DAE.



* e *** - significativos a 5 e 10 % de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente.

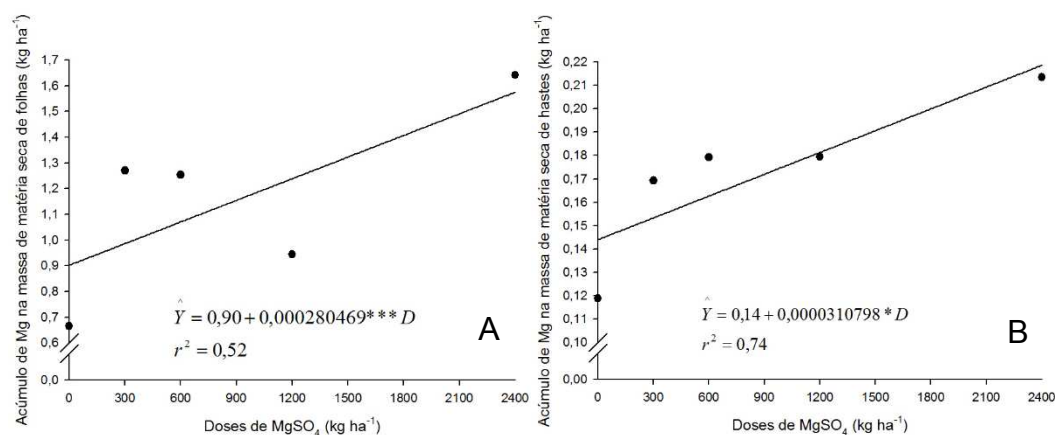
Figura 8 – Relação entre teor de Mg na massa da matéria seca de hastes (A) e raiz (B) e doses de MgSO₄, aos 63 DAE.

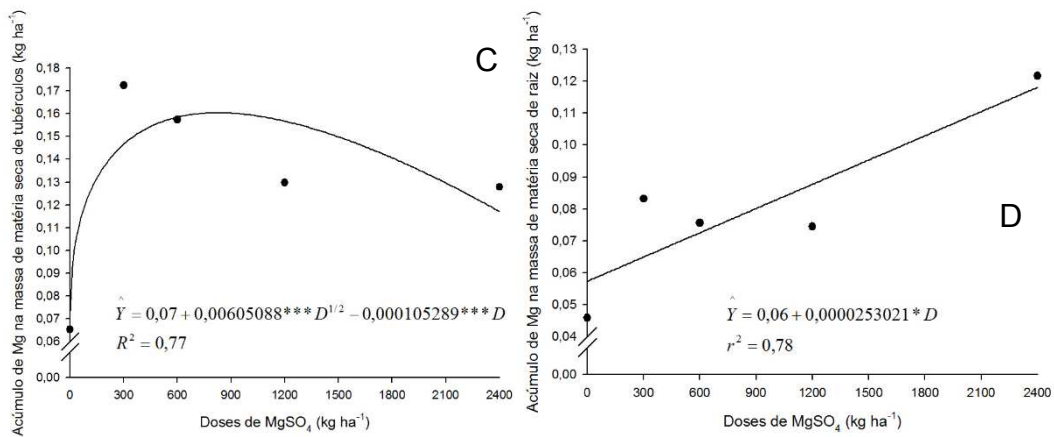
Aos 21 DAE, houve efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores do acúmulo de Mg em todos os órgãos da planta. Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores das variáveis analisadas estão na Tabela 8 e nas Figuras 9A, 9B, 9C e 9D.

Aos 63 DAE, houve efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores do acúmulo de Mg nas folhas, hastes e raiz. Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores das variáveis analisadas estão na Tabela 8 e nas Figuras 10A, 10B e 10C.

Tabela 8 – Equações de regressão ajustadas para acúmulo de Mg na massa da matéria seca de folhas, hastes, tubérculos e raiz (TMgF, TMgH, TMgT e TMgR), em função das doses de MgSO₄ (D) e os respectivos coeficientes de determinação, aos 21 e 63 DAE

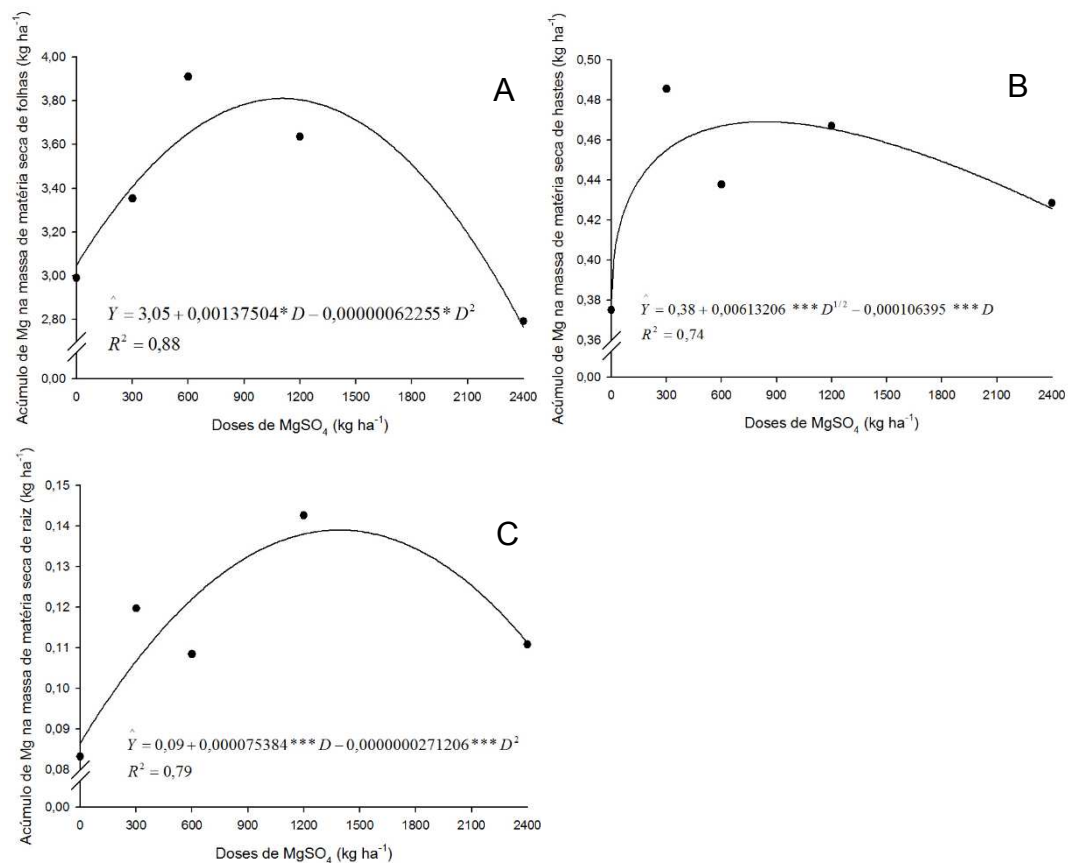
Variáveis	Unid	Equações ajustadas	R ² /r ²
21 DAE			
AMgF	kg ha ⁻¹	$\hat{Y} = 0,90 + 0,000280469 \text{ ***}D$	0,52
AMgH	kg ha ⁻¹	$\hat{Y} = 0,14 + 0,0000310798 *D$	0,74
AMgT	kg ha ⁻¹	$\hat{Y} = 0,73 + 0,00605088 \text{ ***}D^{1/2} - 0,00010529 \text{ ***}D$	0,77
AMgR	kg ha ⁻¹	$\hat{Y} = 0,06 + 0,0000253021 *D$	0,78
63 DAE			
AMgF	kg ha ⁻¹	$\hat{Y} = 3,05 + 0,00137504 *D - 0,00000062255*D^2$	0,88
AMgH	kg ha ⁻¹	$\hat{Y} = 0,38 + 0,00613206 \text{ ***}D^{1/2} - 0,000106395 \text{ ***}D$	0,74
AMgT	kg ha ⁻¹	$\hat{Y} = 2,77$	-
AMgR	kg ha ⁻¹	$\hat{Y} = 0,09 + 0,00007538 \text{ ***}D - 0,00000002712 \text{ ***}D^2$	0,79





* e *** - significativos a 5 e 10 % de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 9 – Relação entre acúmulo de Mg na massa da matéria seca de folhas (A), hastes (B), tubérculos (C) e raiz (D) e doses de MgSO₄, aos 21 DAE.



* e *** - significativos a 5 e 10 % de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 10 – Relação entre acúmulo de Mg na massa da matéria seca de folhas (A), hastes (B) e raiz (C) e doses de MgSO₄, aos 63 DAE.

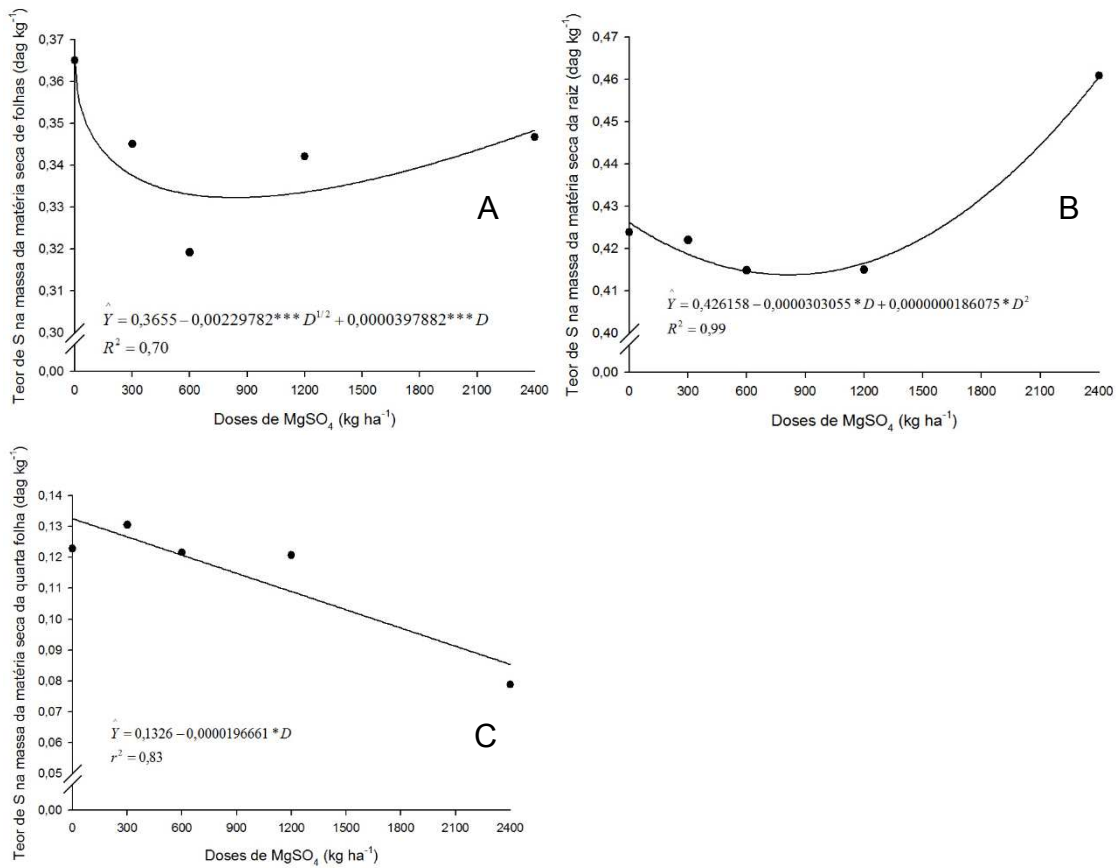
3.8 Teor de S na massa da matéria seca de folhas, hastes, tubérculos, raiz e quarta folha (TMgF, TMgH, TMgT, TMgR e TMgQF), aos 21 e 63 DAE

Aos 21 DAE, houve efeito de doses de MgSO₄ sobre os valores do teor de S na massa da matéria seca de folhas, raiz e quarta folha (TSF, TSR e TSQF, respectivamente). Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses de MgSO₄ sobre o valor dessas variáveis estão na Tabela 9 e nas Figuras 11A, 11B e 11C.

Aos 63 DAE, houve efeito de doses de MgSO₄ sobre os valores do teor de S na massa da matéria seca de folhas, hastes e quarta folha. Os modelos que melhor descreveram o efeito de doses de MgSO₄ sobre o valor dessas variáveis estão na Tabela 9 e nas Figuras 12A, 12B e 12C.

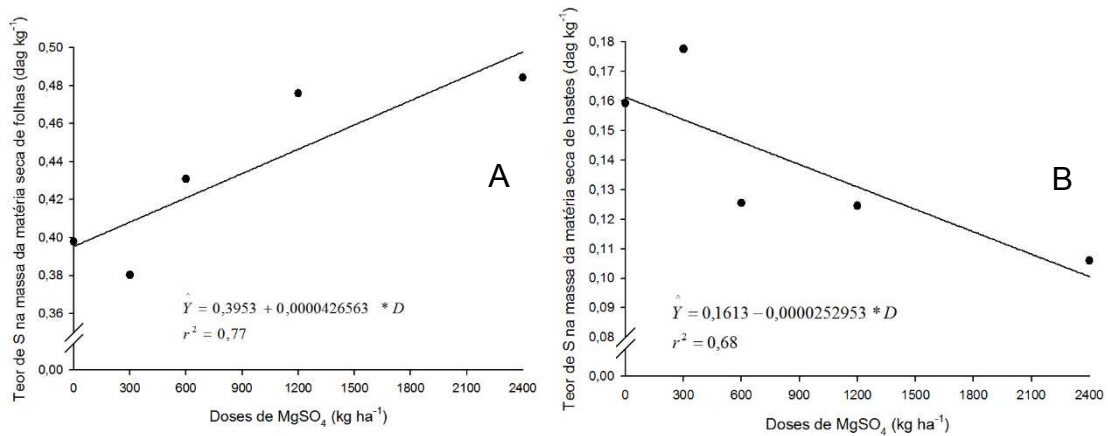
Tabela 9 – Equações de regressão ajustadas para o teor de enxofre na massa da matéria seca de folhas, hastes, tubérculos, raízes e quarta folha (TSF, TSH, TST, TSR e TSQF), em função de doses de MgSO₄ (D) e os respectivos coeficientes de determinação, aos 21 e 63 DAE

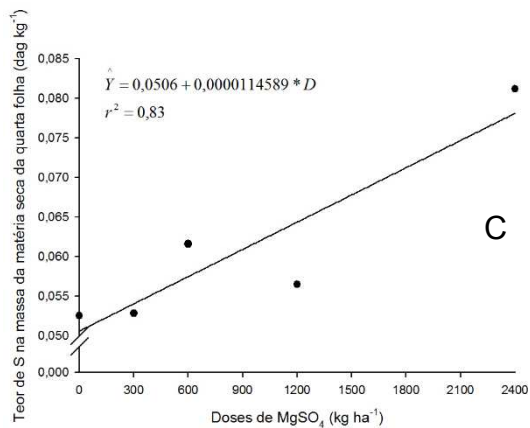
Variáveis	Unidades	Equações ajustadas	R ² /r ²
21 DAE			
TSF	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,3655 - 0,00229782^{***}D^{1/2} + 0,0000397882^{***}D$	0,70
TSH	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,3569$	-
TST	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,3182$	-
TSR	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,4262 - 0,0000303055 *D + 0,0000000186075 **D^2$	0,99
TSQF	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,1326 - 0,0000196661 *D$	0,83
63 DAE			
TSF	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,3954 + 0,0000426563 *D$	0,77
TSH	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,1613 - 0,0000252953*D$	0,68
TST	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,1931$	-
TSR	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,3750$	-
TSQF	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,0506 + 0,0000114589 **D$	0,83



* e *** - significativos a 5 e 10 % de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 11 – Relação entre teor S na massa da matéria seca de folhas (A), raiz (B) e quarta folha (C) e doses de MgSO₄, aos 21 DAE.





* - significativos a 5 % de probabilidade pelo teste "t".

Figura 12 – Relação entre teor S na massa da matéria seca de folhas (A), hastes (B) e quarta folha (C) e doses de MgSO₄, aos 63 DAE.

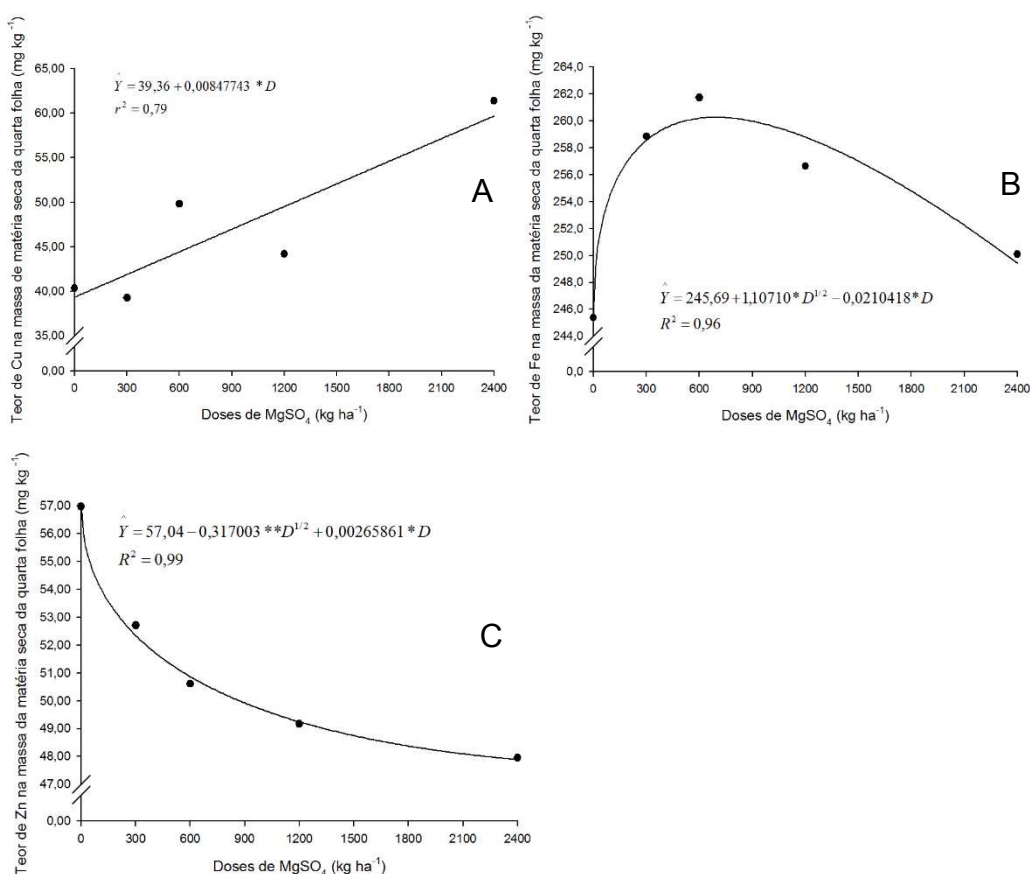
3.9 Teor de Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca da quarta folha, aos 21 e 63 DAE

Aos 21 DAE, houve efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores do teor de Cu, Fe e Zn na massa da matéria seca da quarta folha. Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores dessas variáveis estão na Tabela 10 e nas Figuras 13A, 13B e 13C.

Aos 63 DAE, houve efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores do teor de Fe na quarta folha. O modelo que melhor descreve o efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores dessa variável está na Tabela 10 e na Figura 14.

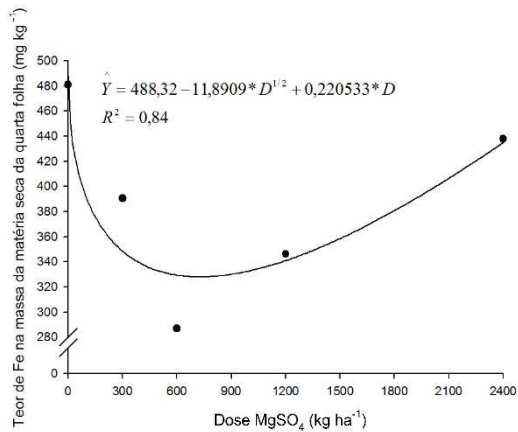
Tabela 10 – Equações de regressão ajustadas para o teor de Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca da quarta folha (TCuQF, TMnQF, TFeQF e TZnQF), em função de doses de MgSO₄ (D) e os respectivos coeficientes de determinação, aos 21 e 63 DAE

Variáveis	Unid	Equações ajustadas	R ² /r ²
21 DAE			
TCuQF	mg kg ⁻¹	$\hat{Y} = 39,36 + 0,00847743 * D$	0,79
TMnQF	mg kg ⁻¹	$\hat{Y} = 149,13$	-
TFeQF	mg kg ⁻¹	$\hat{Y} = 245,69 + 1,10710 * D^{1/2} - 0,0210418 * D$	0,96
TZnQF	mg kg ⁻¹	$\hat{Y} = 57,04 - 0,317003 **D^{1/2} + 0,00265861 * D$	0,99
63 DAE			
TCuQF	mg kg ⁻¹	$\hat{Y} = 172,23$	-
TMnQF	mg kg ⁻¹	$\hat{Y} = 258,78$	-
TFeQF	mg kg ⁻¹	$\hat{Y} = 488,32 - 11,8909 * D^{1/2} + 0,220533 * D$	0,84
TZnQF	mg kg ⁻¹	$\hat{Y} = 31,79$	-



* e ** - significativos a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 13 – Relação entre teor Cu (A), Fe (B) e Zn (C) na massa da matéria seca da quarta folha e doses de MgSO₄, aos 21 DAE.



* - significativos a 5 % de probabilidade pelo teste “t”.

Figura 14 – Relação entre teor de Fe na massa da matéria seca da quarta folha e doses de MgSO₄, aos 63 DAE.

3.10 Acúmulo de Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca de folhas, hastes, tubérculos e raiz, aos 21 e 63 DAE

Aos 21 DAE, houve efeito das doses de MgSO₄ apenas nos valores do acúmulo de Fe nos tubérculos. O modelo que melhor descreveu o efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores dessa variável está na Tabela 11 e na Figura 15.

Aos 63 DAE, houve efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores do acúmulo de Zn nas hastes, folhas, raiz e tubérculos, Mn nas hastes, folhas e raiz, Cu na raiz e tubérculos e Fe na raiz e nos tubérculos. Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores dessas variáveis estão na Tabela 12 e nas Figuras 16A, 16B, 16C, 16D, 16E, 16F, 16G, 16H, 16I, 16J e 16K.

Tabela 11 – Equações de regressão ajustadas para o acúmulo de Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca de folhas (ACuF, AMnF, AFeF e AZnF), hastes (ACuH, AMnH, AFeH e AZnH), tubérculos (ACuT, AMnT, AFeT e AZnT), raiz (ACuR, AMnR, AFeR e ZnR) e quarta folha (ACuQF, AMnQF, AFeQF e AQZnF), em função das doses de MgSO₄ (D) e os respectivos coeficientes de determinação, aos 21 DAE

Variáveis	Unid	Equações ajustadas	R ² /r ²
ACuH	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 2,40$	-
AMnH	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 7,44$	-
AFeH	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 20,55$	-
AZnH	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 10,22$	-
ACuF	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 40,46$	-
AMnF	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 88,18$	-
AFeF	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 156,64$	-
AZnF	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 17,49$	-
ACuR	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 1,61$	-
AMnR	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 5,76$	-
AFeR	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 69,17$	-
AZnR	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 3,84$	-
ACuT	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 1,93$	-
AMnT	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 2,07$	-
AFeT	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 7,84 + 0,794553 \text{ ***}D^{1/2} - 0,0160350 \text{ ***}D$	0,68
AZnT	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 4,13$	-

Tabela 12 – Equações de regressão ajustadas para o acúmulo de Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca de folhas (ACuF, AMnF, AFeF e AZnF), hastes (ACuH, AMnH, AFeH e AZnH), tubérculos (ACuT, AMnT, AFeT e AZnT), raiz (ACuR, AMnR, AFeR e AZnR) e quarta folha (ACuQF, AMnQF, AFeQF e AQZnF), em função das doses de MgSO₄ (D) e os respectivos coeficientes de determinação, aos 63 DAE

Variáveis	Unid	Equações ajustadas	R ² /r ²
ACuH	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 5,32$	-
AMnH	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 18,86 - 0,00180431 *D$	0,72
AFeH	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 58,45$	-
AZnH	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 23,62 + 0,377984 **D^{1/2} - 0,00696819 **D$	0,99
ACuF	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 120,20$	-
AMnF	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 222,68 + 3,14384 **D^{1/2} - 0,0778771 *D$	0,99
AFeF	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 607,62$	-
AZnF	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 23,58 + 1,14535 *D^{1/2} - 0,0226953 *D$	0,86
ACuR	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 1,31 + 0,0692096^{NS}D^{1/2} - 0,00151207^{***}D$	0,68
AMnR	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 7,11 + 0,348^{***}D^{1/2} - 0,00815238^{***}D$	0,76
AFeR	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 98,22 - 0,0127605 *D$	0,69
AZnR	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 5,69 + 0,106738^{NS}D^{1/2} - 0,00231583^{***}D$	0,67
ACuT	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 41,61 + 0,520495^{NS}D^{1/2} - 0,0113313^{***}D$	0,67
AMnT	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 55,29$	-
AFeT	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 326,29 - 0,0415349 *D$	0,70
AZnT	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 82,39 + 1,31748 *D^{1/2} - 0,0337283 *D$	0,91

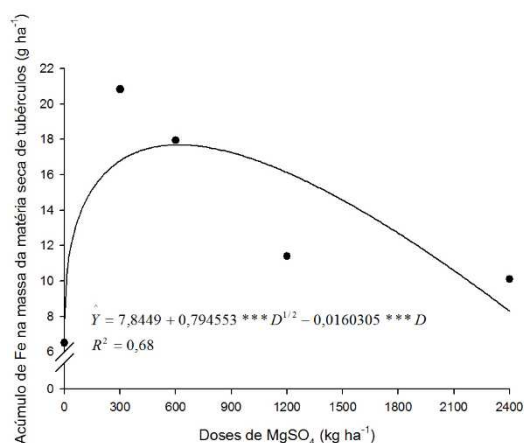
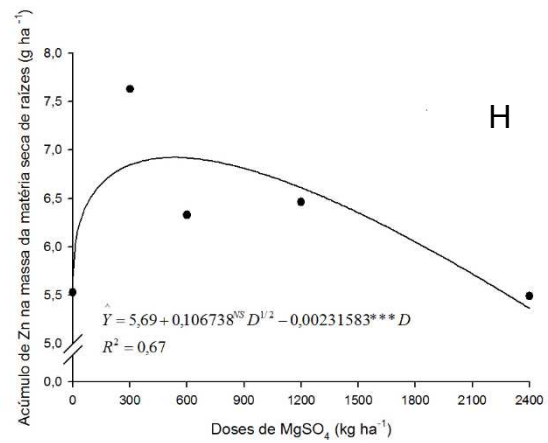
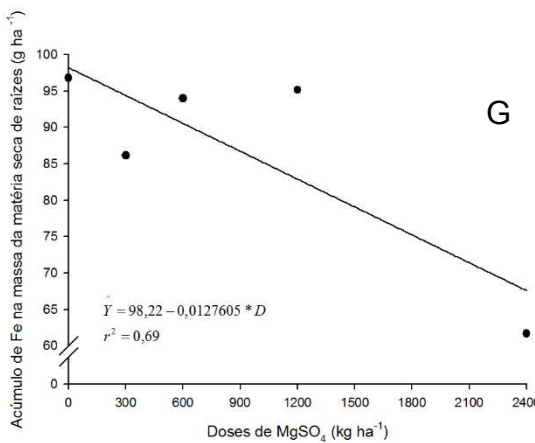
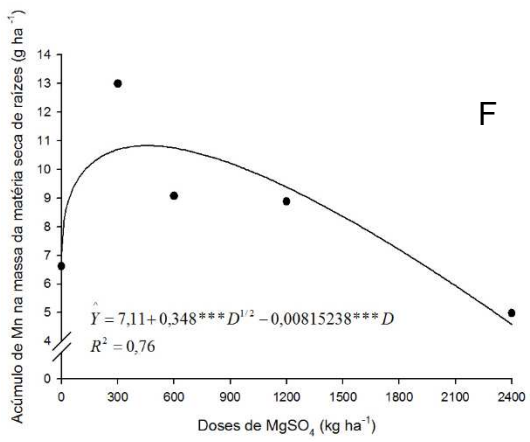
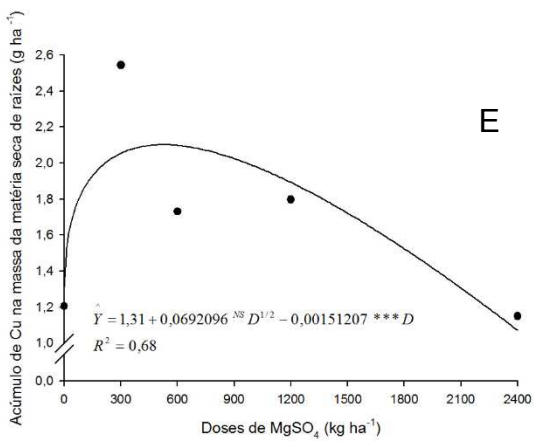
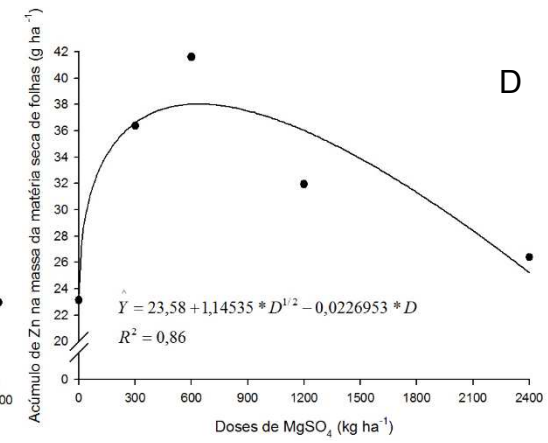
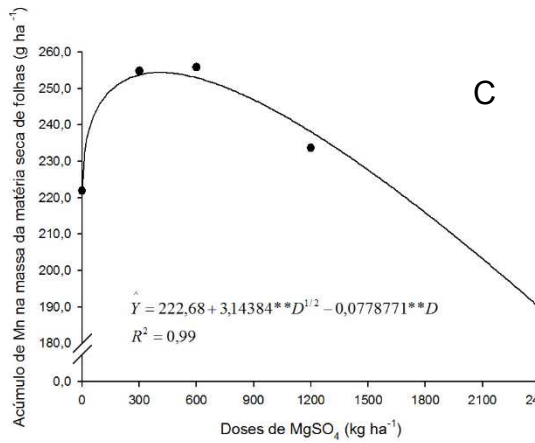
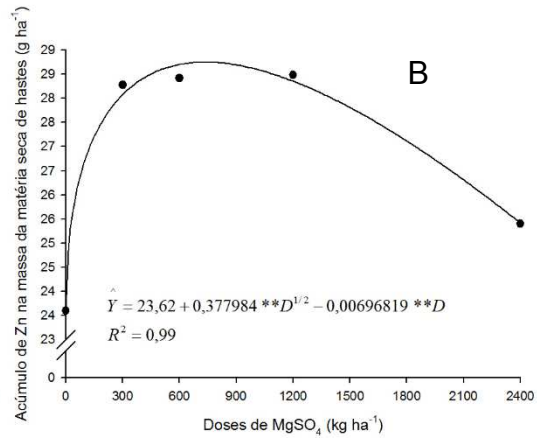
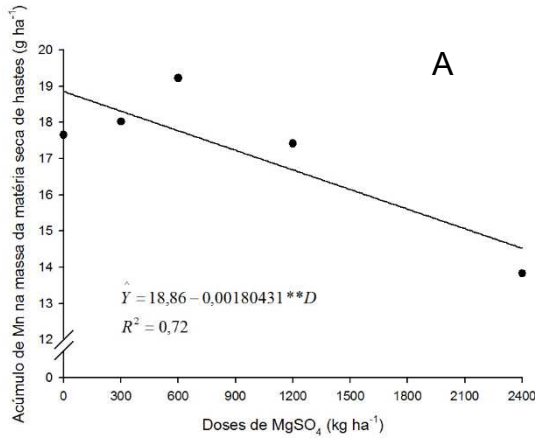
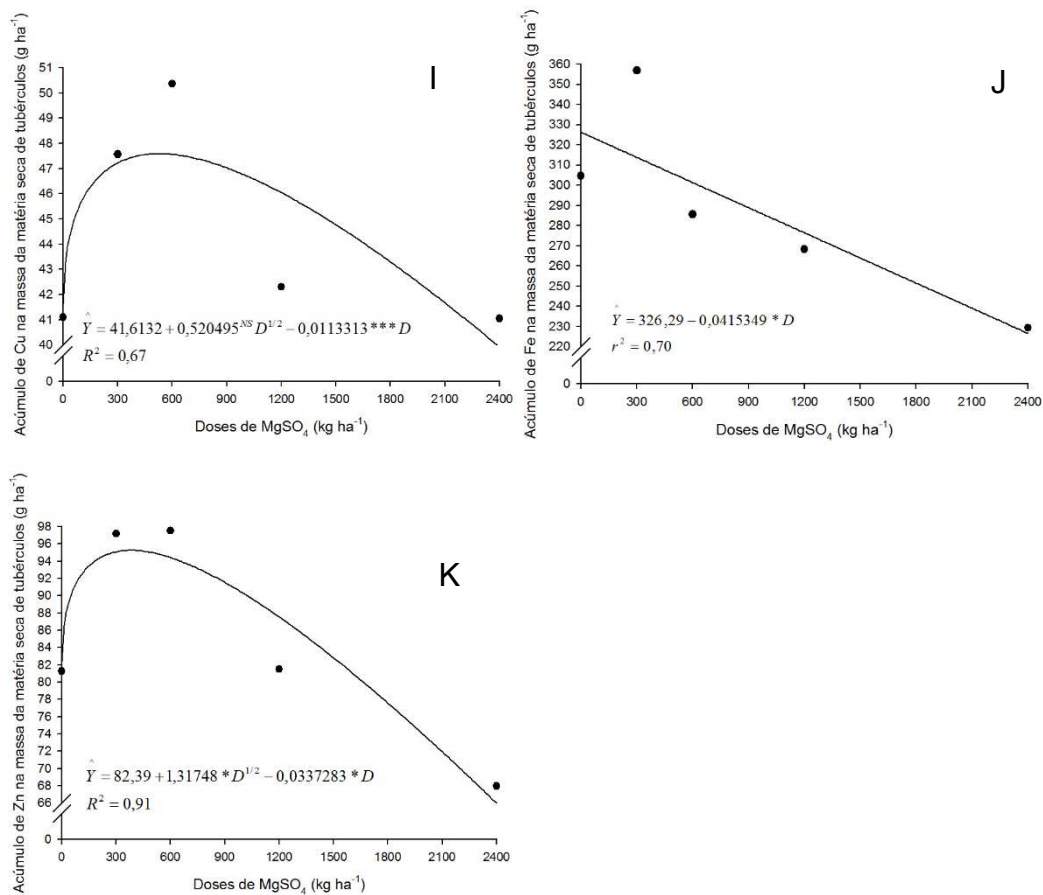


Figura 15 – Relação entre acúmulo de Fe na massa da matéria seca de tubérculos e doses de MgSO₄, aos 21 DAE.





*, ** e *** - significativos a 5, 1 e 10 % de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 16 – Relação entre acúmulo de Mn (A) e Zn (B) nas hastes, Mn (C) e Zn (D) nas folhas, Cu (E), Mn (F), Fe (G) e Zn (H) na raiz e Cu (I), Fe (J) e Zn (K) nos tubérculos e doses de MgSO₄, aos 63 DAE.

3.11 Teor e acúmulo de Mg, S, Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca de tubérculos comerciais

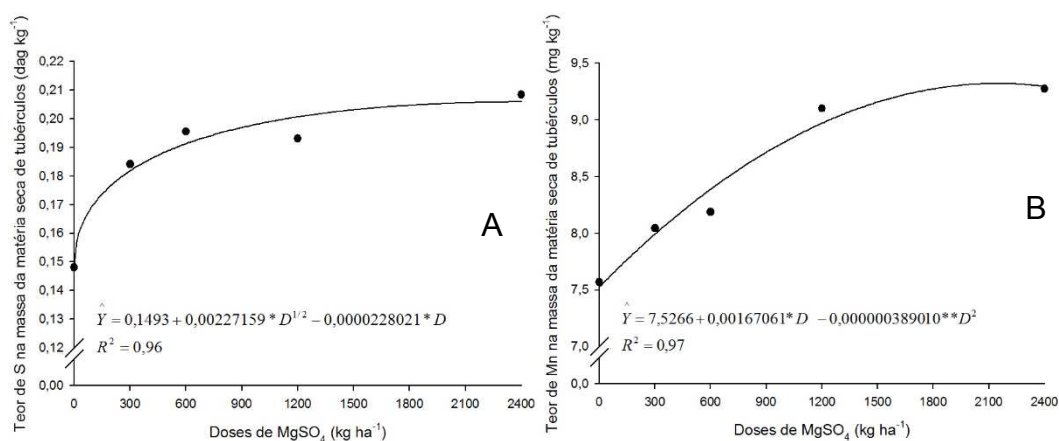
Houve efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores de teor de S e Mn na massa da matéria fresca de tubérculos comerciais. Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores dessas variáveis estão na Tabela 13 e nas Figuras 17A e 17B. Não houve efeito das doses de MgSO₄ no acúmulo de nutrientes na massa da matéria fresca de tubérculos comerciais (Tabela 14).

Tabela 13 – Equações de regressão ajustadas para o teor de Mg, S, Cu, Mn, Fe e Zn (TMg, TS, TCu, TMn, TFe e TZn, respectivamente), na massa da matéria seca de tubérculos comerciais, em função das doses de MgSO₄ (D) e os respectivos coeficientes de determinação

Variáveis	Unid	Equações ajustadas	R ² /r ²
TMg	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,0895$	-
TS	dag kg ⁻¹	$\hat{Y} = 0,1493 + 0,00227159 * D^{1/2} - 0,0000228021^{***}D$	0,96
TCu	mg kg ⁻¹	$\hat{Y} = 5,8075$	-
TMn	mg kg ⁻¹	$\hat{Y} = 7,5266 + 0,00167061 * D - 0,000000389010^{***}D^2$	0,97
TFe	mg kg ⁻¹	$\hat{Y} = 482,94$	-
TZn	mg kg ⁻¹	$\hat{Y} = 13,83$	-

Tabela 14 – Equações de regressão ajustadas para acúmulo de Mg, S, Cu, Mn, Fe e Zn (AMg, AS, ACu, AMn, AFe e AZn, respectivamente), na massa da matéria seca de tubérculos comerciais, em função das doses de MgSO₄ (D) e os respectivos coeficientes de determinação

Variáveis	Unidades	Equações ajustadas	R ² /r ²
AMg	kg ha ⁻¹	$\hat{Y} = 5,79$	-
AS	kg ha ⁻¹	$\hat{Y} = 11,98$	-
ACu	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 36,92$	-
AMn	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 52,67$	-
AFe	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 3146,23$	-
AZn	g ha ⁻¹	$\hat{Y} = 90,05$	-



* e ** - significativos a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 17 – Relação entre teor de S (A) e Mn (B) na massa da matéria seca de tubérculos comerciais e doses de MgSO₄.

3.12 Perda de peso em tubérculos

Houve interação entre doses de $MgSO_4$ e tempo de armazenamento para perda de peso em tubérculos lavados e não lavados (Tabela 15 e Figura 18).

Tabela 15 – Equações de regressão ajustadas para perda de peso em tubérculos de batata lavado (LAV) e não lavado (NLAV) ao longo dos dias de armazenamento (TEMPO) e os respectivos coeficientes de determinação

LAV/NLAV	Dose	Equações ajustadas	r^2
LAV	0	$\hat{Y} = 0,06706^* \text{ TEMPO}$	0,95
	300	$\hat{Y} = 0,06510^* \text{ TEMPO}$	0,96
	600	$\hat{Y} = 0,07197^* \text{ TEMPO}$	0,95
	1200	$\hat{Y} = 0,07724^* \text{ TEMPO}$	0,95
	2400	$\hat{Y} = 0,06818^* \text{ TEMPO}$	0,96
NLAV	0	$\hat{Y} = 0,07198^* \text{ TEMPO}$	0,96
	300	$\hat{Y} = 0,06989^* \text{ TEMPO}$	0,96
	600	$\hat{Y} = 0,06654^* \text{ TEMPO}$	0,96
	1200	$\hat{Y} = 0,07139^* \text{ TEMPO}$	0,95
	2400	$\hat{Y} = 0,07134^* \text{ TEMPO}$	0,96

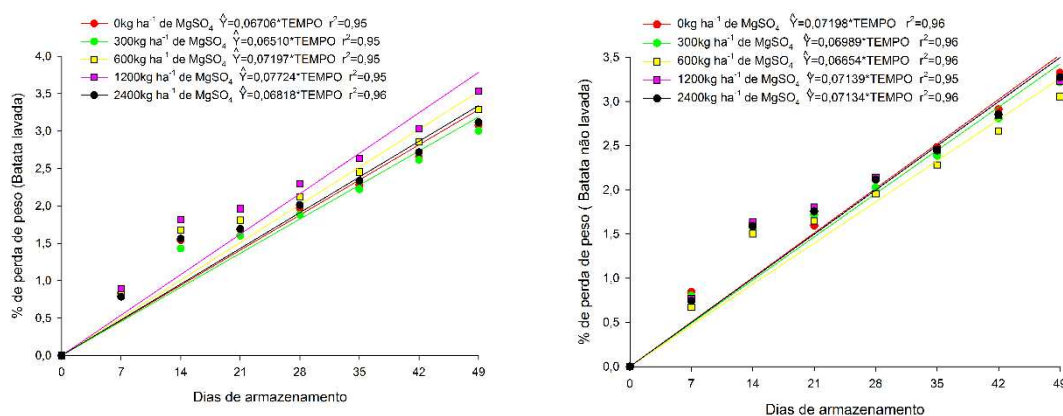


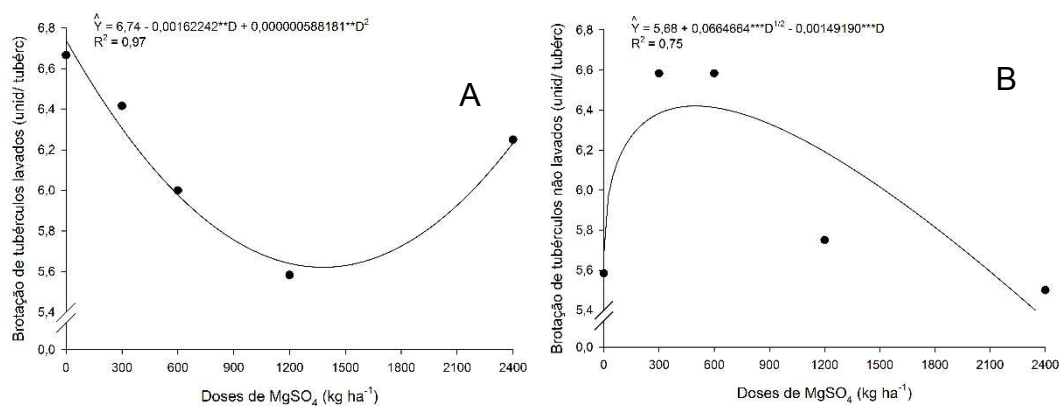
Figura 18 – Perda de peso (%) de tubérculos de batata lavado (A) e não lavado (B) relativas aos tratamentos com $MgSO_4$ durante o período de armazenamento e suas respectivas equações de regressão.

3.13 Brotação de tubérculos de batata

Houve efeito das doses de MgSO₄ no número de brotações em tubérculo de batata lavado (LAV) e não lavado (NLAV). Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses MgSO₄ sobre o valor dessas variáveis estão na Tabela 16 e nas Figuras 19A e 19B.

Tabela 16 – Equações de regressão ajustadas para a brotação em tubérculo de batata lavado (LAV) e não lavado (NLAV) em função de doses de MgSO₄ (D) e os respectivos coeficientes de determinação

Variáveis	Unid	Equações ajustadas	R ² /r ²
LAV	unid	$\hat{Y} = 6,74 - 0,00162242^{**}D + 0,000000588181^{**}D^2$	0,97
NLAV	unid	$\hat{Y} = 5,68 + 0,0664664^{***}D^{1/2} - 0,00149190^{***}D$	0,75



** e *** - significativos a 1 e 10 % de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente.

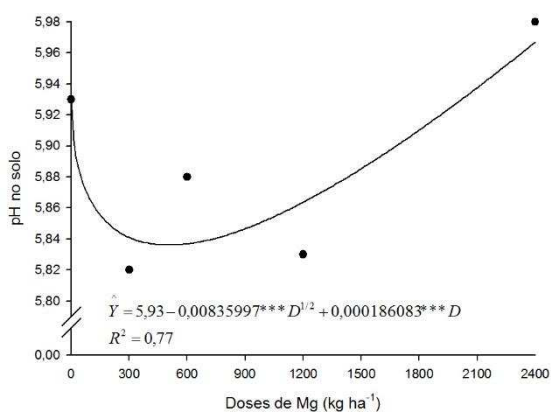
Figura 19 – Relação entre número de brotações em tubérculo de batata lavado (A) e não lavado (B) e doses de MgSO₄.

3.14 pH do solo

Aos 21 DAE, houve efeito das doses de $MgSO_4$ sobre os valores de pH do solo. O modelo que melhor descreveu o efeito das doses $MgSO_4$ sobre o valor dessa variável está na Tabela 17 e na Figura 20.

Tabela 17 – pH da solução do solo na linha de plantio, aos 21, 63 e 103 dias após emergência (DAE), em função das doses de $MgSO_4$ (D) e os respectivos coeficientes de determinação

DAE	Equações ajustadas	R ²
21	$\hat{Y} = 5,93 - 0,00835997 \text{ ***} D^{1/2} + 0,000186083 \text{ ***} D$	0,77
63	$\hat{Y} = 5,82$	-
103	$\hat{Y} = 5,39$	-



** e *** - significativos a 1 e 10 % de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente.

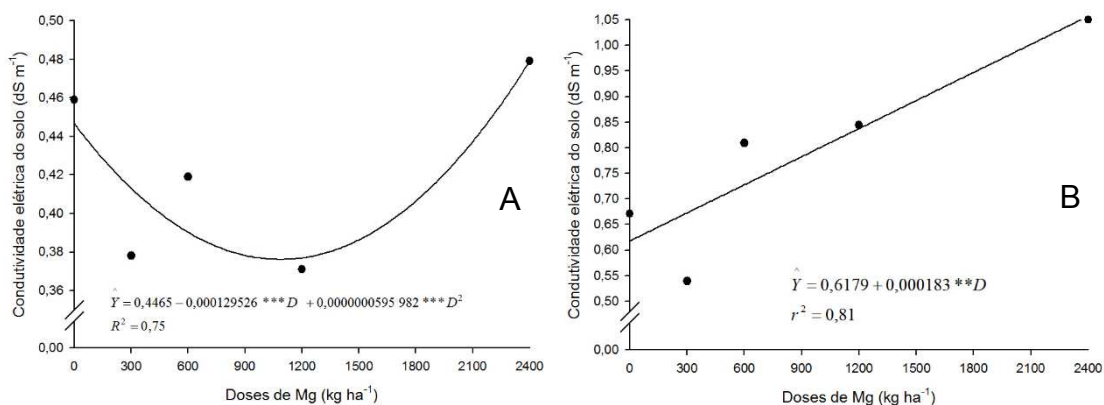
Figura 20 – Relação entre pH do solo e doses de $MgSO_4$, aos 21 DAE.

3.15 Condutividade elétrica (CE) do solo

Houve efeito das doses de $MgSO_4$ sobre os valores da CE do solo, aos 63 e 103 DAE. Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses $MgSO_4$ sobre os valores dessa variável estão na Tabela 18 e nas Figuras 21A e 21B.

Tabela 18 – CE da solução do solo na linha de plantio em função das doses de $MgSO_4$ (D) e os respectivos coeficientes de determinação, aos 21, 63 e 103 DAE

DAE	Unid	Equações ajustadas	R^2/r^2
21	$dS\ m^{-1}$	$\hat{Y} = 0,4568$	-
63	$dS\ m^{-1}$	$\hat{Y} = 0,4465 - 0,0129526\ ***D + 0,00000595982\ ***D^2$	0,75
103	$dS\ m^{-1}$	$\hat{Y} = 0,6178 + 0,018300\ **D$	0,81



** e *** - significativos a 1 e 10 % de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente.

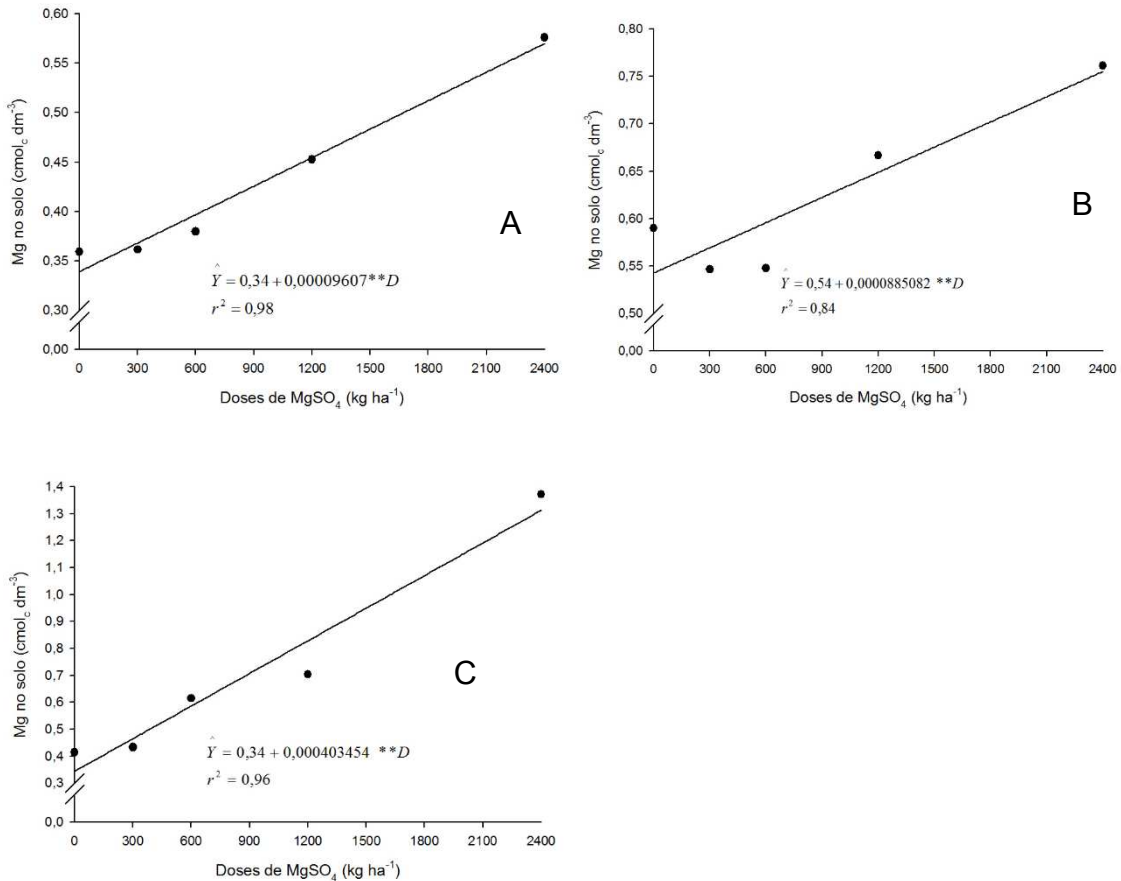
Figura 21 – Relação entre CE do solo e doses de $MgSO_4$, aos 63 (A) e 103 (B) DAE.

3.16 Teor Mg e Ca no solo

Houve efeito das doses de $MgSO_4$ sobre os valores do teor de Mg no solo, aos 21, 63 e 103 DAE. Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses $MgSO_4$ sobre os valores dessa variável estão na Tabela 19 e nas Figuras 22A, 22B e 22C.

Tabela 19 – Teor de Mg no solo na linha de plantio em função das doses de $MgSO_4$ (D) e os respectivos coeficientes de determinação, aos 21, 63 e 103 DAE

DAE	Unid	Equações ajustadas	r^2
21	$cmol_c\ dm^{-3}$	$\hat{Y} = 0,34 + 0,00009607\ **D$	0,98
63	$cmol_c\ dm^{-3}$	$\hat{Y} = 0,54 + 0,0000885082\ *D$	0,84
103	$cmol_c\ dm^{-3}$	$\hat{Y} = 0,34 + 0,000403454\ **D$	0,96



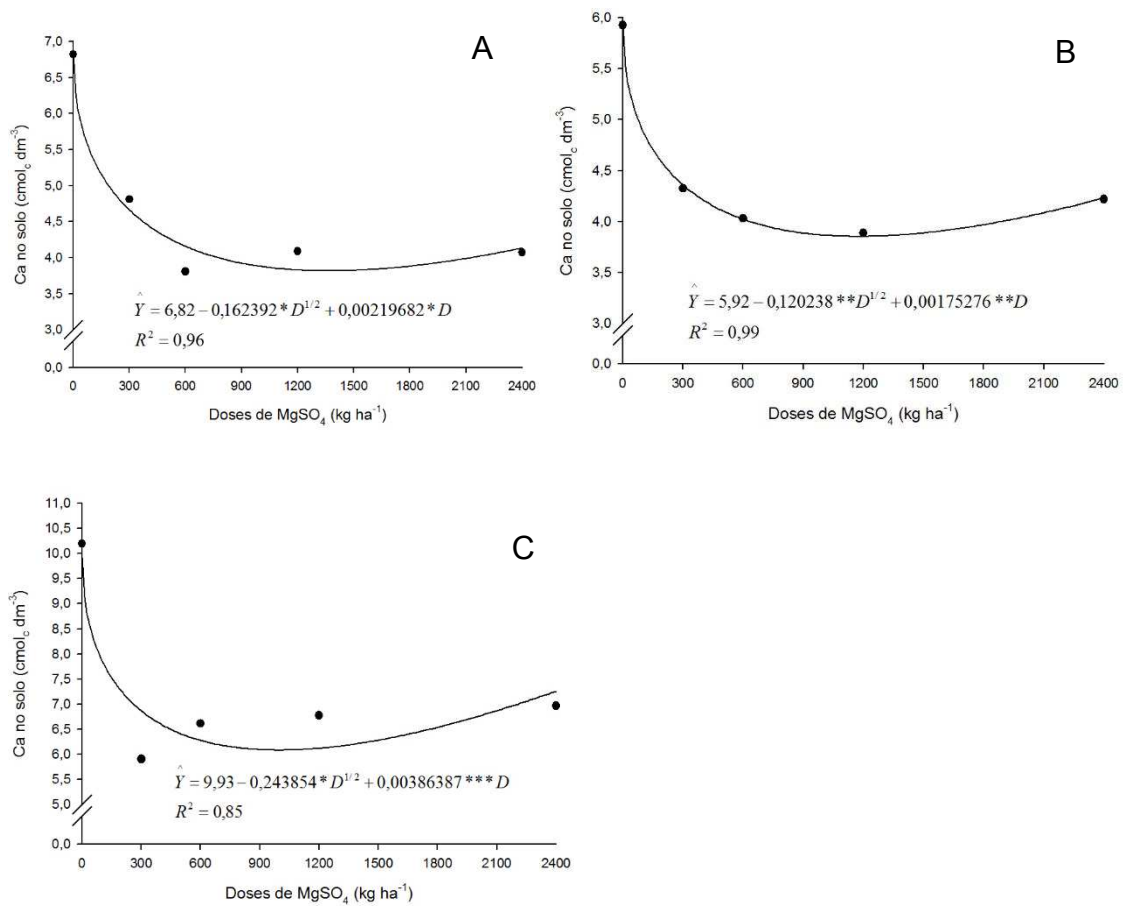
** - significativos a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

Figura 22 – Relação entre teor de Mg no solo e doses de MgSO₄, aos 21 (A), 63 (B) e 103 (C) DAE

Houve efeito das doses de MgSO₄ sobre os valores de teor de Ca no solo, aos 21, 63 e 103 DAE. Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses MgSO₄ sobre os valores dessas variáveis estão na Tabela 20 e nas Figuras 23A, 23B e 23C.

Tabela 20 – Teor de Ca no solo na linha de plantio em função das doses de MgSO₄ (D) e os respectivos coeficientes de determinação, aos 21, 63 e 103 DAE

DAE	Unid	Equações ajustadas	R ²
21	cmol _c dm ⁻³	$\hat{Y} = 6,82 - 0,162392 *D^{1/2} + 0,00219682 *D$	0,96
63	cmol _c dm ⁻³	$\hat{Y} = 5,92 - 0,120238 **D^{1/2} + 0,00175276 **D$	0,99
103	cmol _c dm ⁻³	$\hat{Y} = 9,93 - 0,243854 *D^{1/2} + 0,00386387 ***D$	0,85



*, ** e ***- significativos a 5, 1 e 10 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

Figura 23 – Relação entre o teor de Ca no solo e doses de MgSO₄, aos 21 (A), 63 (B) e 103 (C) DAE.

4. DISCUSSÃO

4.1 Efeito sobre a produção de tubérculos de batata

A produtividade total e comercial média de tubérculos de batata encontrada no presente experimento na dose de 1454,10 kg ha⁻¹ de MgSO₄ (130,87 kg ha⁻¹ de Mg e 159,95 kg ha⁻¹ de S) e 1461,10 kg ha⁻¹ de MgSO₄ (131,50 kg ha⁻¹ de Mg e 160,72 kg ha⁻¹ de S), proporcionou máxima produção estimada total (44,05 t ha⁻¹) e comercial (42,98 t ha⁻¹), respectivamente. Houve aumento de, aproximadamente, 49 % na produção de tubérculos totais e comerciais comparado com o tratamento sem aplicação de MgSO₄. Foi necessário desconsiderar os valores obtidos com a dose 1200 kg ha⁻¹ de MgSO₄ para adequação estatística. Allison et al. (2001) relatam que foram poucos experimentos em que se obteve efeito de aplicação de fertilizantes de magnésio sobre aumento de rendimento de tubérculos de batata, sendo que a taxa ideal encontrada foi de 50 kg ha⁻¹ de Mg.

A produtividade comercial encontrada no presente experimento foi maior do que as encontradas por Fernandes et al. (2010) e Fernandes et al. (2016), em outras condições experimentais, que foram 28,53 e 30,38 t ha⁻¹, respectivamente.

Em relação ao enxofre, a dose ótima de 1461,10 kg ha⁻¹ de MgSO₄ incorporou 160,72 kg ha⁻¹ de S ao solo. A essa quantidade deve ser acrescentado 198 kg ha⁻¹ de S, oriundos da aplicação de superfosfato simples (11%). Ou seja, no tratamento que propiciou a máxima produção de tubérculos foram adicionados, aproximadamente, 359 kg ha⁻¹ de S. A recomendação para hortaliças varia de 40 a 50 kg ha⁻¹ (STIPP & CASARIN, 2010). Contudo, estudos demonstram que somente adição de 12 a 50 kg ha⁻¹ de S pode resultar em aumento de produção de tubérculos (BARI et al., 2001; KLIKOCCA et al., 2005). A batata é uma cultura apresentada como sendo de baixa exigência em enxofre, porém Sharma et al. (2011) relataram que dose de 45 kg ha⁻¹ de S proporcionou melhoria na qualidade e produtividades de tubérculos, sendo que doses superiores não proporcionaram melhora significativa.

4.2 Efeito sobre o Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

No presente experimento não houve efeito das doses de $MgSO_4$ no IVE, sendo que, o valor médio encontrado foi 0,96 plantas/dia. O alto valor de IVE pode resultar em plântulas com maior capacidade de resistir a estresses que possam interferir em seu desenvolvimento, como o ataques de pragas e doenças de solo (NUNES, 2004; DAN et al., 2010). Nunes et al. (2006) observaram que quando não houve preparo do solo para o plantio, o impedimento físico resultou em IVE alto, ocasionado baixa produção de matéria seca dos tubérculos de batata. De acordo com esses autores, houve o direcionamento das reservas presentes nos tubérculos mãe para a emissão de hastes. Ao estudar doses de N, Busato (2007) não observou diferença significativa no IVE, porém observou valores médios diferentes de acordo com a cultivar de batata estudada, variando de 0,69 a 0,93 plantas/dia. Entretanto, Silva et al. (2016) observou que ausência ou dose excessiva de potássio no plantio influencia negativamente o IVE na cultura da batata.

4.3 Efeito sobre índices SPAD e Dualex na folha de referência (quarta folha)

No início da tuberização (21 DAE), não foi observado efeito das doses de $MgSO_4$ sobre os valores das variáveis avaliadas pelo DUALEX e SPAD. Em cultivo hidropônico, Barroso (2013) não observou resposta das dose de Mg sobre os valores do índice SPAD quantificado na quarta folha da batata, cultivar Ágata, aos 21 DAE. Mógor et al. (2013) verificaram que, em folhas de tomate, não houve resposta nos teores de clorofilas com maiores doses de Mg. Esses autores relataram que as concentrações de Mg nas folhas não expressaram totalmente a eficiência dos tratamentos com Mg. Na cultura do milho, em diferentes fontes e doses de Mg, Silva et al. (2016) não encontraram diferença estatística no índice de clorofila nas folhas. Essas respostas podem estar associadas ao fato que as plantas para reduzir o estresse do excesso de Mg absorvido podem armazená-lo em vacúolos, não sendo associado a moléculas de clorofilas (GAO et al., 2015).

Não houve efeito de doses de $MgSO_4$ no índice SPAD, aos 63 DAE. Porém, a média do valor observado do índice SPAD (45,11 unid), nessa avaliação, foi menor que aos 21 DAE (47,55 unid), devido ao fato de que na senescência ocorre a mobilização dos nutrientes móveis, incluindo o nitrogênio e magnésio associado às clorofilas (MARSCHNER, 2012). Fontes (2001) relata essa diminuição na concentração de N na folha no decorrer do ciclo da cultura da batata. A mobilidade do Mg também foi observada por Mógor et al. (2013) ao analisarem os teores relativos de clorofila nas folhas de tomate. Aos 63 DAE, houve resposta quadrática do NBI ao aumento de doses de $MgSO_4$, com máximo valor estimado de 19,52 unid, na dose de 1569,61 $kg\ ha^{-1}$ de $MgSO_4$.

4.4 Efeito sobre os parâmetros estruturais da quarta folha

Aos 21 DAE, com a dose 2400 $kg\ ha^{-1}$ $MgSO_4$ o valor do diâmetro do pecíolo foi aproximadamente 4,63% menor do que o valor encontrado na dose 0 $kg\ ha^{-1}$ $MgSO_4$. Por outro lado, houve aumento de 6,21; 9,46 e 12,70% no valor da área foliar, largura e massa da matéria seca da quarta folha, atingindo valores máximos de: 137,46 cm^2 ; 13,77 cm e 0,71g, respectivamente. Para as mesmas variáveis, Barroso (2013) não encontrou efeito de doses de Mg, aplicados em solução nutritiva, no cultivo da batata. Os valores médios da área foliar, largura e massa da matéria seca da quarta folha encontrados por essa autora foram: 58,19 cm^2 , 8,04 cm e 0,99 g, respectivamente.

Algumas estruturas foliares podem se inter-relacionar de forma que seja possível caracterizar o desenvolvimento da planta. O pecíolo foliar está diretamente relacionado a sustentação e orientação da folha, relacionando-se proporcionalmente com a área e a massa foliar (PEARCY & YANG, 1998). Medidas lineares, como comprimento e largura, podem ser usadas, através de um modelo matemático, de acordo com a cultura e cultivar, para estimar a área foliar em tempo real de forma rápida e não destrutiva (BUSATO et al., 2010; JADOSKI et al., 2012; SCHWAB et al., 2014). Dessa forma, se obtém um parâmetro de avaliação da eficiência fotossintética das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Aos 63 DAE, nenhum dos parâmetros analisados foram influenciados pelas doses de $MgSO_4$.

4.5 Efeito sobre as características morfológicas da planta

Aos 21 DAE, início da tuberização (44 dias após plantio), as doses de $MgSO_4$ não afetaram o número de folhas, hastes e tubérculos, diâmetro da maior haste, massa da matéria fresca e seca de folhas, hastes, tubérculos e raiz, e área foliar. O valor médio do número de folhas (14,65 unid), hastes (1,50 unid) e tubérculos (5,95 unid) encontrados no presente experimento foram inferiores ao encontrado por Fernandes et al. (2010) para a cultivar Markies (28,90; 3,1 e 8,44 unid, respectivamente). Barroso (2013) não encontrou efeito de doses de Mg, aos 21 DAE, sobre o número de folhas e hastes, massa da matéria seca e fresca de hastes, folhas e raiz, na batateira cultivar Ágata, cultivada em sistema hidropônico. De acordo com essa autora, a quantidade de magnésio presente no tubérculo semente pode ter sido suficiente para suprir a necessidade da planta, não ocorrendo deficiência ou excesso.

Houve efeito quadrático crescente no comprimento da maior haste, sendo que a dose 2400 kg ha^{-1} de $MgSO_4$ proporcionou valor bem próximo ao observado na dose 0 kg ha^{-1} de $MgSO_4$ (28,85 e 28,82 cm, respectivamente). A dose $1201,22 \text{ kg ha}^{-1}$ de $MgSO_4$ proporcionou o menor valor estimado (23,99 cm). Fernandes et al. (2010) ao comparar cultivares de batata, aos 21 DAE, encontrou valor do comprimento da maior haste, para a cultivar Markies, de 27,36 cm, valor inferior as demais cultivares estudadas. Na cultura do tomate, em pré-floração, Kasinath et al. (2015) observaram que na dose 50 kg ha^{-1} de Mg as plantas apresentaram máxima altura e número de ramos.

Aos 63 DAE, início da senescência, alta dose de $MgSO_4$ afetou negativamente algumas características morfológicas avaliadas na parte aérea. Ao comparar a dose 0 kg ha^{-1} de $MgSO_4$ com a dose 2400 kg ha^{-1} de $MgSO_4$, houve diminuição de 26,83 e 9,76% no número de folhas e área foliar, respectivamente. Nas hastes, houve diminuição linear de 17,23% na massa da matéria seca e 12,34% na massa da matéria fresca, resultando em valores estimados de 2,82 e 45,16 g, respectivamente. Em girassol, Prado & Leal (2006)

observaram que a deficiência em Mg afetou a área foliar. Em soja, Nascimento et al. (2009) observaram que adição de Mg proporcionou aumento aproximado de 80% na área foliar das plântulas em relação aos valores observados nas plantas-controle.

No presente experimento, a média do número de hastes, folhas e tubérculos (1,5; 14,65; 5,95, respectivamente) encontrado aos 21 DAE e aos 63 DAE (1,65; 15,65; 5,8, respectivamente) foi menor que a média encontrada por Fernandes et al. (2010) aos 21 DAE (3,1; 31,11 e 8,59, respectivamente) e aos 63 DAE (3,1; 29,74 e 8,72 respectivamente).

Em batata, o número de folhas está relacionado com o surgimento de ramificações laterais (VOS & BIEMOND, 1992) e também com a expansão da área foliar, a qual está relacionada com a interceptação de radiação solar, a fotossíntese e o acúmulo de fitomassa (STRECK et al., 2005; DELLAI et al., 2005). Por isso, o acompanhamento desses parâmetros auxilia no acompanhamento do crescimento e na previsão de rendimento das culturas agrícolas (WEIR et al., 1984).

4.6 Efeito sobre o teor e acúmulo de Mg na massa da matéria seca da planta (folhas, hastes, tubérculos, raiz e quarta folha), aos 21 e 63 DAE

O Mg é um elemento altamente móvel no solo e no floema, sendo que, transloca-se facilmente dentro da planta para órgão dreno. É considerado importante na formação de matéria seca e partição de carboidratos (WHITE & BROADLEY, 2008).

Aos 21 DAE, houve aumento linear no valor do teor de Mg com o aumento de doses de $MgSO_4$ em todos os órgãos da planta. Nas folhas e na quarta folha a maior dose de $MgSO_4$ proporcionou teores de 8,3 e 6,8 $g\ kg^{-1}$, respectivamente, o que corresponde a aumentos aproximados de 49,0 e 70,0 %, respectivamente, em relação a dose 0 $kg\ ha^{-1}\ MgSO_4$. De acordo com Lorenzi et al. (1997), a faixa adequada desse nutriente na folha índice varia de 3 a 5 $g\ kg^{-1}$. Porém, aos 41 dias após plantio (23 DAE), o valor encontrado por Fernandes et al. (2010), para a mesma cultivar, foi 5,5 $g\ kg^{-1}$, valor inferior ao observado no presente

experimento. Na maior dose aplicada, o órgão da planta que apresentou maior teor de Mg foram as folhas, com aproximadamente 47% do total na planta. De acordo com Cakmak & Tazici (2010), aproximadamente, 35% do total de Mg na planta está ligado aos cloroplastos.

A parte da planta que apresentou menor porcentagem de teor de Mg (9,24%) foram os tubérculos, talvez pelo fato de ainda não serem dreno forte na planta. O maior valor do teor de Mg nas hastes, raiz e tubérculos foi atingido com as doses de 1780,95; 1885,91 e 1606,89 kg ha⁻¹ de MgSO₄, respectivamente, proporcionando valores de 6,1; 3,0 e 1,7 g kg⁻¹ de Mg, respectivamente. Aos 41 dias após plantio (23 DAE), o valor do teor de Mg encontrado por Fernandes et al. (2010) para a mesma cultivar, foi 3,2; 4,1 e 1,6 g kg⁻¹ em hastes, raiz e tubérculos, respectivamente.

No início da senescência (63 DAE), houve aumento linear no teor de Mg nas hastes, alcançando o valor estimado de 5,6 g kg⁻¹. Na raiz houve resposta quadrática, com valor máximo estimado de 3,9 g kg⁻¹ na dose de 1934,40 kg ha⁻¹ MgSO₄. Nos tubérculos, a média do valor encontrado foi 0,9 g kg⁻¹. Aos 83 dias após plantio (65 DAE), o valor de teor de Mg em hastes, raiz e tubérculos encontrado por Fernandes et al. (2010), para a mesma cultivar, foi 2,6; 3,5 e 1,5 g kg⁻¹, respectivamente.

Aos 21 DAE, houve aumento linear de aproximadamente 51,8% no acúmulo de Mg nas hastes, alcançando o valor estimado de 0,22 kg ha⁻¹ de Mg. Aos 63 DAE, a dose de MgSO₄ que proporcionou maior acúmulo estimado de Mg nas hastes (0,47 kg ha⁻¹) foi de 830,44kg ha⁻¹ de MgSO₄. Fernandes et al. (2010) observou acúmulo semelhante de Mg nas hastes em diferentes cultivares de batata até aos 34 dias após plantio (DAP), porém ao final do ciclo o menor acúmulo foi observado na cultivar Markies.

Aos 21 DAE houve aumento linear de aproximadamente 74,6 % no acúmulo de Mg nas folhas, alcançando o valor estimado de 1,58 kg ha⁻¹ de Mg. Aos 63 DAE, a dose de MgSO₄ que proporcionou maior acúmulo estimado de Mg nas folhas (3,81 kg ha⁻¹) foi de 1104,36kg ha⁻¹ de MgSO₄. Fernandes et al. (2010) observou acúmulo semelhante de Mg nas folhas em diferentes cultivares de batata até aos 41 dias após plantio (DAP).

Aos 21 DAE, houve aumento linear de, aproximadamente, 105,8 % no acúmulo de Mg na raiz, alcançando o valor estimado de 0,12 kg ha⁻¹ de Mg. Aos 63 DAE, a dose de MgSO₄ que proporcionou maior acúmulo estimado de Mg na raiz (0,14 kg ha⁻¹) foi de 1389,79 kg ha⁻¹ de MgSO₄. Fernandes et al. (2010) observou máximo acúmulo estimado na cultivar Markies aos 59 DAP.

4.7 Teor de Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca da quarta folha

Aos 21 DAE, houve interação significativa entre doses de MgSO₄ e teor de Cu na quarta folha, com aumento linear de, aproximadamente, 51,7 % comparando a dose 0 com a dose 2400 kg ha⁻¹ MgSO₄. O teor médio de Cu encontrado foi 46,99 mg kg⁻¹, superior ao valor de referência de Fontes (2011), 15 mg kg⁻¹ e ao valor encontrado por Fernandes et al. (2010) e Soratto et al. (2011) de 30 mg kg⁻¹. Porém, o intervalo proposto como suficiente é de 7 a 20 mg kg⁻¹ (JONES JUNIOR et al., 1991; MARTINEZ et al., 1999). Aos 63 DAE, não houve interação significativa entre doses de MgSO₄ e teor de Cu na quarta folha, sendo que o valor médio encontrado foi de 172,23 mg kg⁻¹.

Não houve interação significativa entre doses de MgSO₄ e teor de Mn na quarta folha aos 21 DAE. O teor médio encontrado (149,13 mg kg⁻¹) foi superior ao valor de referência proposto por Fontes (2011), 70 mg kg⁻¹, e inferior ao valor de 435 mg kg⁻¹ encontrado por Fernandes et al. (2010) e Soratto (2011). Entretanto, o valor obtido está dentro do intervalo proposto como suficiente, 30 a 250 mg kg⁻¹, por Jones Junior et al. (1991) e Martinez et al. (1999). Aos 63 DAE, não houve interação significativa entre doses de MgSO₄ e teor de Mn na quarta folha, sendo que, o valor médio encontrado foi 258,78 mg kg⁻¹.

Aos 21 DAE, houve interação significativa entre doses de MgSO₄ e teor de Fe na quarta folha, com efeito raiz quadrático. A dose 0 kg ha⁻¹ MgSO₄ proporcionou teor estimado de Fe de 245,69 mg kg⁻¹, e na maior dose foi de 249,43 mg kg⁻¹. A dose 692,07 kg ha⁻¹ MgSO₄ proporcionou o maior teor estimado de Fe (260,25 mg kg⁻¹). O teor médio de Fe na quarta folha, 254,53 mg kg⁻¹, foi superior ao valor de referência de Fontes (2011), 70 mg kg⁻¹, e inferior ao valor de 431 mg kg⁻¹ encontrado por Fernandes et al. (2010) e Soratto (2011). Porém, o intervalo proposto como suficiente por Jones Junior et al. (1991) e

Martinez et al. (1999) é de 50 a 100 mg kg⁻¹. Aos 63 DAE, houve diminuição do teor de Fe na quarta folha até a dose de 726,81 kg ha⁻¹ MgSO₄, alcançando valor estimado de 328,03 mg kg⁻¹. A maior dose proporcionou valor estimado de 435,07 mg kg⁻¹.

Houve interação significativa entre doses de MgSO₄ e teor de Zn na quarta folha, com efeito raiz quadrático. A maior dose aplicada proporcionou teor estimado de Zn de 47,89 mg kg⁻¹, por outro lado, a dose 0 kg ha⁻¹ MgSO₄ proporcionou teor estimado de 57,04 mg kg⁻¹. O valor de referência encontrado por Fontes (2011) foi 50 mg kg⁻¹, enquanto o valor encontrado por Fernandes et al. (2010) e Soratto (2011) foi 66 mg kg⁻¹. O teor de Zn encontrado no presente experimento estava dentro do intervalo de 45 a 250 mg kg⁻¹, proposto como suficiente por Jones Junior et al. (1991) e Martinez et al. (1999). Aos 63 DAE, não houve interação significativa entre doses de MgSO₄ e teor de Zn na quarta folha, sendo que, o valor médio encontrado foi 31,79 mg kg⁻¹.

Os altos teores foliar de micronutrientes catiônicos encontrado no presente experimento pode ter sido resultado do baixo valor de pH do solo, ao qual aumentar a disponibilidade desses elementos para as plantas. De acordo Soratto et al. (2011), altos teores de nutrientes nas folhas pode ser indicativo que as plantas foram cultivadas em solo que estava com adequada disponibilidade de micronutrientes, sem limitação de absorção.

Houve aumento do acúmulo de micronutrientes em todos os órgãos das plantas, ao comparar as avaliações de 21 e 63 DAE. Esse fato pode ter influenciado no aumento da massa da matéria seca dos órgãos durante o ciclo da cultura.

4.8 Acúmulo de Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca da planta (folhas, hastes, tubérculos e raiz), aos 21 e 63 DAE

Aos 21 DAE, não houve interação significativa entre doses de MgSO₄ e acúmulo de micronutrientes na massa da matéria seca de hastes. O valor médio

encontrado de Cu, Mn, Fe e Zn foi de 2,40; 7,44; 20,55 e 10,22 g ha⁻¹, respectivamente. Entre as cultivares estudadas por Soratto et al. (2011), a Markies apresentou menor acúmulo de Mn nas hastes nas fases iniciais do ciclo. O acúmulo estimado encontrado por esses autores aos 39 dias após plantio (21 DAE) foram: 0,77 g ha⁻¹ de Cu, 5,69 g ha⁻¹ de Mn, 35,51 g ha⁻¹ de Fe e 13,48 g ha⁻¹ de Zn.

Aos 63 DAE, o acúmulo médio de Cu, Mn, Fe e Zn nas hastes foi 5,32; 17,23; 58,45 e 26,84 g ha⁻¹, respectivamente. O acúmulo de Zn atingiu valor máximo estimado de 28,75 g ha⁻¹ com a dose 735,62 kg ha⁻¹ MgSO₄ e o acúmulo de Mn teve resposta linear decrescente, alcançando valor mínimo estimado de 18,83 g ha⁻¹. Os acúmulos encontrados por Soratto et al. (2011) aos 81 dias após plantio (63 DAE) foram: 2,08 g ha⁻¹ de Cu, 22,41 g ha⁻¹ de Mn, 140,04 g ha⁻¹ de Fe e 52,88 g ha⁻¹ de Zn.

Aos 21 DAE, não houve interação significativa entre doses de MgSO₄ e acúmulo de micronutrientes na massa da matéria seca de folhas. O acúmulo médio de Cu, Mn, Fe e Zn foi 40,46; 88,16; 156,64 e 17,48 g ha⁻¹, respectivamente. Os acúmulos encontrados por Soratto et al. (2011) foram: 4,95 g ha⁻¹ de Cu, 101,52 g ha⁻¹ de Mn, 252,98 g ha⁻¹ de Fe e 25,80 g ha⁻¹ de Zn.

Aos 63 DAE, o acúmulo médio de Cu, Mn, Fe e Zn nas folhas foi de 120,20; 231,47; 607,62 e 31,89 g ha⁻¹, respectivamente. Os teores de Zn e Mn atingiram valor máximo estimados de 38,03 e 254,41 g ha⁻¹, na dose 636,71 e 407,42 kg ha⁻¹ MgSO₄, respectivamente. Os acúmulos encontrados por Soratto et al. (2011) foram: 14,25 g ha⁻¹ de Cu, 455,70 g ha⁻¹ de Mn, 1155,86 g ha⁻¹ de Fe e 45,83 g ha⁻¹ de Zn.

O Fe foi o nutriente que mais acumulou nas folhas e hastes, nas duas épocas de avaliação, fato também relatado por Soratto et al. (2011). De acordo com Marschner (2012), 80% do Fe está localizado nos cloroplastos das folhas. Porém, no presente experimento, foi observado que ocorreu maior acúmulo de Zn nas hastes e de Mn nas folhas. Foi observado por Soliman et al. (1992) que com o aumento das doses aplicadas de S no solo ocorreu maior captação de Mn pela planta.

O maior acúmulo de Fe e Mn nas folhas pode estar relacionado com sua função no metabolismo da planta. O Fe tem grande importância na parte aérea,

pois é bastante requerido na estrutura e funcionalidade das membranas dos tilacoides e na biossíntese de clorofila (MARSCHNER, 2012). O Mn ativa enzimas do ciclo de Krebs, como as descarboxilases e desidrogenases, na produção de oxigênio a partir da água e também atua como ativador enzimático no processo de respiração (TAIZ & ZEIGER, 2004). Esse nutriente tem pouca mobilidade via floema, por isso sua importação para áreas em crescimento é realizada exclusivamente pelo xilema, dessa forma, acumula-se em menor quantidade nas partes de baixo da planta, como raiz e tubérculos (MARSCHNER, 2012).

O alto valor de Cu encontrado na parte aérea das plantas pode ser resultado de aplicações frequentes de oxiclureto de cobre, fungicida aplicado visando combate preventivo. Esse elemento é importante para algumas proteínas relacionadas aos processos de fotossíntese, respiração mitocondrial, desintoxicação de radicais superóxido e lignificação (KIRKBY & RÖMHELD, 2007). A toxicidade por cobre pode causar distúrbios no crescimento e desenvolvimento das plantas, com sintomas de biomassa reduzida e folhas cloróticas, porém as plantas podem ter mecanismos potenciais, a nível celular, que evitam concentrações tóxicas em locais sensíveis dentro das células (YRUELA, 2005). No presente experimento não foi observado sintoma de toxidez por Cu nas plantas.

Aos 21 DAE, não houve interação significativa entre doses de $MgSO_4$ e acúmulo de micronutrientes na massa da matéria seca de raiz. O acúmulo médio de Cu, Mn, Fe e Zn foi 1,61; 5,76; 69,17 e 3,84 $g\ ha^{-1}$, respectivamente. Fe e Mn foram os nutrientes que tiveram maior acúmulo nesse órgão, semelhante aos resultados obtidos por Soratto et al. (2011). Os acúmulos encontrados por esses autores foram: 0,19 $g\ ha^{-1}$ de Cu, 3,22 $g\ ha^{-1}$ de Mn, 64,02 $g\ ha^{-1}$ de Fe e 1,66 $g\ ha^{-1}$ de Zn.

Aos 63 DAE, o acúmulo médio de Cu, Mn, Fe e Zn na raiz foi 1,69; 8,50; 86,74 e 6,29 $g\ ha^{-1}$, respectivamente. Os acúmulos encontrados nos presentes experimentos foram superiores ao encontrado por Soratto et al. (2011) (0,26 $g\ ha^{-1}$ de Cu, 5,05 $g\ ha^{-1}$ de Mn, 84,36 $g\ ha^{-1}$ de Fe e 1,65 $g\ ha^{-1}$ de Zn). Houve aumento no valor dos acúmulos de Cu, Zn e Mn até a doses 523,76; 531,09 e 455,54 $kg\ ha^{-1}$ de $MgSO_4$, respectivamente. Houve resposta linear decrescente

no acúmulo de Fe na massa da matéria seca de raiz com o aumento das doses de MgSO₄. A redução foi de, aproximadamente, 22,07% ao comparar a maior dose aplicada de MgSO₄ com a dose 0 kg ha⁻¹ de MgSO₄.

Aos 21 DAE, o acúmulo médio de Cu, Mn, Fe e Zn nos tubérculos foi 1,93; 2,07; 13,35 e 4,13 g ha⁻¹, respectivamente. O acúmulo de Fe atingiu valor máximo estimado de 17,69 g ha⁻¹, com a dose 614,17 kg ha⁻¹ MgSO₄. As exportações encontrada por Soratto et al. (2011) foram: 2,84 g ha⁻¹ de Cu, 5,60 g ha⁻¹ de Mn, 33,06 g ha⁻¹ de Fe e 10,17 g ha⁻¹ de Zn.

Aos 63 DAE, o acúmulo médio de Cu, Mn, Fe e Zn nos tubérculos foi 44,47; 55,29; 288,91 e 85,09 g ha⁻¹, respectivamente. O acúmulo de Cu e Zn atingiram valor máximo estimado de 47,59 e 95,25 g ha⁻¹, com a dose 527,49 e 381,45 kg ha⁻¹ MgSO₄, respectivamente. Houve efeito linear decrescente no acúmulo de Fe na massa da matéria seca de tubérculos, alcançando valor estimado de 226,61 g ha⁻¹. Os acúmulos encontrados por Soratto et al. (2011) foram: 48,58 g ha⁻¹ de Cu, 49,06 g ha⁻¹ de Mn, 153,06 g ha⁻¹ de Fe e 129,70 g ha⁻¹ de Zn.

Os maiores acúmulos de metal nos tubérculos foram coniventes aos encontrado por Öztürk et al. (2011), onde relataram maior acúmulo de Fe, Zn, Mn e Cu, sequencialmente. Klikocka (2011) relatam que a aplicação de doses de enxofre até 50 kg ha⁻¹ diminuiu a absorção e o conteúdo de Mn nos tubérculos e pode influenciar negativamente o teor de Cu e positivamente o teor de Zn. Porém, a interação existente entre Mn e Mg pode resultar em substituição e competição na ativação de algumas enzimas, sendo que a concentração de Mg nas células é aproximadamente 51 a 100 vezes maior (MARSCHNER, 2012). No presente experimento, foi observado que as doses crescentes MgSO₄, conseqüentemente de Mg e S, não influenciaram o acúmulo de Mn nos tubérculos, nas duas épocas de avaliação.

4.9 Teor e acúmulo de Mg, S, Cu, Mn, Fe e Zn nos tubérculos comerciais

Os tubérculos-semente utilizados no plantio apresentaram teor médio de Mg de 1,98 g kg⁻¹, valor maior que o observado por Fernandes et al. (2010), que encontraram teor de 1,6 g kg⁻¹ para a mesma cultivar. Não houve efeito das

doses de MgSO_4 sobre o teor de Mg nos tubérculos comerciais, contudo o valor médio foi $0,09 \text{ dag kg}^{-1}$, similar ao encontrado por Srek et al. (2010) que obtiveram valores entre $0,08$ e $0,10 \text{ dag kg}^{-1}$. Ciećko et al. (2012), também não conseguiram elevar a concentração de magnésio em tubérculos de batata utilizando doses de 24 e 12 kg ha^{-1} em adubações de solo e foliar, respectivamente.

Em relação ao S, houve aumento do teor de S na massa da matéria seca de tubérculos comerciais com o incremento das doses de MgSO_4 , alcançando valor máximo estimado de $0,21 \text{ dag kg}^{-1}$, valor esse acima dos encontrados por Braun et al. (2011) para diferentes cultivares de batata, com variação de $0,13$ a $0,16 \text{ dag kg}^{-1}$. Barczak & Nowak (2014) relatam que fertilizantes contendo enxofre com dose de 40 kg ha^{-1} de S podem aumentar o conteúdo de S e Mg nos tubérculos. Esses autores, utilizando doses de 20 e 40 kg ha^{-1} de S, observaram que a dose de 40 kg ha^{-1} de S, na forma de sulfato de potássio, resultou em maiores concentrações de macronutrientes nos tubérculos. Porém, ao usar sulfato de amônio, as maiores concentrações de macronutrientes aconteceram na dose de 20 kg ha^{-1} de S.

Houve aumento de aproximadamente 24% no teor de Mn na massa da matéria seca de tubérculos com o aumento das doses de MgSO_4 . Como já relatado no presente trabalho, Soliman et al. (1992) observaram maior captação de Mn pela planta com o aumento das doses aplicadas de S no solo.

Não houve efeito das doses de MgSO_4 sobre o teor de Cu, Fe e Zn nos tubérculos comerciais. Os valores médios observados foram $5,81 \text{ mg kg}^{-1}$ de Cu; $482,94 \text{ mg kg}^{-1}$ de Fe e $13,83$ de Zn mg kg^{-1} . Srek et al. (2010) relatam valores de $3,5$ a $5,7 \text{ mg kg}^{-1}$ de Cu e $13,6$ a $24,5 \text{ mg kg}^{-1}$ de Zn. O teor de Fe em diferentes cultivares estudadas por Braun et al. (2011) variou entre $427,28$ a $461,07 \text{ mg kg}^{-1}$.

Não houve efeito das doses de MgSO_4 no acúmulo dos micronutrientes e macronutrientes nos tubérculos comerciais. O valor médio encontrado foi: $5,79 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg, $11,98 \text{ kg ha}^{-1}$ de S, $36,92 \text{ g ha}^{-1}$ de Cu, $52,67 \text{ g ha}^{-1}$ de Mn, $3146,23 \text{ g ha}^{-1}$ de Fe e $90,05 \text{ g ha}^{-1}$ de Zn. Fernandes et al. (2010) encontrou acúmulo máximo de 6 kg ha^{-1} de Mg, 5 kg ha^{-1} de S, 77 g ha^{-1} de Cu, 62 g ha^{-1} de Mn, 1476 g ha^{-1} de Fe e 233 g ha^{-1} de Zn, que correspondem a 60 ; 71 ; 84 ; $12,09$; $11,04$ e $77,67\%$, respectivamente, do total absorvido na cultivar Markies.

4.10 Perda de peso no armazenamento

A comercialização de tubérculos para consumo fresco é geralmente realizada através da pesagem dos mesmos. Porém, o tempo de armazenamento e época de colheita influenciam na perda de peso dos tubérculos de batata (SUCHORONCZEK et al., 2016).

A perda de massa dos tubérculos de batata foi crescente em todos os tratamentos. Quando ocorreu a lavagem de tubérculos, a curva de perda de peso durante o período de armazenamento de 49 dias após a colheita foi mais acentuada com o tratamento de 1200 kg ha⁻¹ de MgSO₄ (0,07724% ao dia) e menos acentuada na dose de 300 kg ha⁻¹ de MgSO₄ (0,06510% ao dia). Quando não houve a lavagem dos tubérculos, houve maior inclinação da curva quando não se aplicou MgSO₄ no plantio (0,07198% ao dia) e menos acentuada na dosagem de 600 kg ha⁻¹ de MgSO₄ (0,06654% ao dia).

No final do armazenamento, a porcentagem de perda de peso foi maior quando os tubérculos foram lavados (3,78%) em comparação com os tubérculos não lavados (3,53%). Furlaneto et al. (2014) encontraram perda máxima de massa fresca de tubérculos de batata de 2,5 % até o final de 14 dias de armazenamento, porém não encontraram influência de doses de potássio sobre essa perda. No presente experimento, durante o mesmo período (14 dias de armazenamento), os tubérculos lavados e não lavados de batata apresentaram maior perda de peso na dose 1200 kg ha⁻¹ de MgSO₄ (1,08% ao dia) e 0 kg ha⁻¹ de MgSO₄ (1,01% ao dia), respectivamente. Quando foi estudada doses de N, Braun et al. (2008) observaram não houve influência sobre perda de massa fresca de tubérculos de 3 cultivares de batata.

Foi observado por Poberezny & Wszelaczynska (2011), que a perda de peso na armazenagem é acompanhada por perda de matéria seca em tubérculos, e ocorre devido à respiração dos tubérculos. Contudo, Moinuddin & Umar (2004) relatam que doses crescentes de enxofre combinada com potássio melhorou a produção e a massa da matéria seca de tubérculos, a qualidade da batata e a perda de umidade dos tubérculos no armazenamento.

4.11 Efeito sobre o solo (teor de Mg e Ca, pH, CE)

As doses 0; 300; 600; 1200 e 2400 kg ha⁻¹ de MgSO₄ aplicadas no solo forneceram quantidades de Mg crescentes, sendo aplicados 0; 27; 54; 108 e 216 kg ha⁻¹ de Mg, respectivamente. De acordo com Allison et al. (2001), a taxa de aplicação de Mg recomendada para a cultura da batata é de 50 kg de Mg ha⁻¹. Esses autores ainda relatam que algumas culturas precisam de grandes aplicações de fertilizantes contendo Mg, devido à quantidade de K encontrada nos solos de cultivos ou à necessidade de grande aplicação desse nutriente, como exemplo a cultura da batata que é exigente em potássio de acordo com Reis Junior & Monnerat (2001).

No presente trabalho, a quantidade de Mg²⁺ existente no solo (0,61 cmol_c dm⁻³) antes da implantação do experimento é classificada, de acordo com Ribeiro et al. (1999), como de fertilidade “Média” e a quantidade de K como de fertilidade “Bom”. Houve aumento linear do teor de Mg no solo pela adição das doses de MgSO₄. Os teores totais de Mg no solo (Mg aplicado + Mg presente no solo), atingidos com a maior dose de MgSO₄ aos 21 DAE, 63 DAE e na colheita (103 DAE), foram: 1,18; 1,37 e 1,92 cmol_c dm⁻³. Acima de 1,50 cmol_c dm⁻³, Ribeiro et al. (1999) classificam a fertilidade de magnésio no solo como “Muito Bom”.

Ao comparar a dose 2400 kg ha⁻¹ de MgSO₄ com a dose 0 kg ha⁻¹ de MgSO₄, houve diminuição do teor de Ca no solo de 60,65; 71,54 e 73,09%, proporcionando valores de 4,14; 4,23 e 7,26 cmol_c dm⁻³, nas avaliações de 21, 63 e 103 DAE, respectivamente. Teor de cálcio acima de 4,0 cmol_c dm⁻³ é classificado como “Muito bom” por Ribeiro et al. (1999). As reações de troca iônica nos solos podem prejudicar os teores de Ca e Mg na solução do solo, o excesso de um nutriente influencia no processo de adsorção do outro (MARSCHNER, 2012; GUIMARÃES JÚNIOR et al., 2013). Salvador et al. (2011) observaram que quando menor a relação Ca: Mg no solo, maior teor de Mg e menor teor de Ca é encontrado em folhas de soja. O Ca²⁺ apresenta maior energia de adsorção aos coloides do solo em relação ao Mg²⁺, porém por ter propriedades químicas próximas, como raio iônico, valência, grau de hidratação e mobilidade, ocorre competição entre os sítios de adsorção no solo e também

na absorção pelas raízes das plantas, podendo resultar em lixiviação do Ca (MEDEIROS et al., 2008; MARSCHNER, 2012).

O pH foi influenciado por doses de $MgSO_4$ apenas aos 21 DAE. Após a dose de $504,59 \text{ kg ha}^{-1}$ de $MgSO_4$ ($55,50 \text{ kg ha}^{-1}$ de S) houve aumento do pH do solo, atingindo valor máximo estimado de 5,97. Em solos ácidos, pode ocorrer deficiência de magnésio devido à alta saturação da CTC, que pode ocasionar lixiviação e diminuição da absorção de Mg pelas plantas (GRANSEE & FUHRS, 2012). O enxofre pode diminuir o pH do solo favorecendo a disponibilidade de micronutrientes no solo para as culturas. Klikocka (2011) observou decréscimo no pH do solo quando aplicou 50 kg ha^{-1} de enxofre no solo. Soliman et al. (1992), observaram diminuição do pH com o aumento das aplicações de S. De acordo com Ribeiro et al. (1999), valores de acidez do solo (pH) entre 5,5 – 6,0 é classificado agronomicamente como “Bom”.

A CE foi influenciada por doses de $MgSO_4$, aos 63 e 103 DAE, sendo que, a maior dose aplicada proporcionou valores máximo estimado de 0,48 e 1,06 $dS \text{ m}^{-1}$, respectivamente. O valor limite da condutividade elétrica do solo para batata é de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ (GHEYI et al., 2010) e valores entre 1,72 a $2,00 \text{ dS m}^{-1}$ podem resultar perdas de 10% na produtividade de tubérculos (REIS JUNIOR et al., 1999). Kotuby-Amacher et al. (2000) relatam que valores de 2,5; 3,8 e $5,9 \text{ dS m}^{-1}$ podem reduzir a produção de batata em 10; 25 e 50%.

Os sais inorgânicos podem conduzir corrente elétrica em solução aquosa, sendo que, quanto maior a concentração desses sais, maior é a condutividade elétrica (EL-SWAIFY, 2000; FACTOR et al., 2012). Fertilizantes aplicados no pré-plantio podem aumentar a salinidade do solo próximo aos tubérculos semente, principalmente em áreas irrigadas, e, conseqüentemente, diminuir a produção da cultura (FACTOR et al., 2012). Além disso, a condutividade do solo pode influenciar na biodiversidade microbiótica do solo que está relacionada ao crescimento e desenvolvimento das plantas (CALVO et al., 2009). Em sistema hidropônico, foi demonstrando que a resposta da batateira em relação à condutividade elétrica da solução nutritiva depende da cultivar utilizada (CHANG et al., 2011).

5. DISCUSSÃO FINAL

O início da tuberização normalmente acontece aos 21 DAE, época em que geralmente se realiza amontoa, adubação de cobertura e avaliações relacionadas ao estado nutricional das plantas e estimativa de produção. No presente experimento, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos no que se refere às principais características morfológicas das plantas, talvez devido às doses de $MgSO_4$ não terem influenciado o índice de velocidade de emergência (IVE) e, com isso, as plântulas terem se desenvolvido de maneira uniforme. Com o aumento da dose de $MgSO_4$ houve aumento no teor de Mg no solo e em todos os órgãos da planta. Porém, na folha de referência, os valores determinados pelo SPAD e Dualex não foram influenciados. Nessa mesma folha, não houve deficiência de micronutrientes. As características diâmetro do pecíolo, largura, área foliar e massa da matéria seca da folha de referência, determinadas aos 21 DAE, foram influenciadas pelas doses de $MgSO_4$, sendo portanto recomendável utilizá-las, como proposto por Fontes (2016), para avaliar o estado de N da planta apenas em situação de uniformidade de disponibilidade de $MgSO_4$.

Houve aumento do pH do solo com o aumento das doses de $MgSO_4$, o que resultou na diminuição da disponibilidade de micronutrientes no solo e, conseqüentemente, no seu acúmulo nos órgãos das plantas, principalmente o acúmulo de Zn, que foi evidenciado apenas nas avaliações aos 63 DAE. Porém, não foram observados sintomas de deficiência nas plantas.

A senescência é um estágio onde a planta atingiu o máximo desenvolvimento e ocorre maior translocação de nutrientes da parte aérea para o tubérculo. No presente experimento, esse estágio iniciou-se aos 63 DAE. O solo apresentou teor crescente de Mg com o aumento das doses de $MgSO_4$, porém, na planta, apenas as hastes e a raiz apresentaram aumento do teor desse nutriente. O número de folhas, área foliar e NBI, apresentaram efeito negativo com a maior dose de $MgSO_4$, da mesma forma que a produção final de tubérculos totais e comerciais. Porém, o órgão que foi mais afetado foram as hastes, que apresentaram decréscimo linear da massa fresca e seca.

As doses supra ótimas influenciaram negativamente o teor de Ca no solo em todas as épocas de avaliação. Esse fato pode ser devido a interação

antagônica entre o Mg e o Ca, de forma que, a concentração de um afetou a disponibilidade do outro na solução do solo.

Nas avaliações de pós colheita, os tubérculos lavados e não lavados apresentaram baixa perda de peso nas menores doses de $MgSO_4$.

Altas doses de $MgSO_4$ aplicadas no sulco de plantio aumentaram o teor de Mg no solo e na planta, porém afetaram negativamente o acúmulo de micronutrientes na planta e a produtividade final de tubérculos totais e comerciais.

6. CONCLUSÕES

- A produção máxima de tubérculos comerciais ($42,98 \text{ t ha}^{-1}$) é obtida com a aplicação de $1461,10 \text{ kg ha}^{-1}$ de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$;
- Para a produção de 1 t de tubérculos são necessários 6,51 kg de Mg sendo 3,06 kg como $MgSO_4 \cdot 7H_2O$;
- Os tubérculos exportam $5,79 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg e $11,98 \text{ kg ha}^{-1}$ de S, independentemente da dose de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$;
- A eficiência de utilização do Mg é 154 kg kg^{-1} com a aplicação de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$;
- Aos 21 DAE, as massas das matérias fresca e seca dos órgãos da planta e o número de folhas, hastes e tubérculos não dependem da dose de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$;
- Os índices determinados pelo SPAD e Dualex na quarta folha, usualmente utilizados, aos 21 DAE, para avaliar o estado de N, não são influenciados pelas doses de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$.
- Aos 21 DAE, o aumento da dose de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ reflete positivamente no aumento do teor de Mg e negativamente no teor de S na matéria seca da quarta folha ou folha índice;
- Aos 21 DAE, o teor de Mg na massa da matéria seca da quarta folha associada à maior produção de tubérculos comerciais é $0,57 \text{ dag kg}^{-1}$;
- O teor de S na massa da matéria seca da quarta folha associada à maior produção de tubérculos comerciais é $0,10 \text{ dag kg}^{-1}$.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLISON, M. F.; FOWLER, J. H.; ALLEN, E. J. Factors affecting the magnesium nutrition of potatoes (*Solanum tuberosum*). **The Journal of Agricultural Science**, v. 137, n. 4, p. 397-409, 2001.

BARCZAK, B.; NOWAK, K. Effect of sulphur fertilisation on the content of macroelements and their ionic ratios in potato tubers. **Journal of Elementology**, v. 20, n. 1, 2014.

BARI, M.S.; RABBANI, M.G.; RAHMAN, M.S.; ISLAM, M.J.; HOQUE, T.M.R. Effect of zinc, boron, sulphur and magnesium on the growth and yield of potato. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v.4, n.9, p.1090-1093, 2001.

BARROSO, F. L. **Influência do magnésio sobre o desenvolvimento, produtividade e índices nitrogenados da batata semente básica, cultivada em substrato orgânico e em hidroponia**. Viçosa-MG: UFV. 2013. 66p. (Dissertação de Mestrado).

BISOGNIN, D. A.; STRECK, N. A. Desenvolvimento e manejo das plantas para alta produtividade e qualidade da batata. **Associação Brasileira da Batata**, 2009.

BLANCHARD, R. W.; REHM, G.; CALDWELL, A. C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. **Proceeding – Soil Science Society of American**, v. 29, n.1, p. 71-72, 1965.

BRAUN, H.; FONTES, P. C. R.; BUSATO, C.; CECON, P. R. Teor e exportação de macro e micronutrientes nos tubérculos de cultivares de batata em função do nitrogênio. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 50-57, 2011.

BRAUN H; FONTES PCR; BUSATO C; CECON PR; FINGER FL; SILVA MCS. Perda de massa fresca nos tubérculos de cultivares de batata em função de doses de nitrogênio e de ambientes de armazenamento. **Horticultura Brasileira** 26: S1791-S1793. 2008.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extrato de solos e material vegetal. **Revista Ceres**, v. 21, n. 133, p. 73-85, 1974.

BUSATO, C. **Características da planta, teores de nitrogênio na folha e produtividade de tubérculos de cultivares de batata em função de doses de nitrogênio**. Viçosa: UFV. 129 p. 2007

BUSATO, C.; REZENDE FONTES, P. C.; BRAUN, H.; CAMPOS MARTINS BUSATO, C. Estimativa da área foliar da batateira, cultivar Atlantic, utilizando dimensões lineares. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, 2010.

CALVO, P.; MARTINEZ, C.; RICO, M.; ROJAS, M.; OSWALD, A. Microbiotic biodiversity and their functionality in roots and rhizosphere of potato plants. **ISTRC Tropical Roots and Tubers in a Changing Climate: a Convenient Opportunity for the World**, CIP, Lima, Peru, 2009.

CAKMAK, I.; MARSCHNER, H. Magnesium deficiency and high light Intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves. **Plant Physiol.** v. 98, n. 4, p.1222–1227. 1992.

CAKMAK, I.; YAZICI, A. M. Magnesium: a forgotten element in crop production. **Better Crops**, v. 94, n. 2, p. 23-25, 2010.

CHANG, D. C.; CHO, I. C.; SUH, J. T.; KIM, S. J.; LEE, Y. B. Growth and yield response of three aeroponically grown potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) to different electrical conductivities of nutrient solution. **American journal of potato research**, v. 88, n. 6, p. 450-458, 2011.

CIEĆKO, Z.; MIERZEJEWSKA, A.; ŻOŁNOWSKI, A.; SZOSTEK, R. Influence of Foliar Nitrogen and Magnesium Fertilization on Concentration of Ash Micronutrients in Potato Tubers. **Ecological Chemistry and Engineering**. A, v. 19, n. 7, p. 677-688, 2012.

DAN, L. D. M.; DAN, H. D. A.; BARROSO, A. D. L.; BRACCINI, A. D. L. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 131-139, 2010.

DELLAI, J.; TRENTIN, G.; BISOGNIN, D. A.; STRECK, N. A. Filocrono em diferentes densidades de plantas de batata. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, 2005.

DING Y, LUO W, XU G. Characterization of magnesium nutrition and interaction of magnesium and potassium in rice. **Ann Appl Biol.** v. 149, n. 2, p.111–123. 2006.

EL-SWAIFY, S. A. Soil and water salinity. **Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils, Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture**, (Eds.): Silva, JA and Uchida, R. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, Manoa, p. 151-158, 2000.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - **Sistema Brasileiro de Classificação do Solos**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999. 412p.

FACTOR, T. L.; FELTRAN, J. C.; FILHO, H. S. M.; GRANJA, N. P.; JUNIOR, S. L. Ecofisiologia da batata; adaptação às alterações climáticas. In: Batata: tecnologia e sustentabilidade da produção. **Informe Agropecuário**. v. 33, n. 270, p. 20-29, 2012.

FARHAT, N.; ELKHOUNI, A.; ZORRIG, W.; SMAOUI, A.; ABDELLEY, C.; RABHI, M. Effects of magnesium deficiency on photosynthesis and carbohydrate partitioning. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.38, n.6, p.145-155. 2016.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; EVANGELISTA, R. M.; JOB, A. L. G. Influência do fósforo na qualidade e produtividade de tubérculos de cultivares de batata de duplo propósito. **Horticultura Brasileira**, n. 34, p. 346-355, 2016.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L.; DE SOUZA-SCHLICK, G. D. Crescimento, acúmulo e distribuição de matéria seca em cultivares de batata na safra de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 826-835, 2010.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa. UFV. 2001. 122 p.

FONTES, P. C. R. Cultura da batata. In FONTES, P. C. R. (ed) **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: UFV, p. 323-343, 2005.

FONTES, P. C. R. 2011. **Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose**. Viçosa: Editora Arka, 296p.

FONTES, P. C. R.; ARAÚJO, C. **Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro**. Viçosa: UFV. 2007. 148 p.

FURLANETO, K. A.; LIMA, P. F. F. D. S.; DAIUTO, É. R.; JOB, A. L. G.; MENDONÇA, V. Z. D.; VIEITES, R. L.; CARVALHO, L. R. D. Qualidade de batata cv. Ágata influenciada por diferentes concentrações de adubação potássica. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, p. 187-192, 2014.

GAO, C.; ZHAO, Q.; JIANG, L. Vacuoles protect plants from high magnesium stress. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 10, p. 2931-2932, 2015.

GERENDAS, J.; FUHRS, H. The significance of magnesium for crop quality. **Plant and Soil**. V.368, n. 1-2, p. 101-128. 2013.

GHEYI, H. R.; DA SILVA DIAS, N.; DE LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010.

GRANSEE, A.; FÜHRS, H. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. **Plant and Soil**, v. 368, n. 1-2, p. 5-21, 2012.

GUIMARÃES JÚNIOR, M. P. A.; SANTOS, A. C.; OLIVEIRA, L. B. T.; RODRIGUÊS, M. O. D.; MARTINS, A. D. Relação Ca: Mg do corretivo da acidez do solo e as características agronômicas de plantas forrageiras. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 3, 2013.

HERMANS, C; HAMMOND, JP; WHITE PJ, VERBRUGGEN, N. How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? **Trends Plant Sci**, v. 11, n. 12, p.610–617, 2005.

HERMANS C; JOHNSON, G.N; STRASSER, R.J.; VERBRUGGEN, N. Physiological characterisation of magnesium deficiency in sugar beet: acclimation to low magnesium differentially affects photosystems I and II. **Planta**, v. 220, n. 2, p.:344–355, 2004.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. 2018. Estatística da Produção Agrícola. [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201803.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201803.pdf)
Acesso em: 05 dez 2018.

JADOSKI, S. O.; CRISTIANE LOPES, E.; FURLAN MAGGI, M.; SUCHORONCZEK, A.; ROMÃO SAITO, L.; DENEGA, S. Método de determinação da área foliar da cultivar de batata Ágata a partir de dimensões lineares. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, 2012.

JONES JUNIOR, J.B.; WOLF, B.; MILL, H.A. **Plant analysis Handbook**. Georgia, Micro-Macro Publishing, 1991. 213p.

KASINATH, B. L.; GANESHAMURTHY, A. N.; NAGEGOWDA, N. S. Effect of magnesium on plant growth, dry matter and yield in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). **JOURNAL OF HORTICULTURAL SCIENCES**, v. 10, n. 2, p. 190 - 193, 2015.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Informações agrônômicas**, v. 118, n. 2, p. 1-24, 2007.

KOPPEN, W. **Climatologia**. Tradução: Pedro R. H. Perez. Buenos Aires, Gráfica Panamericana, 478p. 1948.

KLIKOCA, H. The effect of sulphur kind and dose on content and uptake of micronutrients by potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). **Acta Sci. Pol., Hort. Cult**, v. 10, n. 2, p. 137-151, 2011.

KLIKOCA, H.; HANEKLAUS, S.; BLOEM, E.; SCHNUG, E. Influence of sulfur fertilization on infection of potato tubers with *Rhizoctonia solani* and *Streptomyces scabies*. **Journal of Plant Nutrition**, v. 28, n. 5, p. 819-833, 2005.

KOTUBY-AMACHER, J.; KOENIG, R.; KITCHEN, B. Salinity and plant tolerance. Electronic Publication AG-SO-03, Utah State University Extension, Logan, 2000.

LORENZI, J. O.; MONTEIRO, P. A.; MIRANDA FILHO, H. S.; RAIJ, B. V. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, p.221-229. (Boletim Técnico, 100), 1997.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination—aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. London, Academic Press. 2012. 651p.

MARTINEZ, E. P.; CARVALHO, J. G. de; SOUZA, R. B. de. Diagnose foliar. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em MG:5ª aproximação**. Lavras, 1999. p. 143-168.

MEDEIROS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, Á. L.; DALLA ROSA, J.; COLPO GATIBONI, L. Relação cálcio: magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 4, 2008.

MÓGOR, Á. F.; BARBIZAN, T.; PAULETTI, V.; DE OLIVEIRA, J.; MICHELOTTI BETTONI, M. Teores de clorofila em cultivares de tomateiro submetidas a aplicações foliares de magnésio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 4, 2013.

MOINUDDIN; UMAR, Shahid. Influence of combined application of potassium and sulfur on yield, quality, and storage behavior of potato. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 35, n. 7-8, p. 1047-1060, 2004.

MULDER, E. G. Nitrogen-magnesium relationships in crop plants. **Plant and Soil**, v. 7, n. 4, p. 341-376, 1956.

NASCIMENTO, R.; DEUNER, S.; SOARES FERREIRA, L.; BADINELLI, P. G.; SILVA KERBER, R. Crescimento e teores de clorofila e carotenóides em três cultivares de soja em função da adubação com magnésio. **Revista Ceres**, v. 56, n. 3, 2009.

NUNES, J. C. S. **Sistema de preparo do solo para o plantio manual e mecanizado da batateira irrigada por aspersão e gotejamento**. Viçosa: UFV, 2004. 120p. (Tese de Doutorado).

NUNES, J. C. S.; FONTES, P. C. R.; ARAÚJO, E. F.; SEDIYAMA. Potato plant growth and macronutrient uptake as affected by soil tillage and irrigation systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 12, p. 1787-1792, 2006.

ÖZTÜRK, E.; ATSAN, E.; POLAT, T.; KARA, K. Variation in heavy metal concentrations of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. **The Journal Animal & Plant Sciences**, v. 21, n. 2, p. 235-9, 2011.

PEARCY, R. W.; YANG, W. The functional morphology of light capture and carbon gain in the Redwood forest understorey plant *Adenocaulon bicolor* Hook. **Functional Ecology**, v. 12, n. 4, p. 543-552, 1998.

POBEREZNY, J.; WSZELACZYNSKA, E. Effect of bioelements (N, K, Mg) and long-term storage of potato tubers on quantitative and qualitative losses Part II. Content of dry matter and starch. **Journal of Elementology**, v. 16, n. 2, 2011.

PRADO, R. M.; LEAL, R. M. Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. catissol-01. **Pesquisa agropecuária tropical**, v. 36, n. 3, 2006.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

REIS JÚNIOR, R. A.; MONNERAT, P, H. Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, 2001.

REIS JUNIOR, R. A.; FONTES, P. C. R.; NEVES, J. C. L.; SANTOS, N. T. Total soil electrical conductivity and critical soil K^+ to Ca^{2+} and Mg^{2+} ratios for potato crops. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 993-997, 1999.

RIBEIRO, A.T.; GUIMARÃES, P. T. G; ALVAREZ, V. H. (1999) **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação Viçosa, CFSEMG. 359 p.

SALVADOR, J. T.; CARVALHO, T. C.; LUCCHESI, L. A. C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 9, n. 1, 2011.

SCHWAB, N. T.; STRECK, N. A.; REHBEIN, A.; SAN MARTIN ROLIM RIBEIRO, B.; OSMARI ULHMANN, L.; LANGNER, J. A.; COELHO BECKER, C. Dimensões lineares da folha e seu uso na determinação do perfil vertical foliar de gladíolo. **Bragantia**, v. 73, n. 2, 2014.

SENBAYRAM, M., GRANSEE, A., WAHLE, V., THIEL, H. Role of magnesium fertilisers in agriculture: plant–soil continuum. **Crop and Pasture Science**, v. 66, n. 12, p. 1219-1229, 2016.

SHARMA, D. K.; KUSHWAH, S. S.; NEMA, P. K.; RATHORE, S. S. Effect of sulphur on yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). **International Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 2, p. 143-148, 2011.

SILVA, A. D.; MENEZES, C. C. E.; MENEZES, J. F. S.; NASCIMENTO, W. P. Fontes e doses de magnésio na cultura do milho. **Global Science and Technology**, v. 9, n. 3, p. 20-30, 2016.

SOLIMAN, M. F.; KOSTANDI, S. F.; VAN BEUSICHEM, M. L. Influence of sulfur and nitrogen fertilizer on the uptake of iron, manganese, and zinc by corn plants grown in calcareous soil. **Communications in Soil Science & Plant Analysis**, v. 23, n. 11-12, p. 1289-1300, 1992.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; SOUZA-SCHLICK, G. D. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: II-Micronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, 2011.

SREK, P.; HEJCMAN, M.; KUNZOVÁ, E. Multivariate analysis of relationship between potato (*Solanum tuberosum* L.) yield, amount of applied elements, their concentrations in tubers and uptake in a long-term fertilizer experiment. **Field Crops Research**, v. 118, n. 2, p. 183-193, 2010.

STIPP, S. R.; CASARIN, V. A importância do enxofre na agricultura brasileira. **Informações agrônômicas**, v. 129, p. 14-20, 2010.

STRECK, N. A.; TIBOLA, T.; LAGO, I.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; SCHNEIDER, F. M., ZAGO, V. Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1275-1280, 2005.

SUCHORONCZEK, A.; JADOSKI, S. O.; BOTELHO, R. V.; DOS SANTOS, J.; CAMACHO, A. R. Efeito de épocas de colheita e tempo de armazenamento de tubérculos de batata sobre características de qualidade pós-colheita. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 9, n. 1, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. Departamento de Engenharia Agrícola. Estação Climatológica Principal de Viçosa. **Boletim meteorológico 2017**. Viçosa, 2017.

VENKATESAN, S.; JAYAGANESH, S. Characterisation of magnesium toxicity, its influence on amino acid synthesis pathway and biochemical parameters of tea. **Research Journal of Phytochemistry**, v.4, n. 2, p. 67–77, 2010.

VOS, J.; BIEMOND, H. Effects of nitrogen on the development and growth of the potato plant. 1. Leaf appearance, expansion growth, life spans of leaves and stem branching. **Annals of Botany**, v. 70, n. 1, p. 27-35, 1992.

WEIR, A. H.; BRAGG, P. L.; PORTER, J. R.; RAYNER, J. H. A winter wheat crop simulation model without water or nutrients limitations. **Journal of Agricultural Science**, v.102, n.2, p.371-382, 1984.

YRUELA, I. Copper in plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, n. 1, p. 145-156, 2005.

CAPÍTULO 2 - PRODUTIVIDADE DE TUBÉRCULOS DE BATATA E CARACTERÍSTICAS DA PLANTA E DO SOLO INFLUENCIADAS POR DOSES DE CALCÁRIO DOLOMITICO

1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) ocupa o quarto lugar em produção mundial de alimentos, sendo superada pelo trigo, milho e arroz (FAO, 2015). O tubérculo de batata é considerado alimento básico e prático, com rica composição nutricional e versatilidade gastronômica, pois pode ser consumido de várias formas, ensopado, assado, frito ou cozido. A cultura possui ampla adaptabilidade de cultivo e alto potencial de produtividade (HIRSCH et al., 2013). A produção de batata no Brasil em 2017 foi de 4.279.797 t, em 140.353 ha, com a produtividade média de 30.493 kg ha⁻¹, sendo que Minas Gerais é o maior produtor nacional, com a produção de 1,27 milhão t (IBGE, 2018). A expectativa em 2018 é de 3.834.049 t, em 129.686 ha com produtividade média de 29,564 kg ha⁻¹ (IBGE, 2018). Dentre as cultivares, Ágata é a mais cultivada no Brasil, sendo indicada para o mercado fresco, apropriada para cozimento e saladas (FELTRAN et al., 2004; ARAÚJO et al., 2016).

A batata se adapta às condições de solos com pH ácido, que prevalecem na maioria dos solos brasileiros, que são ácidos e com baixo teor de cálcio (SALVADOR et al., 2011) e às vezes de Mg. Com a finalidade de correção da limitação de Mg é possível aplicar calcário dolomítico ao solo, apesar da lenta solubilidade em termos de ação de neutralização de acidez. É sabido que, em geral, os corretivos de acidez apresentam solubilidade baixa em água e a ação de neutralização depende da granulometria, contato com o solo, e o tempo de reação no solo (GONÇALVES et al., 2011). Normalmente, o calcário é aplicado e incorporado ao solo antes da implantação das culturas, sendo mais efetivo e rápido no local em que foi aplicado (NASCENTE & COBUCCI, 2015). Sempre é necessária a presença de água para início de solubilização do calcário e neutralização da acidez e de íons indesejáveis ao crescimento das plantas, principalmente das raízes.

Todos os processos de absorção, armazenamento e translocação na planta, envolvendo Ca e Mg, podem sofrer restrições devido a fatores bióticos e abióticos, como a acidez do solo e íons solúveis de alumínio, ferro e manganês, dentre outros. Em solos ácidos, é comum ocorrer deficiência de Mg concomitantemente a toxicidade de íons solúveis de alumínio que é um dos principais inibidores do crescimento radicular. De acordo com Chen et al. (2017), a aplicação de Mg alivia a toxicidade de Al em várias espécies de plantas devido a competição iônica desses elementos pelos sítios de troca no apoplasto, incluindo-se parede celular e as superfícies da membrana plasmática. Os autores comentam que a regulação da atividade da H-ATPase e da secreção de ácidos orgânicos podem contribuir para maior tolerância ao alumínio. Adicionalmente, mencionam que a nível intracelular, a concentração de Mg exigida para contrapor à toxicidade de Al é mínima, pois ambos possuem similares raios de hidratação e assim competem no citosol para se ligarem à componentes celulares como fosfato inorgânico, ATP, RNA e DNA.

Uma possibilidade de suprir Ca e Mg à batata é adicionar ao solo o calcário dolomítico denominado filler (CDF) e incorporado superficialmente na camada de 10 cm de solo ou diretamente no sulco de plantio. Mas, fica a indagação de como seria o comportamento do CDF sobre a cultura da batata. O CDF possui granulometria fina, potencial de reação rápida no solo e possibilidade de interferir no pH do mesmo, além de fornecer Mg e Ca às culturas. Esses dois nutrientes possuem importante função no crescimento e desenvolvimento das plantas. O magnésio é um elemento chave em diversas reações e processos metabólicos específicos (CAKMAK & TAZICI, 2010), sendo importante componente estrutural da molécula de clorofila (TAIZ & ZEIGER, 2004), afetando, conseqüentemente, o processo fotossintético das plantas. O cálcio é importante para a estabilidade da membrana plasmática e parede celular, além da integridade das células (WHITE & BROADLEY, 2003; MARSCHNER, 2012) e maior qualidade pós colheita (DAYOD et al., 2010). São conhecidos efeitos positivos da aplicação de cálcio no solo sobre a produção de tubérculos de batata (EL-BELTAGY et al., 2002; GUMEDE, 2017) que, em conjunto com a aplicação de fertilizantes pode aumentar o potencial produtivo de culturas, como a batata, principalmente em regiões tropicais e subtropicais

(HAILE & BOKE, 2011; VILELA et al., 2010). Porém, o fornecimento em excesso pode promover desordens nutricionais e redução do poder de ação do calcário (PRADO et al., 2013).

Ademais, pelo alto custo e difícil aplicação, devido à possibilidade de deriva, hipotetiza-se ser vantajoso e viável aplicar o CDF diretamente no sulco de plantio em dose menor do que a que seria recomendada para a aplicação em toda a área e incorporada superficialmente na camada de 10 cm de solo.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a produtividade e teor de Mg de tubérculos e o comportamento da planta e do solo determinados pelo modo de aplicação e de doses de calcário dolomítico, tipo Filler.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Horta Nova, área de pesquisa do Departamento de Fitotecnia (DFT) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), a 693 m de altitude, latitude de 20°45' sul e longitude na época de julho a outubro de 2016. O clima da região, de acordo com a classificação climática de Koppen (1948), é do tipo Cwa e o solo do local é plano, pouco susceptível a erosão, caracterizado como um Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico (EMBRAPA, 1999).

Antes da instalação do experimento, na área experimental foi feita amostragem do solo na camada de 0-20 cm de profundidade, para determinação das características químicas e físicas do solo (Tabela 1). Os dados meteorológicos registrados diariamente foram obtidos através do boletim disponibilizado pela Estação Meteorológica de Viçosa (UFV, 2017) (Figura 1).

Tabela 1. Características químicas e físicas da camada do solo de 0-20 cm de profundidade, antes da instalação do experimento

Características químicas	Valor
pH em água - 1:2,5	5,75
Matéria orgânica (MO) (dag kg ⁻¹) ¹	6,78
Fósforo (P) (mg dm ⁻³) ²	67,6
Potássio (K) (mg dm ⁻³) ²	96,0
Cálcio (Ca ²⁺) (cmol _c dm ⁻³) ³	1,96
Magnésio (Mg ²⁺) (cmol _c dm ⁻³) ³	0,49
Acidez trocável (Al ³⁺) (cmol _c dm ⁻³) ³	0,00
Acidez potencial (H + Al) (cmol _c dm ⁻³) ⁴	3,10
Soma de bases (SB) (cmol _c dm ⁻³)	2,70
Capacidade de troca de cátions: CTC efetiva (t) (cmol _c dm ⁻³)	2,70
Capacidade de troca de cátions: CTC a pH 7,0 (T) (cmol _c dm ⁻³)	5,80
Saturação por bases (V, %)	46,6
P-remanescente (mg L ⁻¹)	35,8
Características físicas	Valor
Areia grossa (kg kg ⁻¹)	0,233
Silte (kg kg ⁻¹)	0,194
Argila (kg kg ⁻¹)	0,134
Classificação textual ⁵	Argila Arenosa
Tipo de solo ⁶	3

¹ MO=C. Org x 1,724 – Walkley – Black; ² Extrator Mehlich - 1; ³ Extrator KCl 1 mol.L⁻¹; ⁴ Extrator Acetato de cálcio 0,5 mol.L⁻¹ pH 7,0; ⁵ SBCS ; ⁶ IN SPA/MAPA 02/2008

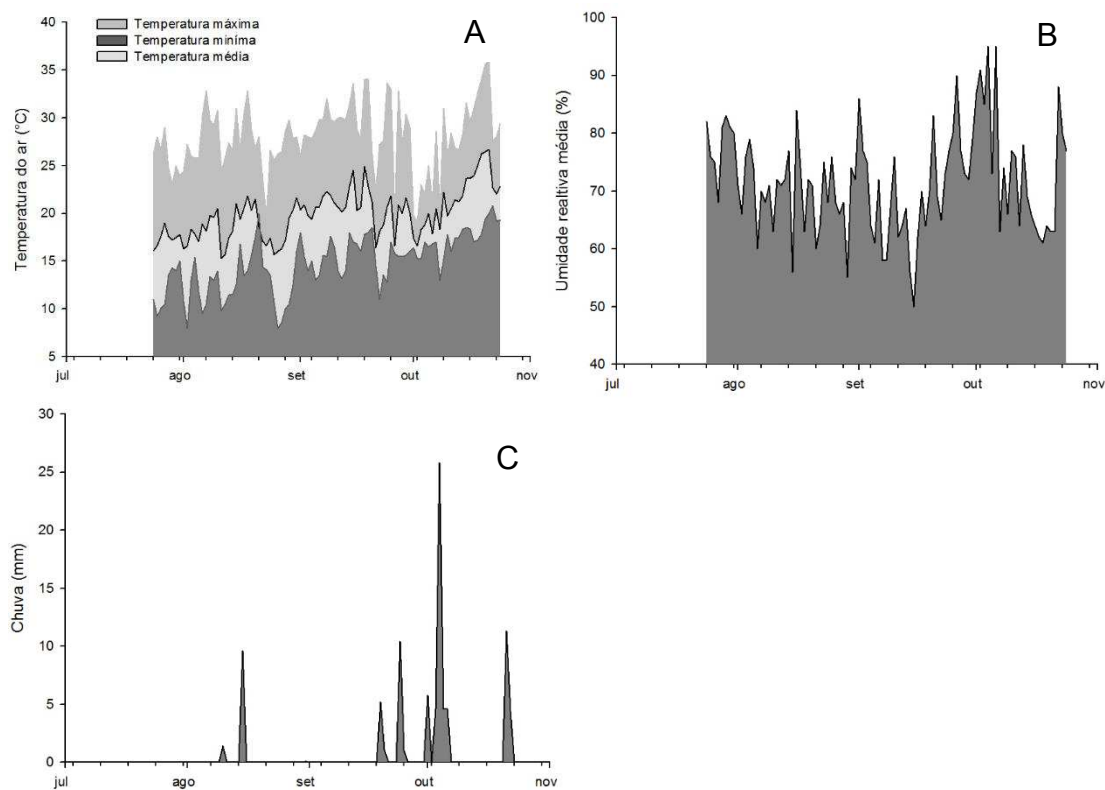


Figura 1. Temperatura máxima, média e mínima (A), umidade relativa média (B) e chuvas (C), durante a condução do experimento, julho a outubro de 2016.

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi instalado no campo, sendo utilizados tubérculos de batata (*Solanum Tuberosum* L.), cultivar Ágata. Os tubérculos sementes utilizados, cedidos pela empresa Bem Brasil Alimentos LTDA – Araxá -MG, estavam naturalmente brotados e foram selecionados em tamanho uniforme, sem a presença de pragas e doenças e massa média de 70 g. A cultivar Ágata possui maturação precoce, tubérculos com olhos superficiais, rendimento alto, muito baixo teor de matéria seca, forma alongada e oval, casca amarela clara predominantemente lisa, a popa é de cor amarelo-claro (ARAÚJO et al., 2016; ABBA, 2017), além de possuir boa resistência ao distúrbio fisiológico rachadura (FELTRAN & LEMOS, 2005). É indicada para mercado fresco, sendo apropriada para cozimento e saladas, não sendo adequadas para fritura (FELTRAN et al., 2004; ARAÚJO et al., 2016). O teor de nutrientes na massa da matéria seca do

tubérculo semente utilizado para o plantio, apresentou em média: 1,19 g kg⁻¹ de Mg; 0,78 g kg⁻¹ de Ca; 6,6 mg kg⁻¹ de Cu; 10,2 mg kg⁻¹ de Mn; 362,9 mg kg⁻¹ de Fe e 17,1 mg kg⁻¹ de Zn.

Os tratamentos consistiram de cinco doses de calcário dolomítico “filler” (CDF) cujas características foram: PRNT = 100%; PN = 100%; teores de MgO = 18% e CaO = 30% e natureza física pó. As doses de calcário foram aplicadas na superfície do solo e incorporadas com enxada rotativa na profundidade aproximada de 10 cm. As doses de CDF foram calculadas a fim de se obter 0,0; 0,5; 1,0; 2,0 e 8,0 vezes a dose necessária para atingir a saturação por base do solo em 60%, correspondendo aproximadamente a 0; 0,20; 0,39; 0,78 e 3,11 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, respectivamente. Também foi instalado um tratamento adicional aplicando-se a necessidade de calagem (0,39 t ha⁻¹) diretamente nos sulcos de semeadura, sem a incorporação ao solo, com aproximadamente 10 cm de profundidade. O experimento foi instalado no delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições.

Cada unidade experimental foi constituída de 4 linhas de 1,75 m de comprimento, espaçadas de 0,75 m entre linhas e 0,25 m entre plantas, perfazendo área de 5,25 m² (3,0 x 1,75m), sendo consideradas úteis as fileiras centrais, excluindo as duas plantas das extremidades de cada linha, totalizando 10 plantas úteis.

2.3 Instalação e condução dos experimentos no campo

Previamente, a área do experimento foi submetida a dois plantios sucessivos de milho, sem aplicação de fertilizantes de plantio e cobertura, sendo as plantas cortadas mecanicamente e retiradas da área. Em seguida foram realizadas uma aração, 2 gradagens e o sulcamento.

Após a marcação das parcelas, as doses de calcário foram aplicadas na superfície (100%) e incorporadas com enxada rotativa. Posteriormente, foi realizado o sulcamento manual com enxada e a distribuição dos fertilizantes pré-plantio nos sulcos. Nas parcelas do tratamento adicional, a aplicação do calcário foi realizada diretamente nos sulcos após a aplicação e incorporação dos adubos

pré-plantio, não sendo incorporado o calcário no solo. Todos dos tratamentos receberam a mesma quantidade dos seguintes fertilizantes: 1800 kg ha⁻¹ de superfosfato simples (18%P₂O₅); 500 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (60% de K₂O); 10 kg ha⁻¹ de bórax (11% de B); 10 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco (22% de Zn); 10 kg ha⁻¹ de sulfato de cobre, 0,5 kg ha⁻¹ de molibdato de sódio (39% Mo) e 275 Kg ha⁻¹ de ureia (44% de N).

No dia 25 de julho de 2016, foi realizada a distribuição manual dos tubérculos de batata sementes nos sulcos e, posteriormente, foi aplicado inseticida Carbofurano (60 kg ha⁻¹ do produto comercial) sobre os tubérculos. Finalmente os sulcos foram fechados de forma manual com auxílio de enxada.

Durante o período experimental, foram feitas aplicações dos fungicidas Cymoxanil + Mancozeb e Oxicloreto de cobre e inseticida Acetamiprido de forma preventiva, semanalmente, de acordo com a recomendação de cada produto. Capinas manual foram feitas para controle de plantas daninhas até o momento do fechamento do dossel vegetativo. Quando necessário, a irrigação foi realizada por aspersão convencional sempre no período da manhã.

Diariamente foi realizada contagem de emergência das plântulas nas parcelas do experimento. O dia em que 50% das hastes das plântulas na área útil encontravam-se acima do nível do solo foi considerado o dia de emergência plena. Aos 21 dias após emergência (DAE), em uma planta representativa de cada parcela, foram feitas as avaliações na quarta folha e aos 22 DAE fez-se a adubação de cobertura utilizando 275 kg ha⁻¹ de ureia. Logo em seguida foi realizada a amontoa, com auxílio de enxada.

A suspensão da irrigação ocorreu uma semana antes da colheita, a qual foi realizada quando a parte aérea das plantas estavam totalmente secas, aos 75 DAE.

2.4 Características avaliadas

2.4.1 Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

Após o plantio foi feita avaliação diária para determinar a porcentagem de emergência em cada parcela. Com os valores obtidos, foi calculado o índice de velocidade de emergência das plântulas para cada dose aplicada de calcário, obtidos através da divisão do número de plantas emergidas a cada dia, pelo número de dias do plantio até à emergência (MAGUIRE, 1962).

2.4.2 Características avaliadas na quarta folha, aos 21 DAE

Foi escolhida uma planta representativa de cada parcela para realizar as avaliações na quarta folha completamente expandida a partir do ápice da planta, sendo essa a folha referência recomendada para verificar o estado nutricional da batateira (FONTES, 2005).

2.4.2.1 Comprimento e largura

Comprimento e largura foram medidos com régua milimetrada. O comprimento foi considerado a distância entre a base distal do pecíolo e a extremidade do folíolo terminal. A largura foi determinada medindo a maior distância perpendicular ao eixo do comprimento

2.4.2.2 Medições ópticas

Foi determinado o índice SPAD usando o medidor portátil clorofilômetro SPAD – 502 (Soil Plant Analysis Development – 502). Entre 8 e 10 horas da manhã, foram realizadas três leituras no folíolo terminal, evitando leituras nas

nervuras centrais, sendo utilizada a média das leituras. A medição seguiu os procedimentos indicados em Fontes & Araújo (2007).

O Índice DUALEX foi medido com o medidor Dualex (Force A), no folíolo terminal da quarta folha. O Dualex fornece três índices: clorofila (Chl), flavonóis (Flv) e IBN (Índice de balanço do nitrogênio). O IBN é obtido pela relação entre os índices Chl e Flv (FONTES, 2011).

2.4.2.3 Área foliar

Após as medições ópticas realização em campo, a quarta folha foi destacada da planta e acondicionada em saco plástico unificado e colocado dentro de uma caixa de isopor para transporte até o laboratório para determinação da área foliar (cm²/folha) utilizando o integrador de área foliar modelo medidor LI – COR 3100.

2.4.2.4 Massa da matéria fresca e seca

Após pesagem em balança analítica para determinar a massa da matéria fresca, a quarta folha foi acondicionada em saco de papel e colocada em estufa de ventilação forçada de ar a 70 °C, até atingir massa constante. Em seguida foi determinada a massa da matéria seca.

2.4.2.5 Teores de Ca e Mg e micronutrientes

Após a secagem e pesagem, a quarta folha foi triturada em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de 20 mesh. Foi retirada 0,2 g de cada amostra para realização da digestão nitroperclórica, de acordo com metodologias descritas em Malavolta et al. (1997), para a determinação do teor Ca, Mg e micronutrientes por espectrofotometria de absorção atômica (BLANCHARD et al.

1965). O teor dos nutrientes da quarta folha foi expresso em g kg^{-1} para macronutrientes e mg kg^{-1} , para micronutrientes.

2.4.3 Características avaliadas na planta, aos 21 DAE

2.4.3.1 Número de folhas, hastes e tubérculos, comprimento e diâmetro da maior haste, massa da matéria fresca e seca de folhas, hastes, raízes e tubérculos e área foliar

Em uma planta representativa de cada parcela foram separadas as folhas, as hastes, as raízes e os tubérculos. Foram contadas as folhas, hastes e tubérculos. O comprimento da maior haste foi aferida com uma regra milimetrada e o diâmetro medido, a um centímetro da base, com um paquímetro digital.

Foi determinada a área foliar da planta ($\text{cm}^2/\text{planta}$), utilizando o medidor de área foliar modelo LICOR 3100.

Cada órgão foi pesado em balança analítica para determinar a massa da matéria fresca. Posteriormente, cada material foi acondicionado em saco de papel e colocado em estufa de ventilação forçada de ar a $70\text{ }^\circ\text{C}$, até atingir massa constante, quando foi determinada a massa de matéria seca de cada órgão.

2.4.4 Avaliação no solo

Após 26 dias da aplicação do calcário (DAC), foi retirada amostra de solo a 20 cm de profundidade, com trado Tipo Sonda, na linha de plantio de cada parcela. A operação foi repetida com intervalos de 15 dias, totalizando 5 amostragens. As amostras foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm de abertura para as análises de pH e teores de Mg e Ca. O pH em água, proporção 1:2,5 (solo-água), foi determinado seguindo procedimento de EMBRAPA (1997) e a determinação dos teores de Ca e Mg foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica (BLANCHARD et al., 1965).

2.4.5 Avaliações realizadas na colheita

2.4.5.1 Produtividade de tubérculos comerciais

Aos 75 DAE, os tubérculos foram colhidos e permaneceram sobre o solo por duas horas para o secamento da película. Posteriormente, foram levados para o galpão, onde foram classificados nas classes I, II, III e IV, de acordo com o diâmetro transversal, seguindo-se a portaria 69, publicada no DOU de 23/02/1995, em que a classe I apresenta diâmetro maior que 8,5 cm; a classe II $> 4,5 < 8,5$ cm; a classe III $> 3,3 < 4,5$ cm; e a classe IV menor que 3,3 cm. Foram considerados tubérculos comerciais aqueles das classes II e III.

Os tubérculos de cada parcela foram pesados para obtenção da massa da matéria fresca. Foi determinada a produtividade comercial de tubérculos em cada tratamento ($t\ ha^{-1}$).

2.4.5.2 Teor de Ca, Mg e micronutrientes nos tubérculos comerciais

Após a secagem, uma amostra 0,5 g de tubérculos comerciais de cada tratamento foi moída em moinho tipo Wiley, equipado com peneira de 20 mesh, para a determinação dos teores Ca, Mg e micronutrientes por espectrofotometria de absorção atômica (BLANCHARD et al., 1965). O mesmo procedimento para leitura dos nutrientes foi realizado em amostras de casca e polpa de tubérculos, aos quais foram separado de forma manual utilizando um descascador doméstico de hortaliças.

2.4.6 Pós colheita

2.4.6.1 Perda de peso

Foram retirados seis tubérculos como amostra de cada tratamento, sendo lavados para retirar a terra aderida na casca apenas três deles. Os outros três tubérculos não foram lavados, sendo apenas retirado o excesso de terra manualmente. As amostras foram colocadas em bandeja de isopor e expostas a luz provenientes de quatro lâmpadas fluorescentes de 60W cada uma e também influenciados pela luz natural, durante 30 dias. O peso fresco inicial, aquele no momento em que as batatas foram colocadas na bancada, foram transformados em correspondência a 100%, e os pesos frescos de cada pesagem posterior foram transformados proporcionalmente ao peso inicial, estimando-se assim a perda de peso fresco dos tubérculos (BACARIN et al., 2005).

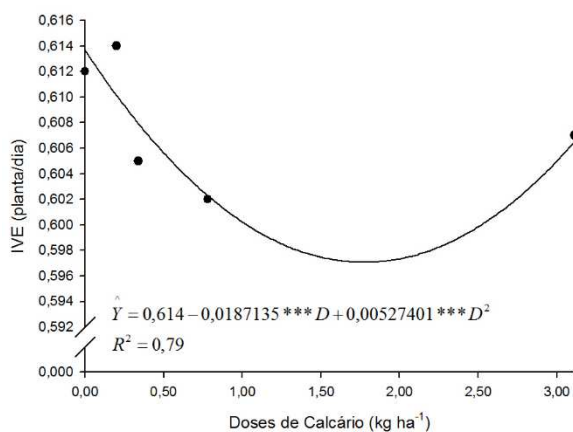
2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância e o tratamento adicional foi comparado com cada uma das doses de calcário aplicado superficialmente e incorporado ao solo, pelo teste Dunnett ao nível de 5% de probabilidade. O efeito das doses de calcário foi analisado por regressão.

3. RESULTADOS

3.1 Índice de velocidade de emergência (IVE)

Houve efeito das doses de calcário sobre os valores do IVE (Figura 2). Comparando-se o tratamento adicional com os demais tratamentos, não foi observado diferença significativa pelo teste de Dunnett ($p < 0,5$).



*** - significativo a 10 % de probabilidade pelo teste "t".

Figura 2– Relação entre o índice de velocidade de emergência (IVE) e doses de calcário.

3.2 Efeito dos tratamentos no solo

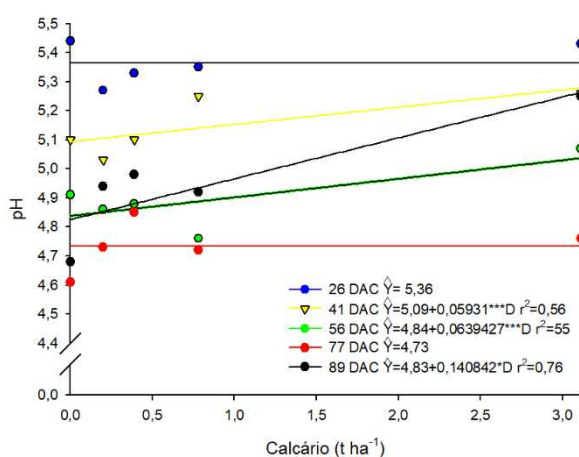
3.2.1 pH

Houve efeito das doses de calcário sobre o valor do pH do solo aos 41, 56 e 89 dias após aplicação do calcário (DAC). Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses calcário sobre os valores dessa variável nas épocas avaliadas estão na Tabela 2 e na Figura 3.

Comparando-se o tratamento adicional com os demais tratamentos, foi observado diferença significativa pelo teste de Dunnett ($p < 0,5$) apenas aos 89 DAC (Tabela 3).

Tabela 2 – Equações ajustadas para pH do solo na linha de plantio em função das doses de calcário (D), $t\ ha^{-1}$, em diferentes épocas de avaliação (DAC) e os respectivos coeficientes de determinação

DAC	Equações ajustadas	R ² /r ²
26	$\hat{Y} = 5,36$	-
41	$\hat{Y} = 5,09 + 0,05931^{***}D$	0,56
56	$\hat{Y} = 4,84 + 0,0639427^{***}D$	0,55
77	$\hat{Y} = 4,73$	-
89	$\hat{Y} = 4,83 + 0,140842 *D$	0,76



* e *** - significativo a 5 e 10 % de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 3 – Relação entre pH e doses de calcário, aos 26, 41, 56, 77 e 89 DAC.

Tabela 3. Médias para pH do solo, em função de épocas de avaliação (DAC) e doses de calcário ($t\ ha^{-1}$)

Dose	26DAC	41DAC	56DAC	77DAC	89DAC
Sulco	5,22	4,97	4,95	4,84	4,77
0,00	5,44	5,10	4,91	4,61	4,67
0,20	5,27	5,03	4,86	4,73	4,94
0,34	5,33	5,10	4,88	4,85	4,98
0,78	5,35	5,25	4,76	4,72	4,92
3,11	5,43	5,26	5,07	4,76	5,25*

* Médias diferentes da testemunha a 5% de probabilidade pelo teste Dunnett.

3.2.2 Teor de Ca e Mg

Houve efeito das doses de calcário sobre os valores do teor de Ca no solo aos 41 e 89 DAC. Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses calcário sobre os valores dessa variável nas épocas avaliadas estão na Tabela 4 e nas Figuras 4A e 4B.

Houve efeito positivo das doses de calcário sobre os valores do teor de Mg no solo em todas as épocas avaliadas. Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses calcário sobre os valores dessa variável nas épocas avaliadas estão na Tabela 5 e na Figura 5.

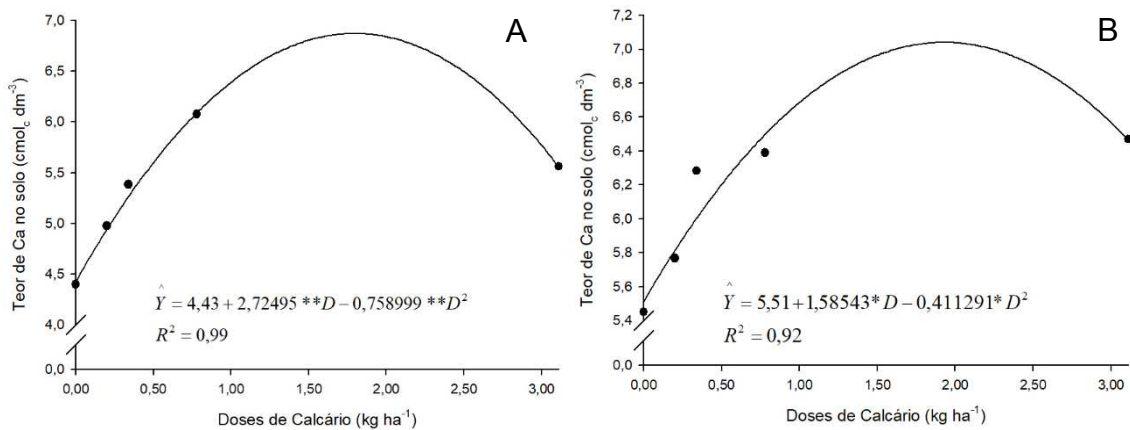
Comparando-se o tratamento adicional com os demais tratamentos, foram observadas diferenças significativas pelo teste de Dunnett ($p < 0,5$) sobre os valores do teor de Ca no solo aos 77 e 89 DAC e sobre os valores do teor de Mg aos 26, 41 e 89 DAC (Tabela 6 e Tabela 7).

Tabela 4 – Equações de regressão ajustadas para teor de Ca ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo em função das doses de calcário (D), t ha^{-1} , em diferentes épocas de avaliação (DAC) e os respectivos coeficientes de determinação

DAC	Equações ajustadas	R^2/r^2
26	$\hat{Y} = 6,66$	-
41	$\hat{Y} = 4,43 + 2,72495 \text{ **}D - 0,758999 \text{ **}D^2$	0,99
56	$\hat{Y} = 3,82$	-
77	$\hat{Y} = 4,53$	-
89	$\hat{Y} = 5,51 + 1,58543 \text{ *}D - 0,411291 \text{ *}D^2$	0,92

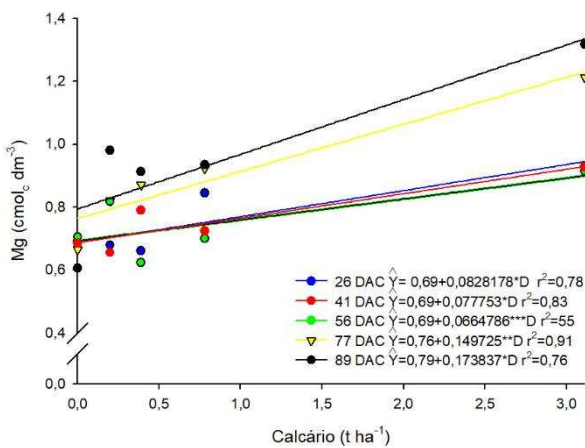
Tabela 5 – Equações de regressão ajustadas para teor de Mg ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo em função das doses de calcário (D), t ha^{-1} , em diferentes épocas de avaliação (DAC) e os respectivos coeficientes de determinação

DAC	Equações ajustadas	R^2/r^2
26	$\hat{Y} = 0,69 + 0,0828178 \text{ *}D$	0,78
41	$\hat{Y} = 0,69 + 0,077753 \text{ *}D$	0,83
56	$\hat{Y} = 0,69 + 0,0664786 \text{ ***}D$	0,55
77	$\hat{Y} = 0,76 + 0,149725 \text{ **}D$	0,91
89	$\hat{Y} = 0,79 + 0,173837 \text{ *}D$	0,76



* e ** - significativo a 5 e 1 % de probabilidade pelo teste “t”, respectivamente.

Figura 4 – Relação entre teor de Ca no solo, aos 41 (A) e 89 (B) DAC e doses de calcário.



** - significativo a 1 % de probabilidade pelo teste “t”.

Figura 5 – Relação entre teor de Mg no solo, aos 26, 41, 56, 77 e 89 DAC e doses de calcário.

Tabela 6 - Médias dos teores de Ca no solo em função de épocas de avaliação (DAC) e doses de calcário (t ha⁻¹)

Dose	26DAC	41DAC	56DAC	77DAC	89DAC
Sulco	5,14	4,17	3,64	4,71	3,04
0,00	7,72	4,40	3,11	4,50	5,45*
0,20	5,77	4,98	5,05	4,81	5,77*
0,34	5,95	5,38	3,56	3,43*	6,28*
0,78	6,04	6,08	3,78	5,29	6,39*
3,11	7,83	5,56	3,97	4,63	6,47*

* Médias diferentes da testemunha a 5% de probabilidade pelo teste Dunnett.

Tabela 7- Médias dos teores de Mg no solo em função de épocas de avaliação (DAC) e doses de calcário ($t\ ha^{-1}$)

Dose	26DAC	41DAC	56DAC	77DAC	89DAC
Sulco	0,64	0,74	0,74	0,69	0,67
0,00	0,69	0,67	0,71	0,68	0,61
0,20	0,68	0,82	0,82	0,66	0,98
0,34	0,66	0,87	0,62	0,79	0,91
0,78	0,84	0,92	0,69	0,72	0,93
3,11	0,93*	1,21*	0,92	0,93	1,32*

* Médias diferentes da testemunha a 5% de probabilidade pelo teste Dunnett.

3.3 Efeito dos tratamentos sobre índices agronômicos

3.3.1 SPAD e DUALEX (NBI, CHL e FLV), comprimento (C), largura (L), área foliar (AF), massa da matéria fresca (MF) e seca (MS) da quarta folha, aos 21 DAE

Não houve efeito das doses de calcário sobre os valores dos índices agronômicos avaliados na quarta folha, aos 21 DAE (Tabela 8).

Comparando-se o tratamento adicional com os demais tratamentos, foi observada diferença significativa pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) apenas na variável CHL, na dose $0,34\ t\ ha^{-1}$ de calcário (Tabela 9).

Tabela 8 – Equações de regressão ajustadas SPAD (SPAD), índice de balanço de N (NBI), índice de clorofila (CHL), índice de flavonóis (FLV), comprimento (C), largura (L), área (A), massa da matéria fresca (MF) e massa da matéria seca (MS) medidos na quarta folha, aos 21 DAE, em função das doses de calcário (D), t ha⁻¹, e os respectivos coeficientes de determinação

Variáveis	Unidade	Equações ajustadas	R ²
SPAD	unidades	$\hat{Y} = 46,67$	-
NBI	unidades	$\hat{Y} = 22,13$	-
CHL	unidades	$\hat{Y} = 42,42$	-
FLV	unidades	$\hat{Y} = 1,95$	-
C	cm	$\hat{Y} = 19,85$	-
L	cm	$\hat{Y} = 11,53$	-
AF	cm ²	$\hat{Y} = 96,35$	-
MF	g/planta	$\hat{Y} = 4,83$	-
MS	g/planta	$\hat{Y} = 0,49$	-

Tabela 9 - Médias para SPAD (SPAD), índice de balanço de N (NBI), índice de clorofila (CHL), índice de flavonóis (FLV), comprimento (C), largura (L), área (A), massa da matéria fresca (MF) e massa da matéria seca (MS) medidos na quarta folha, aos 21 DAE em função de doses de calcário (t ha⁻¹)

Dose	SPAD	NBI	CHL	FLV	C	L	A	MF	MS
Sulco	44,63	20,88	40,45	1,98	21,30	12,70	115,33	6,11	0,61
0,00	45,00	19,60	40,90	2,12	20,25	11,75	94,34	4,76	0,48
0,20	49,63	21,75	42,95	2,04	18,50	10,95	89,24	4,39	0,49
0,39	45,63	23,83	44,30*	1,83	21,90	13,40	117,61	5,78	0,60
0,78	45,10	21,58	41,30	1,98	20,20	10,55	97,02	4,91	0,49
3,11	48,00	23,90	42,65	1,81	18,38	11,00	83,55	4,30	0,41

* Médias diferentes da testemunha a 5% de probabilidade pelo teste Dunnett.

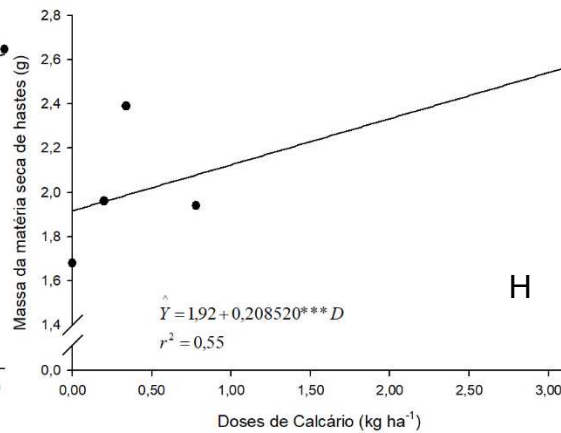
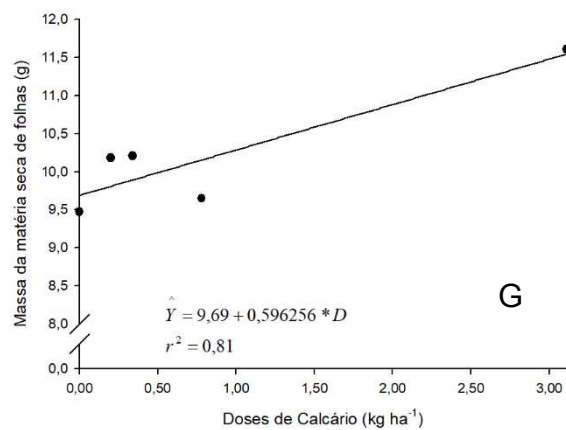
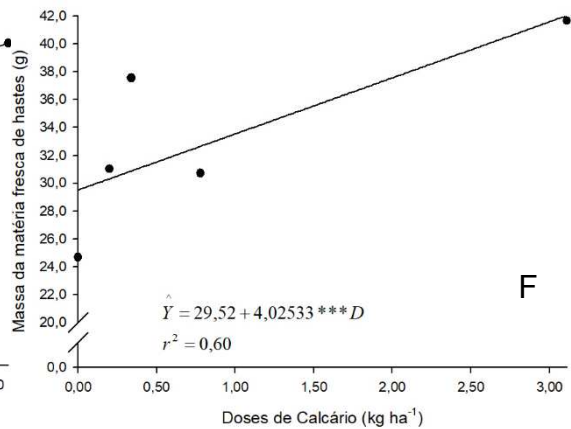
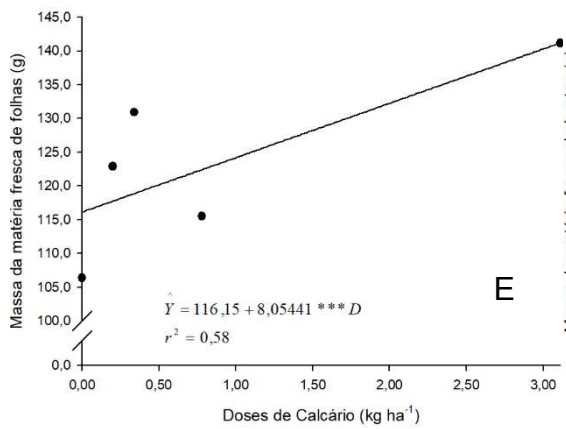
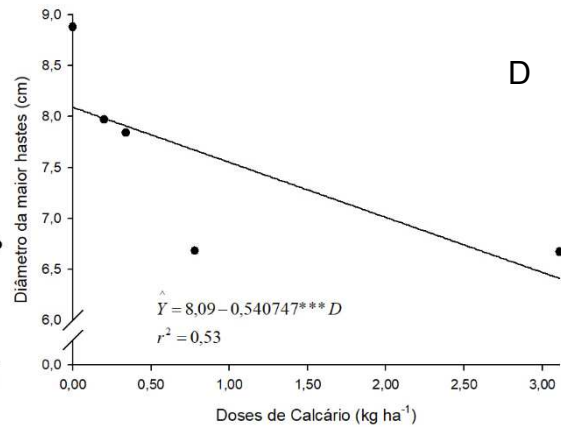
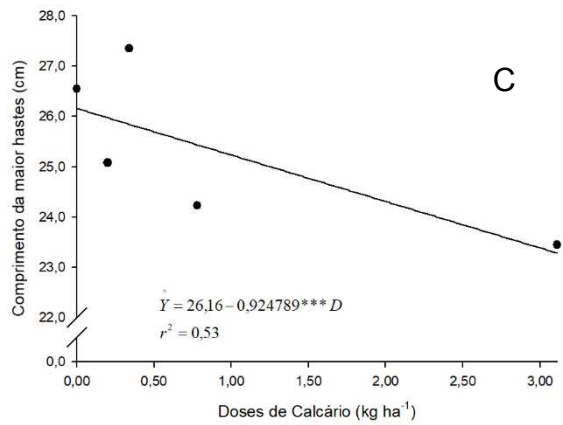
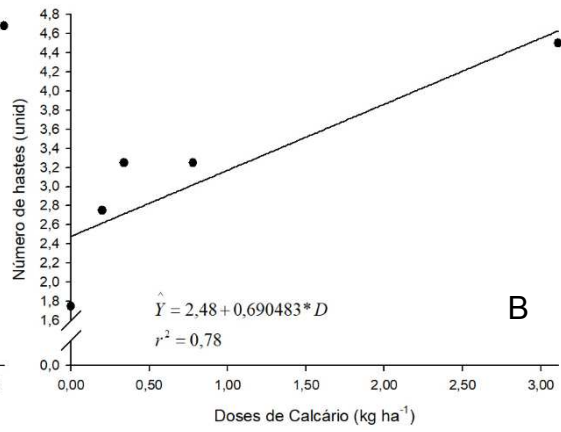
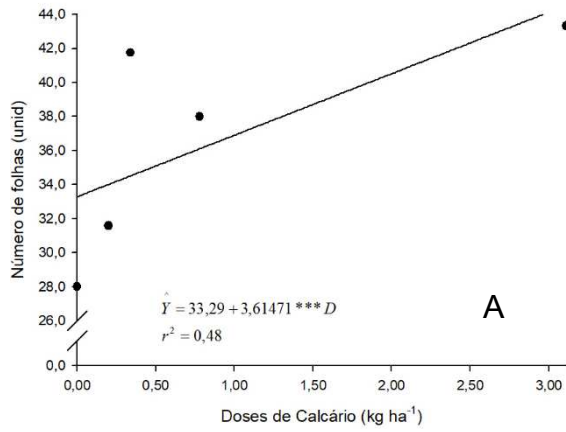
3.3.2 Número de folhas (NF), hastes (NH) e tubérculos (NT), comprimento (C) e diâmetro (D) da maior haste, massas das matérias fresca de folhas, hastes, raízes e tubérculos (MFF, MFH, MFR, MFT, respectivamente), massas das matérias seca de folhas, hastes, raízes, tubérculos (MSF, MSH, MSR e MST, respectivamente) e área foliar (AF), aos 21 DAE

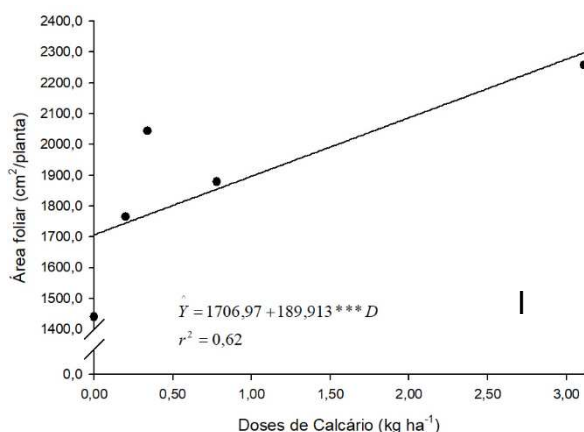
Houve efeito das doses de calcário sobre o número de folhas e hastes, comprimento e diâmetro da maior haste, massa da matéria fresca e seca de folhas e hastes, e na área foliar. Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses calcário sobre os valores dessas variáveis estão na Tabela 10 e Figuras 6A, 6B, 6C, 6D, 6E, 6E, 6F, 6G, 6H e 6I.

Comparando-se o tratamento adicional com os demais tratamentos, foram observadas diferenças significativas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) (Tabela 11). O número de hastes e massa da matéria fresca de raízes a diferença observada foi na dose $0,20 \text{ t ha}^{-1}$. A massa da matéria fresca de folhas, hastes e massa da matéria seca de tubérculos e área foliar apresentaram diferença nas doses 0, $0,20$ e $0,78 \text{ t ha}^{-1}$ e massa da matéria fresca de tubérculos e massa da matéria seca de raízes nas doses $0,20$ e $0,34 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico.

Tabela 10 – Equações de regressão ajustadas para número de folhas (NF), hastes (NH) e tubérculos (NT), comprimento (C) e diâmetro (D) da maior haste, massas das matérias fresca de folhas, hastes, raízes e tubérculos (MFF, MFH, MFR, MFT, respectivamente), massas das matérias seca de folhas, hastes, raízes, tubérculo (MSF, MSH, MSR e MST, respectivamente) e área foliar (AF), aos 21 DAE, em função de doses de calcário (D), t ha⁻¹, e os respectivos coeficientes de determinação

Variáveis	Unidade	Equações ajustadas	R ²
NF	Unidades	$\hat{Y} = 33,29 + 3,61471 \text{ ***D}$	0,48
NH	Unidades	$\hat{Y} = 2,48 + 0,690483 \text{ *D}$	0,78
NT	Unidades	$\hat{Y} = 7,75$	-
C	cm	$\hat{Y} = 26,16 - 0,924789 \text{ ***D}$	0,53
D	cm	$\hat{Y} = 8,09 - 0,540747 \text{ ***D}$	0,53
MFF	g/planta	$\hat{Y} = 116,15 + 8,05441 \text{ ***D}$	0,58
MFH	g/planta	$\hat{Y} = 29,52 + 4,02533 \text{ ***D}$	0,60
MFR	g/planta	$\hat{Y} = 13,98$	-
MFT	g/planta	$\hat{Y} = 41,23$	-
MSF	g/planta	$\hat{Y} = 9,69 + 0,596256 \text{ *D}$	0,81
MSH	g/planta	$\hat{Y} = 1,92 + 0,208520 \text{ ***D}$	0,55
MSR	g/planta	$\hat{Y} = 1,37$	-
MST	g/planta	$\hat{Y} = 5,33$	-
AF	cm ²	$\hat{Y} = 1706,97 + 189,913 \text{ ***D}$	0,62





* - significativo a 5 % de probabilidade pelo teste "t".

Figura 6 – Relação entre número de hastes (A) e folhas (B), comprimento (C) e diâmetro (D) da maior haste, massa da matéria fresca de folhas (E) e hastes (F), massa da matéria seca de folhas (G) e hastes (H) e área foliar (I) e doses de calcário, aos 21 DAE.

Tabela 11 - Médias para número de hastes (NH), folhas (NF) e tubérculos (NT), comprimento (CH) e diâmetro (DH) da maior haste, massa da matéria fresca de folhas (MFF), hastes (MFH), raízes (MFR) e tubérculos (MFT), massa da matéria seca de folhas (MSF), hastes (MSH), raízes (MSR) e tubérculos (MST) e área foliar (AREA) em função de doses de calcário, aos 21 DAE

Doses	NH	NF	NT	CH	DH	MFF	MFH	MFR	MFT	MSF	MSH	MSR	MST	AREA
Sulco	4,00	43,25	9,00	28,60	7,59	155,47	45,17	16,13	60,68	12,84	2,69	1,62	7,76	2512,79
0	1,75*	28,0*	5,50	26,55	8,88	106,36*	24,67*	10,21*	58,34	9,47	1,68	1,05*	7,73	1441,03*
0,20	2,75	31,57	9,75	25,08	7,97	122,91*	31,02*	16,10	29,25*	10,18	1,96	1,55	3,85*	1764,97*
0,34	3,25	41,75	7,50	27,35	7,84	130,90	37,55	15,76	30,81*	10,21	2,39	1,54	3,74*	2043,76*
0,78	3,25	38,00	7,50	24,23	6,68	115,53*	30,73*	12,08	43,63	9,65	1,94	1,26	5,46*	1878,39*
3,11	4,50	43,33	8,50	23,45	6,67	141,15	41,67	15,77	44,14	11,61	2,55	1,45	5,85	2257,53

* Médias diferentes da testemunha a 5% de probabilidade pelo teste Dunnett.

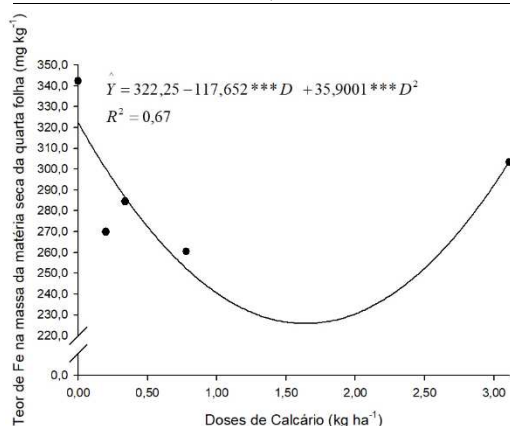
3.4 Efeito dos tratamentos sobre os teores de Mg, Ca, Cu, Mn, Fe e Zn na quarta folha

Dos nutrientes, Mg, Ca, Cu, Mn, Fe e Zn, houve efeito das doses de calcário apenas sobre os valores do teor de Fe na massa da matéria seca da quarta folha. O modelo que melhor descreveu o efeito das doses calcário sobre os valores dessa variável está na Tabela 12 e na Figura 7.

Comparando-se o tratamento adicional com os demais tratamentos, não foi observado diferença significativa pelo teste de Dunnett ($p < 0,5$) (Tabela 13).

Tabela 12 – Equações de regressão ajustadas para os teores de Mg, Ca, Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca da quarta folha (TMg, TCa, TCu, TMn, TFe e TZn), expressas em g kg⁻¹ para macronutrientes e mg kg⁻¹ para micronutrientes, em função de doses de calcário (D), t ha⁻¹, e os respectivos coeficientes de determinação, aos 21 DAE

Variáveis	Equações ajustadas	R ² /r ²
TMg	$\hat{Y} = 5,16$	-
TCa	$\hat{Y} = 19,45$	-
TCu	$\hat{Y} = 15,91$	-
TMn	$\hat{Y} = 187,09$	-
TFe	$\hat{Y} = 322,25 - 117,652 *D + 35,9001 *D^2$	0,67
TZn	$\hat{Y} = 42,84$	-



* - significativo a 5 % de probabilidade pelo teste "t".

Figura 7 – Relação entre o teor de Fe na massa da matéria seca da quarta folha e doses de calcário, aos 21 DAE.

Tabela 13 - Médias dos teores de Mg, Ca, Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca da quarta folha (TMg, TCa, TCu, TMn, TFe e TZn), expressas em g kg⁻¹ para macronutrientes e mg kg⁻¹ para micronutrientes, em função das doses de calcário, aos 21 DAE

Dose	TMg	TCa	TCu	TMn	TFe	TZn
Sulco	1,98	26,02	14,47	181,75	267,47	42,12
0,00	1,69	22,60	14,69	163,78	342,19	39,72
0,20	1,84	22,13	16,47	211,03	269,81	41,59
0,34	2,22	29,76	17,63	214,28	284,53	46,00
0,78	1,88	26,65	14,25	160,13	260,47	42,68
3,11	2,11	22,04	16,50	186,25	303,16	44,21

3.5 Efeito dos tratamentos sobre teor de nutrientes na polpa e casca de tubérculos comerciais

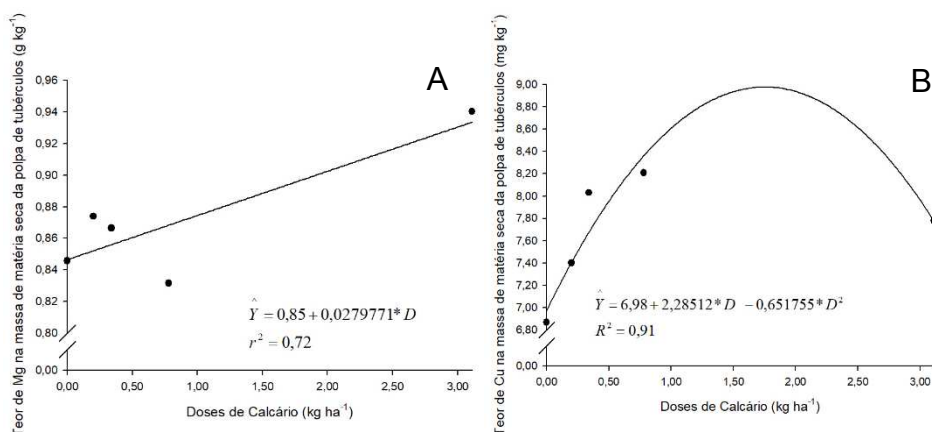
Houve efeito das doses de calcário sobre os valores dos teores de Mg e Cu na massa da matéria seca da polpa de tubérculos comerciais de batata. Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses calcário sobre os valores dessas variáveis estão na Tabela 14 e nas Figuras 8 A e 8 B.

Houve efeito das doses de calcário sobre os valores dos teores de Ca, Cu, Mn e Fe na massa da matéria seca da casca de tubérculos comerciais de batata. Os modelos que melhor descreveram o efeito das doses calcário sobre os valores dessas variáveis estão na Tabela 16 e nas Figuras 9 A, 9 B, 9 C e 9 D.

Comparando-se o tratamento adicional com os demais tratamentos, não foi observado diferença significativa pelo teste de Dunnett ($p < 0,5$) para os valores dos teores de nutrientes avaliados na massa da matéria seca de polpa (Tabela 15), porém houve diferença significativa no teor de Fe na massa da matéria seca de casca de tubérculos comerciais (Tabela 17).

Tabela 14 – Equações de regressão ajustadas para os teores de Mg, Ca, Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca da polpa de tubérculos comerciais (TMg, TCa, TCu, TMn, TFe e TZn), expressas em g kg^{-1} para macronutrientes e mg kg^{-1} para micronutrientes, em função de doses de calcário (D), t ha^{-1} , e os respectivos coeficientes de determinação

Variáveis	Equações ajustadas	R^2/r^2
TMg	$\hat{Y} = 0,85 + 0,0279771 *D$	0,72
TCa	$\hat{Y} = 0,84$	-
TCu	$\hat{Y} = 6,98 + 2,28512 *D - 0,651755 *D^2$	0,91
TMn	$\hat{Y} = 12,30$	-
TFe	$\hat{Y} = 33,01$	-
TZn	$\hat{Y} = 21,65$	-



* e *** - significativo a 5 e 10 % de probabilidade pelo teste “t”.

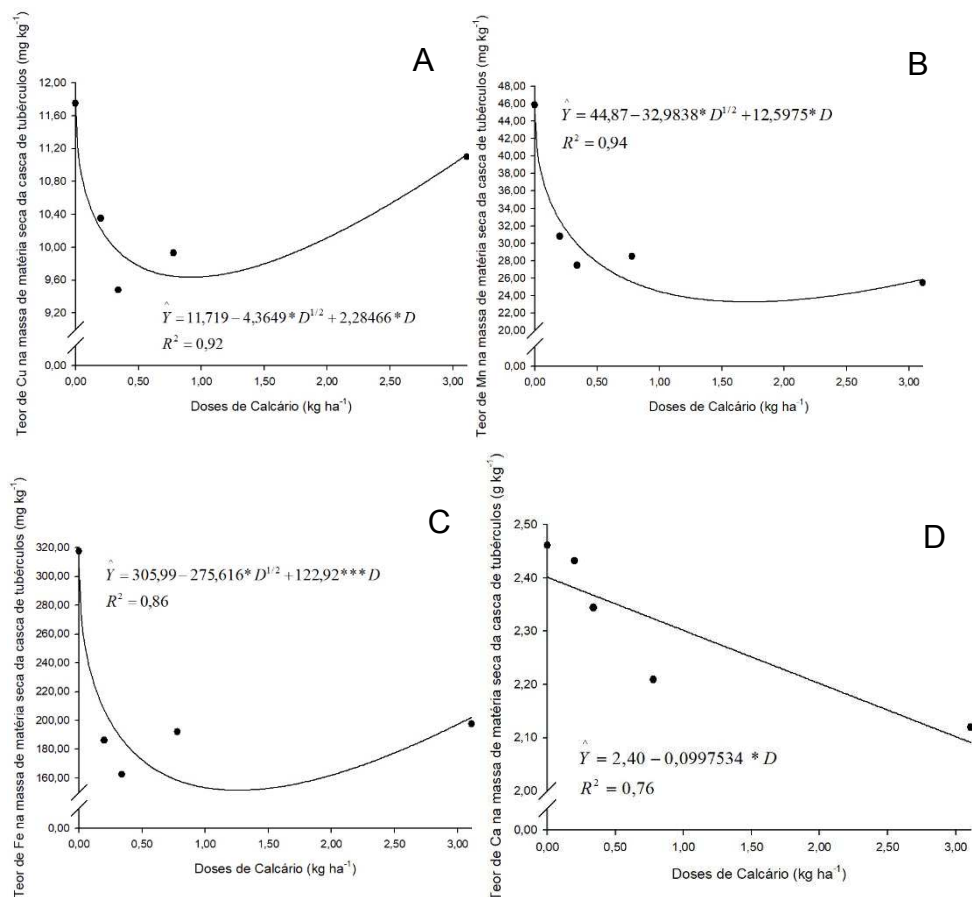
Figura 8 – Relação entre teor de Mg (A) e Cu (B) na massa da matéria seca da polpa de tubérculos e doses de calcário.

Tabela 15 - Médias para teores de Mg, Ca, Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca da polpa de tubérculos comerciais (TMg, TCa, TCu, TMn, TFe e TZn), expressas em g kg⁻¹ para macronutrientes e mg kg⁻¹ para micronutrientes, em função das doses de calcário

Dose	TMg	TCa	TCu	TMn	TFe	TZn
Sulco	0,87	0,76	8,64	11,01	28,81	20,82
0,00	0,84	0,69	6,87	12,63	29,18	21,22
0,20	0,87	0,77	7,40	13,88	29,27	21,37
0,34	0,86	0,11	8,03	11,33	43,15	22,23
0,78	0,83	0,84	8,21	11,64	32,24	20,66
3,11	0,94	0,76	7,78	12,05	31,23	22,78

Tabela 16 – Equações de regressão ajustadas para os teores de Mg, Ca, Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca da casca de tubérculos comerciais (TMg, TCa, TCu, TMn, TFe e TZn), expressas em g kg⁻¹ para macronutrientes e mg kg⁻¹ para micronutrientes, em função de doses de calcário (D), t ha⁻¹, e os respectivos coeficientes de determinação

Variáveis	Equações ajustadas	R ² /r ²
TMg	$\hat{Y} = 1,08$	-
TCa	$\hat{Y} = 2,40 - 0,0997534 * D$	0,76
TCu	$\hat{Y} = 11,72 - 4,3649 * D^{1/2} + 2,28466 * D$	0,92
TMn	$\hat{Y} = 44,87 - 32,9838 * D^{1/2} + 12,5975 * D$	0,94
TFe	$\hat{Y} = 305,99 - 275,616 * D^{1/2} + 122,92 ***D$	0,86
TZn	$\hat{Y} = 24,85$	-



* e *** - significativo a 5 e 10 % de probabilidade pelo teste “t”.

Figura 9 – Relação entre teor de Cu (A), Mn (B), Fe (C) e Ca (D) na massa da matéria seca da casca de tubérculos e doses de calcário.

Tabela 17 - Médias dos teores de Mg, Ca, Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca da casca de tubérculos comerciais (TMg, TCa, TCu, TMn, TFe e TZn), expressas em dag kg⁻¹ para macronutrientes e mg kg⁻¹ para micronutrientes, em função das doses de calcário

Dose	TMg	TCa	TCu	TMn	TFe	TZn
Sulco	1,02	1,80	10,23	28,98	210,25	27,84
0,00	1,15	2,46	11,75	45,87	317,44	25,58
0,20	0,94	2,43	10,35	30,82	186,13	26,20
0,34	1,12	2,34	9,48	27,48	162,54	24,02
0,78	1,11	2,21	9,93	28,51	192,11	24,29
3,11	1,10	2,22	11,10	25,48	197,55	24,15

3.6 Efeito dos tratamentos sobre a pós colheita

Não houve efeito das doses de calcário sobre a perda de peso em tubérculos de batata lavados e não lavados, apresentando perda média de 4,44 e 2,85 % ao dia, respectivamente.

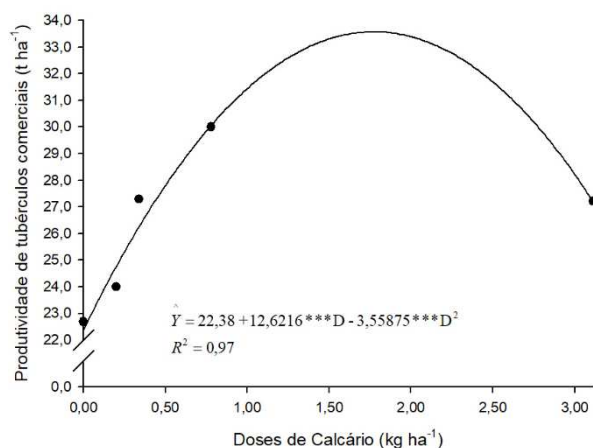
3.7 Produção de tubérculos comerciais

Não houve efeito das doses de calcário sobre o número de tubérculos comerciais de batata, mas houve efeito das doses de calcário sobre a produtividade de tubérculos comerciais de batata. O modelo que melhor descreveu o efeito das doses calcário sobre os valores dessa variável está na Tabela 18 e na Figura 10.

Comparando-se o tratamento adicional com os demais tratamentos, foi observado diferenças significativas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) no número de tubérculos comerciais para doses 0,20 e 0,78 kg ha⁻¹ de calcário (Tabela 19).

Tabela 18 – Equações de regressão ajustadas para número de tubérculos por planta e produtividade tubérculos em função de doses de calcário (D), t ha⁻¹, e os respectivos coeficientes de determinação

Variáveis	Unidade	Equações ajustadas	R ² /r ²
NT	unid/planta	$\hat{Y} = 6,53$	-
PROD	t ha ⁻¹	$\hat{Y} = 22,38 + 12,6216 \text{ ***D} - 3,55875 \text{ ***D}^2$	0,97



*** - significativo a 10 % de probabilidade pelo teste "t".

Figura 10 – Relação entre produtividade de tubérculos comerciais de batata comerciais e doses de calcário.

Tabela 19 - Médias para número de tubérculos (NT) e produtividade (PRODUT) de tubérculos comerciais de batata em função de doses de calcário (t ha⁻¹)

Dose	NT (Unid/planta)	PRODUT (t ha ⁻¹)
Sulco	9,50	34,58
0,00	7,00	22,68
0,20	4,67*	24,00
0,34	7,67	27,29
0,78	6,33*	30,00
3,11	7,00	27,21

* Médias diferentes da testemunha a 5% de probabilidade pelo teste Dunnett.

4. DISCUSSÃO

4.1 Efeito dos tratamentos no solo

O resultado da análise química do solo do presente experimento, antes da aplicação do calcário, demonstrou que não havia presença de alumínio trocável (Al^{3+}) no solo. Porém, o solo apresentava baixo teor de Mg^{+2} e Ca^{2+} e baixa saturação de base (46,6%), sendo que a referência para a cultura da batata é V de 60% (RIBEIRO et al., 1999; RAIJ, 2011). O pH do solo, 5,75, estava na faixa considerada de acidez média.

4.1.1 pH

Aos 26 dias após aplicação do calcário (DAC), ainda não era possível quantificar diferenças no valor do pH do solo, cujo valor médio era de 5,36. De acordo com Raji (2011), de forma geral, a reação de calcário com fração granulometria de partículas mais finas é considerável após 35 dias após a aplicação. Porém, aos 41, 56 e 89 DAC, o pH do solo aumentou linearmente com o aumento de doses de calcário. Aumento linear do pH do solo no sulco de plantio com a aplicação de solução de micropartículas de calcário é relatado por Nascente & Cobucci (2015) e também em diferentes relações Ca:Mg por Medeiros et al. (2008). O valor mínimo de pH em H_2O considerado adequado para o crescimento e desenvolvimento das culturas é de 5,5, na camada de 0 a 20 cm de profundidade.

A batata é uma cultura tolerante a solos ácidos, porém tem sido aceito que o aparecimento da sarna comum ocorra mais acentuadamente em solo de pH neutro a levemente alcalino. É uma doença bacteriana, disseminada em toda a área contendo batata no mundo, causada por espécies patogênicas de

Streptomyces que causam lesões nos tubérculos (SANTOS-CERVANTES et al., 2017).

Houve uma semana chuvosa antes da avaliação dos 77 DAC (Figura 1), talvez esse fato possa ter influenciado a resposta das doses de calcário sobre o pH do solo nessa data. Leite et al. (2012) mostraram a redução no valor de pH do solo como resultado da percolação da água, lixiviando ânions hidroxilas, carbonatos e bicarbonatos. Em regiões tropicais úmidas, a extração de cátions pela cultura e a aplicação de fertilizantes nitrogenados amoniacais também são eventos causadores da acidez do solo.

Comparando os valores de pH do solo observados nas testemunhas, tratamento sem aplicação de calcário, com os valores observados na maior dose (3,11 t ha⁻¹ de calcário) aplicada superficialmente e incorporada a 10 cm de profundidade, aos 41, 56 e 89 DAC, verificou-se que houve aumento de 3,7; 4,1 e 8,9 %, respectivamente. Essa relativamente baixa porcentagem de aumento no pH, principalmente na fase inicial do ciclo, está coerente com relato de Alleoni et al. (2005). De acordo com esses autores, alto conteúdo de matéria orgânica no solo resulta em alto poder tampão, impedindo a elevação abrupta de pH em aplicações de doses altas de calcário.

O baixo aumento de pH do solo pela calagem também pode ter sido devido ao contra efeito da ureia em abaixar o valor do pH do solo (LANGE et al., 2006; COSTA et al., 2008), além da absorção de cátions pela planta. Maier et al. (2002) verificaram efeito significativo da interação entre calagem e formas de N sobre pH do solo, teor de nutrientes na folha e produtividade da batata. É sabido que com a nitrificação, os fertilizantes amoniacais liberam H⁺ no solo (MARSCHNER, 2012). Uma forma de expressar o efeito acidificante relativo do fertilizante nitrogenado é pelo índice de acidez. Tal índice tem sido conceituado como a quantidade de carbonato de cálcio necessária para neutralizar a quantidade de acidez proporcionada pela adição de N. A relação é comumente expressa em kg de carbonato de cálcio/100 kg do fertilizante. O adubo ureia (45% de N) apresenta o índice de acidez igual a 84. Assim, seriam necessários 84 kg ha⁻¹ de CaCO₃ para neutralizar a adição de 100 kg ha⁻¹ de ureia ao solo. No presente experimento, a quantidade de ureia aplicada foi 275 kg ha⁻¹ no plantio e 275 kg ha⁻¹ em cobertura, aos 21 DAE. Dessa forma, seria necessário

aplicar 462 kg ha⁻¹ de CaCO₃ para neutralizar todo o H⁺ liberado no solo pela ureia.

Estudos tem demonstrado que a aplicação de calcário resulta em aumento no pH do solo, com maior eficiência na camada superficial com o uso de calcário de granulometria mais fina (BENSON et al., 2009; GONÇALVES et al., 2011). No presente experimento, a incorporação do calcário foi aproximadamente em 10 cm de profundidade. Freiria et al. (2008) observaram que ocorre aumento no valor do pH do solo em função das doses de calcário aplicadas, podendo ocorrer variação de acordo com a incorporação ou não do corretivo. Esses autores também relatam que a incorporação de calcário na camada de 0 a 10 cm de profundidade promove correção da acidez do solo até 15 cm de profundidade. Em plantio direto, Alleoni et al. (2005) observaram que a correção da acidez do solo alcançou maiores profundidades quando o calcário dolomítico foi aplicado e incorporado ao solo.

Ao comparar os tratamentos que receberam as doses de calcário aplicadas no solo superficialmente e incorporada a 10 cm de profundidade com o tratamento adicional (tratamento aplicado diretamente no sulco de plantio), verificou-se haver diferença significativa no pH do solo somente aos 89 DAC para a maior dose. Cerca de 3 meses após a aplicação do calcário, a dose de 3,11 t ha⁻¹ proporcionou valor médio de pH de 5,25, valor esse superior ao tratamento adicional, que foi de 4,77. Em solos mais argilosos, a necessidade de calcário para aumentar o pH do solo é maior do que em solos arenosos (RIBEIRO et al., 1999). O presente experimento foi instalado em solo Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico (EMBRAPA, 1999), com alto poder tampão e teor de matéria orgânica de 67,8 g kg⁻¹, classificado como “Bom” por Ribeiro et al. (1999), pois está dentro da faixa de 40,1 a 70,0 g kg⁻¹.

4.1.2 Teores de Ca e Mg no solo

Aos 41 e 89 DAC, os teores de Ca trocável na solução do solo responderam de forma quadrática às doses de calcário, iniciando em 4,4 e 5,5 cmol_c dm⁻³, atingindo na maior dose de calagem o teor de 5,6 e 6,5 cmol_c dm⁻³,

respectivamente. Naquelas ocasiões, as doses $1,80 \text{ t ha}^{-1}$ e $1,93 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário proporcionaram o teor máximo estimado de Ca no solo de $6,9$ e $7,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente. Essa resposta quadrática do teor de Ca na solução do solo pode ter sido ocasionada pela interação antagônica existente entre esse nutriente e o Mg. Algumas propriedades químicas semelhantes entre esses dois elementos, como o raio iônico, a valência, o grau de hidratação e a mobilidade, resultam em competição pelos mesmo sítios de adsorção no solo, sendo que, a concentração excessiva de um prejudica a adsorção do outro (MEDEIROS et al., 2008). Dessa forma, especula-se que o aumento de Mg resultante da aplicação das doses de calcário, interferiu na concentração do Ca no solo aos 41 e 89 DAC, ocasionando a redução do teor do nutriente no solo. Spera et al. (2008) relatam que houve decréscimo do teor de Mg com as maiores doses de calcário, deslocando esse nutriente para a solução e sendo lixiviado pela água de irrigação ou pela chuva.

De acordo com Ribeiro et al. (1999), o teor médio de Ca no solo ($6,7$; $5,3$; $4,5$ e $6,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ aos, 26; 41; 77 e 89 DAC, respectivamente) ficou dentro do valor considerado “muito bom” ($>4,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Aos 56 DAC, o teor médio de Ca ($3,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) ficou dentro do valor considerado “bom” ($2,4$ a $4,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Ao comparar o teor de Ca ($1,96 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) presente no solo antes da implantação do experimento com o teor médio encontrado aos 26, 41, 56, 77 e 89 DAC, verificou-se incremento médio de $239,8$; $169,4$; $94,4$; $131,1$ e $209,7\%$, respectivamente.

Em casa de vegetação, Prado et al. (2013) observaram que, após 60 dias de incubação do solo com calcário e 73 dias da emergência de melancia, utilizando até 2 vezes a dose necessária de calcário para elevar a saturação de bases recomendada para a cultura da melancia, houve aumento linear no teor de Ca no solo, com incremento máximo estimado de 19% . Bambolim et al. (2015) encontraram aumento linear do teor de Ca no solo após 70 dias da aplicação de doses de calcário calcítico líquido. Calcário com PRNT mais elevado aumenta a disponibilidade de Ca no complexo de troca, aumentando a concentração de Ca trocável no solo (GONÇALVES et al., 2011). Porém, a disponibilização de Ca na solução do solo através de calagem é geralmente lenta (BLANKENAU, 2007).

A dose recomendada de calcário ($0,34 \text{ t ha}^{-1}$), aplicada superficialmente e incorporada a 10 cm de profundidade, resultou em teor de Ca no solo estatisticamente menor que a mesma dose aplicada diretamente no sulco de plantio aos 77 DAC. Porém, aos 89 DAC, todas as doses aplicadas superficialmente e incorporadas propiciaram maior teor de Ca no solo do que o tratamento adicional, incluindo o tratamento sem aplicação de calcário. Provavelmente a presença de 18 a 20% de Ca na constituição do superfosfato simples utilizado na adubação de plantio (300 kg ha^{-1} de Ca) pode ter influenciado o conteúdo desse macronutriente no solo (HERLING et al., 2008; PAVINATO et al.; 2009). A aplicação do calcário no sulco proporcionou aumentos de aproximadamente 162,2; 112,8; 85,7; 140,3 e 55,1% aos 26; 41; 56; 77 e 89 DAC, respectivamente, em relação ao teor inicial do solo. Crusciol et al. (2000) relatam que houve aumento no teor de Ca no sulco de plantio com a aplicação de calcário no sulco de semeadura de amendoim. Porém, avaliando efeito de doses de CaCO_3 no teor de Ca no solo em solução aplicadas na linha de semeadura, Nascente & Cobucci (2015) não observaram diferença estatística entre as doses.

Houve aumento no teor de Mg no solo com o aumento das doses de calcário, aplicada superficialmente e incorporada a 10 cm de profundidade, em todas as épocas avaliadas, provavelmente devido ao uso de calcário dolomítico, com alto teor de magnésio e ao aumento do pH, que cria cargas negativas que impedem a descida do Mg^{2+} no perfil do solo (MEDEIROS et al., 2009). Aos 21; 41; 56; 77 e 89 DAC houve aumento médio de 91,8; 89,8; 83,7; 151,0 e 171,4%, respectivamente, no teor de Mg comparando a maior dose aplicada de calcário com o teor inicial, indicado na análise de solo antes da instalação do experimento.

Utilizando até 2,0 vezes a dose necessária de calcário para elevar a saturação de base recomendada para a cultura da melancia, Prado et al. (2013) observaram aumento linear no teor de Mg no solo, com aumento máximo de aproximadamente 357,8 %. No presente experimento, a maior dose de calcário, aplicada superficialmente e incorporada a 10 cm de profundidade, proporcionou teor estimado de Mg no solo de 0,94; 0,93; 0,90; 1,23 e 1,33 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ aos 26; 41; 56; 77 e 89 DAC, respectivamente. Estes valores estão dentro da faixa

considerada como “bom” (0,91 a 1,50 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) de acordo com a classificação de fertilidade do solo de Ribeiro et al. (1999). Os tratamentos sem a aplicação de calcário apresentaram teor de Mg no solo de 0,69; 0,69; 0,69; 0,76 e 0,79 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ aos 26; 41; 56; 77 e 89 DAC, respectivamente, sendo classificados como de fertilidade “média” (0,46 a 0,90 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$).

Antes da instalação do experimento, a fertilidade do solo para a característica de Mg^{2+} e Ca^{2+} trocável apresentou valor de 0,49 e 1,96 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo classificado como fertilidade “média” (RIBEIRO et al., 1999). Aplicação de calcário em solos que apresentam baixos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} pode elevar o teor desses nutrientes no solo (ALBUQUERQUE et al., 2003) e resultar em aumento na produção na cultura da batata. A incorporação de calcário de 0 a 20 cm de profundidade ocasionou aumento nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} até a camada de 20 a 30 cm de profundidade em Latossolo Vermelho distrófico, textura média (FREIRIA et al., 2008).

Ao comparar os tratamentos de doses de calcário, aplicada no solo superficialmente e incorporada a 10 cm de profundidade, com o tratamento adicional (tratamento aplicado diretamente no sulco de plantio), houve diferença estatística no teor de Mg no solo aos 26, 41 e 89 DAC para a maior dose. A dose de 3,11 t ha^{-1} proporcionou acréscimo aproximado de 45,3; 63,5 e 97,0%, respectivamente.

No solo, os valores médios do teor de Ca e Mg, e também o valores estimados do teor de Mg com a maior dose de calcário, aplicada superficialmente e incorporada a 10 cm de profundidade, foram reduzindo durante as primeiras avaliações (26, 41 e 56 DAC). Porém, após 56 DAC foi observado aumento nos valores. Esse fato pode ser explicado pelo aumento da demanda da batata por nutrientes na fase inicial de desenvolvimento e tuberização. Também, houve período de alta intensidade de chuvas, que poderia ter influenciado na disponibilidade desses nutrientes para a solução do solo. Pavinato et al. (2009) observaram redução drástica nas concentrações de K e Ca na solução do solo 25 dias após emergência das plântulas de soja. Esses autores relatam que, nos primeiros dias de cultivo, a concentração desses nutrientes apresentavam valores elevado, porém a demanda ocasionada pelo crescimento da parte aérea e radicular, resultou a diminuição dos valores das concentrações.

4.2 Efeito dos tratamentos sobre índices agronômicos

4.2.1 SPAD e DUALEX (NBI, CHL e FLV), comprimento (C), largura (L), área foliar (AF), massa da matéria fresca (MF) e seca (MS) da quarta folha, aos 21 DAE

As doses de calcário aplicadas superficialmente e incorporadas a 10 cm de profundidade não influenciaram a intensidade da cor verde da folha medida pelo SPAD. Em diversas culturas, também não foi observado efeito de calcário e de fontes de calcário no valor da leitura SPAD. Aran (2014) não encontrou efeito da aplicação de calcário no índice SPAD em Jurubeba (*Solanum paniculatum* L.). Utilizando diferentes fontes de calcário, Behera et al. (2017) não encontraram influencia no teor de clorofila registrado pelo SPAD na cultura do milho. Nogueira et al. (2009) não encontraram mudanças significativas na leitura SPAD utilizando diferentes corretivos de acidez na cultura do café.

Existe relação direta entre o valor do índice SPAD e o teor de clorofila na folha (FONTES, 2011). A clorofila apresenta aproximadamente 6 a 25% do Mg total na folha (MARSCHNER, 2012), por isso um dos sintomas da deficiência de magnésio na planta é a presença de folhas cloróticas. Dessa forma, especula-se que os teores de Mg no solo, antes e após a instalação do experimento, tenham sido suficientes para a formação de clorofila, e o excesso, ocasionado pela aplicação de altas doses do calcário dolomítico, tenha sido armazenado em vacúolos (GAO et al., 2015), não ocasionado efeito significativo nos valores do aparelho SPAD.

A aplicação de doses crescentes de calcário no solo não proporcionou efeitos significativos no comprimento, largura e área na quarta folha, aos 21 DAE.

Comparando as doses de calcário aplicada superficialmente e incorporada a 10 cm de profundidade com o tratamento adicional (aplicação de calcário no sulco) não foram observadas diferenças significativas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) para as variáveis avaliadas na quarta folha, exceto para a variável CRL na dose $0,34 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário.

4.2.2 Número de folhas (NF), hastes (NH) e tubérculos (NT), comprimento (C) e diâmetro (D) da maior haste, massas das matérias fresca de folhas, hastes, raízes e tubérculos (MFF, MFH, MFR, MFT, respectivamente), massas das matérias seca de folhas, hastes, raízes, tubérculo (MSF, MSH, MSR e MST, respectivamente) e área foliar (AF), aos 21 DAE

Houve resposta linear crescente no número, massa da matéria fresca e seca de folhas e hastes, alcançando aumento estimado de 86,5; 33,8; 21,6; 42,4; 19,1 e 33,8 %, respectivamente, com a maior dose de calcário aplicada superficialmente e incorporada a 10 cm de profundidade em relação ao tratamento testemunha (0 kg t ha⁻¹). Rahman et al. (2014) estudando doses de calcário e fósforo na cultura da batata, encontraram maior número de folhas por planta na maior dose de calcário aplicada sem a presença de fósforo, na fase final do ciclo. El-Beltagy et al. (2002) observaram aumento no número de hastes com o aumento dos níveis de cálcio aplicados, utilizando como fonte o cloreto de cálcio. Esses autores ainda relatam que o número de folhas e, conseqüentemente, a área foliar também foram afetados, sendo que, os maiores níveis de cálcio reduziram a área foliar. Os autores ainda explicam que o aumento do número de folhas com doses intermediárias de cálcio é resultado da melhoria do estado de água da planta e aumentando o tempo que as folhas permanecem verdes. Lazarević et al. (2015) também relatam aumento na produção de matéria seca de folhas em cultivares que receberam calagem.

Houve efeito linear decrescente no comprimento e diâmetro da maior haste com o aumento das dose de calcário aplicadas superficialmente e incorporadas a 10 cm de profundidade, proporcionando valor estimado de 23,3 cm e 6,4 mm, respectivamente, com a maior dose aplicada. Entretanto, utilizando doses de 0 a 10 t ha⁻¹ de calcário calcítico, Maier et al. (2002) encontraram aumento médio de 10,9% na altura da planta de batata cultivadas em estufa. El-Beltagy et al. (2002) observaram que, em alta temperatura, níveis baixo e médio de cálcio aumentaram o comprimento da haste, porém, houve redução quando foi aplicado o maior nível. No presente experimento, as plantas apresentaram-se com menor altura e haste mais fina com o incremento das doses de calcário. Segundo Medeiros et al. (2008), o aumento da saturação do solo por cálcio

influenciou na altura do milho, devido a absorção preferencial desse nutriente pela planta em detrimento a outros nutrientes, como o Mg e K.

4.3 Efeito dos tratamentos sobre o estado nutricional

Os teores de Mg e Ca na massa da matéria seca da quarta folha não foram influenciados pelos tratamentos, apresentando valores médios de 1,9 e 24,6 g kg⁻¹, respectivamente. Os valores apresentados por Lorenzi et al. (1997) nas folhas da batateira são de 3 a 5 g kg⁻¹ para Mg e 10 a 20 g kg⁻¹ para Ca. Pulz et al. (2008), visando elevar a saturação de bases do solo para 60%, encontraram valor do teor foliar de Mg na batata de 2,7 g kg⁻¹ utilizando calcário e 3,0 mg kg⁻¹ utilizando silicato. A falta de resposta da alta dose de calcário (3,11 t ha⁻¹) aplicada superficialmente e incorporada a 10 cm de profundidade pode ter sido resultado da influência da condição hídrica e da concentração de nutrientes no solo. O presente trabalho foi realizado em período de poucas chuvas, cerca de 89,90 mm durante todo o experimento, por isso foi irrigado por aspersão nos períodos de falta de chuva. Condições hídricas podem influenciar a absorção de Ca pelas plantas, pois de acordo com Crusciol et al. (2000), menor disponibilidade hídrica pode resultar em menor absorção de Ca pelas plantas. Além disso, de acordo com Medeiros et al. (2008), pode ocorrer saturação dos carregadores na membrana das raízes quando estas se encontram em ambiente de grande concentração de cálcio, dessa forma, pode haver impedimento da absorção do nutriente na mesma proporção existente no solo. Fato também relatado por Caires & Fonseca (2000), que vinculam a falta de efeito de doses de calcário na absorção de cálcio na soja aos altos teores desse nutriente contido no solo. A relação Ca e Mg no solo pode influenciar a absorção dos mesmos, devido ao efeito antagônico ou sinérgico (MALAVOLTA et al., 1997). Assim, alto teor de um desses elementos no solo pode inibir a absorção de outro pela planta, devido a competição entre eles pelo mesmo sítio de absorção das raízes (MOREIRA et al., 2005).

Verificou-se que os teores de Cu, Mn e Zn na massa da matéria seca da quarta folha não foram influenciados pelos tratamentos. Os teores foliar médio de micronutrientes encontrado no presente experimento foram: 15,6 mg kg⁻¹ de Cu, 187,1 mg kg⁻¹ de Mn e 42,8 mg kg⁻¹ de Zn. Os valores considerados como suficiente por Jones Junior et al. (1991) e Martinez et al. (1999) são: 7 a 20 mg kg⁻¹ de Cu e 30 a 250 mg kg⁻¹ de Mn e 45 a 250 mg kg⁻¹ de Zn. Soratto et al. (2011), estudando a cultivar Ágata, encontraram valor de 41, 449 e 76 mg kg⁻¹, para Cu, Mn e Zn, respectivamente. Pulz et al. (2008), visando elevar a saturação de bases do solo para 60%, utilizando calcário dolomítico, encontraram valor de 20,8 mg kg⁻¹ de Cu, 85,9 mg kg⁻¹ de Mn e 59,9 mg kg⁻¹ de Zn.

Houve efeito das doses de calcário aplicadas superficialmente e incorporadas a 10 cm de profundidade no teor de Fe na folha de batata, sendo que, o valor estimado na dose 0 t ha⁻¹ foi 322,3 mg kg⁻¹ e com a dose 3,11 t ha⁻¹ foi 303,6 mg kg⁻¹, ocasionado redução de 5,8%. O valor considerado como suficiente por Jones Junior et al. (1991) e Martinez et al. (1999) varia de 50 a 100 mg kg⁻¹ de Fe. A redução na absorção de Fe pela planta pode ser devido a diminuição de sua disponibilidade no solo ocasionado pela calagem. De acordo com Malavolta (1980), o aumento do pH do solo pode resultar na insolubilização do Fe. Alleoni et al. (2005) encontraram redução do teor de Fe no solo com a aplicação de calcário. Segundo esses autores, houve essa redução devido ao aumento do pH resultante da aplicação da calagem. Silva et al. (2007) relatam que o aumento das doses de calcário elevam o pH do solo, e conseqüentemente, insolubiliza e indisponibiliza o Fe para as plantas, resultando na diminuição dos teores de Fe na raiz e parte aérea de cultivares de feijão.

O teor de Zn nas folhas encontrado no presente experimento está abaixo do valor de referência relatado por Jones Junior et al. (1991) e Martinez et al. (1999). Resultado semelhante foi obtido por Silva et al. (2007) para a cultura de feijão, onde houve redução dos teores de Zn tanto no sistema radicular quanto na parte aérea, com o aumento das doses de calcário. Mauad et al. (2004) também encontraram diminuição no valor do teor de Zn na cultura do arroz, em função de níveis de calagem. A elevação do pH pode resultar na precipitação de micronutrientes catiônicos, resultando na redução da solubilidade dos mesmos e conseqüentemente redução da absorção pelas plantas.

4.4 Efeito dos tratamentos sobre teor de nutrientes na massa da matéria seca de polpa e casca de tubérculos de batata

Houve aumento linear no teor de Mg na massa da matéria seca da polpa de tubérculos comerciais de batata com o aumento das doses de calcário aplicadas superficialmente e incorporadas a 10 cm de profundidade, alcançando incremento de 10,6% com a maior dose aplicada comparada a dose 0 t ha⁻¹ de calcário. Porém, não houve efeito significativo de doses de calcário sobre o teor de Mg na massa da matéria seca da casca de tubérculos comerciais, que atingiu o valor médio estimado entre as doses de calcário aplicadas a lanço de 1,1 g kg⁻¹. O magnésio é um elemento móvel pelo floema, sendo transportado para os tubérculos durante a senescência, podendo ser encontradas pequenas quantidades de magnésio nos grânulos de amido (BLENNOW et al., 2005; SUBRAMANIAN et al., 2011).

Não houve efeito significativo das doses de calcário aplicadas superficialmente e incorporadas a 10 cm de profundidade sobre o teor de Ca na massa da matéria seca da polpa de tubérculos comerciais, que atingiu o valor médio estimado entre as doses de calcário aplicadas a lanço de 0,8 g kg⁻¹. Porém, houve diminuição linear no teor de Ca na massa da matéria seca da casca de tubérculos comerciais de batata com o aumento das doses de calcário, alcançando redução de 12,9% com a maior dose aplicada comparada a dose 0 t ha⁻¹ de calcário. Porém, a média do teor de Ca na casca foi aproximadamente 4 vezes maior que a média encontrada na polpa. Esse resultado corrobora com o relato de Subramanian et al. (2011), que o teor de Ca no tecido medular no centro do tubérculo de batata é muito menor do que no córtex mais periférico. Busse & Palta (2006) observaram que o Ca é prontamente adsorvido por células dentro da periderme e que não ocorre o transporte de Ca da periderme para o tecido interno do tubérculo e também que o Ca só é translocado através do xilema não sendo re-translocado. Esses mesmos autores observaram que apenas as raízes localizadas perto dos estolões são capazes de fornecer cálcio para os tubérculos, pois esse elemento é transportado para os tubérculos através do xilema juntamente com a água.

A parte aérea das plantas pode apresentar de 500 a 1000 vezes mais cálcio do que os tubérculos, pois esse nutriente é transportado com água via

xilema em órgão com alta transpiração (BUSSE & PALTA, 2006). Para maior absorção de cálcio, esse elemento presente no solo precisa entrar em contato com as raízes através do fluxo de massa, por isso é necessário que haja adequada condição de umidade no solo (SANTANA et al., 2004).

Houve redução de 42,3 % e 33,9% no teor de Mn e Fe, respectivamente, na massa da matéria seca da casca dos tubérculos ao comparar os valores estimados obtidos com a maior dose aplicada superficialmente e incorporada a 10 cm de profundidade e a dose 0 t ha⁻¹ de calcário. Esse fato pode ser explicado devido a diminuição da disponibilidade desses nutrientes no solo ocasionado pelo aumento do pH com a aplicação das doses de calcário (MALAVOLTA et al., 1997; MELO et al., 2011). Caires & Fonseca (2000) relatam diminuição da absorção de Mn pelas plantas de soja com o aumento da aplicação de calcário na superfície em cultivo de plantio direto. No tratamento sem aplicação de calcário, o teor médio de Fe presente na casca dos tubérculos apresentou valor 10 vezes maior ao valor médio do teor presente na polpa, porém a maior dose aplicada de calcário apresentou proporção de apenas 6 vezes. Segundo Subramanian et al. (2011) o teor de Fe na casca é, aproximadamente, 55% do total encontrado no tubérculo.

Ao comparar o tratamento sem a aplicação de calcário com a maior dose aplicada superficialmente e incorporada a 10 cm de profundidade, foi observado efeito significativo no teor de Cu na massa da matéria seca da polpa dos tubérculos comerciais de batata, com aumento de 10,3%, porém, houve redução de 5,1% no valor de teor de Cu na massa da matéria seca da casca de tubérculos. O teor médio de Cu encontrado na massa da matéria seca da casca dos tubérculos (10,3 mg kg⁻¹) foi maior que o encontrado na polpa (7,7 mg kg⁻¹), fato que condiz com o relato de Subramanian et al. (2011), em que, o teor de Cu no tecido medular no centro do tubérculo de batata é menor do que no córtex mais periférico. A absorção de Cu pela planta de batata pode ter sido influenciada pelo índice de velocidade de emergência das plântulas. Quando menor o IVE, mais tempo a planta tem para desenvolver o sistema radicular e explorar o solo absorvendo mais nutrientes, entre eles o Cu que é micronutriente relativo imóvel no solo, sendo necessária a interceptação radicular para ser absorvido (MELO et al., 2011). Além disso, a solubilidade de Cu é diminuída com

a elevação do pH, conseqüentemente ocorre a diminuição de sua disponibilidade (HARMSEN & VLEK, 1985).

Foi observado no presente experimento que houve maior concentração dos nutrientes na casca do que na polpa. Essa observação está coerente com o relato de Subramanian et al. (2011). De acordo com esses autores, o teor de nutrientes é maior na camada superficial do tubérculo do que na polpa, pois ocorre absorção direta de minerais em toda a periderme viva, principalmente antes do processo de suberização.

4.5 Produção de tubérculos de batata comerciais

Em inspeção visual, não foi destacado efeito diferencial dos tratamentos sobre a incidência de sarna nos tubérculos.

O número de tubérculos comerciais por planta não foi influenciado por doses de calcário aplicada superficialmente e incorporada a 10 cm de profundidade. Em solução nutritiva, Gumede (2017) observou que o número médio de tubérculos de batata por planta foi influenciado por doses de Ca, sendo que, o maior número de tubérculos foi encontrado no menor nível de Ca.

A produtividade de tubérculos comerciais de batata foi influenciada pela aplicação de calcário aplicada superficialmente e incorporada a 10 cm de profundidade, apresentando efeito quadrático decrescente com o aumento das doses. A dose que proporcionou a produtividade máxima estimada foi 1,77 t ha⁻¹ de calcário, resultando em 33,57 t ha⁻¹ de tubérculos comerciais. Avaliando diferentes cultivares de batata na safra inverno, Fernandes et al. (2011) mostraram que a produtividade comercial de tubérculos, cultivar Ágata foi 37,06 t ha⁻¹, enquanto Feltran & Lemos (2005) encontraram 23,4 t ha⁻¹.

A aplicação isolada de calcário não aumentou o rendimento de tubérculos de batata em trabalho realizado por Haile & Boke (2011), porém quando houve aplicação conjunta com fertilizantes orgânicos ou inorgânicos, o rendimento aumentou. Essa mesma conclusão foi encontrada por Banerjee et al. (2014) estudando doses e época de aplicação de cálcio. Gumede (2017) observou interação significativa entre doses de Ca e massa fresca de tubérculos e cultivar.

Com o aumento das doses de calcário aplicadas superficialmente e incorporadas a 10 cm de profundidade houve resposta que seguiu o modelo quadrático no IVE das plantas. Menor IVE pode indicar maior tempo de desenvolvimento das raízes, melhorando a absorção de nutrientes. De acordo com Nunes (2004), a plântula fica menos susceptível a ataque de pragas quando ela emerge mais rapidamente, ficando menos tempo sob a superfície do solo. A maior dose de calcário aplicada proporcionou aumento de 21,6 % na produtividade de tubérculos em relação a dose 0 t ha⁻¹ de calcário, visto que ocorreu uma diminuição de 1,3% no IVE.

Comparando as doses de calcário aplicadas superficialmente e incorporadas a 10 cm de profundidade com o tratamento adicional (aplicação de calcário no sulco) foram observadas diferenças significativas pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$) para número de tubérculos por planta nas doses de 0,20 e 0,78 t ha⁻¹ de calcário, 0,5 e 2 vezes a dose recomendada, respectivamente, em que se mostrou valores observados inferiores ao tratamento adicional. Porém, a produtividade de tubérculos comerciais de batata no tratamento com aplicação de calcário no sulco de plantio não diferiu estatística das doses aplicadas e incorporadas na superfície. Crusciol et al. (2000) não encontraram aumento de produção de vagens de amendoim em doses de calcário aplicadas no sulco de semeadura. Esses autores relatam que a quantidade de Ca presente no solo, antes aplicação dos tratamentos, poderia já estar em quantidade considerada alta. Porém, Nascente & Cobucci (2015) encontraram efeito quadrático no número de vagens e produtividade de feijão com o aumento das doses da solução com calcário na forma de micropartículas aplicadas no sulco de plantio.

Na média observada dos tratamentos, os aumentos de produtividade de tubérculo comercial obtidos com a dose recomendada aplicada e incorporada superficialmente a 10 cm de profundidade (27,29 t ha⁻¹) e diretamente no sulco (28,36 t ha⁻¹) em relação a dose 0 t ha⁻¹ (22,68 t ha⁻¹) foram de 25 e 20%, respectivamente. Comparando somente as médias observadas entre as duas formas de aplicação de calcário, o tratamento com aplicação do corretivo diretamente no sulco de plantio resultou em aumento de, aproximadamente, apenas 4% em relação a aplicação e incorporação superficial. El-Beltagy et al. (2002) relatam que, o efeito benéfico da aplicação de Ca no crescimento e na

produtividade da planta pode ser resultado do melhoramento do estado de água da mesma. No presente trabalho, o aumento da produção de tubérculos pode ter sido consequência da melhoria das características morfológicas da parte aérea das plantas.

Ao comparar a produtividade média observada da maior dose de calcário aplicada superficialmente e incorporadas a 10 cm de profundidade (27,21 t ha⁻¹) com a dose 0, foi observado aumento de, aproximadamente, 20% na produtividade. Doses elevadas de cálcio também resultaram na diminuição de produtividade de tubérculos em trabalho realizado por El-Beltagy et al. (2002). Os autores observaram que houve aumento no rendimento total de tubérculos com os níveis de cálcio aplicados em relação ao tratamento controle, porém as maiores doses aplicadas resultaram na diminuição desse rendimento.

4.6 Efeito dos tratamentos sobre a pós colheita

Não houve efeito de doses de calcário na perda de peso de tubérculos armazenados por 30 dias. O Ca é importante contra perda de água pelos tubérculos de batata, pois cerca de 60 a 90% do total do Ca se localiza na parede celular, sendo que, sua deficiência pode causar perda na rigidez e permeabilidade da parede celular, resultando em podridão mole em batata (TOBIAS et al., 1993; BLANKENAU, 2007; GERENDÁS & FÜHRS, 2013). Após a colheita, os tubérculos passam por processo de suberização da periderme, a qual diminui a perda de água para o ambiente (DANIELS-LAKE et al., 2014). O processo de suberização é mais intenso logo após a colheita, quando ainda não ocorreu a cura da periderme (SUCHORONCZEK et al., 2016). A perda de massa fresca durante o período de armazenamento é devido ao processo de respiração que resulta na perda de matéria seca (POBEREZNY & WSZELACZYNSKA, 2011).

Entre os vários patógenos provenientes do campo que causam perdas consideráveis na produção de batata, principalmente durante o armazenamento de tubérculos, a sarna-comum (*Streptomyces scabies*) é encontrada em muitas áreas produtoras de batata no mundo, principalmente em solos que apresentam

pH acima de 5,5. Diante disso, Jadoski et al. (2011) conseguiram reduzir a severidade de sarna-comum com o manejo da saturação de bases e de cálcio no solo, através da aplicação de calcário e gesso no solo.

5. DISCUSSÃO FINAL

Houve aumento nos valores médios de pH e teor de Mg no solo, com a aplicação superficial e incorporação a 10 cm de profundidade de doses de calcário. Mesmo que o valor de pH tenha aumentando com o incremento das doses de calcário, os valores se apresentavam baixos. Após 3 meses, apenas a maior dose de calcário aplicada à lanço em área total e incorporada superficialmente, foi estatisticamente superior a dose recomendada no sulco.

O aumento da disponibilidade de Mg no solo, aumentou linearmente o teor do elemento na polpa dos tubérculos comerciais, e também os índices agronômicos avaliados na parte aérea aos 21 DAE. Porém, não foi observado influência no teor de Mg da quarta folha, índice SPAD e DUALEX.

Esperava-se que o aumento das doses de calcário aplicadas superficialmente e incorporadas a 10 cm de profundidade resultasse em aumento no teor de Ca no solo e nas cascas dos tubérculos comerciais e, conseqüentemente, na diminuição da perda de massa nos tubérculos avaliados na pós colheita. Contudo, nenhum desses fatos ocorreu. Houve acentuada e linear redução na concentração de Ca na casca de tubérculos comerciais, sendo que, os tubérculos lavados e não lavados perderam diariamente 2,85 e 4,4% em massa, respectivamente.

Com a dose de 1,77 t ha⁻¹ de calcário aplicada superficialmente e incorporada a 10 cm de profundidade, os teores de Ca e Mg e o valor de pH no solo aos 77 DAC foram: 4,5 cmol_c dm⁻³; 1,0 cmol_c dm⁻³ e 4,7 unidades, respectivamente. Também, os índices SPAD (SPAD), índice de balanço de N (NBI), índice de clorofila (CRL), índice de flavonóis (FLV), comprimento (C), largura (L), área (A), massa da matéria fresca (MF) e massa da matéria seca (MS) analisados na quarta folha, aos 21 DAE, foram: 46,7 unidades; 22,1

unidades; 42,4 unidades; 1,9 unidades; 19,9 cm; 11,5 cm; 96,4 cm²; 4,8 g e 0,5 g, respectivamente.

Também com a dose ótima de calcário, 1,77 t ha⁻¹, o número de folhas (NF), hastes (NH) e tubérculos (NT), comprimento (C) e diâmetro (D) da maior haste, massas das matérias fresca de folhas, hastes, raízes e tubérculos (MFF, MFH, MFR, MFT, respectivamente), massas das matérias seca de folhas, hastes, raízes, tubérculo (MSF, MSH, MSR e MST, respectivamente) e área foliar (AF), aos 21 DAE, foram: 39,7 unidades; 3,70 unidades; 7,75 unidades; 24,52 cm; 7,13 mm; 130,41 g; 36,64 g; 14,0 g; 41,2 g; 10,8 g; 2,3; 1,4g; 5,3 g e 2043,1 cm², respectivamente.

Os teores de Mg, Ca, Cu, Mn, Fe e Zn, na massa da matéria seca da quarta folha, seriam de: 5,2 g kg⁻¹; 19,5 g kg⁻¹; 16,9 mg kg⁻¹; 187,1 mg kg⁻¹; 226,5 mg kg⁻¹ e 42,8 mg kg⁻¹, respectivamente. O teor de Mg, Ca, Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca de polpa seria: 0,9 g kg⁻¹; 0,8 g kg⁻¹; 8,9 mg kg⁻¹; 12,3 mg kg⁻¹; 33,0 mg kg⁻¹ e 21,7 mg kg⁻¹, respectivamente. Os teores de Mg, Ca, Cu, Mn, Fe e Zn na massa da matéria seca de polpa seriam de: 1,1 g kg⁻¹; 2,2 g kg⁻¹; 9,9 mg kg⁻¹; 23,3 mg kg⁻¹; 156,9 mg kg⁻¹ e 24,9 mg kg⁻¹, respectivamente.

6. CONCLUSÕES

- O teor adequado de Mg e Ca na massa da matéria seca da quarta folha da batata aos 21 DAE é 0,52 e 1,95 dag kg⁻¹, respectivamente;
- A produtividade estimada de tubérculos comerciais é máxima, 35,57 t ha⁻¹, com a incorporação a 10 cm no solo de 1,77 t ha⁻¹ de calcário dolomítico tipo filler (CDF), correspondente à 4,54 vezes a necessidade de calagem para a saturação de bases de 60%;

- A aplicação de $0,39 \text{ t ha}^{-1}$ de CDF no sulco de plantio, calculada para se obter 1,0 vez a saturação de bases de 60% e incorporação a 10 cm de profundidade, propiciou a produção de $34,58 \text{ t ha}^{-1}$ tubérculos comerciais;
- A dose de $0,39 \text{ t ha}^{-1}$ de CDF propiciou produtividade de tubérculos semelhante quando aplicada a lanço na área ou no sulco de plantio;
- Doses crescentes de calcário aumentam o teor de Mg no solo e na polpa, porém decrescem o teor de Ca na casca de tubérculos;
- Para produzir 1t de tubérculos comerciais são necessários 8,76 kg de Mg sendo 5,43 kg como CDF incorporado a 10 cm de profundidade;
- Para produzir 1t de tubérculos comerciais são necessários 4,52 kg de Mg sendo 1,07 kg como CDF aplicado no sulco de plantio;
- A eficiência de utilização do Mg é 221 e 114 kg kg^{-1} com as aplicações de CDF no sulco e a lanço, respectivamente;
- A aplicação de calcário não determina o valor da perda de peso de tubérculos na pós colheita.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBA – ASSOCIAÇÃO DA BATATA BRASILEIRA, http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista13_008.htm, acesso em 29/10/2017.

ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; MAFRA, A. L.; FONTANA, E. C. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas. v. 27, n. 5, p. 799-806, 2003.

ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; CAIRES, E. F. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 6, p. 923-934, 2005.

ARAN, H. D. V. R. **Desenvolvimento Inicial de Jurubeba (*Solanum paniculatum* L.) em Substratos Contendo Resíduos Orgânicos e Calcário**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Grande Dourados-MS. 19f. 2014.

ARAÚJO, T. H.; DE PÁDUA, J. G.; SPOTO, M. H. F.; ORTIZ, V. D. G.; MARGOSSIAN, P. L.; DE MELO, P. C. T. Produtividade de cultivares de batata e atributos de qualidade para processamento industrial como palha e chips. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, 2016.

BACARIN, M. A.; FERREIRA, L. S.; DEUNER, S.; BERVALD, C. M. P.; ZANATTA, E. R.; LOPES, N. F. Carboidratos não estruturais em tubérculos de batata reconicionados após o armazenamento sob diferentes temperaturas. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 799-804, 2005.

BAMBOLIM, A.; CAIONE, G.; SOUZA, N. F.; JUNIOR, G. D. F. S.; FERBONINK, G. F. Calcário líquido e calcário convencional na correção da acidez do solo. **Revista de agricultura neotropical**, v. 2, n. 3, p. 34-38, 2015.

BEHERA, R. D.; DAS, S.; PATTANAYAK, S. K. Vários impactos de diferentes fontes de materiais de calagem no crescimento, rendimento e produtividade da cultura de milho cultivada em solo ácido de Odisha. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 6, n. 5, p. 1831-1835, 2017.

BANERJEE, H.; KONAR, A.; CHAKRABORTY, A.; PUSTE, A. M. Impact of calcium nutrition on growth, yield and quality of potato (*Solanum tuberosum*). **SAARC Journal of Agriculture**, v. 12, n. 1, p. 127-138, 2014.

BENSON, J. H.; GEARY, B.; MILLER, J. S.; JOLLEY, V. D.; HOPKINS, B. G.; STEVENS, M. R. Desenvolvimento de *Phytophthora erythroseptica* (podridão

rosa) na batata Russet Norkotah cultivada em soluções hidropônicas tamponadas I. Efeitos nutricionais de cálcio. **American journal of potato research**, v. 86, n. 6, p. 466, 2009.

BLANCHARD, R. W.; REHM, G.; CALDWELL, A. C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. **Proceeding – Soil Science Society of American**, v. 29, n.1, p. 71-72, 1965.

BLANKENAU, K. Palestra: CÁLCIO NOS SOLOS E NAS PLANTAS CÁLCIO NOS SOLOS E NAS PLANTAS. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Informações recentes para otimização da produção agrícola. **Potafos: Informações Agronômicas**, v. 117, p. 1-28, 2007.

BLENNOW, A.; SJÖLAND, A. K.; ANDERSSON, R.; KRISTIANSOON, P. The distribution of elements in the native starch granule as studied by particle-induced X-ray emission and complementary methods. **Analytical biochemistry**, v. 347, n. 2, p. 327-329, 2005.

BUSSE, J. S.; PALTA, J. P. Investigating the in vivo calcium transport path to developing potato tuber using ⁴⁵Ca: a new concept in potato tuber calcium nutrition. **Physiologia Plantarum**, v. 128, n. 2, p. 313-323, 2006.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, v. 59, n. 2, 2000.

COSTA, K. A. D. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P. D.; RODRIGUES, C.; COSTA SEVERIANO, E. D. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu: I- alterações nas características químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, 2008

CAKMAK, I.; YAZICI, A. M. Magnesium: a forgotten element in crop production. **Better Crops**, v. 94, n. 2, p. 23-25, 2010.

CRUSCIOL, C. A. C.; LAZARINI, E.; GOLFETO, A. R.; SÁ, M. E. Produtividade e componentes da produção do amendoim da seca em razão da época de semeadura e da aplicação de cálcio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1549-1558, 2000.

DAYOD, M.; TYERMAN, S. D.; LEIGH, R. A.; GILLIHAM, M. Calcium storage in plants and the implications for calcium biofortification. **Protoplasma**, v. 247, n. 3-4, p. 215-231, 2010.

DANIELS-LAKE, B.; PRANGE, R.; WALSH, J.; HILTZ, K.; BISHOP, S.; MUNRO-PENNELL, K. Effects of simulated harvest injury and relative humidity during the first week post-harvest on potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber weight loss

during subsequent storage. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 89, n. 2, p. 167-172, 2014.

EL-BELTAGY, M. S.; ABOU-HADID, A. F.; EL-ABD, S. O.; SINGER, S. M.; ABDEL-NABY, A. Response of fall season potato crop to different calcium levels. In: **II Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes 579**. 2002. p. 289-293.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - **Sistema Brasileiro de Classificação do Solos**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999. 412p.

FAO (Food and Agriculture Organization). **FAO Statistical Pocketbook**. World Food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2015.

FELTRAN, J. C.; LEMOS, L. B. Características agronômicas e distúrbios fisiológicos em cultivares de batata. **Científica**, v. 33, n. 1, p. 106-113, 2005.

FELTRAN, J. C.; LEMOS, L. B.; VIEITES, R. L. Technological quality and utilization of potato tubers. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 6, p. 593-597, 2004.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I- Macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, 2011.

FONTES, P. C. R. Cultura da batata. In FONTES, P. C. R. (ed) **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: UFV, p. 323-343, 2005.

FONTES, P. C. R. 2011. **Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose**. Viçosa: Editora Arka, 296p.

FONTES, P. C. R.; ARAÚJO, C. **Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro**. Viçosa: UFV. 2007. 148 p.

FREIRIA, A. C.; MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; PESSÔA DA CRUZ, M. C.; YAGI, R. Alterações em atributos químicos do solo pela aplicação de calcário na superfície ou incorporado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 2, 2008.

GAO, C.; ZHAO, Q.; JIANG, L. Vacuoles protect plants from high magnesium stress. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 10, p. 2931-2932, 2015.

GERENDÁS, J.; FÜHRS, H. The significance of magnesium for crop quality. **Plant and Soil**, v. 368, n. 1-2, p. 101-128, 2013.

GONÇALVES, J. R. P.; MOREIRA, A.; BULL, L. T.; COSTA CRUSCIOL, C. A.; LYRA VILLAS BOAS, R. Granulometria e doses de calcário em diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, 2011.

GUMEDE, T. (2017). **Influence of calcium on yield and quality aspects of potatoes (*Solanum tuberosum* L.)** (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).

HAILE, W.; BOKE, S. On Farm Verification of Lime and NPK Fertilizers Effects on the Tuber Yield of Irish Potato (*Solanum tuberosum*) on Some Acidic Soils of Southern Ethiopia. **Journal of the Drylands**, v. 4, n. 1, p. 283-288, 2011.

HARMSSEN, K.; VLEK, P.L.G. The chemistry of micronutrients in soil. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v.7, p.1-42, 1985.

HERLING, V. R.; SOBRINHO, E. O. M.; CERQUEIRA LUZ, P. H.; SUDA, C. H.; BRAGA, G. J.; LIMA, C. G. Efeitos de tipos e doses de calcário na produção e valor nutritivo da matéria seca do capim-Tobiatã (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tobiatã). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 23, p. 1243-1248, 2008.

HIRSCH, C. N.; HIRSCH, C. D.; FELCHER, K.; COOMBS, J.; ZARKA, D.; VAN DEYNZE, A.; JONG, W.; VEILLEUX, R. E.; JANSKY, S.; BETHKE, P.; DAVID S. DOUCHES, D. S.; BUELL, C. R. Retrospective view of North American potato (*Solanum tuberosum* L.) breeding in the 20th and 21st centuries. **G3: Genes, Genomes, Genetics**, p. g3. 113.005595, 2013.

JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F.; KAWAKAMI, J.; ZANDONAI, J. G.; VIEIRA, D. J. Produtividade e sanidade dos tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) Sob diferentes níveis de saturação de bases e cálcio no solo. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 2, n. 2, p. 173-184, 2011.

JONES JUNIOR, J.B.; WOLF, B.; MILL, H.A. **Plant analysis Handbook**. Georgia, Micro-Macro Publishing, 1991. 213p.

KOPPEN, W. **Climatologia**. Tradução: Pedro R. H. Perez. Buenos Aires, Gráfica Panamericana, 478p. 1948.

LANGE, A.; CARVALHO, J. L. N.; DAMIN, V.; CRUZ, J. C.; MARQUES, J. J. Alterações em atributos do solo decorrentes da aplicação de nitrogênio e palha em sistema semeadura direta na cultura do milho. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 460-467, 2006.

LAZAREVIĆ, B.; ŠIMON, S.; POLJAK, M. Mineral Nutrition of Two Potato Cultivars Differing in Aluminium Tolerance, as Affected by Liming and Soil Acidity. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, v. 80, n. 4, p. 205-212, 2015.

LEITE, M. H.; DOS SANTOS, R. V.; GOMES, A. D.; VITAL, A. D. F. M. Aplicação de corretivos e crescimento de oleaginosas em solos salinizados do semiárido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 87-95, 2012.

LORENZI, J. O.; MONTEIRO, P. A.; MIRANDA FILHO, H. S.; RAIJ, B. V. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, p.221-229. (Boletim Técnico, 100), 1997.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination—aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MAIER, N. A.; MCLAUGHLIN, M. J.; HEAP, M.; BUTT, M.; SMART, M. K. Effect of nitrogen source and calcitic lime on soil pH and potato yield, leaf chemical composition, and tuber cadmium concentrations. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, n. 3, p. 523-544, 2002.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. London, Academic Press. 2012. 651p.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R.B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.143-168.

MAUAD, M.; CRUSCIOL, C. A. C.; CÁSSIA ALVAREZ, R.; SILVA, R. H. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes por cultivares de arroz de terras altas em resposta à calagem. **Científica**, v. 32, n. 2, p. 178-184, 2004.

MEDEIROS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, Á. L.; BATISTELLA, F.; GRAH, J. Calagem superficial com resíduo alcalino da indústria de papel e celulose em um solo altamente tamponado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, 2009.

MEDEIROS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, Á. L.; DALLA ROSA, J.; COLPO GATIBONI, L. Relação cálcio: magnésio do corretivo da acidez do solo

na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 4, 2008.

MELO, L. C. A.; AVANZI, J. C.; CARVALHO, R.; SOUZA, F. S.; PEREIRA, J. L. A. R.; MENDES, A. D. R.; MACÊDO, G. B. Nutrição e produção de matéria seca de milho submetido a calagem e adubação sulfatada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, 2011.

MOREIRA, A.; CARVALHO, J.G.; EVANGELISTA, A.R. Relação cálcio e magnésio na fertilidade de um latossolo vermelho escuro distrófico cultivado com alfafa. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.4, p.786-794, 2005.

NASCENTE, A. S.; COBUCCI, T. Calcário na forma de micropartículas aplicado no sulco de semeadura aumenta produtividade do feijoeiro. **Ceres**, v. 62, n. 6, 2015.

NOGUEIRA, N. O; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A.; ANDRADE, F. V.; BRINATE, S. V. B.; CANDIDO, A. D. O. **Índice relativo de clorofila e teor de nitrogênio de mudas de café arábica submetido a diferentes materiais corretivos de solos**. VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. 2009.

NUNES, J. C. S. **Sistema de preparo do solo para o plantio manual e mecanizado da batateira irrigada por aspersão e gotejamento**. Viçosa: UFV, 2004. 120p. (Tese de Doutorado).

PAVINATO, P. S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de cátions no solo alterada pelo sistema de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, 2009.

POBEREZNY, J.; WSZELACZYNSKA, E. Effect of bioelements (N, K, Mg) and long-term storage of potato tubers on quantitative and qualitative losses Part II. Content of dry matter and starch. **Journal of Elementology**, v. 16, n. 2, 2011.

PRADO, R. M.; GONDIM, A. R. O.; DE SOUZA JÚNIOR, JONAS PEREIRA. RESPOSTA DA CULTURA DA MELANCIA À APLICAÇÃO DE CALCÁRIO Response of watermelon culture to the application of limestone. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 11, p. 75-82, 2013.

PULZ, A. L.; COSTA CRUSCIOL, C. A.; BORGES LEMOS, L.; SORATTO, R. P. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, 2008.

RAHMAN, M. H.; KAYESS, M. O.; UDDIN, M. J.; ALAM, M. R.; ALI, M. M. Response of potato to lime and phosphorus fertilization in acid soil. **Journal Bangladesh Society for Agricultural Science and Technology**, v. 11, n. 3-4, p. 69-74, 2014.

- RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.
- SALVADOR, J. T.; CARVALHO, T. C.; LUCCHESI, L. A. C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 9, n. 1, 2011.
- SANTANA, M. J.; DE ASSUNÇÃO CARVALHO, J.; FAQUIN, V.; QUEIROZ, T. M. Produção do pimentão (*Capsicum annuum* L.) irrigado sob diferentes tensões de água no solo e doses de cálcio Sweet pepper production (*Capsicum annuum* L.) under different soil water tension and calcium levels. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 6, p. 1385-1391, 2004.
- SANTOS-CERVANTES, M. E., FELIX-GASTELUM, R., HERRERA-RODRÍGUEZ, G. et al. Characterization, Pathogenicity and Chemical Control of *Streptomyces acidiscabies* Associated to Potato Common Scab **American Journal Potato Research**, v. 94, n. 14, 2017.
- SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; SOUZA-SCHLICK, G. D. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: II-Micronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, 2011.
- SPERA, S. T.; DENARDIN, J. E.; VARELLA ESCOSTEGUY, P. A.; PEREIRA DOS SANTOS, H.; FIGUEROA, E. A. Dispersão de argila em microagregados de solo incubado com calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, 2008.
- SUBRAMANIAN, N. K.; WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R.; RAMSAY, G. The three-dimensional distribution of minerals in potato tubers. **Annals of botany**, v. 107, n. 4, p. 681-691, 2011.
- SUCHORONCZEK, A.; JADOSKI, S. O.; BOTELHO, R. V.; DOS SANTOS, J.; CAMACHO, A. R. Efeito de épocas de colheita e tempo de armazenamento de tubérculos de batata sobre características de qualidade pós-colheita. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 9, n. 1, 2016.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TOBIAS, R. B.; CONWAY, W. S.; SAMS, C. E. Cell wall composition of calcium-treated apples inoculated with *Botrytis cinerea*. **Phytochemistry**, London, v.32, n.1, p.35-39, 1993.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. Departamento de Engenharia Agrícola. Estação Climatológica Principal de Viçosa. **Boletim meteorológico 2017**. Viçosa, 2017.

VILELA, L. C.; SANTOS, A. C.; BARRETO, P. M.; BRITO, S. S; SILVA, J. E. C.; OLIVEIRA, L. B. T. Propriedades químicas de Latossolo Vermelho em função da aplicação de gessagem e calagem. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 8, n. 1, 2010.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Calcium in plants. **Annals of botany**, v. 92, n. 4, p. 487-511, 2003.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets—iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. **New Phytologist**, v. 182, n. 1, p. 49-84, 2008.