

FRANCISCA GYSLANE DE SOUSA GARRETO

**INFLUÊNCIA DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE MAGNÉSIO NA
NUTRIÇÃO, CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE CULTIVARES
DE BATATA**

Botucatu

2022

FRANCISCA GYSLANE DE SOUSA GARRETO

**INFLUÊNCIA DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE MAGNÉSIO NA
NUTRIÇÃO, CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE CULTIVARES
DE BATATA**

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia/Agricultura.

Orientador: Dr. Rogério Peres Soratto

Botucatu

2022

G239i

Garreto, Francisca Gyslane de Sousa

Influência de doses e épocas de aplicação de magnésio na nutrição, crescimento, produtividade e qualidade de cultivares de batata / Francisca Gyslane de Sousa Garreto. -- , 2022

160 p. : tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu,

Orientador: Rogério Peres Soratto

1. *Solanum tuberosum*. 2. Nutrição mineral. 3. kieserita. 4. Manejo de magnésio. 5. Produtividade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: INFLUÊNCIA DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE MAGNÉSIO NA NUTRIÇÃO, CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE CULTIVARES DE BATATA

AUTORA: FRANCISCA GYSLANE DE SOUSA GARRÊTO

ORIENTADOR: ROGÉRIO PERES SORATTO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia (Agricultura), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ROGÉRIO PERES SORATTO (Participação Presencial)
Departamento de Produção Vegetal / FCAUnesp Botucatu

Prof. Dr. ADALTON MAZETTI FERNANDES (Participação Presencial)
Centro de Raízes e Amidos Tropicais / Universidade Estadual Paulista UNESP

Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES (Participação Presencial)
Ciência Florestal Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu UNESP

Profa. Dra. THAIS REGINA DE SOUZA (Participação Virtual)
Centro de Solos e Recursos Ambientais / INSTITUTO AGRÔNOMICO DE CAMPINAS

Pesquisador Dr. RENATO YAGI (Participação Presencial)
Estação de Pesquisa de Ponta Grossa / Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná

Botucatu, 06 de setembro de 2022

Aos meus pais,
Euclides e Laurineide,
e minha irmã, Polyana,
pelos ensinamentos, palavras de apoio,
compreensão, força e amor em todos os
momentos, e principalmente por acreditarem
em mim e no meu sonho,
dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela graça da sua presença em minha vida, por estar sempre ao meu lado me dando forças para não desistir diante das dificuldades encontradas no caminho, saúde e fé para persistir e resistir à árdua caminhada da vida. Agradeço a Nossa Senhora por sua intercessão, cuidado e amor de mãe.

As pessoas mais importantes da minha vida, minha família amada, minha mãe, Laurineide Valentim de Souza, meu pai, Euclides Lopes Garreto e minha irmã, Polyana de Sousa Garreto, que em meio às dificuldades não mediram esforços para estar sempre ao meu lado, me ouvindo, me dando coragem para não desistir dos meus objetivos, me apoiando nas minhas decisões e escolhas, sempre com muito amor e compreensão. Ao pequeno anjo da minha vida, que mesmo sem entender fez e faz meus dias melhores, minha sobrinha e afilhada Rita Eloá.

Aos meus familiares que sempre me apoiaram e acreditaram em mim, que oraram e sonharam junto comigo para que eu pudesse vencer mais essa etapa da minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rogério Peres Soratto, por acreditar em mim, pela amizade, orientação, ensinamentos, paciência, conselhos e pelo exemplo de professor e por estar, realmente, presente em cada etapa desse trabalho.

À Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Agricultura), pela oportunidade de realização do doutorado e execução desta pesquisa.

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

À Yara Fertilizantes, pelo financiamento parcial desta pesquisa (projeto FEPAF n. 1635).

Aos professores do Departamento de Produção Vegetal, excelentes em seus ensinamentos e contribuições.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal, Eliane Gonçalves, Valéria Giandoni, Adelina, Talita, Ciro de Oliveira (Cirinho) e Márcio que sempre auxiliaram, de uma forma ou de outra, para que o projeto pudesse ser desenvolvido.

À aluna Marcela Pacola e ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol por disponibilizarem o equipamento IRGA e auxiliarem na realização de uma das avaliações desta pesquisa.

À aluna Hariane Luiz, Prof. Dr. Marcelo de Almeida e ao Laboratório de Ecofisiologia Aplicada à Agricultura (LECA) pelo auxílio na realização de uma das avaliações desta pesquisa.

Ao Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT) por disponibilizar a infraestrutura necessária. Aos funcionários do CERAT Elder, Luiz, Danilo, Débora e Juliana pelo apoio, convivência e amizade.

Aos proprietários das áreas comerciais José Carlos Fernandes e Ivan Fornaziero, que cederam áreas para que pudéssemos conduzir parte do projeto de pesquisa.

Ao pessoal do laboratório Relações Solo-Planta, Yara, Júlia e Vinicius, por todo o ensinamento e colaboração nas análises realizadas, e pela amizade.

Aos meus antigos orientadores de graduação e mestrado, Maryzélia Furtado e Adalton Mazetti, vocês são grandes inspirações, e exerceram grande importância durante essa longa caminhada até aqui.

Aos amigos de grupo de pesquisa Amanda Gilabel, Júlio César, Victor Dognani, Fabiana Morbi, Anderson Romão, Westefann dos Santos, Bárbara Silva, Jaqueline Marcon, Tassiane Sanchez pelo auxílio prestado durante a realização deste projeto e pela grande amizade e respeito criada por nós durante este período.

Aos estagiários, Ana Júlia, Gleison, João, Raul e Daniel, pelo auxílio nas avaliações, dedicação e amizade.

Aos amigos da pós-graduação Jessica Silva, Ricardo Tajra, Ivanayra Mendes, Politon Guedes, Jason Geter, Malba, Amanda Rithielly, Isabelly Maques, Marcela Pacola, Ana Paula, Michelane Lima, Brunna Rithieli, Mônica Córdoba, Fabricio Rodrigues, Laudelino Mota e todos os colegas de Botucatu pelo apoio, parceria, companheirismo, amizade, auxílio nos experimentos e principalmente pelas boas risadas durante esse tempo de convivência.

À minha amiga e comadre Gabriela Nunes pela compreensão, parceria, amizade e carinho durante o dia-a-dia. Sou muito grata por Deus ter me permitido te conhecer e ter me dado você como irmã. Obrigada pelo crescimento pessoal que nossa

convivência me proporcionou, pelos abraços e sorrisos, pelo “o que é meu é nosso”, pelo apoio em todos os momentos difíceis e principalmente por compartilhar todas as alegrias comigo.

Enfim, agradeço a todos aqueles que de uma maneira ou de outra contribuíram para que parte deste percurso pudesse ser concluída direta ou indiretamente.

Muito obrigada a todos.

"Peçam, e lhes será dado! Procurem, e encontrarão! Batam, e abrirão a porta para vocês! Pois todo o que pede, recebe; o que busca encontra; e àquele que bate, a porta será aberta".

Mateus 7:7-8.

RESUMO

O magnésio (Mg) é um nutriente importante na produção e transporte de carboidratos na planta, interferindo na produtividade e na qualidade dos tubérculos de batata. Apesar da importância deste nutriente, no Brasil, são escassos os estudos científicos sobre sua aplicação na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.). Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi definir a dose e a época de aplicação de Mg capazes de suprir a necessidade da planta, bem como avaliar o efeito de doses e épocas de aplicação de Mg na nutrição da planta, produtividade, qualidade dos tubérculos e partição de fotoassimilados nas cultivares Agata, Asterix e Orchestra. Neste trabalho de pesquisa foram realizados três estudos. O estudo I consistiu em um experimento em casa de vegetação com duas cultivares (Agata e Asterix) no ano de 2021 e os estudos II e III foram realizados em campo com as cultivares Agata, Asterix e Orchestra, sendo cada um deles conduzido em dois locais/anos distintos (Itaí-SP e Botucatu-SP) nos anos de 2019 e 2020. A fonte de Mg utilizada foi o sulfato de magnésio monohidratado (kieserita). O estudo I foi conduzido no delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 6×2 , com seis repetições. Os tratamentos foram constituídos por seis manejos (doses/épocas de aplicação) de Mg (T0: controle, sem adubação com Mg; T1: $2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado no plantio; T2: $4,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado no plantio; T3: $8,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado no plantio; T4: $4,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado aproximadamente 10 dias após a emergência (DAE) (amontoa); T5: $2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado no plantio e $2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado aos 10 DAE) e duas cultivares de batata (Agata e Asterix). Nos experimentos de campo foi utilizado o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. O estudo II, denominado “estudo de doses e épocas de aplicação de Mg”, foi instalado no esquema fatorial $4 \times 2 + 1$, cujos tratamentos foram constituídos por quatro doses de Mg ($12,5$; $25,0$; $50,0$ e $100,0 \text{ kg ha}^{-1}$) em duas épocas de aplicação, no sulco de plantio ou por ocasião da amontoa, e um tratamento sem aplicação de Mg (controle). O estudo III, denominado “estudo de formas de manejo da aplicação de Mg”, foi constituído por cinco formas de parcelamento/épocas de aplicação da mesma dose de Mg e um tratamento sem aplicação de Mg (controle). Os resultados indicaram que a aplicação de Mg mantém maiores índices relativos de clorofila (SPAD) na folha, proporcionando maior produção de matéria seca (MS) e

acúmulo total de Mg, independente da cultivar. A maior parte do Mg absorvido é translocado para os tubérculos. A aplicação de Mg, via sulfato de magnésio monohidratado (kieserita), pode aumentar a produtividade e a qualidade dos tubérculos de batata, mesmo em solos com elevado teor de Mg trocável no solo (9-14 mmol_c dm⁻³). A época de aplicação do Mg (plantio ou amontoa) tem pouca influência na nutrição, produtividade e qualidade dos tubérculos das cultivares de batata. As cultivares de batata apresentam responsividade a adubação magnésiana na seguinte ordem: Agata > Asterix > Orchestra. O fornecimento de Mg aumenta teor de amido e reduz os teores de açúcares redutores e totais nos tubérculos de batata.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*; nutrição mineral; kieserita; manejo de magnésio; produtividade; transporte de carboidratos.

ABSTRACT

Magnesium (Mg) is an important nutrient in the production and carbohydrate transport in the plant, interfering with the yield and quality of potato tubers. Despite the importance of this nutrient, in Brazil, there are few scientific studies on its application in the potato (*Solanum tuberosum* L.) crop. Thus, the objective of the present work was to define the rate and timing of Mg application capable of supplying the need of the plant, as well as to assess the impact of rates and timing of Mg application on nutrition, yield, tuber quality and partition of photoassimilates in potato of three cultivars (Agata, Asterix, and Orchestra). In this research work, three studies were carried out. Study I consisted of an experiment in a greenhouse with two cultivars (Agata and Asterix) in the year 2021 and studies II and III were carried out in the field with the cultivars Agata, Asterix, and Orchestra, each one being conducted in two locations/different years (Itaí-SP and Botucatu-SP) in the years 2019 and 2020. The source of Mg used was magnesium sulfate monohydrate (kieserite). Study I was carried out in a randomized block design, in a 6×2 factorial design, with six replications. The treatments consisted of six managements (rates/timing) of Mg (T0: control, without fertilization with Mg; T1: 2.1 mmol_c dm⁻³ of Mg applied at planting; T2: 4.1 mmol_c dm⁻³ of Mg applied at planting; T3: 8.2 mmol_c dm⁻³ of Mg applied at planting; T4: 4.1 mmol_c dm⁻³ of Mg applied approximately 10 days after emergence (DAE) (hilling); T5: 2.1 mmol_c dm⁻³ of Mg applied at planting and 2.1 mmol_c dm⁻³ of Mg applied 10 DAE) and two potato cultivars (Agata and Asterix). In the field experiments, a randomized block design was used, with four replications. Study II, called “study of rates and timing of Mg application”, was installed in a 4×2+1 factorial design, whose treatments consisted of four rates of Mg (12,5, 25, 50, and 100 kg ha⁻¹) at two timings of application, in the planting furrow or at hilling, and treatment without Mg application (control). Study III, called “study of ways of managing the application of Mg”, consisted of five forms of splitting/timing of application of the same rate of Mg and treatment without application of Mg (control). The results indicated that the Mg application maintains higher relative levels of chlorophyll (SPAD) in the leaf, providing greater dry matter (DW) production and total Mg accumulation, regardless of the cultivar. Most of the absorbed Mg is translocated to the tubers. The application of Mg, via magnesium sulfate monohydrate (kieserite), can increase the yield and quality of potato tubers, even in soils with high

exchangeable Mg content in the soil (9-14 mmol_c dm⁻³). The application timing of Mg (planting or hilling) has little influence on the nutrition, yield, and quality of tubers of potato cultivars. Potato cultivars are responsive to magnesian fertilization in the following order: Agata > Asterix > Orchestra. The supply of Mg increases the starch content and reduces the levels of reducing and total sugars in potato tubers.

Keywords: *Solanum tuberosum*; mineral nutrition; kieserite; magnesium management; yield; carbohydrate transport.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Plantio dos tubérculos-semente (A) e amontoa (B), em Botucatu-SP, 2022	45
Figura 2 - Avaliação aos 45 DAE, tratamento 5, tubérculo cv. Asterix (A), parte aérea cv. Asterix (B), tubérculo cv. Agata (C), parte aérea cv. Agata (D), em Botucatu-SP, 2021	45
Figura 3 - Experimento no momento da colheita, em Botucatu-SP, 2021	45
Figura 4 - Dados diários de precipitação, irrigação e temperaturas mínimas e máximas durante a condução dos experimentos, de julho a outubro de 2019 em Itaí-SP (A), de agosto a novembro de 2019 em Botucatu-SP (B) e de abril a julho de 2020 em Botucatu-SP (C)	51
Figura 5 - Instalação dos experimentos em Itaí-SP/2019 (16/07/2019, A), Botucatu-SP/2019 (08/08/2019, B) e Botucatu-SP/2020 (04/04/2020, C)	54
Figura 6 - Vistas do experimento na emergência das plantas (08/08/2019, A), aos 53 DAP (06/09/2019, B), 70 DAP (23/09/2019, C) e 81 DAP (04/10/2019, D), em Itaí-SP/2019	55
Figura 7 - Vistas do experimento na emergência das plantas (02/09/2019, A), aos 56 DAP (02/10/2019, B), 71 DAP (17/10/2019, C) e 83 DAP (29/10/2019, D), em Botucatu-SP/2019	56
Figura 8 - Vistas do experimento na emergência das plantas (28/04/2020, A), aos 55 DAP (28/05/2020, B), 70 DAP (12/06/2020, C) e 87 DAP (29/06/2020, D), em Botucatu-SP/2020	56
Figura 9 - Sintomas visuais da deficiência de Mg em folhas de plantas de batata cultivar Agata (A) e Asterix (B) sem aplicação de Mg	67
Figura 10 - Índice relativo de clorofila (SPAD) das cultivares de batata Agata (A, 46 DAE e B, 58 DAE), Asterix (C, 58 DAE) e Orchestra (D, 46 DAE), em resposta as doses de Mg em Botucatu 2019 (A e B) e Botucatu 2020 (C e D)	86
Figura 11 - Teor de macronutrientes (N, P e K) na folha diagnose das cultivares de batata Asterix (A, nitrogênio) e Orchestra (B, fósforo e C, potássio), em resposta as doses de Mg em Botucatu 2020	89
Figura 12 - Teor de macronutrientes (N e P) na folha diagnose das cultivares de batata	

Asterix (A, fósforo) e Orchestra (B, nitrogênio), em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Itaí 2019 (A) e Botucatu 2020 (B). A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de Mg 89

Figura 13 - Teor de macronutrientes (Ca e S) na folha diagnose das cultivares de batata Agata (A, cálcio) e Orchestra (B, enxofre), em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Itaí 2019 (A) e Botucatu 2020 (B). A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de Mg 92

Figura 14 - Teor de macronutrientes (Ca e Mg) na folha diagnose das cultivares de batata Agata (A, cálcio; B e C, magnésio), Asterix (D, cálcio e E, magnésio) e Orchestra (F, cálcio e G, magnésio), em resposta as doses de Mg, em Botucatu 2019 (A e C) e Itaí 2019 (B, D, E, F e G) 93

Figura 15 - Teor de macronutriente (B) na folha diagnose das cultivares de batata Agata (A) e Asterix (B), em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Itaí 2019 (A) e Botucatu 2020 (B). A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de Mg 97

Figura 16 - Teor de micronutrientes (Cu e B) na folha diagnose das cultivares de batata Agata (A, cobre) e Orchestra (B, boro), em resposta as doses de Mg, em Botucatu 2019 (A) e Itaí 2019 (B) 97

Figura 17 - Teor de micronutriente (Zn) na folha diagnose das cultivares de batata Asterix (A e B) e Orchestra (C), em resposta as doses de Mg, em Itaí 2019 (A) e Botucatu 2020 (B e C) 100

Figura 18 - Teor de macronutriente (Zn) na folha diagnose da cultivar de batata Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Itaí 2019. A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de Mg 101

Figura 19 - Matéria seca (MS) acumulada nos tubérculos e total da cultivar de batata Agata (A e B), antes da dessecação, em resposta as doses de Mg, em

Botucatu 2019	103
Figura 20 - Matéria seca (MS) acumulada na parte aérea da cultivar de batata Orchestra, antes da dessecação, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Botucatu 2020. A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha ⁻¹ de Mg	104
Figura 21 - Teor de Mg na parte aérea e tubérculos das cultivares de batata Agata (A e B, parte aérea e C, tubérculo), Asterix (D e E, parte aérea) e Orchestra (F, parte aérea, G e H, tubérculo), antes da dessecação, em resposta as doses de Mg, em Itaí 2019 (A, C, D, F e G), Botucatu 2019 (B) e Botucatu 2020 (E e H)	106
Figura 22 - Teor de Mg na parte aérea da cultivar de batata Orchestra, antes da dessecação, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Botucatu 2020. A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha ⁻¹ de Mg	107
Figura 23 - Quantidade de Mg acumulada na parte aérea, tubérculos e total das cultivares de batata Agata (A e B, tubérculo e C, total), Asterix (D, tubérculo e E, total) e Orchestra (F e G, tubérculo e H, total), antes da dessecação, em resposta as doses de Mg, em Itaí 2019 (A, F e H), Botucatu 2019 (B e C) e Botucatu 2020 (D, E e G). A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha ⁻¹ de Mg	110
Figura 24 - Quantidade de Mg acumulada na parte aérea da cultivar de batata Orchestra, antes da dessecação, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Botucatu 2020. A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha ⁻¹ de Mg	111
Figura 25 - Produtividade de tubérculos total e das classes especial, primeira e segunda das cultivares de batata Agata (A e B, produtividade total, C, especial e D, primeira) e Asterix (E, segunda), em resposta as doses de Mg, em Itaí 2019 (A e C), Botucatu 2019 (B e D) e Botucatu 2020 (E)	116

- Figura 26 - Firmeza da polpa e matéria seca (MS) dos tubérculos das cultivares de batata Agata (A, % MS), Asterix (B, % MS) e Orchestra (C, firmeza da polpa), em resposta as doses de Mg, em Botucatu 2019 (A) e Botucatu 2020 (B e C) 121
- Figura 27 - Firmeza da polpa da cultivar de batata Asterix, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Botucatu 2020. A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de Mg 122
- Figura 28 - Teores de amido e açúcar redutor nos tubérculos da cultivar de batata Asterix (A, amido e B, açúcar redutor), em resposta as doses de Mg, em Botucatu 2019 (A) e Itaí 2019 (B) 123
- Figura 29 - Teor e exportação de Mg nos tubérculos das cultivares de batata Agata (A, teor e B, exportação), Asterix (C, exportação) e Orchestra (D, teor e E, exportação), em resposta as doses de Mg, em Itaí 2019 (A), Botucatu 2019 (B) e Botucatu 2020 (C, D e E) 127
- Figura 30 - Exportação de Mg nos tubérculos da cultivar de batata Agata, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Itaí 2019. A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de Mg 128

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características químicas e granulométricas do solo, antes da instalação do experimento de casa de vegetação (inicial), bem como correção e aplicação dos tratamentos de Mg, aos 45 dias após a emergência das plantas de batata, 2021	43
Tabela 2 - Descrição da localização e ano de execução dos estudos II e III	49
Tabela 3 - Características químicas e granulométricas dos solos, na profundidade de 0-0,20 m, antes da instalação dos experimentos, 2019 e 2020	52
Tabela 4 - Tratamentos utilizados no estudo II, com doses de Mg aplicadas no sulco de plantio e por ocasião da amontoa da cultura da batata, conduzido em condições de campo	52
Tabela 5 - Tratamentos utilizados no estudo III, com formas de manejo da aplicação de Mg na cultura da batata, conduzido em condições de campo	53
Tabela 6 - Tratamento fitossanitário realizado na cultura da batateira em experimento conduzido em Itaipava-SP, no ano de 2019	57
Tabela 7 - Tratamento fitossanitário realizado na cultura da batateira em experimento conduzido em Botucatu-SP, no ano de 2019	58
Tabela 8 - Tratamento fitossanitário realizado na cultura da batateira em experimento conduzido em Botucatu-SP, no ano de 2020	59
Tabela 9 - Índice relativo de clorofila (SPAD) da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg. Casa de vegetação, 2021	64
Tabela 10 - Taxa de assimilação líquida de CO ₂ (A), condutância estomática (gs), taxa transpiratória (E), concentração interna de CO ₂ (Ci), diferença de pressão de vapor (VPD), eficiência do uso de água (EUA) e eficiência de carboxilação (EC) da cultura da batata cultivares Agata e Asterix em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	65
Tabela 11 - Teores de clorofila a (Chl a), clorofila b (Chl b), clorofila a + b (Chl a + b), relação clorofila a e clorofila b (Chl a/b) e carotenóides da cultura da batata cultivares Agata e Asterix em função da forma de manejo do Mg ao 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	66

Tabela 12 - Área foliar, matéria seca da parte aérea e tubérculos da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	69
Tabela 13 - Acúmulo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na parte aérea da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	70
Tabela 14 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para acúmulo de Mg e S na parte aérea aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	71
Tabela 15 - Acúmulo de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) na parte aérea da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	72
Tabela 16 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para acúmulo de Cu na parte aérea aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	72
Tabela 17 - Acúmulo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) no tubérculo da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	73
Tabela 18 - Acúmulo de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) no tubérculo da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	74
Tabela 19 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para acúmulo de B, Mn e Zn no tubérculo aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	74
Tabela 20 - Acúmulo total de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na planta da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	75
Tabela 21 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para acúmulo total de S na planta aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	76
Tabela 22 - Acúmulo total de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) na planta da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	77

Tabela 23 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para acúmulo total de B e Zn na planta aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	77
Tabela 24 - Partição de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nos tubérculos da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	78
Tabela 25 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para a partição de S nos tubérculos aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	78
Tabela 26 - Partição de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) nos tubérculos da cultura da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	79
Tabela 27 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para a partição de Cu e Mn nos tubérculos aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	80
Tabela 28 - Teores de amido, açúcares redutores e totais nos tubérculos da cultura da batata cultivares Agata e Asterix em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	81
Tabela 29 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para teor de açúcar redutor (AR) e total (AT) nos tubérculos aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021	81
Tabela 30 - Número de tubérculos por planta, peso total de tubérculos por planta, peso médio de tubérculo e porcentagem de matéria seca (MS) nos tubérculos da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg. Casa de vegetação, 2019	83
Tabela 31 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para MS nos tubérculos na colheita. Casa de vegetação, 2021	83
Tabela 32 - Índice relativo de clorofila (SPAD) das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo	85
Tabela 33 - Teores de macronutrientes (N, P e K) na folha diagnose das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo	88

Tabela 34 - Teores de macronutrientes (Ca, Mg e S) na folha diagnose das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo	91
Tabela 35 - Teores de micronutrientes (B e Cu) na folha diagnose das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo	96
Tabela 36 - Teores de micronutrientes (Fe, Mn e Zn) na folha diagnose das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo	99
Tabela 37 - Matéria seca (MS) acumulada na parte aérea, tubérculos e total das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, antes da dessecação, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo	102
Tabela 38 - Teor de Mg na parte aérea e tubérculos das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, antes da dessecação, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo	105
Tabela 39 - Quantidade de Mg acumulado na parte aérea, tubérculos e total das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, antes da dessecação, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo	109
Tabela 40 - População de plantas, hastes e tubérculos por planta e peso médio de tubérculo das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo	113
Tabela 41 - Produtividade de tubérculos total e das classes especial, primeira e segunda das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo	115
Tabela 42 - Produtividade relativa de tubérculos total e da classe especial das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo. Média de duas épocas de aplicação	117
Tabela 43 - Firmeza da polpa, sólidos solúveis e matéria seca (MS) dos tubérculos das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a épocas	

de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo	120
Tabela 44 - Teores de amido e açúcar redutor nos tubérculos da cultivar de batata Asterix, na colheita, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo	123
Tabela 45 - Teor e exportação de Mg nos tubérculos das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, na colheita, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo	126
Tabela 46 - Índice relativo de clorofila (SPAD) das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo	129
Tabela 47 - Teores de macronutrientes (N, P e K) na folha diagnose das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo	131
Tabela 48 - Teores de macronutrientes (Ca, Mg e S) na folha diagnose das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo	132
Tabela 49 - Teores de micronutrientes (B e Cu) na folha diagnose das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo	134
Tabela 50 - Teores de micronutrientes (Fe, Mn e Zn) na folha diagnose das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo	135
Tabela 51 - Matéria seca (MS) acumulada na parte aérea, tubérculos e total das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, antes da dessecação, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo	137
Tabela 52 - Teor de Mg na parte aérea e tubérculos das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, antes da dessecação, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo	139
Tabela 53 - Quantidade de Mg acumulado na parte aérea, tubérculos e total das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, antes da dessecação, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo	140
Tabela 54 - População de plantas, hastes e tubérculos por planta e peso médio de tubérculo das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função	

da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo	142
Tabela 55 - Produtividade de tubérculos total e das classes especial, primeira e segunda das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo	144
Tabela 56 - Produtividade relativa de tubérculos total e da classe especial das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo	145
Tabela 57 - Firmeza da polpa, sólidos solúveis e matéria seca (MS) dos tubérculos das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo	146
Tabela 58 - Teores de amido e açúcar redutor nos tubérculos da cultivar de batata Asterix, na colheita, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo	147
Tabela 59 - Teor e exportação de Mg nos tubérculos das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, na colheita, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo	149

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	31
2	REVISÃO DE LITERATURA	33
2.1	Importância da cultura da batata	33
2.2	Exigências nutricionais da cultura da batata	34
2.3	Magnésio no solo e na planta e sua importância na cultura da batata	35
3	MATERIAL E MÉTODOS	41
3.1	Caracterização das cultivares	41
3.2	Estudo I: Experimento em condições de casa de vegetação ...	42
3.2.1	Delineamento e condução do experimento	42
3.2.2	Avaliações	46
3.2.2.1	Índice relativo de clorofila (SPAD)	46
3.2.2.2	Avaliações na fase de enchimento dos tubérculos	46
3.2.2.2.1	Trocas gasosas	46
3.2.2.2.2	Pigmentos fotossintéticos	47
3.2.2.2.3	Área foliar	47
3.2.2.2.4	Acúmulo e partição de MS e nutrientes na planta	47
3.2.2.2.5	Teores de açúcares redutores, solúveis totais e amido nos tubérculos	48
3.2.2.2.6	Características químicas do solo	48
3.2.2.3	Avaliações realizadas no final do ciclo	48
3.2.2.3.1	Número, peso médio e produtividade de tubérculos	48
3.2.2.3.2	Porcentagem de MS em tubérculos	49
3.3	Estudo II e III: Experimentos em condições de campo	49
3.3.1	Localização e caracterização edafoclimática das áreas experimentais	49
3.3.2	Delineamento experimental e tratamentos	52
3.3.3	Instalação e condução dos experimentos dos estudos II e III .	53
3.3.4	Avaliações	59
3.3.4.1	Índice relativo de clorofila (SPAD)	59
3.3.4.2	Teores de nutrientes nas folhas	60

3.3.4.3	Acúmulo e partição de matéria seca (MS) e Mg na planta	60
3.3.4.4	População de plantas e número de hastes por planta	60
3.3.4.5	Número, produtividade e classificação dos tubérculos produzidos	61
3.3.4.6	Peso médio dos tubérculos	61
3.3.4.7	Produtividade relativa de tubérculos	61
3.3.4.8	Incidência de defeitos nos tubérculos	62
3.3.4.9	Firmeza da polpa	62
3.3.4.10	Teor de sólidos solúveis	62
3.3.4.11	Porcentagem de matéria seca (MS) em tubérculos	62
3.3.4.12	Teor de amido e açúcares redutores nos tubérculos	62
3.3.4.13	Teor e exportação de Mg nos tubérculos na colheita	63
3.4	Análise estatística	63
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4.1	Estudo I	64
4.1.1	Variáveis fisiológicas e bioquímicas: Índice relativo de clorofila (SPAD), trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos	64
4.1.2	Área foliar e acúmulo de matéria seca (MS) na planta	68
4.1.3	Acúmulo de nutrientes na planta	70
4.1.4	Partição de nutrientes nos tubérculos	77
4.1.5	Teores de açúcares redutores, solúveis totais e amido nos tubérculos	80
4.1.6	Número, peso total, peso médio e porcentagem de MS em tubérculos	82
4.2	Estudo II	84
4.2.1	Índice relativo de clorofila (SPAD)	84
4.2.2	Teores de nutrientes nas folhas	87
4.2.3	Acúmulo e partição de matéria seca (MS) na planta	101
4.2.4	Teor e exportação de Mg na planta	104
4.2.5	População de plantas, número de hastes e tubérculos por planta e, peso médio de tubérculo	112
4.2.6	Produtividade e classificação dos tubérculos	114
4.2.7	Firmeza da polpa, sólidos solúveis e matéria seca (MS) nos	

	tubérculos	119
4.2.8	Teor de amido e açúcar redutor nos tubérculos da cultivar Asterix	122
4.2.9	Teor e exportação de Mg nos tubérculos na colheita	124
4.3	Estudo III	128
4.3.1	Índice relativo de clorofila (SPAD)	128
4.3.2	Teores de nutrientes nas folhas	130
4.3.3	Acúmulo e partição de matéria seca (MS) na planta	136
4.3.4	Teor e exportação de Mg na planta	138
4.3.5	População de plantas, número de hastes e tubérculos por planta e, peso médio de tubérculo	141
4.3.6	Produtividade e classificação dos tubérculos	142
4.3.7	Firmeza da polpa, sólidos solúveis e matéria seca (MS) nos tubérculos	146
4.3.8	Teor de amido e açúcar redutor nos tubérculos da cultivar Asterix	147
4.3.9	Teor e exportação de Mg nos tubérculos na colheita	148
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	150
6	CONCLUSÕES	152
	REFERÊNCIAS	153

1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.), importante fonte de alimento no mundo e com alta produção por unidade de área, é uma planta bastante exigente quanto à disponibilidade de nutrientes prontamente disponíveis na solução do solo, devido seu ciclo de desenvolvimento relativamente curto.

No entanto, tem sido comum no Brasil o cultivo da cultura da batata em solos relativamente ácidos e com baixos teores de magnésio (Mg), principalmente por causa da não realização de calagem por receio de maior incidência de patógenos de solo, como a sarna comum (*Streptomyces* spp.), sendo possível observar sintomas característicos de deficiência deste nutriente em condições de campo. Em contrapartida, é rotineira a utilização indiscriminada de fertilizantes, em quantidades superiores às recomendações para a cultura e à utilização de adubos com fórmulas NPK (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011), que apresentam elevadas concentrações de cálcio (Ca) e potássio (K), o que pode ocasionar desequilíbrios nutricionais no solo, principalmente nas relações entre Ca, Mg e K (SORATTO; FERNANDES, 2015), interferindo na absorção e eventualmente causando deficiência de Mg, nutriente importante especialmente na fase de enchimento dos tubérculos da batateira.

A deficiência de Mg afeta a produtividade e a qualidade dos tubérculos, devido sua atuação na transferência de energia para os drenos principais, que são os tubérculos; por interferir na alocação de açúcares e amido nos mesmos; além de ser constituinte da molécula de clorofila, interferindo diretamente no processo fotossintético da planta (ZENGIN et al., 2008; MARENCO; LOPES, 2009; CAKMAK; YAZICI, 2010; FAÇANHA et al., 2012; TAIZ; ZEIGER, 2013; FERDOUS et al., 2014; PITCHAY; MIKKELSEN, 2018). Assim, o Mg desempenha um papel extremamente importante na formação de tubérculos graúdos, nas cultivares para mercado fresco, mas principalmente para cultivares de batata utilizadas na indústria de processamento, que devem ter tubérculos com alta percentagem de matéria seca (MS) e baixo teor de açúcares redutores. Por isso, o conhecimento sobre as exigências nutricionais da cultura, visando o manejo adequado dos nutrientes, incluindo o Mg, em doses e épocas de maior demanda, é importante para obtenção do máximo desempenho produtivo pela cultura.

As pesquisas relacionadas à adubação buscam, geralmente, a definição de doses de nutrientes que aumentem a produtividade das culturas e reduza os custos de produção, mas, poucos são os estudos sobre a interação dos elementos no solo e seus efeitos na disponibilidade de nutrientes para a planta (SILVA; TREVIZAM, 2015). Porém, apesar da importância do Mg para as plantas e sua interação com outros nutrientes, ainda é preciso entender melhor a resposta das cultivares de batata a aplicação de Mg nas condições brasileiras.

Diante do exposto, formulou-se como hipóteses para esta pesquisa: (i) o uso da adubação com Mg pode interferir na sua absorção e partição pela planta, bem como afetar a nutrição, crescimento, partição de fotoassimilados, produtividade e qualidade dos tubérculos das cultivares de batata; (ii) a aplicação de Mg na época de maior exigência da planta de batata pode melhorar a nutrição da cultura e a eficiência de utilização do Mg aplicado; (iii) as cultivares de batata podem apresentar diferentes exigências quanto as doses e épocas de aplicação de Mg.

Assim, objetivou-se com esta pesquisa definir a dose e época de aplicação de Mg capazes de suprir a necessidade da planta, bem como avaliar o efeito de doses e épocas de aplicação de Mg na nutrição da planta, produtividade, qualidade dos tubérculos e partição de fotoassimilados nas cultivares Agata, Asterix e Orchestra.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da cultura da batata

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma planta dicotiledônea, pertencente à família *Solanaceae*, gênero *Solanum* (ALVES; FERREIRA; NICK, 2017; PITCHAY; MIKKELSEN, 2018). Os tubérculos são a principal forma de reprodução e também os órgãos de interesse econômico das plantas de batata. São compostos por cerca de 78-80% de água, 16-20% de carboidratos (principalmente amido) e cerca de 2% de proteína (LISINSKA; LESZCZYNSKI, 1989).

A batata é a terceira cultura alimentar mais importante do mundo para o consumo humano, depois do arroz e do trigo (FERDOUS et al., 2014; PITCHAY; MIKKELSEN, 2018), sendo uma excelente fonte de carboidratos, vitaminas, minerais (WHITE et al., 2009), proteínas, aminoácidos essenciais e fibras (BRAUN et al., 2011).

No Brasil, a produção de batata, em 2021, foi da ordem de 4,1 milhões de toneladas em 125 mil hectares (IBGE, 2022). Dentre os estados produtores, São Paulo destaca-se em segundo lugar atrás de Minas Gerais, com produtividade média de 32,8 t ha⁻¹. A eficiência produtiva da cultura da batata garante elevado aproveitamento de áreas destinadas à produção de alimentos, característica importante num cenário mundial de constante crescimento populacional (PULZ et al., 2008; FERNANDES; SORATTO, 2012).

Existe uma grande diversidade genética nas variedades de batata cultivadas, representando uma ampla gama de cores, formas, tamanhos, sabores, capacidade de armazenamento e propriedades de cozimento (PITCHAY; MIKKELSEN, 2018). O Brasil é autossuficiente na produção de batata para o consumo *in natura*, ou seja, uso doméstico; no entanto, a industrialização foi por muito tempo limitada pela falta de matéria-prima adequada (PÁDUA, 2007; GARCIA et al., 2015), porém este cenário vem se alterando. O consumo de batata processada no Brasil tem apresentado uma tendência de crescimento expressivo, assim observa-se um cenário de expansão da produção de batata destinada à indústria associada ao aumento da capacidade de processamento nacional (INACIO; MOLENA; DELEO, 2017).

As cultivares de batata mais produzidas no Brasil são Agata, indicada para o preparo doméstico, na forma cozida ou assada e Asterix indicada para o processamento industrial na forma de palitos (SILVA et al., 2009; SILVA et al., 2014; ABBA, 2022). Nos últimos anos tem aumentado também o cultivo da cultivar Orchestra, indicada para consumo culinário de várias formas, mas principalmente na forma cozida, apresentando quantidade de MS mediana entre as duas cultivares citadas acima (FERREIRA; POPP, 2015). Essas definições quanto à aptidão da cultivar se dão em função da percentagem de MS, teor de açúcares e amido nos tubérculos (GARCIA et al., 2015).

2.2 Exigências nutricionais da cultura da batata

A cultura da batata é bastante exigente quanto à disponibilidade de nutrientes no solo, devido, principalmente, à sua alta produção por área e ciclo de desenvolvimento relativamente curto (SORATTO; FERNANDES, 2017), que pode atingir de 90 a 110 dias nas condições tropicais e subtropicais, dependendo da cultivar utilizada (PEREIRA; DANIELS, 2003), além de ser altamente responsiva a adição de nutrientes no solo (FELTRAN, 2005; CARDOSO et al., 2007; SILVA et al., 2007; FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011; SORATTO; FERNANDES; SOUZA-SCHLICK, 2011; FERNANDES; SORATTO, 2012).

A disponibilidade de nutrientes para as plantas é influenciada por vários fatores e mecanismos, dentre os quais estão as interações iônicas, que podem resultar em competição quanto a absorção de nutrientes pela planta, afetadas pelas diferenças de concentrações dos íons na solução do solo, espécies e cultivares, além do estágio de desenvolvimento da planta (SILVA; TREVIZAM, 2015). O uso em excesso de alguns nutrientes pode causar desequilíbrio na absorção de outros nutrientes (KOCH et al., 2019) e redução da qualidade dos tubérculos (CARDOSO et al., 2007). Quando a absorção de qualquer um dos nutrientes essenciais é inadequada, podendo ser excessiva ou baixa, as reações metabólicas da planta são interrompidas, impedindo seu desenvolvimento normal (PITCHAY; MIKKELSEN, 2018).

A planta de batata absorve do solo, em média 4,3, 0,6, 7,2, 1,4, 0,5 e 0,6 kg de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, para cada tonelada de tubérculo produzido e exportam pelos tubérculos 2,7, 0,5, 4,8, 0,1, 0,2 e 0,4 kg de N, P, K, Ca, Mg e S,

respectivamente, para cada tonelada de tubérculo colhido (FERNANDES; SORATTO, 2012), ou seja, como a produtividade de tubérculos normalmente é elevada ($30\text{-}80\text{ Mg ha}^{-1}$) e a cultura exporta a maior parte dos nutrientes absorvidos, há a necessidade de disponibilização adequada, para evitar deficiências nutricionais. A absorção de macronutrientes pelas plantas de batata segue a seguinte ordem: $K > N > Ca > P > Mg > S$ (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011), sendo necessário o fornecimento de todos os elementos para garantir o bom desenvolvimento e produtividade das culturas (ZENGIN et al., 2009; KOCH et al., 2020a; NAUMANN et al., 2020).

Um dos fatores que mais restringem a produtividade de tubérculos de batata é a falta de aplicação adequada de fertilizantes balanceados (FERDOUS et al., 2014). Pelo fato do cultivo de batata ser um empreendimento de alto custo e ser realizado em sistemas intensivos, normalmente são utilizadas altas doses de fertilizantes químicos nas áreas de produção desta cultura, contendo elevadas concentrações de N, P, K, Ca e S (SILVA et al., 2007; FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011; FERNANDES; SORATTO, 2012; SORATTO; FERNANDES, 2015), sendo comum o uso de quantidades de nutrientes superiores às recomendações técnicas de adubação para a cultura, sem considerar a análise de solo, marcha de absorção de cada nutriente, exigência das cultivares e balanço de nutrientes no solo. Assim, para alcançar um alto rendimento e a qualidade dos tubérculos de batata produzidos, é necessário um fornecimento adequado e equilibrado de nutrientes à cultura, em quantidade e época de melhor aproveitamento pela cultura (FERNANDES; SORATTO, 2012; KOCH et al., 2020a; NAUMANN et al., 2020).

2.3 Magnésio no solo e na planta e sua importância na cultura da batata

A necessidade das plantas em Mg é, normalmente, subestimada (KOCH et al., 2020a), sendo este um elemento, muitas vezes, esquecido na produção das culturas (CAKMAK; YAZICI, 2010; GUO et al., 2016). Porém, apesar de ser absorvido em pequena quantidade, o Mg é um dos nutrientes essenciais para plantas superiores (DING et al., 2006), diretamente relacionado à qualidade da batata (NAUMANN et al., 2020) e junto com o K, são macronutrientes importantes para a produção e transporte de fotoassimilados (SENBAYRAM et al., 2015; KOCH et al., 2019). A cultura da batata absorve, em média, 0,5 kg de Mg para cada tonelada de tubérculo

produzido, e exporta em torno de 0,2 kg de Mg por tonelada de tubérculo colhido (FERNANDES; SORATTO, 2012). As cultivares de batata Agata e Asterix extraem 8 e 12 kg ha⁻¹ de Mg da área de cultivo, respectivamente, e exportam pelos tubérculos entre 7,0 e 8,0 kg ha⁻¹ desse nutriente (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011), ou seja, a maior parte do Mg absorvido pela planta de batata é acumulado nos tubérculos. De acordo com Fernandes, Soratto e Silva (2011) e Fernandes (2021) esse acúmulo pode ser de 43 a 88% da quantidade máxima de Mg acumulado pela planta de batata, variando em função da cultivar e da condição de cultivo.

No entanto, desequilíbrios e altas concentrações de outros cátions no solo, como NH₄⁺, K⁺ ou Ca²⁺, podem inibir a absorção de Mg e induzir sua deficiência nas plantas (MARENCO; LOPES, 2009; FAÇANHA et al., 2012; SILVA; TREVIZAM, 2015; SENBAYRAM et al., 2015; PITCHAY; MIKKELSEN, 2018). De acordo com James et al. (1994), a absorção de K em plantas de batata compete pouco com a absorção de Ca e fortemente com a absorção de Mg. Como foi observado por Job et al. (2019), houve redução nos teores foliares de Mg na batata com o aumento das doses de K em solos contendo teores considerados altos de Mg. Por outro lado, Allison, Fowler e Allen (2001) verificaram pouco efeito da cultivar ou do fornecimento de N, P, K, Mg e Ca na absorção de Mg pela planta de batata, mesmo em solos com baixos teores de Mg²⁺. Mas, o conhecimento sobre os efeitos individuais e interativos da nutrição de Mg, Ca e K na batata ainda é limitado, assim como em outras culturas (KOCH et al., 2019).

A maioria dos solos do Brasil e do mundo são ácidos e, assim, deficientes em Mg²⁺ e Ca²⁺ (FAGERIA et al., 1998). Estes nutrientes são fornecidos ao solo através da calagem, que, além de fornecer Mg e Ca, corrige a acidez, elevando o pH do solo, causando modificações na disponibilidade de nutrientes as culturas (FERNANDES; SORATTO, 2012). A época de maior exigência das plantas de batata por Mg e Ca inicia-se a partir do período de formação dos tubérculos e se estende até o período de maturação dos tubérculos (42-63 dias após o plantio (DAP) para o Mg e 44-73 DAP para o Ca), dependendo da cultivar, sendo importante uma oferta adequada durante toda a estação de crescimento (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011; FERNANDES; SORATTO, 2012; PITCHAY; MIKKELSEN, 2018). A forma mais econômica de fornecer estes nutrientes à cultura ainda é por meio da calagem (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011; LOPES, 2018; RODRIGUES et al., 2022). Contudo, é comum o cultivo de batata em solos com baixos teores de Mg

e com pH relativamente ácidos, uma vez que, muitos produtores não realizam calagem nestes solos, com receio que a elevação do pH ocasione maior incidência de sarna comum (*Streptomyces* spp) nos tubérculos (SANGOI; KRUSE, 1994; FERNANDES; SORATTO, 2012).

O Mg é um nutriente móvel na planta e influencia diversos processos metabólicos e reações importantes, incluindo a formação de clorofila, fotossíntese, formação de raízes, fosforilação, fixação de dióxido de carbono (CO₂), partição e utilização de fotoassimilados, carregamento via floema, geração de espécies reativas de oxigênio (EROs), fotooxidação em tecidos foliares, síntese de proteínas e reações enzimáticas, como ativação da Rubisco e PEPcarboxilase e, resistência a doenças (ZENGIN et al., 2008; MARENCO; LOPES, 2009; CAKMAK; YAZICI, 2010; FAÇANHA et al., 2012; HUBER; JONES, 2012; TAIZ; ZEIGER, 2013; FERDOUS et al., 2014; SENBAYRAM et al., 2015; PITCHAY; MIKKELSEN, 2018; RODRIGUES et al., 2022).

Além disso, o Mg é um mineral importante na nutrição humana, atuando como cofator em mais de 300 reações metabólicas, desempenhando papel fundamental no metabolismo da glicose, na homeostase insulínica e glicêmica e na síntese de adenosina trifosfato, proteínas, ácidos nucleicos e como regulador fisiológico da função hormonal e imunológica (VOLPE, 2013). A ingestão dietética de referência de Mg para adultos é de 310 a 420 mg dia⁻¹ (PADOVANI et al., 2006; VOLPE, 2013). De acordo com White et al. (2009), uma amostra de 200 g de tubérculo de batata fresco é suficiente para fornecer aproximadamente 11% dos valores diários de referência alimentar de Mg, fazendo com que o enriquecimento da batata com esse nutriente o torna um produto de alta qualidade para a alimentação humana.

A absorção de Mg do solo ocorre de forma passiva e, inicialmente, ele se move no xilema por toda a planta; no entanto, quando o suprimento de Mg é baixo, ele pode ser remobilizado através do transporte ativo no floema, passando das folhas velhas para as folhas novas, por isso, os sintomas de deficiência de Mg geralmente aparecem primeiro nas folhas mais velhas (PITCHAY; MIKKELSEN, 2018). Todavia, apesar do efeito inibitório da deficiência de Mg no transporte via floema, há possibilidade de rápida restauração da exportação a partir do fornecimento de Mg às plantas deficientes (CAKMAK; HENGELER; MARSCHNER, 1994; CAKMAK; KIRKBY, 2008).

A deficiência de Mg pode reduzir a eficiência do ciclo de Calvin, diminuindo a utilização de energia redutora (NADPH) e ocasionar saturação excessiva do sistema de transporte de elétrons da fotossíntese, desequilibrando o processo da geração de EROs e o sistema de defesa antioxidante da planta (TEWARI et al., 2006; CAKMAK; KIRKBY, 2008). Pode causar ainda acúmulo de amido nos cloroplastos, em consequência dos efeitos de Mg na síntese de proteínas (MARENCO; LOPES, 2009), influenciar na partição da MS e carboidratos entre a parte aérea e a raiz, apresentando, como umas das primeiras reações, o aumento acentuado da razão peso seco da parte aérea/raiz, que está associada ao acúmulo significativo de carboidratos nas folhas (fonte), principalmente sacarose e amido, podendo ocasionar, também, alterações no metabolismo fotossintético do carbono e restrição da fixação de CO₂ (CAKMAK; HENGELER; MARSCHNER, 1994; HERMANS et al., 2004; CAKMAK; KIRKBY, 2008; SENBAYRAM et al., 2015). Como observado em plantas de feijão-comum (CAKMAK; HENGELER; MARSCHNER, 1994), beterraba (HERMANS et al., 2004), arroz (DING et al., 2006) e batata (KOCH et al., 2019), onde houve redução na translocação de fotoassimilados das folhas para os órgãos de interesse comercial da planta, resultando em menor crescimento e desenvolvimento em condições de deficiência de Mg. A nutrição adequada de Mg é importante, tanto nos períodos de intenso transporte de carboidratos dos órgãos fonte para os drenos, quanto nas fases tardias do crescimento, sendo importante para reduzir a geração de EROs prejudiciais e o dano fotooxidativo nos cloroplastos (CAKMAK; YAZICI, 2010).

Outro sintoma característico da deficiência de Mg é a clorose interneval, iniciando-se primeiro nos folíolos da parte mediana das folhas mais velhas, próximo às nervuras primárias, e depois espalhando-se em direção às margens (FERDOUS et al., 2014; PITCHAY; MIKKELSEN, 2018). Porém, a maioria das deficiências nutricionais começam a interferir na produtividade das plantas muito antes dos sintomas se tornarem visíveis, como observado por Cakmak, Hengeler e Marschner (1994) em plantas de feijão-comum cultivadas em condições de deficiência de Mg. Nesse caso ocorreu pronunciada inibição do crescimento da raiz antes de qualquer alteração perceptível no crescimento da parte aérea e concentração de clorofila, o que caracteriza uma questão crítica para os produtores, devido à importância do desenvolvimento do sistema radicular para a produção das plantas, sendo, portanto,

recomendada atenção quanto ao estado nutricional de Mg das plantas antes do desenvolvimento de qualquer sintoma de deficiência visível.

No entanto, a expressão dos sintomas de deficiência de Mg é altamente dependente da intensidade da luz (CAKMAK; YAZICI, 2010), ou seja, estão diretamente ligadas às condições do ambiente de crescimento das plantas. A manifestação da deficiência de Mg na folha é mais severa sob alta intensidade luminosa, devido aos danos causados aos cloroplastos pelo excesso de luz (CAKMAK; YAZICI, 2010; PITCHAY; MIKKELSEN, 2018), assim, as plantas respondem ao estresse por deficiência de Mg com aumento acentuado na capacidade antioxidante das folhas, o que indica que a geração de EROs é estimulada pela deficiência de Mg nos cloroplastos (CAKMAK; KIRKBY, 2008), uma vez que, aproximadamente, 35% do Mg total nas plantas é ligado aos cloroplastos (CAKMAK; YAZICI, 2010). Sendo assim, plantas cultivadas em condições de alta luminosidade podem apresentar maior exigência de Mg do que aquelas cultivadas em ambientes sombreados (CAKMAK; YAZICI, 2010; PITCHAY; MIKKELSEN, 2018). Entretanto, o aparecimento e desenvolvimento dos sintomas específicos de deficiência nutricional podem variar, dependendo da variedade de batata (PITCHAY; MIKKELSEN, 2018), o que muitas vezes, dificulta o manejo da adubação, visando a reposição de nutrientes à planta, a fim de evitar perdas na produtividade da cultura.

A deficiência de Mg está se tornando um fator limitante importante em sistemas intensivos de produção agrícola, especialmente em solos fertilizados apenas com N, P e K (CAKMAK; YAZICI, 2010; GUO et al., 2016; CHEN et al., 2022). Mas, embora exista o conhecimento sobre o importante papel do Mg em várias funções críticas, há poucos estudos sobre as influências da nutrição com Mg na produção e qualidade das culturas, principalmente relacionada a agricultura de alta produtividade, como é o caso da batata, uma vez que a nutrição de Mg nas plantas ainda é frequentemente ignorada (CAKMAK; YAZICI, 2010).

De modo geral, as pesquisas relacionadas à adubação buscam encontrar doses de um nutriente que proporcione maior produtividade das culturas com menor custo ao produtor; no entanto, há uma visão que ainda é pouco explorada, que é a interação dos elementos, sendo de fundamental importância para compreender a dinâmica dos nutrientes no solo e na planta e, conseqüentemente, importante para aumentar a produtividade das culturas (SILVA; TREVIZAM, 2015), uma vez que esta interação é influenciada por diversos fatores. Na Turquia, por exemplo, estudos

sobre os efeitos de fertilizantes com K e Mg mostraram resultados de maior teor de MS nos tubérculos de batata com fornecimento de 120 kg ha⁻¹ de K₂O e 54 kg ha⁻¹ de MgO (ZENGIN et al., 2008) e em beterraba, a maior produção de raízes foi obtida com 81 kg ha⁻¹ de K₂O e 27 kg ha⁻¹ de Mg (45 kg de MgO) (ZENGIN et al., 2009). Enquanto em Bangladesh, a maior produtividade de batata foi obtida por Ferdous et al. (2014), com dose de 120 kg ha⁻¹ de K (144,5 kg ha⁻¹ de K₂O) e 60 kg ha⁻¹ de Kieserita (16 kg ha⁻¹ de MgO). Para Allison, Fowler e Allen (2001), com base em experimentos realizados no Reino Unido, a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de Mg apenas, em solos com teores baixos do nutriente, seriam suficientes para garantir a alta produtividade de tubérculos de batata.

No Brasil, praticamente não há recomendação adequada com fertilização com Mg para a cultura da batata (LORENZI et al., 1997; FONTES et al., 1999; NEPAR-SBCS, 2017). Lorenzi et al. (1997) recomendam aplicar calcário para elevar o teor de Mg²⁺ no solo a um mínimo de 8 mmolc dm⁻³, porém, sem se referirem às relações entre os nutrientes no solo ou ao nível de produtividade da cultura. No entanto, estudos recentes mostraram a resposta da cultura da batata à aplicação de Mg, mesmo em solos com teores moderados ou altos do nutriente. Lopes (2014), em um solo de Viçosa, MG, com 7 mmolc dm⁻³ de Mg, obteve incremento da produtividade de tubérculos da cultivar Agata até a dose máxima de 800 kg ha⁻¹ sulfato de magnésio heptahidratado (72 kg ha⁻¹ de Mg) aplicada no sulco de plantio. Em condições semelhantes de solo, Lopes (2018) obteve a máxima produtividade de tubérculos (39,5 t ha⁻¹) da cultivar Markies com a dose de 600 kg ha⁻¹ de sulfato de magnésio heptahidratado (54 kg ha⁻¹ de Mg), também aplicada no sulco de plantio. Em um solo com 5 mmolc dm⁻³ de Mg, Lopes (2018) verificou aumento de 32% (7,2 t ha⁻¹) na produtividade de tubérculos da cultivar Agata, mediante aplicação de 780 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico “filler” (84 kg ha⁻¹ de Mg) antes do plantio.

Com base no exposto, existe a necessidade de se definir a curva de resposta e a época mais adequada de aplicação de Mg para as cultivares de batata mais plantadas, bem como as quantidades de Mg absorvidas pelas mesmas em diferentes níveis de produtividade, visando estabelecer o manejo adequado da adubação de Mg, capaz de proporcionar maior eficiência dos fertilizantes, aumento de produtividade e a qualidade da batata produzida, com maximização no uso dos recursos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de pesquisa consta de experimentos de casa de vegetação e de campo. Foi realizado um experimento de casa de vegetação com duas cultivares (Agata e Asterix), no ano de 2021, considerado estudo I. Com as cultivares Agata, Asterix e Orchestra, foram realizados dois estudos de campo (estudos II e III) e cada um deles foi conduzido em dois locais/anos distintos (Itaí-SP e Botucatu-SP), nos anos de 2019 e 2020.

3.1 Caracterização das cultivares

A cultivar Agata, a mais plantada no Brasil para o mercado de tubérculos frescos, destaca-se por apresentar maturação precoce e alta produtividade, porém, possui baixo teor de matéria seca (MS) nos tubérculos, sendo recomendada para o consumo na forma cozida ou assada. É um material moderadamente resistente a *Phytophthora* nos tubérculos, bastante resistente ao vírus Yⁿ, causador do mosaico necrótico, porém é susceptível às principais doenças que prejudicam a cultura no Brasil, como a sarna comum. Possui tubérculo oval de pele amarela e polpa de cor amarelo claro (PEETEN et al., 2011; ABBA, 2022).

A cultivar Asterix, principal cultivar utilizada na indústria de palitos pré-fritos congelados no Brasil, apresenta maturação semitardia e alta produtividade, com alto teor de MS nos tubérculos, própria para consumo na forma frita. Esse material apresenta boa resistência ao *Phytophthora* dos tubérculos, moderadamente resistente à sarna comum e à pinta preta (*Alternaria* spp.) e bastante suscetível a vírus Yⁿ, requeima e viroses. Apresenta tubérculo de formato oval alongado de pele rosada e polpa amarelo-claro (PEETEN et al., 2011; SILVA et al., 2014; ABBA, 2022).

A cultivar Orchestra não é adequada à fritura, porém apresenta uma textura de polpa firme, com MS mediana em torno de 16,2% sendo adequada ao consumo culinário de várias formas. É um material medianamente susceptível à requeima e apresenta boa resistência à canela, pinta preta, rizoctoniose e sarna comum. Apresenta boa resistência à degeneração por vírus X, Y e enrolamento, porém é ligeiramente susceptível à fusariose. Apresenta tubérculos de formato oval, pele

brilhante de excelente qualidade e tem maior resistência ao esverdeamento e pós-colheita (FERREIRA; POPP, 2015).

3.2 Estudo I: Experimento em condições de casa de vegetação

O experimento de vasos, conduzido em condições de casa de vegetação, foi instalado com o intuito de avaliar o índice relativo de clorofila e teor de clorofila nas folhas, as trocas gasosas, acúmulo e partição de MS na parte aérea e tubérculos, teor de amido e açúcares redutores na parte aérea e tubérculos, e assim, fornecer dados que auxiliem para explicação, de maneira mais embasada, dos resultados obtidos em condições de campo.

3.2.1 Delineamento e condução do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal, da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP), campus de Botucatu, durante o ano de 2021.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 6×2 , com seis repetições. Os tratamentos foram constituídos por seis manejos (doses/épocas de aplicação) de Mg (**T0**: controle, sem adubação com Mg; **T1**: $2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado no plantio; **T2**: $4,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado no plantio; **T3**: $8,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado no plantio; **T4**: $4,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado aproximadamente 10 dias após a emergência (DAE) (amontoa); **T5**: $2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado no plantio e $2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado 10 DAE) e duas cultivares de batata (Agata e Asterix). Cada unidade experimental foi formada por um vaso contendo 38 dm^{-3} de solo, com uma planta de batata. A fonte de Mg foi o sulfato de magnésio monohidratado (kieserita), na forma granulada, que apresenta em sua composição 15% Mg e 20% S. A kieserita é um produto de origem natural proveniente apenas do processo eletrostático de separação de cargas e contém os nutrientes Mg e S na forma totalmente solúvel em água, apresentando boa distribuição granulométrica, dureza do granulado e facilidade de distribuição. As doses de $2,1$, $4,1$ e $8,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg correspondem a aplicação de 25, 50 e 100 mg dm^{-3} de Mg (equivalentes a 50, 100 e 200 kg ha^{-1} de Mg), ou seja, 167, 333 e 667 mg dm^{-3} de kieserita. Durante o experimento três repetições foram coletadas

para realização de análises destrutivas, aos 45 DAE, e as demais repetições foram conduzidas até o final do experimento para as avaliações finais.

Antes da instalação do experimento, uma porção de um Latossolo Vermelho distrófico foi coletada na camada de 0-0,20 m de profundidade para determinação das características químicas (RAIJ et al., 2001) e granulométricas (EMBRAPA, 1997), cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Características químicas e granulométricas do solo, antes da instalação do experimento de casa de vegetação (inicial), bem como correção e aplicação dos tratamentos de Mg, aos 45 dias após a emergência das plantas de batata, 2021

Características	Inicial	Tratamentos					
		T0	T1	T2	T3	T4	T5
pH(CaCl ₂)	4,2	4,8	4,8	4,7	4,7	4,7	4,7
MO (g dm ⁻³)	9	11	13	10	11	12	10
P _{resina} (mg dm ⁻³)	1	58,0	47	50	59	56	62
S-SO ₄ ²⁻ (g dm ⁻³)	6	136	180	195	366	180	242
K _{ex} (mmol _c dm ⁻³)	0,16	3,9	3,1	3,4	3,2	3,5	3,4
Ca _{ex} (mmol _c dm ⁻³)	3,0	37	37	39	39	36	41
Mg _{ex} (mmol _c dm ⁻³)	1	4	7	10	18	8	10
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	42	28	25	23	20	28	25
CTC (mmol _c dm ⁻³)	46	73	72	75	80	76	80
V (%)	8	62	67	69	86	52	68
B (mg dm ⁻³)	0,09	0,65	-	-	0,76	-	-
Cu (mg dm ⁻³)	0,1	0,8	-	-	0,5	-	-
Fe (mg dm ⁻³)	4,0	25	-	-	19	-	-
Mn (mg dm ⁻³)	0,6	0,2	-	-	0,3	-	-
Zn (mg dm ⁻³)	0,1	1,0	-	-	0,7	-	-
Areia (g kg ⁻¹)	885	-	-	-	-	-	-
Silte (g kg ⁻¹)	26	-	-	-	-	-	-
Argila (g kg ⁻¹)	119	-	-	-	-	-	-

O solo coletado foi peneirado (peneira com malha de 2,0 mm) e recebeu aplicação de 1360 mg dm⁻³ (2,72 t ha⁻¹) de calcário calcítico (47% de CaO, 4,50% MgO e PRNT de 88%) para elevar a saturação por bases a 60% (LORENZI et al., 1997). Posteriormente foi incubado com umidade de aproximadamente 80% da capacidade de retenção de água, por um período de 30 dias.

Decorrido o período de incubação, foi feita a adubação de base com 150, 338, 188, 200, 5,0, 1,0, 0,4, 1,7, 1,1 e 0,06 mg dm⁻³ de P, Ca, S, K, Zn, B, Cu, Fe, Mn e Mo, respectivamente. A fonte de P, Ca e S foi o superfosfato simples (18% de P; 15% de Ca e 9% de S) e a fonte de K foi o cloreto de potássio (60% de K₂O). Os micronutrientes foram fornecidos mediante o fertilizante formulado Fertil (3% de B;

1% de Cu; 2% de Mn; 0,2% de Mo; 10% de Zn; 1,5% de Ca; 3% de S) na dose de 33,3 mg dm⁻³. Todos esses fertilizantes foram incorporados ao solo do vaso antes do plantio da batata. Após a adubação de base, o solo foi acomodado nos vasos.

A aplicação do Mg, de acordo com o tratamento, no plantio, foi realizada misturando-se o fertilizante com parte do solo, tentando-se simular a aplicação do sulco de plantio. A aplicação na amontoa foi realizada aplicando o fertilizante sobre a superfície do solo, com posterior cobertura com porção de solo que foi mantido em vasos a parte. O N foi fornecido na forma de nitrato de amônio (33% N) em três aplicações, sendo uma junto com a adubação de base e as demais aos 20 e 40 DAE, nas quantidades de 30, 40 e 40 mg dm⁻³ de N, respectivamente.

Antes do plantio, os tubérculos-sementes foram tratados com os fungicidas carboxina+tiram (25 + 25 mg i.a. pl⁻¹) e casugamicina (1,0 mg i.a. pl⁻¹) e o inseticida fipronil (0,1 mg i.a. pl⁻¹). Em seguida, foi realizado o plantio manual de um tubérculo-semente por vaso (16/04/2021) (Figura 1A), apresentando diâmetro entre 30 a 40 mm (tipo III) e brotações vigorosas, na profundidade de 12 cm. A emergência das plantas ocorreu em 02/05/2021 para a cv. Agata e em 11/05/2021 para a cv. Asterix. Aos cinco DAE foram eliminadas as hastes em excesso, mediante corte rente ao solo, deixando-se apenas duas hastes por planta/vaso. A amontoa foi realizada em 12/05/2021 para a cv. Agata e em 21/05/2021 para a cv. Asterix, ocasião que foi realizada aplicação de Mg, de acordo com os tratamentos (Figura 1B).

A suplementação hídrica foi realizada periodicamente, sempre adicionando o mesmo volume de água em todos os vasos.

O controle fitossanitário durante o período de desenvolvimento da cultura foi realizado mediante aplicações com fungicida casugamicina (1,0 mg i.a. pl⁻¹) em 12/05/2021 e inseticida clorantprilprole (0,75 mg i.a. pl⁻¹) em 23/06/2021, utilizando pulverizador costal.

Aos 45 DAE foram realizadas avaliações destrutivas, com retirada de três repetições de cada tratamento, em cada cultivar (Figuras 2A, B, C e D). A colheita dos tubérculos foi realizada no dia 06/09/2021 (144 DAP), nas outras três repetições (Figura 3).

Figura 1 - Plantio dos tubérculos-semente (A) e amontoa (B), em Botucatu-SP, 2021



Figura 2 - Avaliação aos 45 DAE, tratamento 5, tubérculo cv. Asterix (A), parte aérea cv. Asterix (B), tubérculo cv. Agata (C), parte aérea cv. Agata (D), em Botucatu-SP, 2021



Figura 3 - Experimento no momento da colheita, em Botucatu-SP, 2021



3.2.2 Avaliações

3.2.2.1 Índice relativo de clorofila (SPAD)

Foram realizadas as leituras indiretas do índice relativo de clorofila (IRC), utilizando um clorofilômetro portátil, modelo SPAD-502 (*Soil and Plant Analysis Development*) da Minolta Co., Osaka, Japão (1989). Antes de realizar as leituras, o aparelho foi calibrado com o verificador de leitura (“reading checker”) de acordo com as recomendações do manual. As determinações do IRC foram realizadas no período da manhã (8:00-10:00h), sombreando o aparelho com o corpo para evitar interferência da luz solar. Em cada planta foram realizadas duas leituras em cada um dos três folíolos terminais de duas folhas diagnósticas (terceira folha trifoliolada completamente expandida a partir do ápice) por vaso, em todo o limbo, exceto nervuras, somando, assim, doze leituras por parcela, a partir das quais foi calculada a média. As leituras foram realizadas, para cada cultivar, aos 31, 46 e 62 dias após a emergência (DAE).

3.2.2.2 Avaliações na fase de enchimento dos tubérculos

Para estas análises foram selecionadas três repetições de cada tratamento e após realizar as avaliações não destrutivas estes vasos foram desmontados.

3.2.2.2.1 Trocas gasosas

As relações de trocas gasosas entre o ar atmosférico e folhas foram avaliadas na segunda folha totalmente expandida, a partir do ápice da planta, utilizando um analisador de gases a infravermelho (IRGA), modelo LICOR IRGA 6200, no dia 25/06/21, nas duas cultivares de batata (Agata 55 DAE e Asterix 46 DAE). As medidas foram realizadas no horário entre 8:00 e 12:00 horas da manhã. Todas as medidas foram realizadas com radiação fotossinteticamente ativa constante ($1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Com este equipamento foram determinadas as seguintes variáveis: Taxa de assimilação líquida do CO_2 (A), condutância estomática (g_s), taxa transpiratória (E), concentração interna de CO_2 (C_i) e diferença de pressão de vapor (VPD). A eficiência do uso de água (EUA) foi calculada pela razão A/E e a eficiência de carboxilação (EC) pela razão A/C_i .

3.2.2.2.2 Pigmentos fotossintéticos

Aos 58 DAE da cv. Agata e 49 DAE da cv. Asterix, foi realizada a coleta de material para a quantificação dos teores de pigmentos fotossintéticos (clorofilas *a*, *b*, soma das clorofilas *a+b*, razão clorofila *a/b* e carotenoides). Foram retirados, da terceira folha totalmente expandida a partir do ápice das plantas, dois discos de matéria fresca do limbo foliar de 5,97 mm de diâmetro cada. Estes foram acondicionados em frascos envoltos com papel alumínio para proteção contra a luz e, adicionados em 2 mL de dimetilformamida (DMF) saturado com carbonato de cálcio (CaCO_3) por 48 horas para a extração dos pigmentos. Em seguida, foi retirado 1 mL do extrato e diluído em 1 mL de água deionizada para efetuar as leituras de absorbância em espectrofotômetro (Shimadzu, UV-2700, Kyoto, Japão) nos comprimentos de onda 665, 649 e 480 nm (WELLBURN, 1994). O cálculo das concentrações das clorofilas *a*, *b* e carotenoides foi baseado em metodologia descrita por Wellburn (1994).

3.2.2.2.3 Área foliar

As folhas foram coletadas e as leituras de área foliar (cm^2) foram feitas por um integrador de área foliar de bancada (LI-3100C, LI-COR Biosciences, Inc.).

3.2.2.2.4 Acúmulo e partição de MS e nutrientes na planta

Após as avaliações de área foliar, todas as plantas coletadas em cada parcela foram separadas em parte aérea (ou seja, hastes e folhas acima do solo) e tubérculos, lavadas e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C por 96 h. Todo material subterrâneo que não tubérculos, foi descartado. Após a secagem, as amostras foram pesadas para obtenção da MS e moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm. Esta porção triturada foi utilizada para a determinação dos teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn), segundo metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). As quantidades de MS e nutrientes acumuladas na planta inteira foram obtidas pela soma das quantidades acumuladas em cada parte da planta. As partições de MS e nutrientes entre os tubérculos e parte aérea foram calculadas.

3.2.2.2.5 Teores de açúcares redutores, solúveis totais e amido nos tubérculos

Parte do material utilizado para determinação dos teores de nutrientes foi submetido à análise para determinação dos teores de açúcares redutores (glicose e frutose), solúveis totais e amido. As concentrações de glicose + frutose e sacarose foram determinadas usando um espectrofotômetro a 535 nm, de acordo com o método de Somogyi e adaptado por Nelson (1944). A concentração de amido foi determinada por hidrólise enzimática de acordo com o método ISO-6647 (ISO, 1987), seguido da determinação do teor de açúcar, de acordo com o método de Somogyi e adaptado por Nelson (1944). A concentração de açúcar obtida foi convertida em concentração de amido pela multiplicação dos valores pelo fator de 0,9. Os teores de açúcar redutor, solúveis totais e de amido foram determinados nas amostras secas e os resultados foram convertidos para teores na matéria fresca.

3.2.2.2.6 Características químicas do solo

Após a coleta das plantas dos vasos, foi realizada coleta de solo de cada uma das três repetições, as quais foram homogeneizadas para formar uma amostra composta de cada tratamento e posteriormente foram submetidas à determinação das características químicas (RAIJ et al., 2001), cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

3.2.2.3 Avaliações realizadas no final do ciclo

3.2.2.3.1 Número, peso médio e produtividade de tubérculos

Na colheita, os tubérculos de todas as parcelas (vasos) foram colhidos quando todas as plantas finalizaram o ciclo, ou seja, quando mais de 70% das folhas da planta apresentaram coloração amarela ou estavam secas. Após colhidos, os tubérculos foram lavados em água de torneira, contados e pesados para determinação do peso médio e da produtividade de tubérculos.

3.2.2.3.2 Porcentagem de MS em tubérculos

Uma amostra de tubérculos de cada tratamento foi coletada aleatoriamente e pesada (peso fresco), fatiada e seca em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante, para a obtenção da MS. Com os dados de peso fresco e peso seco da amostra foram calculadas as porcentagens de MS dos tubérculos.

3.3 Estudo II e III: Experimentos em condições de campo

3.3.1 Localização e caracterização edafoclimática das áreas experimentais

Os experimentos realizados em 2019 foram conduzidos em duas áreas comerciais, uma pertencente ao produtor José Carlos Fernandes, localizada no município de Itaipava-SP (Local 1: cultivares Agata, Asterix e Orchestra em 2019) (23°27'31.6" S; 48°56'45.1" W; altitude de 620 m) e outra pertencente ao produtor Ivan Fornaziero, localizada no município de Botucatu-SP (Local 2: cv. Agata em 2019) (22°58'55.4" S; 48°30'44.4" W e altitude de 800 m) (Tabela 2). Os experimentos foram conduzidos em áreas anteriormente ocupadas pela cultura do milho.

Os experimentos realizados em 2020 foram conduzidos em área comercial, pertencente também ao produtor Ivan Fornaziero, localizada no município de Botucatu-SP (Local 2: cultivares Asterix e Orchestra em 2020) (23°02'05"S; 48°29'42"W e altitude de 840 m) (Tabela 2). Os experimentos foram conduzidos em áreas anteriormente ocupadas pela cultura da soja.

Tabela 2 - Descrição da localização e ano de execução dos estudos II e III.

Estudo	Cultivar	Local	Ano
II e III	Agata	Itaipava	2019
		Botucatu	2019
	Asterix	Itaipava	2019
		Botucatu	2020
	Orchestra	Itaipava	2019
		Botucatu	2020

Os valores diários de precipitação pluvial, irrigação, temperatura máxima e mínima foram registrados durante o período de condução dos experimentos (Figura 4).

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante nas regiões de Botucatu e Itaí é Cfa, que se caracteriza pelo clima subtropical úmido.

Antes da instalação dos experimentos, em cada área de cultivo (2019 e 2020), foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-0,20 m de profundidade para a análise química (RAIJ et al., 2001) e granulométrica (EMBRAPA, 1997), cujos resultados estão apresentados na Tabela 3.

Figura 4 - Dados diários de precipitação, irrigação e temperaturas mínimas e máximas durante a condução dos experimentos, de julho a outubro de 2019 em Itaipava-SP (A), de agosto a novembro de 2019 em Botucatu-SP (B) e de abril a julho de 2020 em Botucatu-SP (C)

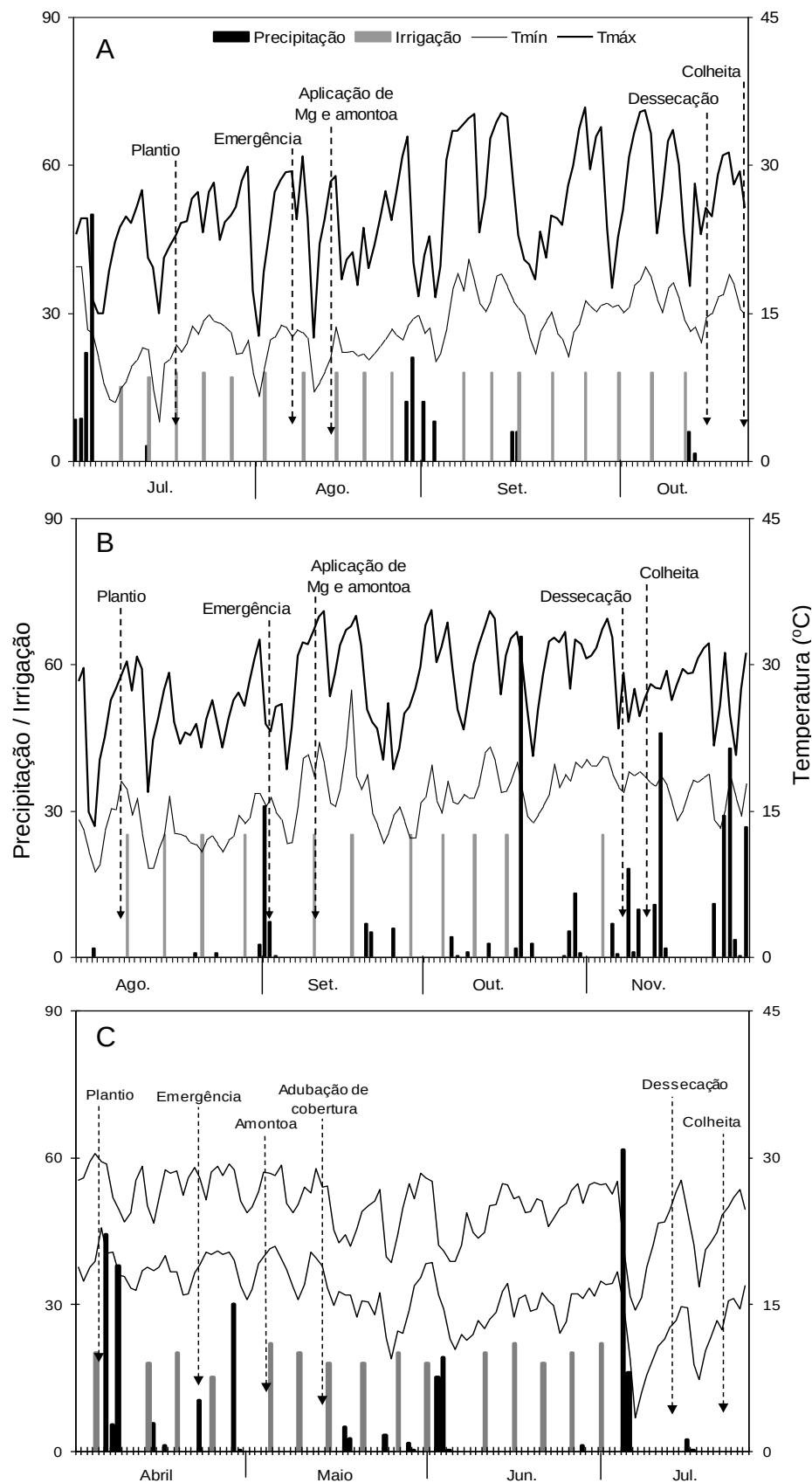


Tabela 3 - Características químicas e granulométricas dos solos, na profundidade de 0-0,20 m, antes da instalação dos experimentos, 2019 e 2020

Solo	pH(CaCl ₂)	MO	P(resina)	S-SO ₄ ²⁻	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	V
		g dm ⁻³	— mg dm ⁻³ —				mmol dm ⁻³			%
Itaí-SP (2019)	5,3	28	140	52	4,0	59	14	39	116	66
Botucatu-SP (2019)	5,0	45	73	36	3,5	51	9	50	113	56
Botucatu-SP (2020)	5,4	25	44	5	1,4	28	9	25	63	60
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Areia	Silte	Argila		
			mg dm ⁻³				g kg ⁻¹			
Itaí-SP (2019)	2,59	1,7	52	4,8	5,1	262	136	602		
Botucatu-SP (2019)	0,52	9,4	47	9,4	1,8	234	175	590		
Botucatu-SP (2020)	0,35	1,5	35	3,2	0,8	687	172	112		

3.3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Nos dois estudos (II e III), o delineamento experimental utilizado nos experimentos foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. O estudo II, denominado “estudo de doses e épocas de aplicação de Mg”, foi instalado no esquema fatorial 4×2+1, cujos tratamentos foram constituídos por quatro doses de Mg em duas épocas de aplicação, no sulco de plantio ou por ocasião da amontoa, e um tratamento sem aplicação de Mg (controle), totalizando 36 parcelas (Tabela 4). O estudo III, denominado “estudo de formas de manejo da aplicação de Mg”, foi constituído por cinco formas de parcelamento/épocas de aplicação da mesma dose de Mg e um tratamento sem aplicação de Mg (controle), totalizando 24 parcelas (Tabela 5). Nos dois estudos a fonte de Mg utilizada foi o sulfato de magnésio monohidratado (kieserita), que apresenta teores de 15% Mg e 20% S.

Tabela 4 - Tratamentos utilizados no estudo II, com doses de Mg aplicadas no sulco de plantio e por ocasião da amontoa da cultura da batata, conduzido em condições de campo

Tratamentos	Época de aplicação		Total de Mg aplicado
	Sulco de plantio	Amontoa	
	Doses de Mg (kg ha ⁻¹)		
1	0	0	0
2	12,5	0	12,5
3	25,0	0	25
4	50,0	0	50
5	100,0	0	100
6	0	12,5	12,5
7	0	25,0	25
8	0	50,0	50
9	0	100,0	100

Tabela 5 - Tratamentos utilizados no estudo III, com formas de manejo da aplicação de Mg na cultura da batata, conduzido em condições de campo

Tratamentos	Época de aplicação		Total de Mg aplicado
	Sulco de plantio	Amontoa	
	Doses de Mg (kg ha ⁻¹)		
1	0	0	0
2	50,0	0	50
3	37,5	12,5	50
4	25,0	25,0	50
5	12,5	37,5	50
6	0	50,0	50

3.3.3 Instalação e condução dos experimentos dos estudos II e III

O preparo do solo em todas as áreas e anos de execução foram realizados de forma convencional, mediante subsolagem e gradagens. Em 2019, o plantio foi realizado em 16/07/2019 em Itaí-SP e 08/08/2019 em Botucatu-SP e, em 2020 foi realizado no dia 04/04/2020 com a cv. Orchestra e 06/04/2020 com a Asterix.

Para o plantio, a abertura dos sulcos foi realizada mecanicamente pelo produtor, utilizando a plantadeira com o sistema de recobrimento desativado. Cada parcela experimental foi composta de cinco linhas de plantas com quatro metros de comprimento, espaçadas em 0,8 m, totalizando 16 m². Para as avaliações foram consideradas as três linhas centrais com três metros de comprimento (7,2 m²) de cada parcela, desprezando 0,5 m na extremidade de cada linha.

As adubações de plantio foram semelhantes às utilizadas pelos produtores nas respectivas áreas, e constaram da aplicação no sulco de 3.100 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado N-P₂O₅-K₂O 04-14-08 + 11,9% Ca + 11,5% S em Itaí-SP/2019, 3.200 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado N-P₂O₅-K₂O 04-14-08 + 10% Ca + 9% S em Botucatu-SP/2019 e 3.500 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado N-P₂O₅-K₂O 04-14-08 em Botucatu-SP/2020. Os fertilizantes foram levemente misturados ao solo do sulco com o uso de enxada para evitar o contato com os tubérculos-sementes.

Os tratamentos foram aplicados manualmente em cada uma das parcelas de acordo com a descrição da Tabela 4 e 5. Após a distribuição e incorporação dos fertilizantes no sulco de plantio, os tubérculos-semente certificados, tipo III (diâmetro entre 30 e 40 mm), foram distribuídos manualmente, no espaçamento entre 0,28 e 0,30 m entre eles, dependendo do local (Figura 5A, B e C).

O tratamento de sulco foi realizado com aplicação dos mesmos inseticidas e fungicidas utilizados pelos produtores, aproximadamente: 0,9 kg ha⁻¹ de fluazinam; 1,2 kg ha⁻¹ de clorpirifos; 1,0 kg ha⁻¹ de pencicuirom; 0,12 kg ha⁻¹ de fipronil em Itaí-SP e Botucatu-SP em 2019 e, fluazinam (1250 g ha⁻¹ do i.a.), fipronil (320 g ha⁻¹ do i.a.) e clorpirifós (1200 g ha⁻¹ do i.a.) em Botucatu-SP em 2020. O fechamento do sulco também foi realizado mecanicamente pelo produtor, utilizando a plantadeira com o sistema de sulcamento desativado.

Figura 5 - Instalação dos experimentos em Itaí-SP/2019 (16/07/2019, A), Botucatu-SP/2019 (08/08/2019, B) e Botucatu-SP/2020 (04/04/2020, C)



Nos experimentos realizados em 2019, a emergência das plantas ocorreu aos 24 dias após o plantio (DAP) (08/08/2019) em Itaí-SP e 26 DAP (02/09/2019) em Botucatu-SP. No ano de 2020, em Botucatu-SP, a emergência das plantas ocorreu aos 25 DAP (28/04/2020) (Figura 6A, 7A e 8A).

A amontoa foi realizada aos 30 DAP (14/08/2019) em Itaí-SP/2019, aos 35 DAP (11/09/2019) em Botucatu-SP/2019, e aos 29 DAP (02/05/2020) em Botucatu-SP/2020. Imediatamente antes da operação de amontoa, além da aplicação do

fertilizante magnesiano (tratamentos), em Itaí-SP/2019 também foram aplicados 92 kg ha⁻¹ de N (ureia, 46% de N). Aos 40 DAP em Botucatu-SP/2019, aplicou-se 60 kg ha⁻¹ de N (ureia, 46% de N) e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (KCl, 60% de K₂O) e, em Botucatu-SP/2020 foram 60 kg ha⁻¹ de N (ureia, 46% de N), 72 kg ha⁻¹ de K₂O (KCl, 60% de K₂O) e 100 kg ha⁻¹ micronutriente Yara (3% S, 1% B, 1,2% Mn, 5,4% Zn).

Em todos os experimentos, o controle fitossanitário (Tabela 6, 7 e 8) e a irrigação foram realizados de acordo com os critérios adotados pelo produtor, de modo que a irrigação foi realizada por meio de pivô central e canhão hidráulico, dependendo do local de condução.

A colheita dos tubérculos foi realizada 8, 4 e 9 dias após a dessecação das plantas de batata em Itaí-SP 2019, Botucatu-SP 2019 e Botucatu-SP 2020, respectivamente.

Figura 6 - Vistas do experimento na emergência das plantas (08/08/2019, A), aos 53 DAP (06/09/2019, B), 70 DAP (23/09/2019, C) e 81 DAP (04/10/2019, D), em Itaí-SP/2019

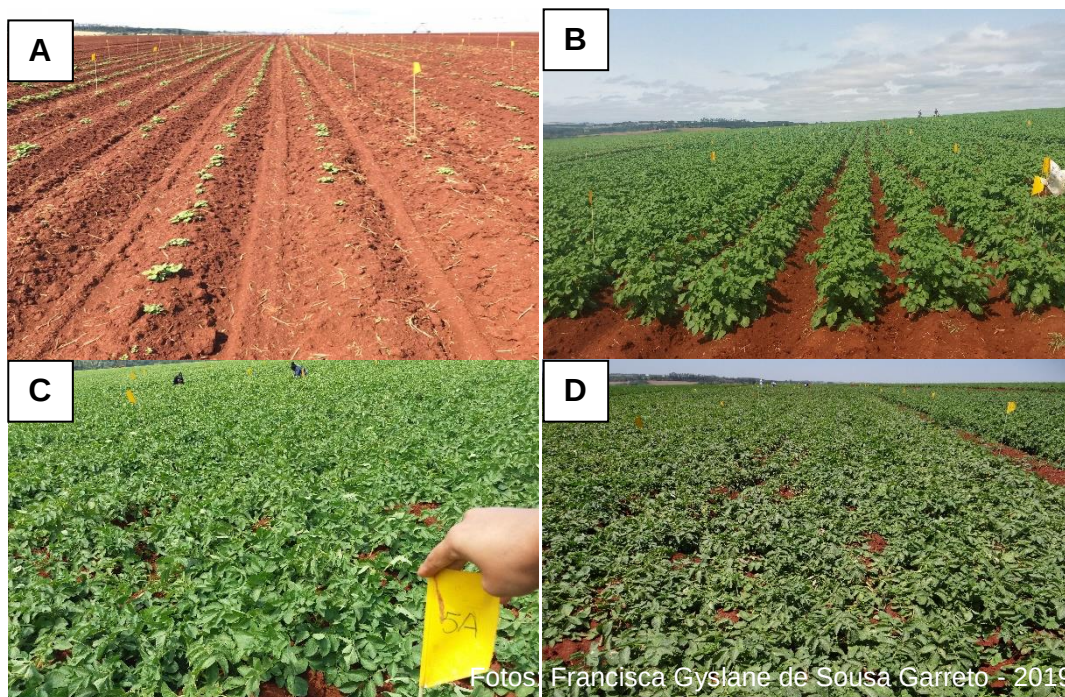


Figura 7 - Vistas do experimento na emergência das plantas (02/09/2019, A), aos 56 DAP (02/10/2019, B), 71 DAP (17/10/2019, C) e 83 DAP (29/10/2019, D), em Botucatu-SP/2019



Figura 8 - Vistas do experimento na emergência das plantas (28/04/2020, A), aos 55 DAP (28/05/2020, B), 70 DAP (12/06/2020, C) e 87 DAP (29/06/2020, D), em Botucatu-SP/2020

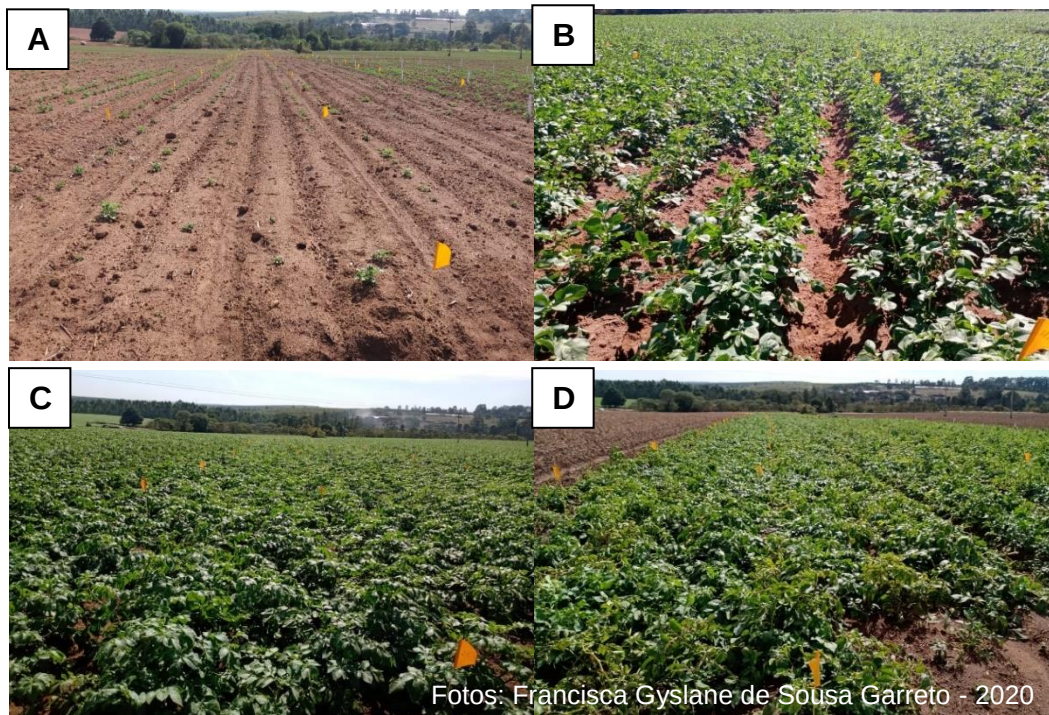


Tabela 6 - Tratamento fitossanitário realizado na cultura da batateira em experimento conduzido em Itaí-SP, no ano de 2019

Data da aplicação	Ingrediente ativo	Dose (g i.a ha⁻¹)
30/07/2019	diquate	240
	pendimetalina	8000
	metribuzin	240
04/08/2019	clorpirifos	1125
13/08/2019	clorpirifos	675
16/08/2019	tiametoxan+lambda-cialotrina	49+37
	mancozebe	2000
	fluasifope-p-butílico	75
	lambda-cialotrina	3
23/08/2019	lambda-cialotrina	2,5
	mancozebe	1800
30/08/2019	dimetomorfe	225
	clorotalonil	875
	acefato	750
	abamectina	13,5
	calcinit (N+Ca)	465+570
31/08/2019	clorpirifos	675
07/09/2019	lambda-cialotrina+clorantraniliprole	10+20
	clorotalonil	875
	mancozebe	1750
13/09/2019	fluazinam	500
	acefato	750
	hidróxido de cobre	538
19/09/2019	cloridrato de propamocarbe+fluopicolida	938+94
	hidróxido de cobre	339
	imidacloprido+bifentrina	63+13
	clorotalonil	875
	hidróxido de cobre	538
26/09/2019	boscalida	75
	clorotalonil	875
	acefato	750
	lambda-cialotrina	2,5
03/10/2019	clorpirifos	576
04/10/2019	clorfenapir	180
	mancozebe	2400
	aminoácidos	
08/10/2019	hidróxido de cobre	538
	clorotalonil	875
	lambda-cialotrina	2,5
10/10/2019	azoxistrobina+difenoconazo	80+50
	acefato	750
	K + B	
12/10/2019	clorpirifos	840
23/10/2019	paraquate	400
	lambda-cialotrina	2,5

g i. a ha⁻¹: gramas do ingrediente ativo por hectare.

Tabela 7 - Tratamento fitossanitário realizado na cultura da batateira em experimento conduzido em Botucatu-SP, no ano de 2019

Data da aplicação	Ingrediente ativo	Dose (g i.a. ha⁻¹)
06/09/2019	mancozebe	2250
	clorpirifós	480
11/09/2019	mancozebe	2250
	oxicloreto de cobre	1344
	profenos+lufenuron	200+20
15/09/2019	mancozebe	2250
	oxicloreto de cobre	1344
	tiametoxan+lambda-cialotrina	85+64
19/09/2019	cloridrato de propamocarbe	722
	metribuzin	144
23/09/2019	mancozebe	2250
	mandipropamida	100
	profenós+lufenuron	200+20
27/09/2019	oxicloreto de cobre	1344
	mancozebe	2250
	acefato	1125
03/10/2019	mancozebe	2250
	cloridrato de cartap	750
08/10/2019	oxicloreto de cobre	1344
	lufenuron	30
14/10/2019	mancozebe	2250
	clorpirifós	480
19/10/2019	mancozebe	2250
	profenós+lufenuron	200+20
	cresoxim-metílico+tebuconazol	100+125
24/10/2019	oxicloreto de cobre	1344
	acefato	1050
01/10/2019	mancozebe	2250
	cloridrato de cartap	750
06/10/2019	paraquate	500
	clorpirifós	720

i.a.: ingrediente ativo.

Tabela 8 - Tratamento fitossanitário realizado na cultura da batateira em experimento conduzido em Botucatu-SP, no ano de 2020

Data da aplicação	Ingrediente ativo	Dose (g i.a. ha ⁻¹)
07/05/2020	mancozebe	1600
	clorpirifós	480
14/05/2020	cloridrato de propamocarbe	866,4
	oxicloreto de cobre	940,8
	lufenurom	30
19/05/2020	mancozebe	1600
	clorpirifós	480
25/05/2020	cloridrato de propamocarbe	866,4
	carbosulfano	400
30/05/2020	dimetomorfe	400
02/06/2020	mancozebe	1600
	clorpirifós	480
04/06/2020	dimetomorfe	400
06/06/2020	dimetomorfe	400
12/06/2020	cloridrato de propamocarbe	866,4
	oxicloreto de cobre	940,8
	metomil	193,5
23/06/2020	mancozebe	1600
	clorpirifós	480
12/07/2020	paraquate	400

i.a.: ingrediente ativo.

3.3.4 Avaliações

3.3.4.1 Índice relativo de clorofila (SPAD)

O índice relativo de clorofila (IRC) foi determinado utilizando um clorofilômetro portátil, modelo SPAD-502 (*Soil and Plant Analysis Development*) da Minolta Co., Osaka, Japão (1989). Antes de realizar as leituras, o aparelho foi calibrado com o verificador de leitura ("reading checker") de acordo com as recomendações do manual. Foi tomado o cuidado de não analisar as plantas anômalas (com ataque de pragas e ocorrência de doenças) e atípicas (fora de espaçamento).

As determinações do IRC foram realizadas no período da manhã (8:00-11:00h), sombreando o aparelho com o corpo para evitar interferência da luz solar. Dez plantas foram amostradas por parcela, sendo que, em cada planta foram realizadas três leituras na terceira folha expandida a partir do ápice da planta, somando, assim, 30 leituras por parcela, a partir das quais foi calculada a média. Estas leituras foram realizadas, nos estudos de 2019, aos 30 (06/09/2019), 47 (23/09/2019) e 58 (04/10/2019) dias após a emergência (DAE) em Itaí-SP, aos 31 (02/10/2019), 46

(17/10/2019) e 58 (29/10/2019) DAE em Botucatu-SP e nos estudos realizados em 2020, aos 31 (28/05/2020), 46 (12/06/2020) e 58 (24/06/2020) DAE em Botucatu-SP.

3.3.4.2 Teores de nutrientes nas folhas

Nas primeiras avaliações do IRC em cada estudo (II e III), as mesmas folhas foram coletadas, submetidas à lavagem com água destilada, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar para secagem a 65 °C por aproximadamente 72h e posteriormente moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm. As amostras foram submetidas à análise para determinação do teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn), segundo os métodos descritos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

3.3.4.3 Acúmulo e partição de matéria seca (MS) e Mg na planta

Para determinação do acúmulo de MS e do teor de Mg pela cultura, foram coletadas quatro plantas na área útil de cada parcela experimental, nas mesmas datas da contagem de plantas e hastes, antes da dessecação, período no qual a cultura atinge o acúmulo máximo de MS e de nutrientes (FERNANDES et al., 2010b; FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011).

Depois de colhidas, as plantas foram lavadas, separada em tubérculos e parte aérea (folhas e caules) e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 96 h. Após a secagem, as amostras foram pesadas para obtenção da MS e moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm. Esta porção triturada foi utilizada para a determinação do teor de Mg, segundo metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Posteriormente, os teores de Mg foram multiplicados pela quantidade de MS acumulada em cada parte da planta e realizada o somatório para o cálculo da quantidade de Mg absorvido. As partições de MS e Mg entre os tubérculos e parte aérea foram calculadas.

3.3.4.4 População de plantas e número de hastes por planta

O número de plantas por área e o número médio de hastes por planta foram determinadas em duas fileiras de plantas por parcela. Sendo realizadas aos 100

DAP (23/10/2019) em Itaí-SP e aos 83 DAP (29/10/2019) em Botucatu-SP, nos estudos realizados no ano de 2019 e, em 14/07/2020, nos estudos de 2020 em Botucatu-SP, correspondendo a 102 DAP da cv. Orchestra e 100 DAP da cv. Asterix. Os resultados do número de plantas por área foram convertidos em plantas ha^{-1} .

3.3.4.5 Número, produtividade e classificação dos tubérculos produzidos

Na colheita, dia 31/10/2019, 108 DAP em Itaí-SP e 11/11/2019, 96 DAP em Botucatu-SP (Ano 2019) e, em 21/07/2020, 109 DAP da cv. Orchestra e 107 DAP da cv. Asterix, em Botucatu-SP (Ano 2020), foram coletados tubérculos de duas fileiras de 2 m (aproximadamente 10 plantas) da área útil de cada unidade experimental. Estes foram lavados, contados e classificados segundo o diâmetro em quatro classes: especial (tubérculos com diâmetro maior que 45 mm), primeira (tubérculos com diâmetro entre 33 e 45 mm), segunda (tubérculos com diâmetro entre 23 e 33 mm) e miúda (tubérculos com diâmetro inferior a 23 mm). Após classificados os tubérculos foram pesados para determinação da produtividade de tubérculos por classe. A partir do somatório de todas as classes foi determinada a produtividade total de tubérculos.

3.3.4.6 Peso médio dos tubérculos

Foi obtido mediante a relação entre o peso total e o número total de tubérculos de cada parcela após contagem e classificação dos tubérculos.

3.3.4.7 Produtividade relativa de tubérculos

A produtividade relativa foi obtida calculando-se a porcentagem de aumento da média de produtividade de tubérculos em cada tratamento com Mg em relação à média do controle (sem aplicação de Mg, tratamento T1).

3.3.4.8 Incidência de defeitos nos tubérculos

Os tubérculos de cada parcela foram avaliados quanto à ocorrência de defeitos externos, especialmente embonecamento, esverdeamento e defeitos internos, como coração oco e coração negro, sendo determinada em uma amostra de tubérculos (da classe especial) de cada tratamento, coletada aleatoriamente.

3.3.4.9 Firmeza da polpa

A firmeza da polpa foi determinada em seis tubérculos (com pele) da classe especial de cada parcela, utilizando-se texturômetro com profundidade de penetração de 20 mm, velocidade de 2,0 mm s⁻¹ e ponteiro TA 9/1000.

3.3.4.10 Teor de sólidos solúveis

Para a quantificação dos sólidos solúveis, algumas fatias da polpa foram maceradas e duas gotas do suco foram colocadas no prisma do refratômetro eletrônico (Atago, modelo PR32), e após um minuto fez-se a leitura direta dos graus Brix.

3.3.4.11 Porcentagem de matéria seca (MS) em tubérculos

Para determinação da MS, uma amostra de tubérculos de cada tratamento foi coletada aleatoriamente e pesada (peso fresco), fatiada e seca em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante, para a obtenção da MS. Com os dados de peso fresco e peso seco da amostra foram calculadas as porcentagens de MS dos tubérculos.

3.3.4.12 Teor de amido e açúcares redutores nos tubérculos

Nos estudos com a cv. Asterix, parte do material utilizado para determinação da porcentagem de MS nos tubérculos foi submetido à análise para determinação do teor de amido e açúcares redutores (glicose e frutose).

As concentrações de glicose + frutose foram determinadas usando um espectrofotômetro a 535 nm, de acordo com o método de Somogyi e adaptado por Nelson (1944). A concentração de amido foi determinada por hidrólise enzimática de acordo com o método ISO-6647 (ISO, 1987), seguido da determinação do teor de açúcar, de acordo com o método de Somogyi e adaptado por Nelson (1944). A concentração de açúcar obtida foi convertida em concentração de amido pela multiplicação dos valores pelo fator de 0,9. Os teores de açúcar redutor e amido foram determinados nas amostras secas e os resultados foram convertidos para teores na matéria fresca.

3.3.4.13 Teor e exportação de Mg nos tubérculos na colheita

As amostras utilizadas para determinação da porcentagem de MS dos tubérculos, foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm. Posteriormente foram submetidas à análise do teor de Mg (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). A exportação de Mg foi calculada mediante a multiplicação do teor pela MS dos tubérculos colhidos, sendo os dados expressos em quantidade de nutriente exportada por área.

3.4 Análise estatística

Para cada estudo (I, II e III) os dados foram submetidos à análise de variância. Para os estudos II e III, os dados foram submetidos à análise de variância combinada usando os dois locais, porém, como ela resultou em interações significativas do local com os demais fatores para quase todas as variáveis avaliadas, análises de variância individuais foram realizadas separadamente para cada local.

Os resultados referentes às doses de Mg (no plantio e amontoa) (Estudo II), foram submetidos à análise de regressão e para esse propósito o tratamento controle (sem aplicação de Mg) foi considerado como dose zero. O efeito principal da época de aplicação foi determinado considerando apenas as quatro doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹). O teste de LSD a 5% de probabilidade foi utilizado para comparar as épocas de aplicação de Mg (estudo II) e para realizar comparações entre os tratamentos do estudo I (casa de vegetação) e estudo III (campo).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estudo I

4.1.1 Variáveis fisiológicas e bioquímicas: Índice relativo de clorofila (SPAD), trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos

O índice SPAD apresentou efeito significativo das cultivares em todas as épocas de avaliação e redução com o avanço das avaliações ao longo do desenvolvimento da batateira (Tabela 9).

Tabela 9 - Índice relativo de clorofila (SPAD) da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg. Casa de vegetação, 2021

Tratamentos	Índice relativo de clorofila (SPAD)		
	31 DAE ⁽²⁾	46 DAE	62 DAE
Cultivar			
Agata	35,3b ⁽³⁾	30,6b	27,1b
Asterix	42,5a	35,9a	34,1a
Manejo de Mg ⁽¹⁾			
T0	36,8a	32,1a	26,4b
T1	38,4a	33,4a	30,0a
T2	39,7a	33,1a	32,0a
T3	39,0a	32,4a	30,9a
T4	39,3a	34,8a	32,6a
T5	40,4a	33,7a	31,9a
FV	<i>P > F</i>		
Cultivar (C)	<0,001	<0,001	<0,001
Manejo de Mg (M)	0,758	0,428	0,021
C × M	0,748	0,907	0,466
CV (%)	11,0	7,1	9,9

⁽¹⁾T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾DAE: Dias após a emergência. ⁽³⁾Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Os maiores valores do índice SPAD (42,5; 35,9 e 34,1) foram encontrados na cv. Asterix. Apenas na avaliação aos 62 DAE houve efeito do manejo de Mg no SPAD, sendo o menor valor obtido com o tratamento sem Mg (26,4), correspondendo a reduções de 14 a 23% em relação aos tratamentos com os diferentes manejos de Mg. O índice SPAD indica a intensidade do verde da folha, de modo a se relacionar diretamente com a concentração de clorofila (YADAVA, 1986), portanto, devido a importância do Mg presente na molécula de clorofila para otimizar a absorção de luz,

é esperado que a falta desse nutriente afete esse índice, reduzindo-o. Essa redução está associada ao fato do Mg ser um constituinte central da molécula de clorofila, com sintomas de deficiência caracterizado pelo amarelecimento das folhas na forma de clorose internerval (CAKMAK; YAZICI, 2010).

As variáveis fisiológicas taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (gs), evapotranspiração (E) e eficiência de carboxilação (EC) foram influenciadas pela cultivar, com maiores resultados obtido com a cv. Asterix (Tabela 10). Houve efeito somente de cultivar para as variáveis teor de clorofila *a*, *b*, *a+b* e carotenoides, com maiores valores na cv. Asterix (Tabela 11).

Tabela 10 - Taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (gs), taxa transpiratória (E), concentração interna de CO₂ (Ci), diferença de pressão de vapor (VPD), eficiência do uso de água (EUA) e eficiência de carboxilação (EC) da cultura da batata cultivares Agata e Asterix em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Tratamentos	A	gs	E	Ci	VPD	EUA	EC
	$\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	$\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	$\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	$\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$	KgPa	$\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$	$\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
Cultivar							
Agata	12,4b ⁽²⁾	335,8b	7,0b	303,6a	2,1a	1,8a	0,041b
Asterix	15,3a	423,8a	8,0a	293,6a	2,1a	1,9a	0,052a
Manejo de Mg ⁽¹⁾							
T0	14,5a	385,5a	7,7a	294,2a	2,1a	1,9a	0,049a
T1	14,9a	442,0a	8,3a	309,0a	2,0a	1,8a	0,049a
T2	13,9a	412,2a	7,8a	300,0a	2,0a	1,8a	0,047a
T3	14,0a	366,7a	7,4a	289,8a	2,1a	1,9a	0,049a
T4	14,4a	370,7a	7,0a	293,8a	2,2a	1,8a	0,049a
T5	11,5a	302,0a	6,7a	304,5a	2,2a	1,7a	0,039a
FV	$P > F$						
Cultivar (C)	0,003	0,010	0,044	0,178	0,609	0,430	0,004
Manejo de Mg (M)	0,338	0,216	0,477	0,642	0,097	0,951	0,502
C × M	0,486	0,291	0,469	0,685	0,281	0,773	0,648
CV (%)	19,1	24,6	19,1	7,2	9,0	18,4	22,7

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Tabela 11 - Teores de clorofila a (Chl a), clorofila b (Chl b), clorofila a + b (Chl a + b), relação clorofila a e clorofila b (Chl a/b) e carotenóides da cultura da batata cultivares Agata e Asterix em função da forma de manejo do Mg ao 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Tratamentos	Chl a	Chl b	Chl a + b	Chl a/b	Carotenóides
	ug cm ⁻²				
Cultivar					
Agata	25,3b ⁽²⁾	10,3b	35,6b	2,5a	6,1b
Asterix	34,3a	13,6a	47,9a	2,5a	8,6a
Manejo de Mg ⁽¹⁾					
T0	27,6a	11,6a	39,2a	2,4a	7,3a
T1	30,1a	12,0a	42,1a	2,5a	7,3a
T2	29,4a	11,7a	41,1a	2,5a	7,3a
T3	31,3a	12,3a	43,6a	2,5a	7,7a
T4	30,4a	12,3a	42,7a	2,5a	7,4a
T5	30,0a	11,7a	41,7a	2,6a	7,3a
FV	<i>P > F</i>				
Cultivar (C)	<0,001	<0,001	<0,001	0,363	<0,001
Manejo de Mg (M)	0,531	0,745	0,520	0,798	0,975
C × M	0,905	0,522	0,844	0,721	0,980
CV (%)	10,9	9,0	9,5	10,1	13,4

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

As variáveis fisiológicas e bioquímicas analisadas nesse estudo (Tabelas 9, 10 e 11) tiveram efeito somente das cultivares avaliadas (Agata e Asterix), o que pode estar relacionado à diferença no desenvolvimento das mesmas (MAUROMICALE; IERNA; MARCHESE; 2006; BUSATO et al., 2010). Houve um atraso para a brotação dos tubérculos-sementes, observado nesse estudo em casa de vegetação, no qual a cv. Asterix apresentou uma maior lentidão no desenvolvimento inicial da brotação e, consequentemente, um atraso na sua emergência, em relação a cv. Agata, o que pode ter proporcionado essa discrepância entre os valores obtidos para as variáveis mencionadas.

Os efeitos dos tratamentos de manejo do Mg sob as variáveis de trocas gasosas não foram evidentes aos 45 DAE (Tabela 10). O Mg atua na modulação da enzima Rubisco e, a interação entre eles, nutriente e enzima, gerada pela disponibilidade adequada deste nutriente na planta, gera maior estabilidade na ligação e, assim, aumenta a afinidade pelo CO₂ (FAGAN et al., 2016; RODRIGUES et al., 2022). Portanto, a deficiência de Mg tende a reduzir a assimilação líquida de CO₂ das plantas (HAUER-JÁKLI; TRÄNKNER, 2019), o que não foi verificado neste estudo. Esse resultado também pode estar relacionado à época de avaliação, uma vez que Koch et al. (2019), relataram não haver diferença significativa para taxa de

assimilação líquida de CO_2 (A) em plantas de batata cv. Laura em função da adubação com K e Mg na fase de crescimento inicial, mas somente nos estádios de crescimento posteriores. Neste estudo os parâmetros fisiológicos no início do desenvolvimento da planta não foram afetados, mas houve deficiência depois dos 56 DAE para a cultivar Agata e 47 DAE para a cultivar Asterix (Figura 9), o que demonstra uma deficiência tardia.

Figura 9 - Sintomas visuais da deficiência de Mg em folhas de plantas de batata cultivares Agata (A) e Asterix (B) sem aplicação de Mg



Fotos: Francisca Gyslane de Sousa Garreto - 2021

Embora o Mg possua função primordial para a fotossíntese, atuando como átomo central da molécula de clorofila (KOCH et al., 2020a), os tratamentos com Mg não interferiram de forma direta nas variáveis bioquímicas, como os pigmentos fotossintéticos (Tabela 11). Isto também pode estar atrelado ao momento em que essas análises foram realizadas.

Devido a mobilidade do Mg na planta e remobilização do elemento das folhas mais velhas para as mais novas em condições de deficiência (TAIZ; ZEIGER, 2013; SENBAYRAM et al., 2015; PITCHAY; MIKKELSEN, 2018; HAUER-JÁKLI; TRÄNKNER, 2019), há nessas folhas maior período de atividade fotossintética e teores de clorofilas, portanto, como são utilizadas nessas avaliações a terceira folha totalmente desenvolvida, o efeito da deficiência de Mg é mais difícil de ser aferido.

Possivelmente, o Mg do solo e do tubérculo-semente foram suficientes para manter o status fisiológico da planta adequado nas fases iniciais do seu desenvolvimento. Desse modo, deve-se optar pela realização de análises envolvendo trocas gasosas e pigmentos fotossintéticos na cultura da batata em diferentes janelas de tempo após a emergência das plantas, visto que a deficiência por Mg na planta pode se manifestar de uma forma mais tardia e, conseqüentemente, os efeitos de tal deficiência serem mais expressivos após os estádios iniciais de crescimento.

4.1.2 Área foliar e acúmulo de matéria seca (MS) na planta

A área foliar não foi influenciada pelos fatores estudados; contudo, houve uma tendência de aumento com o manejo de Mg, proporcionando acréscimo de até 19% com o manejo T4 (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa), em relação ao tratamento sem Mg (Tabela 12). Esse melhor desenvolvimento da área foliar das plantas de batata é benéfico em função de afetar diretamente a capacidade da planta em interceptar a luz solar (RODRIGUES et al., 2022), aumentando a área fotossintética e, conseqüentemente, a produtividade, dessa forma, estas duas variáveis estão diretamente relacionadas (PEREIRA; MACHADO, 1987), assim como observado neste estudo (Tabela 12) e por Fernandes et al. (2010b). Portanto, a fertilização com Mg estimulou o desenvolvimento das plantas com aumento da área foliar, apesar da ausência de diferença estatística significativa.

Tabela 12 - Área foliar, matéria seca da parte aérea e tubérculos da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Tratamentos	Área foliar cm ²	MS da parte aérea	MS nos tubérculos	MS total
			g pl ⁻¹	
Cultivar				
Agata	3407a ⁽²⁾	15,1a	53,0a	68,1a
Asterix	3860a	16,8a	53,2a	70,0a
Manejo de Mg ⁽¹⁾				
T0	3298a	14,5bc	48,2c	62,7b
T1	3362a	12,9c	50,2bc	63,1b
T2	3707a	16,7ab	57,9a	74,6a
T3	3612a	15,4abc	45,9c	61,3b
T4	3926a	18,1a	60,1a	78,2a
T5	3897a	18,0a	56,3ab	74,3a
FV		$P > F$		
Cultivar (C)	0,102	0,071	0,923	0,405
Manejo de Mg (M)	0,658	0,018	0,001	<0,001
C × M	0,763	0,225	0,725	0,783
CV (%)	21,9	17,0	10,4	9,7

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

A MS da parte aérea, dos tubérculos e total foram influenciadas significativamente pelo manejo de Mg (Tabela 12). O maior acúmulo de MS da parte aérea foi obtido com o manejo T4 (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa), não diferindo estatisticamente do T2, T3 e T5; a MS dos tubérculos e total apresentaram maiores resultados também no manejo T4, não diferindo do T2 e T5. Esse efeito do Mg no acúmulo de MS nas partes da planta pode estar relacionado a influência do Mg na partição de MS na planta (HERMANS et al., 2004; SENBAYRAM et al., 2015; HAUER-JÁKLI; TRÄNKNER, 2019). Esses resultados mostram que os manejos de Mg que apresentaram os maiores valores de MS acumulada correspondem a mesma dose de Mg (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg), porém manejados de modo diferente (plantio, amontoa ou parcelado). Possivelmente estes resultados são reflexo da tendência de aumento da área foliar, que ao aplicar a dose de 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg, provavelmente aumentou a área de interceptação de luz e consequentemente área fotossinteticamente ativa, possibilitando o aumento da produção de metabólitos primários, refletindo no acúmulo de MS da parte aérea, tubérculos e total.

Aos 45 DAE (74 DAP) observou-se que houve um maior acúmulo de MS nos tubérculos em relação a MS na parte aérea, fato esse que pode estar relacionado ao processo de tuberização, que se inicia entre 34 a 41 DAP (FERNANDES;

SORATTO, 2012) e altera a relação fonte-dreno, tornando os tubérculos os principais drenos da planta.

4.1.3 Acúmulo de nutrientes na planta

Os acúmulos dos macronutrientes N e P na parte aérea da planta de batata foram influenciados significativamente pelos fatores cultivar e forma de manejo do Mg (Tabela 13), enquanto os K e Ca foram afetados pela forma de manejo de Mg e os de Mg e S pela interação dos fatores estudados.

Os acúmulos de N e P foram maiores na cv. Asterix. Quanto ao manejo de Mg, o maior acúmulo de N foi obtido no manejo T4 (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa), no entanto, não houve diferença entre os manejos T2 e T5, que correspondem a mesma dose de T4, porém com diferentes formas de aplicação. Já para o acúmulo de P, os manejos T2 e T3 não diferiram entre si e apresentaram os maiores resultados nas doses de 4,1 e 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio, respectivamente. Os acúmulos de K e Ca apresentaram maiores valores quando foi realizada a aplicação da dose de 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa (T5).

Tabela 13 - Acúmulo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na parte aérea da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
g planta ⁻¹						
Cultivar						
Agata	0,599b ⁽²⁾	0,022b	1,094a	0,377a	0,058	0,028
Asterix	0,768a	0,041a	1,143a	0,388a	0,075	0,045
Manejo de Mg ⁽¹⁾						
T0	0,614bc	0,027bc	1,026bc	0,299c	0,044	0,034
T1	0,507c	0,025c	0,917c	0,361bc	0,056	0,025
T2	0,748a	0,037a	1,204ab	0,416ab	0,077	0,040
T3	0,698ab	0,037a	1,067abc	0,326c	0,086	0,037
T4	0,785a	0,034ab	1,233ab	0,446a	0,069	0,045
T5	0,749a	0,032abc	1,264a	0,449a	0,070	0,040
FV	<i>P > F</i>					
Cultivar (C)	<0,001	<0,001	0,436	0,629	<0,001	<0,001
Manejo de Mg (M)	0,002	0,044	0,023	0,001	<0,001	<0,001
C × M	0,077	0,143	0,246	0,136	0,035	0,002
CV (%)	16,1	22,7	16,5	16,7	17,7	17,4

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Houve maior acúmulo de Mg no manejo T3 (8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio) com a cv. Agata e nos tratamentos T2, T3, T4 e T5 com a cv. Asterix (Tabela 14). O resultado deste estudo no acúmulo de Mg na parte aérea corrobora com o observado por Hauer-Jákli e Tränkner (2019), que mostram que as concentrações de Mg no tecido foliar apresentam alta correlação com a quantidade de Mg fornecida à planta, ou seja, quando foi aplicada a maior dose de Mg na planta de batata obteve-se o maior acúmulo desse nutriente na parte aérea.

Quanto ao acúmulo de S, o maior valor foi obtido no manejo T5 com a cv. Agata e T2 e T4 com a cv. Asterix (Tabela 14), sendo estes três tratamentos referentes a mesma dose total de Mg, 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg, porém com manejos diferentes no momento da aplicação.

Tabela 14 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para acúmulo de Mg e S na parte aérea aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Cultivar	Manejo de Mg ⁽¹⁾					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
	g planta ⁻¹					
	Magnésio					
Agata	0,044Ac ⁽²⁾	0,051Abc	0,069Aab	0,083Aa	0,049Bc	0,053Bbc
Asterix	0,043Ab	0,060Ab	0,084Aa	0,088Aa	0,089Aa	0,088Aa
	Enxofre					
Agata	0,025Bbc	0,015Bc	0,027Bb	0,031Bb	0,029Bb	0,042Aa
Asterix	0,043Abc	0,035Ac	0,053Aab	0,043Abc	0,060Aa	0,037Ac

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna (cultivar) e minúsculas na linha (manejo de Mg), diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Em relação ao acúmulo de micronutrientes na parte aérea da planta de batata, observou-se influência significativa da forma de manejo do Mg no acúmulo de B, Fe e Mn e da interação dos fatores cultivar e manejo de Mg no acúmulo de Cu (Tabela 15). Os maiores acúmulos de B e Fe foram obtidos na parte aérea das plantas provenientes do T4 (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa). O acúmulo de Mn foi menor quando não foi aplicado Mg ou foi aplicado a menor dose de Mg (2,1 mmol_c dm⁻³) no plantio (T1). Houve maior acúmulo de Cu no manejo T5 (2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa) com a cv. Agata e em T2 (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio) com a cv. Asterix (Tabela 16).

Tabela 15 - Acúmulo de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) na parte aérea da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg planta ⁻¹				
Cultivar					
Agata	0,617a ⁽²⁾	0,253	14,62a	4,414a	0,236a
Asterix	0,623a	0,186	13,41a	4,782a	0,234a
Manejo de Mg ⁽¹⁾					
T0	0,405d	0,238	13,31b	2,979b	0,229a
T1	0,525cd	0,168	12,20b	3,472b	0,196a
T2	0,662abc	0,252	14,89ab	5,418a	0,262a
T3	0,598bc	0,196	12,08b	5,053a	0,219a
T4	0,795a	0,219	18,21a	5,452a	0,246a
T5	0,735ab	0,247	13,41b	5,213a	0,257a
FV	P > F				
Cultivar (C)	0,900	<0,001	0,233	0,291	0,889
Manejo de Mg (M)	0,001	0,007	0,016	0,001	0,196
C × M	0,138	0,001	0,403	0,188	0,147
CV (%)	22,4	17,7	21,2	22,2	20,6

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Tabela 16 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para acúmulo de Cu na parte aérea aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Cultivar	Manejo de Mg ⁽¹⁾					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
	mg planta ⁻¹					
Agata	0,209Aab ⁽²⁾	0,169Abc	0,160Bbc	0,188Aabc	0,140Bc	0,252Aa
Asterix	0,268Abc	0,166Ad	0,343Aa	0,204Acd	0,297Aab	0,242Abc

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna (cultivar) e minúsculas na linha (manejo de Mg), diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Houve influência significativa dos fatores cultivar e manejo nos acúmulos de N, Mg e S nos tubérculos da planta de batata, da forma de manejo do Mg no acúmulo de K e da cultivar no de Ca (Tabela 17). Os acúmulos de N, Mg e S foram maiores na cv. Agata e o Ca na cv. Asterix. Os acúmulos de N e K apresentaram maiores valores quando foi realizada a aplicação da dose de 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa (T4), não diferindo do resultado obtido com aplicação desta mesma dose no plantio (T2). Os acúmulos de Mg e S também apresentaram maior resultado com o T4; contudo, o acúmulo de Mg não diferiu do T2 e T5.

É possível observar um efeito de inibição da absorção de K e Ca em relação ao Mg, sendo que o aumento das doses de Mg no plantio, reduziu o acúmulo de ambos nutrientes nos tubérculos (Tabela 17), ou seja, a dose de 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg causou desequilíbrio na interação K:Ca:Mg, afetando a absorção e, conseqüentemente, a translocação destes dois nutrientes (Ca e K) para os drenos da planta de batata (MARSCHNER, 2012; SILVA; TREVIZAM, 2015).

Tabela 17 - Acúmulo de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) no tubérculo da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g planta ⁻¹					
Cultivar						
Agata	0,885a ⁽²⁾	0,119a	1,686a	0,028b	0,078a	0,053a
Asterix	0,760b	0,110a	1,667a	0,040a	0,071b	0,045b
Manejo de Mg ⁽¹⁾						
T0	0,720c	0,113a	1,540c	0,037a	0,020b	0,037d
T1	0,746bc	0,109a	1,595bc	0,039a	0,067b	0,050bc
T2	0,896a	0,126a	1,826a	0,034a	0,081a	0,055ab
T3	0,773bc	0,107a	1,493c	0,029a	0,070b	0,044cd
T4	0,944a	0,118a	1,862a	0,034a	0,086a	0,063a
T5	0,859ab	0,113a	1,741ab	0,032a	0,080a	0,048bc
FV	<i>P > F</i>					
Cultivar (C)	0,001	0,176	0,737	0,001	0,023	0,001
Manejo de Mg (M)	0,003	0,577	0,003	0,529	0,001	<0,001
C × M	0,506	0,333	0,289	0,684	0,767	0,227
CV (%)	11,8	16,6	9,9	28,4	11,9	13,9

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Houve influência significativa da interação dos fatores cultivar e forma de manejo do Mg no acúmulo de B, Mn e Zn e da forma de manejo do Mg no acúmulo de Fe (Tabela 18). O acúmulo de Fe foi maior em T2 (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio), não diferindo do resultado obtido com T1 (2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio) e T4 (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa). O acúmulo de B não apresentou diferença entre as formas de manejo do Mg na cv. Agata, porém na cv. Asterix, o T0 (sem aplicação de Mg) e T1 proporcionaram menor acúmulo deste nutriente no tubérculo (Tabela 19). Para o Mn, os maiores valores acumulados foram obtidos no T0 e T1 na cv. Agata e em T1 com a cv. Asterix, não diferindo de T2, T3 e T4. No acúmulo de Zn não houve efeito da forma de manejo de Mg na cv. Agata, na Asterix o maior acúmulo deste

nutriente foi obtido no T5 (2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa), que não diferiu da aplicação única de 2,1 mmol_c dm⁻³ no plantio (T1).

Tabela 18 - Acúmulo de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) no tubérculo da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg planta ⁻¹				
Cultivar					
Agata	1,010	0,485a ⁽²⁾	9,617a	0,225	0,447
Asterix	1,027	0,459a	9,102a	0,257	0,697
Manejo de Mg ⁽¹⁾					
T0	0,799	0,496a	8,211b	0,239	0,414
T1	0,816	0,501a	10,783a	0,319	0,664
T2	1,144	0,507a	11,169a	0,224	0,508
T3	1,072	0,409a	8,110b	0,204	0,531
T4	1,148	0,449a	9,612ab	0,247	0,593
T5	1,133	0,472a	8,272b	0,213	0,721
FV			<i>P > F</i>		
Cultivar (C)	0,748	0,402	0,334	0,074	<0,001
Manejo de Mg (M)	0,001	0,450	0,005	0,011	0,008
C × M	0,002	0,466	0,975	0,002	0,023
CV (%)	16,0	19,7	16,7	21,2	23,2

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Tabela 19 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para acúmulo de B, Mn e Zn no tubérculo aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Cultivar	Manejo de Mg ⁽¹⁾					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
	mg planta ⁻¹					
	Boro					
Agata	0,979Aa ⁽²⁾	0,968Aa	1,095Aa	0,932Ba	0,934Ba	1,149Aa
Asterix	0,618Bb	0,663Bb	1,193Aa	1,211Aa	1,362Aa	1,116Aa
	Manganês					
Agata	0,317Aa	0,304Aa	0,174Bb	0,152Bb	0,202Bb	0,201Ab
Asterix	0,162Bc	0,334Aa	0,274Aab	0,255Aab	0,291Aab	0,225Abc
	Zinco					
Agata	0,397Aa	0,450Ba	0,479Aa	0,400Ba	0,493Aa	0,461Ba
Asterix	0,430Ad	0,878Aab	0,536Acd	0,661Abc	0,693Abc	0,982Aa

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna (cultivar) e minúsculas na linha (manejo de Mg), diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Os acúmulos totais de macronutrientes N, K e Ca foram influenciados significativamente pelo fator manejo de Mg, o Mg foi afetado pelos fatores cultivar e

manejo de Mg isolados e o S pela interação dos fatores estudados (Tabela 20). Os acúmulos totais de N, K e Ca foram maiores no manejo T4, não diferindo do T2 e T5, que correspondem a mesma dose em diferentes formas de aplicação ($4,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg); já o Mg apresentou menor acúmulo total apenas no manejo T0 (sem aplicação de Mg) e T1 ($2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg no plantio), e maior na cv. Asterix.

O maior acúmulo total de S foi obtido no manejo T4 ($4,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg na amontoa), não diferindo estatisticamente do T5 ($2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg no plantio + $2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg na amontoa) e T2 ($4,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg no plantio) com a cv. Agata e, com a cv. Asterix também houve maior valor acumulado na planta no manejo T4, porém não diferiu estatisticamente do manejo T2 ($4,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg no plantio) (Tabela 21).

Tabela 20 - Acúmulo total de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na planta da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
g planta ⁻¹						
Cultivar						
Agata	1,484a ⁽²⁾	0,142a	2,780a	0,406a	0,136b	0,082
Asterix	1,528a	0,151a	2,809a	0,428a	0,146a	0,090
Manejo de Mg ⁽¹⁾						
T0	1,334cd	0,140a	2,566b	0,336c	0,106b	0,071
T1	1,253d	0,135a	2,512b	0,400bc	0,122b	0,075
T2	1,643a	0,163a	3,029a	0,451ab	0,157a	0,095
T3	1,471bc	0,144a	2,561b	0,355c	0,155a	0,080
T4	1,728a	0,152a	3,094a	0,480a	0,155a	0,107
T5	1,607ab	0,145a	3,005a	0,480a	0,151a	0,087
FV	$P > F$					
Cultivar (C)	0,289	0,205	0,702	0,283	0,048	0,011
Manejo de Mg (M)	<0,001	0,306	<0,001	0,001	<0,001	<0,001
C × M	0,086	0,404	0,291	0,081	0,174	0,023
CV (%)	8,0	14,8	8,3	14,5	10,3	11,0

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: $2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado no plantio; T2: $4,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado no plantio; T3: $8,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado no plantio; T4: $4,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado na amontoa; T5: $2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado no plantio + $2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Tabela 21 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para acúmulo total de S na planta aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Cultivar	Manejo de Mg ⁽¹⁾					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
	g planta ⁻¹					
Agata	0,065Ac ⁽²⁾	0,069Ac	0,086Bab	0,073Abc	0,100Aa	0,097Aa
Asterix	0,076Ab	0,081Ab	0,104Aa	0,088Ab	0,115Aa	0,078Bb

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna (cultivar) e minúsculas na linha (manejo de Mg), diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Os acúmulos totais dos micronutrientes Fe e Mn foram influenciados pelo manejo de Mg, e o B e Zn pela interação dos fatores estudados (cultivar e manejo de Mg) (Tabela 22). O maior acúmulo total de Fe foi observado no manejo T4 (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa), não diferindo estatisticamente do T2 (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio) e o acúmulo total de Mn foi menor apenas nos tratamentos sem aplicação de Mg e com a menor dose (2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio). O acúmulo total de B não apresentou diferença entre os manejos na cv. Agata, mas na Asterix, o maior valor foi obtido no manejo T4; o acúmulo total de Zn também não apresentou diferença entre os manejos na cv. Agata, mas na Asterix, o maior valor acumulado na planta foi obtido no manejo T5 (2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa) (Tabela 23).

O Fe foi o micronutriente mais acumulado nas hastes e folhas na planta de batata (parte aérea) aos 45 DAE, cerca de 60% do total (Tabela 22), corroborando com o relatado por Marschner (2012), que diz que 80% do Fe da planta está localizado nos cloroplastos das folhas.

Tabela 22 - Acúmulo total de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) na planta da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg planta ⁻¹				
Cultivar					
Agata	1,627	0,672a ⁽²⁾	24,240a	4,639a	0,683
Asterix	1,650	0,712a	22,512a	5,039a	0,930
Manejo de Mg ⁽¹⁾					
T0	1,204	0,734a	21,526c	3,219b	0,643
T1	1,341	0,669a	22,980bc	3,791b	0,860
T2	1,806	0,759a	26,055ab	5,642a	0,769
T3	1,669	0,605a	20,187c	5,257a	0,750
T4	1,943	0,667a	27,823a	5,698a	0,839
T5	1,868	0,719a	21,682c	5,427a	0,979
FV			<i>P > F</i>		
Cultivar (C)	0,721	0,172	0,154	0,253	<0,001
Manejo de Mg (M)	<0,001	0,059	0,007	0,001	<0,001
C × M	0,001	0,510	0,720	0,233	0,010
CV (%)	11,9	12,5	15,0	21,1	13,9

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Tabela 23 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para acúmulo total de B e Zn na planta aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Cultivar	Manejo de Mg ⁽¹⁾					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
	mg planta ⁻¹					
	Boro					
Agata	1,430Aa ⁽²⁾	1,523Aa	1,806Aa	1,592Aa	1,615Ba	1,794Aa
Asterix	0,977Bc	1,158Bc	1,806Ab	1,747Ab	2,270Aa	1,941Ab
	Zinco					
Agata	0,626Aa	0,680Ba	0,743Aa	0,632Ba	0,692Ba	0,724Ba
Asterix	0,659Ad	1,040Ab	0,796Acd	0,868Abc	0,987Ab	1,233Aa

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna (cultivar) e minúsculas na linha (manejo de Mg), diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

4.1.4 Partição de nutrientes nos tubérculos

A partição de N, P e Ca para os tubérculos foi influenciada somente pelo fator cultivar, sendo os maiores valores de partição de N e P obtidos na cv. Agata e de Ca na cv. Asterix (Tabela 24). A partição de Mg apresentou efeito significativo dos fatores cultivar e manejo de Mg isolados, com maior partição na cv. Agata, e em relação ao manejo de Mg, no T4 (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa), não diferindo

estatisticamente do T0 (sem aplicação de Mg), T1 (2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio) e T5 (2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa). A partição de S apresentou efeito da interação dos fatores estudados, de modo que a cv. Agata no manejo de Mg T1 apresentou maior valor de partição desse nutriente nos tubérculos, enquanto a cv. Asterix não apresentou diferença significativa entre os manejos de Mg, porém houve menores valores de partição de S em relação a cv. Agata (Tabela 25).

Tabela 24 - Partição de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nos tubérculos da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	%					
Cultivar						
Agata	59,7a ⁽²⁾	83,9a	60,7a	7,2b	57,8a	65,7
Asterix	50,1b	72,9b	59,5a	10,1a	49,1b	50,1
Manejo de Mg ⁽¹⁾						
T0	54,0a	80,4a	60,2a	12,0a	59,0a	53,5
T1	59,7a	81,6a	63,4a	10,1a	54,7ab	66,9
T2	54,7a	78,1a	60,2a	7,6a	51,2bc	58,2
T3	52,2a	75,0a	58,3a	8,2a	45,2c	54,7
T4	55,5a	77,5a	60,6a	7,5a	56,7ab	59,7
T5	53,3a	77,9a	57,9a	6,4a	53,9ab	54,4
FV	$P > F$					
Cultivar (C)	<0,001	<0,001	0,504	0,020	<0,001	<0,001
Manejo de Mg (M)	0,381	0,159	0,480	0,112	0,007	0,002
C × M	0,508	0,232	0,317	0,815	0,101	0,021
CV (%)	11,1	5,4	8,4	40,4	10,7	9,0

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Tabela 25 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para a partição de S nos tubérculos aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Cultivar	Manejo de Mg ⁽¹⁾					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
	%					
Agata	63,3Abc ⁽²⁾	77,3Aa	67,8Ab	57,8Ac	71,0Aab	56,9Ac
Asterix	43,7Ba	56,6Ba	48,7Ba	51,6Aa	48,4Ba	51,8Aa

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna (cultivar) e minúsculas na linha (manejo de Mg), diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

A partição do B não foi influenciada pelos fatores estudados, a de Cu e de Mn foi afetada pela interação dos fatores (cultivar e manejo de Mg), a de Fe foi influenciada somente pelo manejo de Mg e a de Zn pelo fator cultivar (Tabela 26). A partição de Fe apresentou maior resultado no manejo de Mg T1 (2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio), não diferindo estatisticamente do T2 (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio) e T3 (8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio) e, a partição de Zn nos tubérculos foi maior na cv. Asterix, independente do manejo de Mg.

O maior valor da partição de Cu foi verificado na cv. Asterix com o manejo de Mg T1, na cv. Agata não foi observado diferença significativa entre os manejos de Mg (Tabela 27). Para a partição de Mn o maior valor foi obtido na Agata com manejo T0 (sem aplicação de Mg) e T1 e, na cv. Asterix, não foi observado diferença significativa entre os manejos de Mg (Tabela 27).

Tabela 26 - Partição de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) nos tubérculos da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg planta ⁻¹				
Cultivar					
Agata	62,2a ⁽²⁾	72,2	40,1a	5,9	65,4b
Asterix	62,4a	64,2	40,8a	5,4	73,4a
Manejo de Mg ⁽¹⁾					
T0	66,5a	67,2	38,7bc	8,3	64,5a
T1	60,6a	74,7	47,2a	9,1	74,7a
T2	63,3a	67,3	43,5ab	4,1	65,9a
T3	64,1a	67,5	40,3abc	4,2	69,3a
T4	59,1a	67,1	34,6c	4,3	70,5a
T5	60,3a	65,4	38,3bc	4,1	71,4a
FV			<i>P > F</i>		
Cultivar (C)	0,948	0,002	0,722	0,506	0,002
Manejo de Mg (M)	0,484	0,260	0,034	<0,001	0,134
C × M	0,221	0,013	0,388	0,005	0,098
CV (%)	11,4	9,9	15,3	35,2	9,6

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Tabela 27 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para a partição de Cu e Mn nos tubérculos aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Cultivar	Manejo de Mg ⁽¹⁾					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
	%					
	Cobre					
Agata	71,9Aa ⁽²⁾	74,5Aa	76,3Aa	67,6Aa	78,7Aa	64,2Aa
Asterix	62,4Abc	74,9Aa	58,3Bbc	67,3Aab	55,5Bc	66,6Aabc
	Manganês					
Agata	11,8Aa	9,7Aa	2,8Ab	2,9Ab	4,0Ab	4,2Ab
Asterix	4,8Ba	8,5Aa	5,4Aa	5,4Aa	4,6Aa	4,0Aa

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna (cultivar) e minúsculas na linha (manejo de Mg), diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

4.1.5 Teores de amido, açúcares redutores e solúveis totais nos tubérculos

Os teores de amido nos tubérculos das plantas de batata, aos 45 DAE, foram influenciados pelos fatores estudados (cultivar e manejo de Mg) de modo isolado e os açúcares redutores e totais pela interação destes fatores (Tabela 28). O teor de amido foi maior na cv. Asterix e em relação ao manejo de Mg, foi maior no T4 (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa) não diferindo de T5 e T2, que correspondem a mesma dose parcelado com 50% no plantio + 50% na amontoa ou todo no plantio, respectivamente. Esse resultado mostra a diferença entre as cultivares quanto ao armazenamento de amido e o efeito do Mg na sua produção.

O teor de açúcar redutor foi maior no manejo T5 (2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa), não diferindo de T4 (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa), na cv. Agata e nos manejos T1 (2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio), T2 (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio) e T4 (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa) com a cv. Asterix. O açúcar total não foi detectado na cv. Agata apresentou maior teor no manejo T5 e na Asterix no manejo sem aplicação de Mg (T0) (Tabela 29). De modo geral, a cv. Agata apresentou comportamento semelhante em relação aos açúcares, porém, na cv. Asterix a falta de Mg proporcionou maior teor de açúcares totais.

Tabela 28 - Teores de amido, açúcares redutores e totais nos tubérculos da cultura da batata cultivares Agata e Asterix em função da forma de manejo do Mg aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Tratamentos	Amido	Açúcar redutor	Açúcares totais
		% matéria fresca	
Cultivar			
Agata	7,0b ⁽²⁾	0,07	0,28
Asterix	8,5a	0,07	0,42
Manejo de Mg ⁽¹⁾			
T0	6,6d	0,06	0,48
T1	7,6bcd	0,07	0,29
T2	7,8abc	0,07	0,29
T3	7,3cd	0,05	0,36
T4	8,7a	0,08	0,37
T5	8,5ab	0,07	0,31
FV		<i>P > F</i>	
Cultivar (C)	<0,001	0,998	<0,001
Manejo de Mg (M)	0,009	0,023	<0,001
C × M	0,477	0,018	<0,001
CV (%)	12,2	22,1	13,7

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Tabela 29 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para teor de açúcar redutor (AR) e total (AT) nos tubérculos aos 45 DAE. Casa de vegetação, 2021

Cultivar	Manejo de Mg ⁽¹⁾					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
	AR (% matéria fresca)					
Agata	0,06Ac ⁽²⁾	0,06Abc	0,06Abc	0,05Ac	0,08Aab	0,09Aa
Asterix	0,07Aab	0,08Aa	0,08Aa	0,05Ab	0,08Aa	0,05Bb
	AT (% matéria fresca)					
Agata	0,23Bb	0,24Bb	0,27Ab	0,26Bb	0,31Bab	0,36Aa
Asterix	0,73Aa	0,34Ac	0,31Acd	0,45Ab	0,43Ab	0,25Bd

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna (cultivar) e minúsculas na linha (manejo de Mg), diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Visto que o amido é convertido em açúcares pelas plantas, quanto maior o teor de açúcar menor o teor de amido, de modo que a aplicação de Mg pode inverter essa relação, favorecendo as cultivares utilizadas no processamento industrial, como é o caso da cv. Asterix, ou seja, o uso de Mg na fertilização da planta de batata reduz os teores de açúcares e aumenta os teores de amido, assim como observado por Koch et al. (2019). Observou-se também que a não aplicação de Mg reduziu o teor de amido nos tubérculos, isso pode ter ocorrido porque em condições

de deficiência de Mg pode haver inibição do transporte de carboidratos da fonte para o dreno, influenciando na partição dos mesmos entre parte aérea e raiz, proporcionando acúmulo de carboidratos, principalmente amido e sacarose nos cloroplastos (CAKMAK; HENGELER; MARSCHNER, 1994; EPSTEIN; BLOOM, 2004; HERMANS et al., 2004; CAKMAK; KIRKBY, 2008; MARENCO; LOPES, 2009; FERDOUS et al., 2014; SENBAYRAM et al., 2015; NAUMANN et al., 2020).

4.1.6 Número, peso total, peso médio e porcentagem de MS nos tubérculos

Na colheita, o número de tubérculos por planta, peso total e peso médio de tubérculos foram influenciados pelo fator cultivar e a porcentagem de MS de tubérculos pela interação dos fatores cultivar × manejo de Mg (Tabela 30). O maior número de tubérculos foi obtido na cv. Agata, porém esta não refletiu em maior peso. O maior valor de peso total e peso médio de tubérculos foi obtido com a cv. Asterix. Isso pode ser devido à compensação que há na planta, uma vez que menor número de tubérculos permite maior desenvolvimento dos mesmos. Além disso, tais diferenças entre as cultivares podem ser originadas das características genéticas das mesmas, visto que as cultivares tem propósitos comerciais diferentes.

A porcentagem de MS de tubérculos foi maior no manejo T4 (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa) na cv. Agata e na cv. Asterix no manejo de Mg T5 (2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg na amontoa), diferindo do T0 (sem aplicação de Mg) e T2 (4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg no plantio) (Tabela 31). Apesar de não ter apresentado diferença estatística significativa do manejo de Mg, o não fornecimento desse nutriente as plantas de batata resultaram em uma redução de 13 a 39% no peso total de tubérculos por planta. Independentemente da cultivar, o não fornecimento de Mg reduziu de 10 a 42% da MS dos tubérculos. Assim, observa-se que o Mg proporciona incrementos que refletirá positivamente na produtividade dos tubérculos. Esses resultados encontram-se de acordo com os de Koch et al. (2019), que avaliando o efeito conjunto da aplicação de K e Mg também observaram redução da produtividade de tubérculos com baixo fornecimento de Mg.

Tabela 30 - Número de tubérculos por planta, peso total de tubérculos por planta, peso médio de tubérculo e porcentagem de matéria seca (MS) nos tubérculos da cultura da batata cultivares Agata e Asterix, em função da forma de manejo do Mg. Casa de vegetação, 2019

Tratamentos	Tubérculos por planta	Peso total de tubérculos	Peso médio de tubérculo	MS nos tubérculos
	— número —	— g pl ⁻¹ —	— g —	— % da matéria fresca —
Cultivar				
Agata	11,4a ⁽²⁾	483,9b	41,9b	12,4
Asterix	8,2b	581,7a	72,4a	16,8
Manejo de Mg ⁽¹⁾				
T0	9,8a	459,2a	50,6a	11,6
T1	9,2a	520,0a	57,7a	14,9
T2	9,8a	526,7a	58,9a	12,8
T3	9,5a	530,0a	59,3a	15,9
T4	11,0a	638,3a	61,3a	15,9
T5	9,5a	522,5a	54,9a	16,5
FV	$P > F$			
Cultivar (C)	0,005	0,011	<0,001	<0,001
Manejo de Mg (M)	0,936	0,151	0,764	0,001
C × M	0,949	0,804	0,482	0,023
CV (%)	31,9	19,8	22,9	12,4

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Tabela 31 - Desdobramento da interação significativa entre cultivar e manejo de Mg para MS nos tubérculos na colheita. Casa de vegetação, 2021

Cultivar	Manejo de Mg ⁽¹⁾					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
	% MS					
Agata	11,3Abc ⁽²⁾	11,5Bbc	10,3Bc	12,4Babc	15,0Aa	13,7Bab
Asterix	11,9Ac	18,3Aab	15,4Ab	19,3Aa	16,7Aab	19,4Aa

⁽¹⁾ T0: controle sem aplicação de Mg; T1: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T2: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T3: 8,2 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio; T4: 4,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa; T5: 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado no plantio + 2,1 mmol_c dm⁻³ de Mg aplicado na amontoa. ⁽²⁾ Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna (cultivar) e minúsculas na linha (manejo de Mg), diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Tendo em vista que a época de maior exigência em Mg pela cultura da batata inicia-se entre 42 e 44 DAP (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011), a época de aplicação e a fonte de Mg utilizada nesse estudo favoreceu os resultados encontrados. O sulfato de magnésio, por ser um sal com alta solubilidade, apresenta rápida disponibilidade do Mg para as plantas (RODRIGUES et al., 2022), sendo, portanto, importante sua disponibilização no momento de maior demanda da cultura, como ocorreu neste estudo.

Observou-se, de modo geral, que os melhores resultados, em todas as variáveis avaliadas neste estudo, foram obtidos quando houve a aplicação de doses mais altas do fertilizante magnésiano no plantio, que pode possibilitar maior período de disponibilização do Mg as plantas ou quando houve aplicação parcelada da dose do fertilizante, com parte sendo aplicada na época da amontoa (entre 26 e 35 DAP), que coincidi com o período de maior demanda da cultura, e conseqüentemente, maior aproveitamento do nutriente. Esses resultados podem estar associados ao fato de que grande quantidade de Mg pode ser armazenada dentro dos vacúolos, de modo a servir como reservatório para manter a homeostase do Mg em outras células durante o crescimento da planta (STELZER et al., 1990; MARSCHNER, 2012; GERENDÁS; FÜHRS, 2013; HAUER-JÁKLI; TRÄNKNER, 2019). Além disso, devido a mobilidade do Mg dentro da planta, as partes mais velhas da planta podem também servir como um reservatório de Mg para as partes mais jovens e em crescimento com alta demanda de Mg (HAUER-JÁKLI; TRÄNKNER, 2019).

4.2 Estudo II

4.2.1 Índice relativo de clorofila (SPAD)

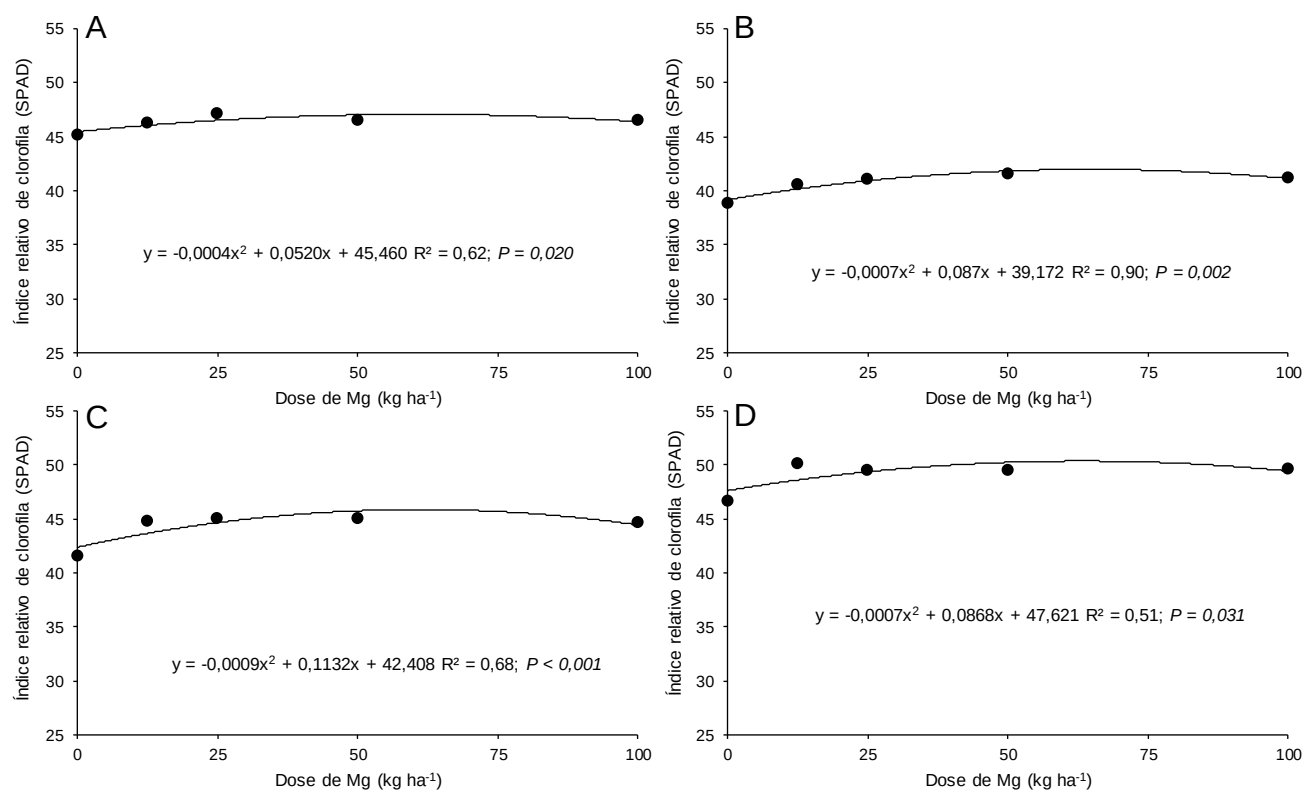
Nos experimentos realizados com a cv. Agata, houve diferença significativa nos valores SPAD apenas na avaliação realizada aos 47 DAE no L1 (Itaí 2019), em função da época de aplicação de Mg, com maior valor quando o Mg foi aplicado no plantio (Tabela 32). No experimento realizado no L2 (Botucatu 2019), houve efeito significativo apenas das doses de Mg para esta variável, nas avaliações realizadas aos 46 e 58 DAE (Tabela 32). Em ambas as avaliações houve efeito quadrático, com valores máximos obtidos com as doses estimadas de 65,0 e 62,1 kg ha⁻¹ de Mg, respectivamente (Figura 10A e 10B).

Tabela 32 - Índice relativo de clorofila (SPAD) das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento	Índice relativo de clorofila (SPAD)					
	L1			L2		
	30 DAE ⁽¹⁾	47 DAE	58 DAE	31 DAE	46 DAE	58 DAE
Agata						
Época ⁽³⁾						
Plantio	42,4a ⁽²⁾	46,3a	43,6a	50,7a	46,5a	41,0a
Amontoa	42,6a	45,4b	43,1a	50,5a	46,7a	41,2a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	42,2	45,5	43,6	50,8	45,1	38,8
12,5	42,3	46,2	43,1	50,7	46,3	40,6
25	42,5	45,4	43,6	50,9	47,1	41,1
50	42,2	45,8	43,0	50,2	46,5	41,5
100	43,0	46,0	43,6	50,5	46,5	41,2
FV	$P > F$					
Época (E)	0,604	<0,001	0,221	0,720	0,546	0,658
Dose (D)	0,252	0,157	0,585	0,751	0,016	0,002
D × E ⁽⁴⁾	0,189	0,267	0,676	0,594	0,788	0,606
CV (%)	2,0	1,4	2,5	2,3	2,4	3,2
Asterix						
Época ⁽³⁾						
Plantio	42,6a	44,0a	40,0a	46,6b	45,9b	43,9b
Amontoa	43,3a	43,6a	40,3a	47,5a	46,7a	45,8a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	43,0	43,8	40,3	46,5	45,6	41,5
12,5	43,1	43,5	39,8	46,7	46,1	44,8
25	42,7	43,4	40,5	47,0	46,8	45,0
50	43,0	44,1	40,1	47,1	46,0	45,0
100	42,9	44,1	40,2	47,4	46,4	44,6
FV	$P > F$					
Época (E)	0,103	0,345	0,291	0,006	0,036	<0,001
Dose (D)	0,970	0,464	0,620	0,321	0,383	<0,001
D × E ⁽⁴⁾	0,873	0,506	0,449	0,109	0,570	0,053
CV (%)	2,6	2,4	2,4	1,9	2,5	2,4
Orchestra						
Época ⁽³⁾						
Plantio	44,2a	46,2a	46,2a	51,0a	49,7a	46,9a
Amontoa	44,9a	46,2a	45,6a	51,1a	49,6a	47,2a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	43,7	46,0	46,2	51,5	46,6	45,7
12,5	45,0	46,3	45,6	51,1	50,1	46,9
25	44,4	46,1	46,0	51,4	49,5	46,9
50	44,9	46,5	46,5	50,9	49,5	47,5
100	44,0	45,9	45,4	51,0	49,6	47,0
FV	$P > F$					
Época (E)	0,159	0,968	0,374	0,812	0,841	0,524
Dose (D)	0,182	0,905	0,701	0,768	0,007	0,121
D × E ⁽⁴⁾	0,110	0,845	0,617	0,865	0,304	0,966
CV (%)	2,8	2,7	4,0	2,3	3,6	3,0

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾DAE: Dias após a emergência. ⁽²⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽³⁾O efeito principal da época de aplicação foi determinado considerando apenas as 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg). ⁽⁴⁾Interação considerando apenas o fatorial 2 épocas de aplicação × 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg).

Figura 10 - Índice relativo de clorofila (SPAD) das cultivares de batata Agata (A, 46 DAE e B, 58 DAE), Asterix (C, 58 DAE) e Orchestra (D, 46 DAE), em resposta as doses de Mg em Botucatu 2019 (A e B) e Botucatu 2020 (C e D)



Avaliando a cv. Asterix, não foi obtido diferença estatística para o índice relativo de clorofila no experimento realizado no L1 (Itaí 2019). Porém, no L2 (Botucatu 2020), esta cultivar foi influenciada pela época de aplicação de Mg na avaliação realizada aos 31, 46 e 58 DAE e pela dose de Mg aos 58 DAE (Tabela 32). Os maiores valores desta variável foram obtidos com aplicação de Mg na amontoa, independente do período de avaliação e das doses de Mg aplicadas. Aos 58 DAE, o índice SPAD apresentou efeito quadrático para as doses de Mg, com um aumento até a dose estimada de 62,9 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 10C).

Nos experimentos conduzidos com a cv. Orchestra não se observou diferença significativa dos tratamentos para o índice relativo de clorofila no L1 (Itaí 2019). No L2 (Botucatu 2020), houve efeito significativo nesta variável somente das doses de Mg na avaliação realizada aos 46 DAE (Tabela 32). Observou-se um efeito quadrático, com valor máximo obtido com a dose estimada de 62 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 10D).

De modo geral, as doses de Mg não influenciaram significativamente os resultados de SPAD obtidos neste estudo no L1 (Tabela 32), o que pode está

relacionado à mobilidade deste nutriente na planta e sua remobilização das folhas mais velhas para as mais novas em condições de deficiência do nutriente (TAIZ; ZEIGER, 2013; TAIZ et al., 2017), semelhante ao resultado observado e relatado no estudo de casa de vegetação (Tabela 9). Quando houve efeito estatístico significativo das doses de Mg, este foi expressando somente no L2, independente da cultivar utilizada e as doses que proporcionaram maior SPAD ficou entre 62 e 65 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 10). Não foram detectados sintomas visuais de deficiência de Mg em nenhuma cultivar e local de condução do experimento.

4.2.2 Teores de nutrientes nas folhas

Nos experimentos conduzidos com a cv. Agata não houve efeito significativo dos fatores estudados sobre os teores de N, P e K na folha diagnose, em nenhum dos locais (Tabela 33). No L1, a cv. Agata apresentou valores médios de aproximadamente 63,2 g kg⁻¹ de N, 5,2 g kg⁻¹ de P e 67,9 g kg⁻¹ de K na folha diagnose, enquanto no L2 os valores foram de 55,0, 3,2 e 61,4 g kg⁻¹ de N, P e K, respectivamente.

Nos experimentos realizados com a cv. Asterix, o teor de N na folha diagnose foi influenciado pela época de aplicação e pelas doses de Mg via solo, somente no L2, apresentando maior valor quando o fertilizante magnésiano foi aplicado por ocasião da amontoa (Tabela 33) e em relação a dose de Mg, o aumento no teor de N foi obtido até a dose estimada de 56,3 kg ha⁻¹ (Figura 11A). O teor de P foi influenciado pela interação dos fatores estudados no experimento realizado no L1 (Tabela 33), porém não houve efeito significativo das doses de Mg, sendo que a aplicação de 12,5 kg ha⁻¹ de Mg na amontoa proporcionou maior teor de P na folha que quando aplicado no plantio (Figura 12A). Não houve efeito significativo dos tratamentos no teor de K, em nenhum dos locais de instalação do experimento, apresentando média de 68,2 g kg⁻¹ de K no L1 e 69,6 g kg⁻¹ de K no L2 (Tabela 33).

Tabela 33 - Teores de macronutrientes (N, P e K) na folha diagnose das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento	N		P		K	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2
g kg ⁻¹						
Agata						
Época ⁽²⁾						
Plantio	63,7a ⁽¹⁾	55,2a	5,4a	3,2a	70,4a	59,5a
Amontoa	62,7a	54,8a	5,1a	3,3a	65,4a	63,3a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	63,2	55,7	5,0	3,3	75,4	62,3
12,5	64,5	55,0	5,2	3,2	67,2	59,4
25	63,2	54,3	5,3	3,2	70,3	62,8
50	64,8	54,9	5,2	3,3	67,4	63,2
100	60,3	55,8	5,3	3,4	66,8	60,2
FV	<i>P > F</i>					
Época (E)	0,530	0,520	0,058	0,352	0,097	0,069
Dose (D)	0,177	0,579	0,319	0,671	0,247	0,605
D × E ⁽³⁾	0,190	0,828	0,629	0,991	0,411	0,941
CV (%)	6,3	3,7	6,2	10,4	12,4	9,3
Asterix						
Época ⁽²⁾						
Plantio	53,9a	48,3b	3,5a	3,7a	68,0a	69,8a
Amontoa	54,7a	50,7a	3,4a	4,0a	68,5a	69,5a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	54,7	46,4	3,5	3,6	72,1	69,1
12,5	52,8	49,0	3,5	3,9	70,9	71,5
25	55,2	49,6	3,4	3,9	71,5	66,6
50	54,4	50,7	3,4	3,8	67,5	70,4
100	54,8	48,6	3,5	3,9	63,0	70,1
FV	<i>P > F</i>					
Época (E)	0,324	0,001	0,413	0,177	0,862	0,869
Dose (D)	0,326	0,002	0,903	0,721	0,102	0,675
D × E ⁽³⁾	0,481	0,125	0,044	0,817	0,186	0,934
CV (%)	4,3	3,8	8,7	14,1	11,3	9,3
Orchestra						
Época ⁽²⁾						
Plantio	54,9b	48,7a	3,8a	3,0a	69,9a	65,4a
Amontoa	58,6a	47,8a	3,8a	3,2a	65,8b	68,2a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	56,3	50,2	3,7	2,8	63,7	55,9
12,5	55,9	48,0	3,8	3,2	68,2	66,1
25	55,4	49,3	3,9	3,2	66,8	66,0
50	58,1	46,6	3,8	2,9	69,6	66,2
100	57,6	49,1	3,7	3,1	66,7	68,9
FV	<i>P > F</i>					
Época (E)	0,045	0,325	0,594	0,064	0,047	0,336
Dose (D)	0,745	0,234	0,645	0,015	0,265	0,031
D × E ⁽³⁾	0,689	0,030	0,783	0,511	0,863	0,576
CV (%)	8,4	6,0	10,0	9,0	8,0	12,3

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾O efeito principal da época de aplicação foi determinado considerando apenas as 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg). ⁽³⁾Interação considerando apenas o fatorial 2 épocas de aplicação × 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg).

Figura 11 - Teor de macronutrientes (N, P e K) na folha diagnose das cultivares de batata Asterix (A, nitrogênio) e Orchestra (B, fósforo e C, potássio), em resposta as doses de Mg, em Botucatu 2020

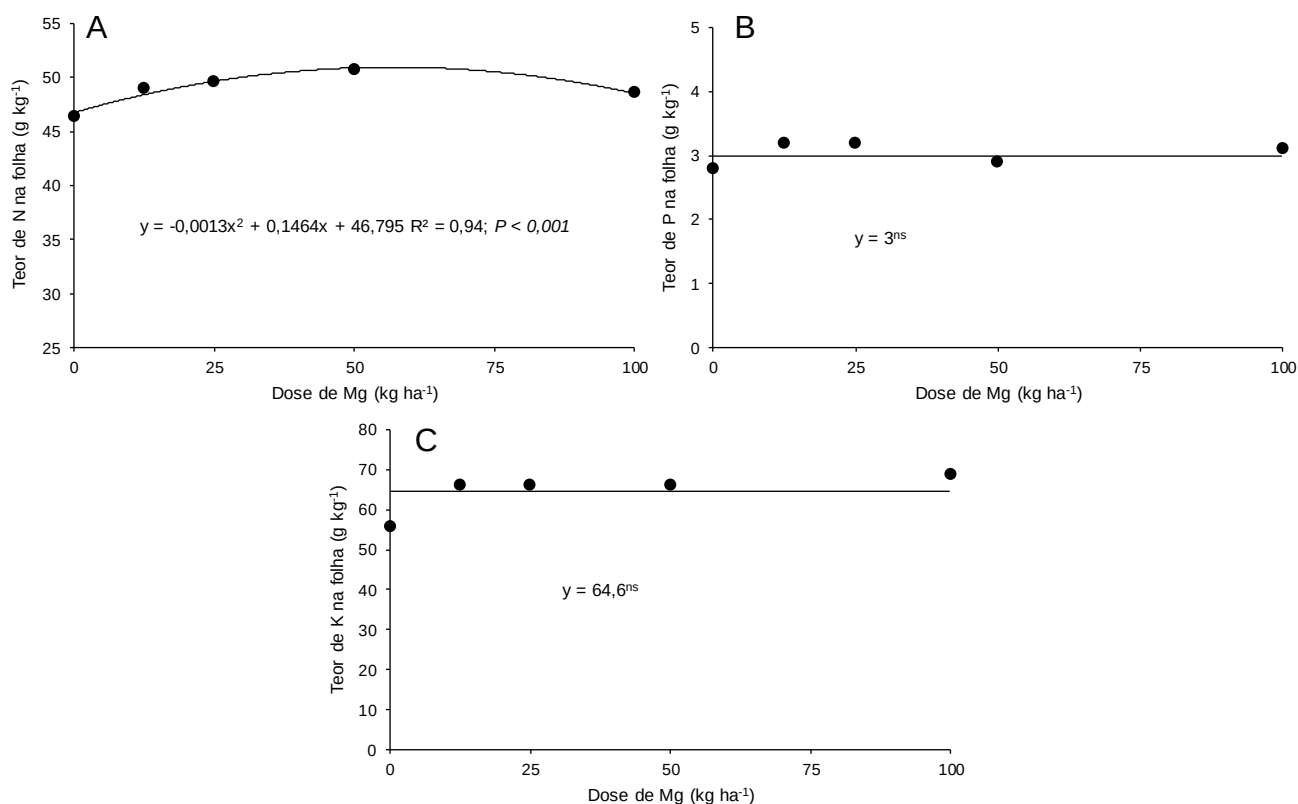
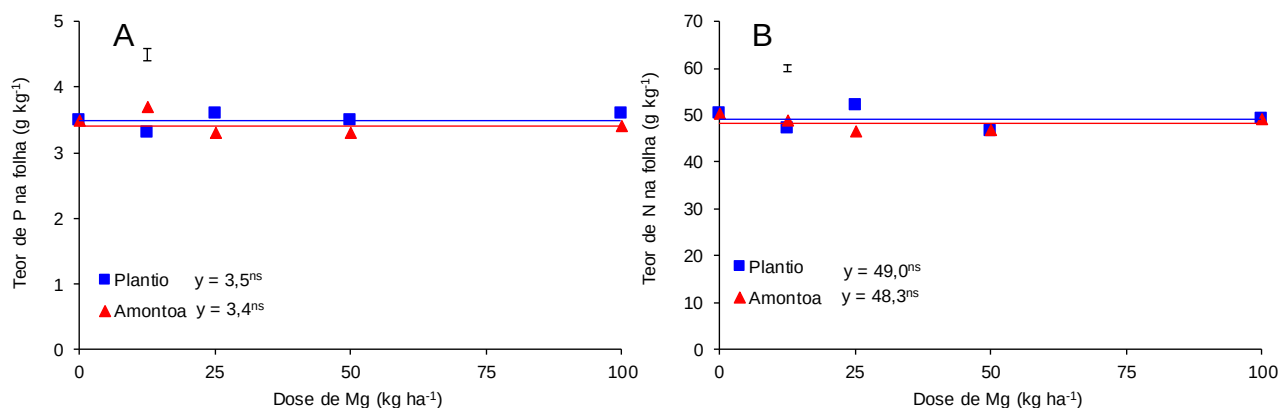


Figura 12 - Teor de macronutrientes (N e P) na folha diagnose das cultivares de batata Asterix (A, fósforo) e Orchestra (B, nitrogênio), em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Itaipava 2019 (A) e Botucatu 2020 (B). A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de Mg



Nos experimentos realizados com a cv. Orchestra, o teor de N na folha diagnose foi influenciado pela época de aplicação de Mg no L1, com maior valor observado quando o fertilizante magnésiano foi aplicado por ocasião da amontoa; e pela interação dos fatores no L2 (Tabela 33), porém não houve ajuste de regressão

significativo (Figura 12B). O teor de P foi estatisticamente significativo apenas no L2, com efeito das doses de Mg aplicadas (Tabela 33), porém sem ajuste significativo de uma equação de regressão (Figura 11B). O teor de K apresentou efeito significativo da época de aplicação de Mg no L1, sendo o maior valor obtido quando este foi aplicado no plantio, e efeito das doses de Mg no experimento realizado no L2 (Tabela 33); contudo, não houve ajuste da equação de regressão (Figura 11C).

Segundo Silva e Trevizam (2015) e Job et al. (2019) há interação antagônica entre o K e o Mg, de modo que aumento no teor de K na solução do solo causa redução dos teores de Mg na planta, porém teores elevados de Mg não causam o mesmo efeito sobre o K, como pode ser observado neste estudo, havendo ainda variações em função das cultivares de batata e dos locais de cultivo.

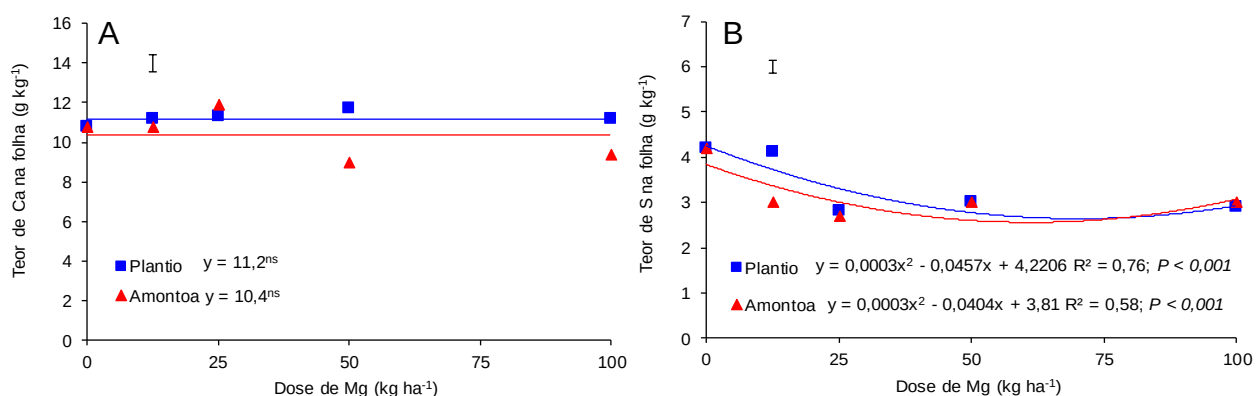
Nos experimentos realizados com a cv. Agata, foi observado efeito significativo da interação época de aplicação × doses de Mg no teor de Ca na folha diagnose no L1 (Tabela 34). No entanto, não houve ajuste de uma equação de regressão (Figura 13A).

Tabela 34 - Teores de macronutrientes (Ca, Mg e S) na folha diagnose das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento	Ca		Mg		S	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2
g kg ⁻¹						
Agata						
Época ⁽²⁾						
Plantio	11,4a ⁽¹⁾	8,2b	4,6a	4,5a	4,2a	2,7b
Amontoa	10,3b	9,1a	4,3b	4,7a	4,3a	3,1a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	10,8	8,8	3,6	3,5	4,2	2,6
12,5	11,0	8,6	4,1	4,3	4,2	2,9
25	11,6	9,5	4,5	4,5	4,3	2,8
50	10,4	7,8	4,3	4,6	4,2	3,0
100	10,3	8,8	4,7	4,9	4,4	3,0
FV	<i>P > F</i>					
Época (E)	0,013	0,021	0,014	0,411	0,873	<0,001
Dose (D)	0,227	0,015	<0,001	<0,001	0,929	0,051
D × E ⁽³⁾	0,033	0,420	0,311	0,098	0,248	0,897
CV (%)	10,9	10,9	7,2	7,8	12,7	9,6
Asterix						
Época ⁽²⁾						
Plantio	11,1a	10,3a	4,4a	4,9a	3,2a	2,6b
Amontoa	12,0a	9,7a	4,4a	4,9a	3,3a	3,0a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	9,4	10,3	4,1	4,4	3,4	2,9
12,5	10,9	9,8	4,1	4,8	3,4	2,6
25	11,3	10,3	4,3	5,0	3,3	2,9
50	11,9	9,9	4,6	4,8	3,2	2,9
100	11,9	9,9	4,5	4,8	3,1	2,8
FV	<i>P > F</i>					
Época (E)	0,109	0,352	0,806	0,988	0,645	0,004
Dose (D)	0,007	0,968	0,025	0,707	0,217	0,601
D × E ⁽³⁾	0,781	0,902	0,074	0,993	0,923	0,192
CV (%)	13,0	16,9	8,2	18,8	9,7	13,3
Orchestra						
Época ⁽²⁾						
Plantio	12,4a	15,7a	4,0a	5,4a	4,2a	3,2a
Amontoa	11,7a	14,0b	3,5b	4,8b	3,6b	2,9a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	13,1	14,4	3,1	4,6	3,9	4,2
12,5	12,4	15,3	3,7	5,0	3,8	3,5
25	12,6	14,4	3,8	4,8	3,9	2,7
50	12,1	14,6	3,7	5,3	4,0	3,0
100	11,2	15,1	3,8	5,1	3,9	3,0
FV	<i>P > F</i>					
Época (E)	0,079	0,015	<0,001	0,019	<0,001	0,087
Dose (D)	0,007	0,694	<0,001	0,323	0,825	<0,001
D × E ⁽³⁾	0,183	0,560	0,148	0,204	0,088	0,023
CV (%)	8,1	11,3	8,9	13,5	7,3	12,1

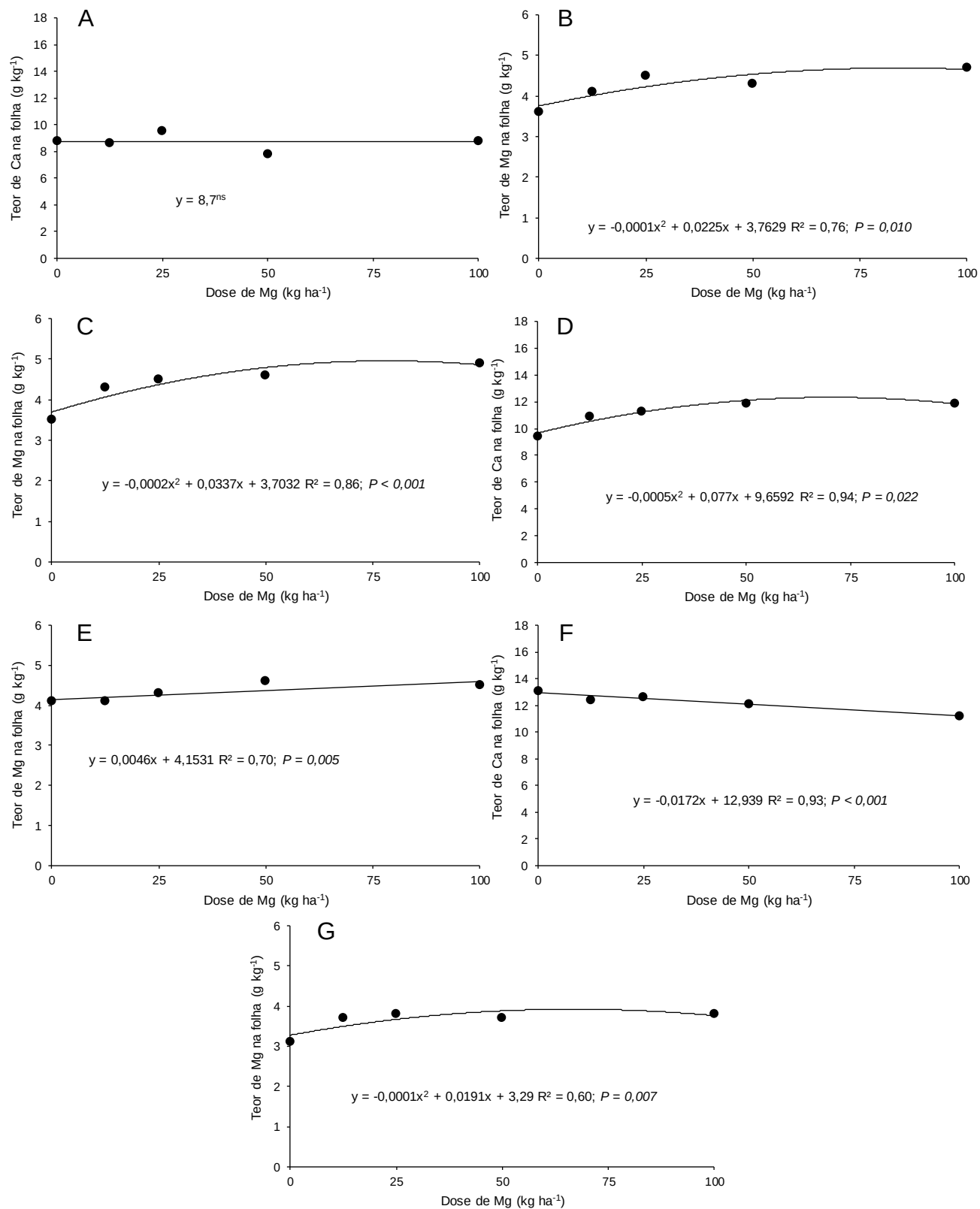
Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾O efeito principal da época de aplicação foi determinado considerando apenas as 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg). ⁽³⁾Interação considerando apenas o fatorial 2 épocas de aplicação × 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg).

Figura 13 - Teor de macronutrientes (Ca e S) na folha diagnose das cultivares de batata Agata (A, cálcio) e Orchestra (B, enxofre), em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Itaí 2019 (A) e Botucatu 2020 (B). A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de Mg



Houve efeito dos fatores isolados para esta mesma variável, no L2, de modo que o maior teor de Ca na folha diagnose foi obtido quando o fertilizante magnésiano foi aplicado na amontoa (Tabela 34). Contudo, não houve efeito significativo da equação de regressão para as doses de Mg aplicadas (Figura 14A). O teor de Mg apresentou influência da época de aplicação e das doses de Mg, isoladamente, no L1, com maior valor quando o Mg foi aplicado no plantio, e das doses de Mg no L2 (Tabela 34). Em ambos os locais de realização dos experimentos, o teor de Mg na folha diagnose foi incrementado pelas doses de Mg aplicadas, sendo que os maiores teores foram obtidos com as doses estimadas de 112,5 kg ha⁻¹ e 84,3 kg ha⁻¹ de Mg, respectivamente (Figura 14B e 14C). O teor de S na folha diagnose apresentou efeito significativo de época de aplicação somente no experimento realizado no L2, sendo o maior valor obtido quando o Mg foi aplicado no período da amontoa (Tabela 34).

Figura 14 - Teor de macronutrientes (Ca e Mg) na folha diagnose das cultivares de batata Agata (A, cálcio; B e C, magnésio), Asterix (D, cálcio e E, magnésio) e Orchestra (F, cálcio e G, magnésio), em resposta as doses de Mg, em Botucatu 2019 (A e C) e Itaipó 2019 (B, D, E, F e G)



Nos experimentos conduzidos com a cv. Asterix houve efeito significativo da dose de Mg para os teores de Ca e Mg no L1 (Tabela 34). O teor de Ca na folha aumentou até a dose estimada de 77,0 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 14D) e a aplicação de doses crescentes de Mg proporcionou incremento linear no teor de Mg na folha diagnose (Figura 14E). O teor de S foi influenciado pela época de aplicação de Mg no L2, sendo o maior valor (3,0 g kg⁻¹) obtido com aplicação de Mg na amontoa, 15% superior ao obtido com aplicação no plantio (Tabela 34).

Nos experimentos realizados com a cv. Orchestra, observou-se efeito significativo das doses de Mg para o teor de Ca na folha no L1 (Tabela 34), com redução no teor desse elemento com o aumento das doses de Mg (Figura 14F), mostrando o efeito antagônico entre esses nutrientes de forma significativa nessa cultivar. No L2, o teor de Ca apresentou efeito significativo apenas do fator época de aplicação de Mg, com maior valor apresentado quando o Mg foi aplicado no plantio (Tabela 34). Houve influência dos fatores estudados (época e doses de Mg) no teor de Mg na folha de batata no L1, sendo maior quando o fertilizante magnesiano foi aplicado na época de plantio (Tabela 34). As doses de Mg aumentaram o teor de Mg na folha até a dose estimada de 95,5 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 14G). O teor foliar de Mg no L2 e o de S no L1 foram influenciados pela época de aplicação de Mg, de modo que os maiores teores foram obtidos quando a aplicação do fertilizante magnesiano foi realizada no plantio da batata (Tabela 34). Houve efeito significativo da interação entre os fatores estudados para o teor de S no L2 (Tabela 34). As doses de Mg estudadas reduziram o teor de S na folha em ambas épocas de aplicação, contudo quando as doses de Mg foram aplicadas na época de plantio houve redução até a dose estimada de 76,2 kg ha⁻¹ de Mg e na amontoa, até a dose estimada de 67,3 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 13B). É importante lembrar que o sulfato de magnésio contém elevado teor de S e que, apesar de alta dose de S ter sido fornecido via adubação de NPK de plantio, maiores doses de Mg implicaram também em maiores doses de S.

Apesar de alguns efeitos dos tratamentos, é importante destacar que para todas as cultivares/experimentos os teores de todos os macronutrientes em todos os tratamentos estavam dentro ou acima da faixa considerada adequada para a cultura da batata por Lorenzi et al. (1997) (40-50 g kg⁻¹ N; 2,5-5,0 g kg⁻¹ P, 40-65 g kg⁻¹ de K, 10-20 g kg⁻¹ de Ca, 3,0-5,0 g kg⁻¹ de Mg e 2,5-5,0 g kg⁻¹ S) (Tabelas 33 e 34). No entanto, na cv. Agata no L2, os valores de Ca apresentaram-se menores do que o

limite mínimo (10 g kg^{-1} de Ca) (LORENZI et al., 1997). A absorção de Ca pode ser reduzida em função de altas concentrações de K^+ , Mg^{2+} e NH_4^+ no meio de cultivo (VITTI et al., 2007), o que pode ter ocorrido nessa condição.

Apesar das doses de sulfato de magnésio ter sido eficiente em aumentar o teor de Mg na folha diagnose batateira, em todas as situações (cultivares/experimentos), destaca-se que mesmo na ausência da aplicação de Mg, os teores encontravam-se dentro da faixa tida como adequada por Lorenzi et al. (1997). Tais resultados se devem, provavelmente, aos teores de Mg no solo considerados altos (ou seja, $>8 \text{ mmolc dm}^{-3}$) (LORENZI et al., 1997).

Nos experimentos realizados com a cv. Agata, houve efeito significativo da interação $\text{D} \times \text{E}$ para o teor de B na folha diagnose no L1 (Tabela 35). As doses de Mg não afetaram o teor de B na folha diagnose quando aplicadas na época da amontoa, porém, proporcionou aumento quando aplicadas no sulco de plantio, até a dose estimada de $32,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg (Figura 15A). No L2, houve efeito dos tratamentos isolados, época e doses de Mg, no teor de Cu na folha (Tabela 35). O maior teor de Cu foi observado quando o Mg foi aplicado no plantio. Com as doses de Mg, houve redução desse nutriente até a dose estimada de $62,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg (Figura 16A).

Tabela 35 - Teores de micronutrientes (B e Cu) na folha diagnose das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento	B		Cu	
	L1	L2	L1	L2
mg kg ⁻¹				
Agata				
Época ⁽²⁾				
Plantio	21,7a ⁽¹⁾	20,1a	238,3a	313,4a
Amontoa	22,0a	19,9a	232,9a	272,4b
Dose (kg ha ⁻¹)				
0	22,0	21,8	230,0	340,7
12,5	20,3	19,4	238,5	311,6
25	22,0	19,8	248,6	293,9
50	24,2	20,4	218,0	272,7
100	20,9	20,5	237,2	293,4
FV	<i>P > F</i>			
Época (E)	0,615	0,752	0,684	0,016
Dose (D)	0,008	0,081	0,596	0,041
D × E ⁽³⁾	<0,001	0,851	0,570	0,488
CV (%)	9,3	8,9	16,2	14,6
Asterix				
Época ⁽²⁾				
Plantio	23,8a	25,8b	262,0a	530,3a
Amontoa	23,1a	28,8a	262,4a	503,5a
Dose (kg ha ⁻¹)				
0	24,2	23,7	215,1	506,3
12,5	23,9	29,9	264,6	509,0
25	22,5	28,8	257,6	511,6
50	23,8	22,5	257,0	516,9
100	23,7	28,0	269,7	527,5
FV	<i>P > F</i>			
Época (E)	0,448	0,039	0,979	0,212
Dose (D)	0,622	<0,001	0,055	0,835
D × E ⁽³⁾	0,237	<0,001	0,126	0,858
CV (%)	10,3	13,4	15,4	13,0
Orchestra				
Época ⁽²⁾				
Plantio	25,4a	25,4a	259,6a	685,2a
Amontoa	22,8b	25,6a	285,8a	662,5a
Dose (kg ha ⁻¹)				
0	29,9	26,0	279,7	669,9
12,5	26,3	25,4	270,0	655,3
25	23,2	25,4	280,8	664,2
50	23,4	25,5	272,5	685,7
100	23,5	25,7	267,5	690,1
FV	<i>P > F</i>			
Época (E)	0,016	0,651	0,303	0,469
Dose (D)	<0,001	0,778	0,990	0,889
D × E ⁽³⁾	0,655	0,136	0,918	0,878
CV (%)	11,1	4,1	24,1	12,2

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾O efeito principal da época de aplicação foi determinado considerando apenas as 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg). ⁽³⁾Interação considerando apenas o fatorial 2 épocas de aplicação × 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg).

Figura 15 - Teor de macronutriente (B) na folha diagnose das cultivares de batata Agata (A) e Asterix (B), em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Itaí 2019 (A) e Botucatu 2020 (B). A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de Mg

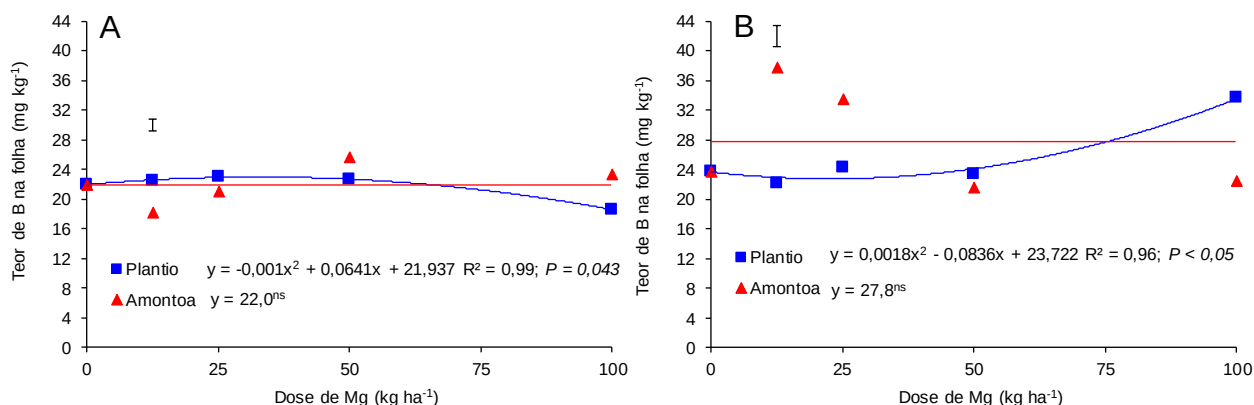
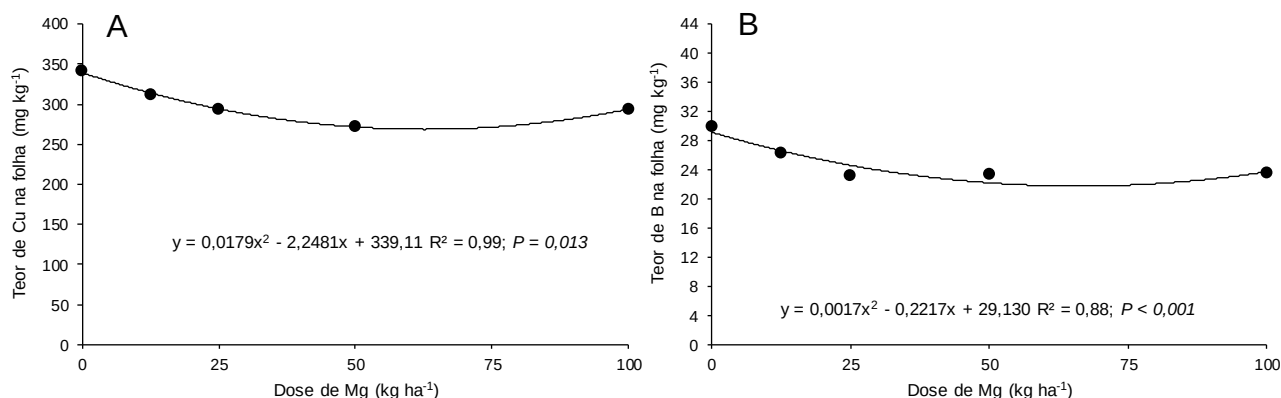


Figura 16 - Teor de micronutrientes (Cu e B) na folha diagnose das cultivares de batata Agata (A, cobre) e Orchestra (B, boro), em resposta as doses de Mg, em Botucatu 2019 (A) e Itaí 2019 (B)



Nos experimentos realizados com a cv. Asterix, houve efeito significativo da interação dos fatores estudados no teor de B na folha diagnose no L2 (Tabela 35). Esta variável não foi influenciada pelas doses de Mg quando aplicadas na época da amontoa, porém, quando aplicada no plantio, houve uma ligeira redução até a dose estimada de 23,2 kg ha⁻¹ de Mg e, a partir daí um incremento no teor de B até a maior dose de Mg (Figura 15B). O teor de Cu na folha diagnose não foi influenciado pelos tratamentos em nenhum dos locais e, em média, o teor obtido foi de 262,2 mg kg⁻¹ no L1 e 516,9 mg kg⁻¹ no L2 (Tabela 35).

Para a cv. Orchestra, os fatores épocas e doses de Mg influenciaram isoladamente no teor de B na folha diagnose no L1 (Tabela 35). O maior teor de B

na folha foi obtido quando o Mg foi aplicado no plantio. Com a aplicação das doses de Mg, o teor de B também foi reduzido nesta cultivar, porém, até a dose estimada de 65,2 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 16B). Não houve efeito para teor de Cu na folha diagnose nesta cultivar, com média de 272,2 mg kg⁻¹ no L1 e 673,8 mg kg⁻¹ no L2.

De modo geral, os valores de B na folha diagnose de batata estavam ligeiramente abaixo do limite mínimo considerado adequado para a cultura por Lorenzi et al. (1997) (25 mg kg⁻¹ de B). Já os valores de Cu na folha estavam muito acima do limite máximo considerado adequado para a planta de batata por Jones Junior (1991) e Lorenzi et al. (1997), que é 20 mg kg⁻¹, o que pode ser devido alguns produtos utilizados pelo produtor no tratamento fitossanitário conter este nutriente na composição (Tabela 6, 7 e 8).

Em todos os locais de realização dos experimentos, com as três cultivares estudadas (Agata, Asterix e Orchestra), não houve efeito significativo dos fatores estudados nos teores foliares de Fe e Mn, mas sim no teor de Zn na folha diagnose (Tabela 36).

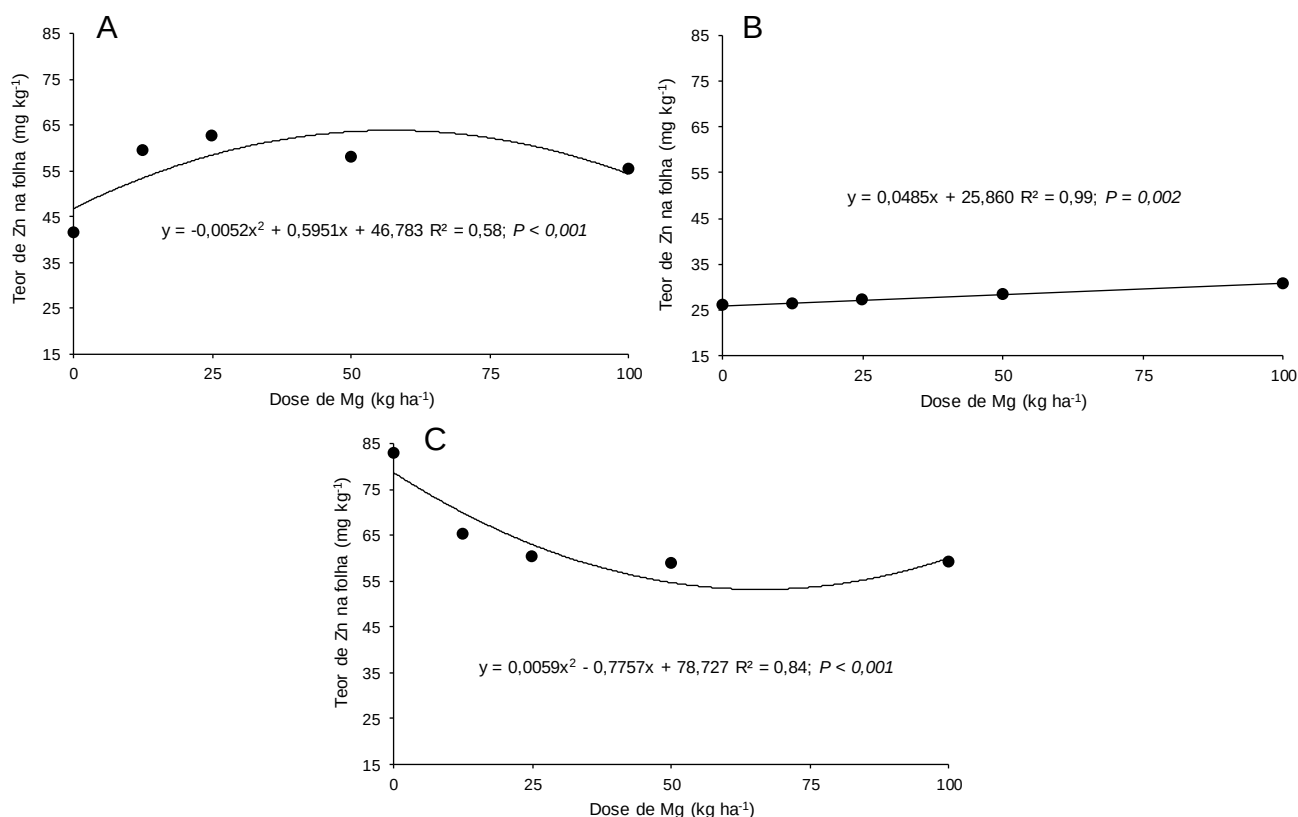
O teor de Zn na folha da cv. Agata foi influenciado pela época de aplicação de Mg no L1, apresentando maior valor quando o fertilizante magnesiano foi aplicado na amontoa (Tabela 36). Com a cv. Asterix, no L1, o teor de Zn na folha foi influenciado pelas doses de Mg estudadas (Tabela 36), com aumento deste nutriente até a dose estimada de 57,2 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 17A). No L2, houve efeitos isolados das épocas de aplicação e das doses de Mg (Tabela 36). Quando o fertilizante magnesiano foi aplicado na amontoa observou-se maior teor de Zn na folha diagnose da planta de batata. Também houve aumento linear no teor de Zn na folha com o aumento das doses de Mg (Figura 17B).

Tabela 36 - Teores de micronutrientes (Fe, Mn e Zn) na folha diagnose das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento	Fe		Mn		Zn	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2
mg kg ⁻¹						
Agata						
Época ⁽²⁾						
Plantio	322,6a ⁽¹⁾	323,1a	405,4a	121,0a	61,6b	23,4a
Amontoa	328,4a	355,7a	406,9a	120,6a	68,2a	24,5a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	340,8	308,6	377,9	119,3	55,4	24,5
12,5	351,1	346,7	428,4	117,3	64,6	23,4
25	337,5	343,9	422,2	117,6	67,3	23,9
50	298,8	323,3	374,5	119,4	61,0	24,1
100	314,6	343,8	399,4	128,9	66,7	24,3
FV	<i>P > F</i>					
Época (E)	0,763	0,133	0,932	0,967	0,026	0,349
Dose (D)	0,255	0,597	0,178	0,895	0,056	0,965
D × E ⁽³⁾	0,202	0,984	0,767	0,555	0,790	0,203
CV (%)	15,9	17,2	13,1	22,4	13,1	13,1
Asterix						
Época ⁽²⁾						
Plantio	214,4a	208,8a	430,5a	388,6a	58,6a	25,3b
Amontoa	204,7a	203,2a	416,4a	411,6a	59,0a	30,9a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	220,9	216,2	368,6	393,7	41,4	26,0
12,5	199,5	211,9	431,4	405,2	59,3	26,3
25	230,1	199,6	422,9	386,5	62,6	27,0
50	208,6	197,5	404,5	387,3	57,9	28,4
100	200,1	215,0	435,1	421,4	55,4	30,7
FV	<i>P > F</i>					
Época (E)	0,577	0,618	0,466	0,370	0,864	<0,001
Dose (D)	0,669	0,692	0,194	0,817	<0,001	0,041
D × E ⁽³⁾	0,215	0,775	0,560	0,699	0,339	0,108
CV (%)	23,3	15,9	13,9	17,2	11,2	11,9
Orchestra						
Época ⁽²⁾						
Plantio	216,4a	204,4a	538,2a	527,9a	55,7a	66,3a
Amontoa	234,6a	219,7a	534,5a	499,1a	56,9a	55,5b
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	229,4	192,8	578,7	506,1	61,2	82,9
12,5	208,4	216,3	525,9	519,7	59,0	65,1
25	251,0	204,4	513,4	509,5	58,7	60,3
50	226,3	194,9	558,0	521,1	57,4	58,8
100	216,2	232,6	548,2	503,6	50,1	59,2
FV	<i>P > F</i>					
Época (E)	0,322	0,312	0,877	0,308	0,635	<0,001
Dose (D)	0,451	0,249	0,219	0,982	0,025	<0,001
D × E ⁽³⁾	0,255	0,778	0,540	0,667	0,038	0,076
CV (%)	21,6	19,2	11,6	14,6	11,7	11,0

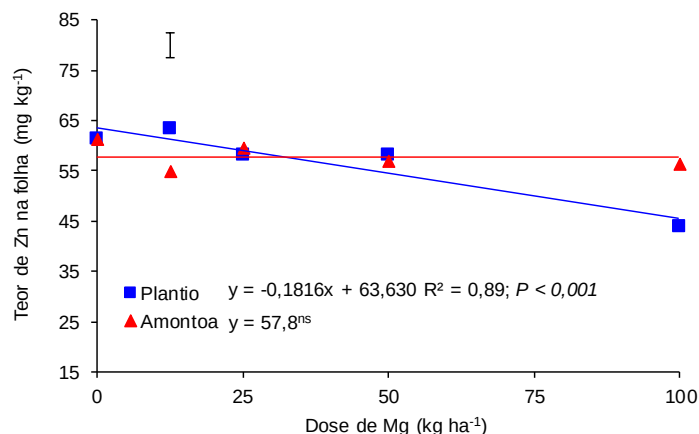
Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾O efeito principal da época de aplicação foi determinado considerando apenas as 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg). ⁽³⁾Interação considerando apenas o fatorial 2 épocas de aplicação × 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg).

Figura 17 - Teor de micronutriente (Zn) na folha diagnose das cultivares de batata Asterix (A e B) e Orchestra (C), em resposta as doses de Mg, em Itaí 2019 (A) e Botucatu 2020 (B e C)



Nos experimentos realizados com a cv. Orchestra, houve efeito significativo da interação D × E, no L1 (Tabela 36). Quando a aplicação de Mg foi realizada no período da amontoa, não houve ajuste de regressão, porém, quando a aplicação foi realizada no plantio, o teor de Zn na folha foi reduzido com o aumento das doses de Mg (Figura 18). Houve, portanto, inibição da absorção de Zn pela planta em função da aplicação do fertilizante magnésiano (sulfato de magnésio monohidratado), o que pode ter ocorrido porque ambos elementos apresentarem valência, raio iônico e grau de hidratação semelhantes (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1984; MOREIRA et al., 2003a; MOREIRA et al., 2003b). No L2, observou-se efeito significativo da época de aplicação e da dose de Mg (Tabela 36). O maior teor de Zn na folha diagnose foi obtido quando o Mg foi aplicado na época de plantio. As doses de Mg proporcionaram uma redução no teor de Zn na folha, porém somente até a dose estimada de 65,7 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 17C).

Figura 18 - Teor de macronutriente (Zn) na folha diagnose da cultivar de batata Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Itaí 2019. A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de Mg



De modo geral, os teores de Fe, Mn e Zn em todos os tratamentos estavam dentro ou acima das faixas consideradas adequadas por Lorenzi et al. (1997), o que pode estar relacionado às suas disponibilidades no solo, relacionado ao baixo valor de pH do solo que aumenta a disponibilidade desses elementos para as plantas e aplicações de defensivos (Tabelas 3, 6, 7 e 8).

4.2.3 Acúmulo e partição de matéria seca (MS) na planta

Antes da dessecação das plantas de batata, nos experimentos realizados no L1, apesar de certa tendência de aumento com as doses de Mg (ou seja, as doses de 25 ou 50 kg ha⁻¹ de Mg proporcionaram quantidades de MS totais 4,4, 14,2 e 15,5% superiores ao controle sem Mg, das cultivares Asterix, Orchestra e Agata, respectivamente), não houve efeito significativo dos fatores estudados na MS das plantas (Tabela 37).

Tabela 37 - Matéria seca (MS) acumulada na parte aérea, tubérculos e total das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, antes da dessecação, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo

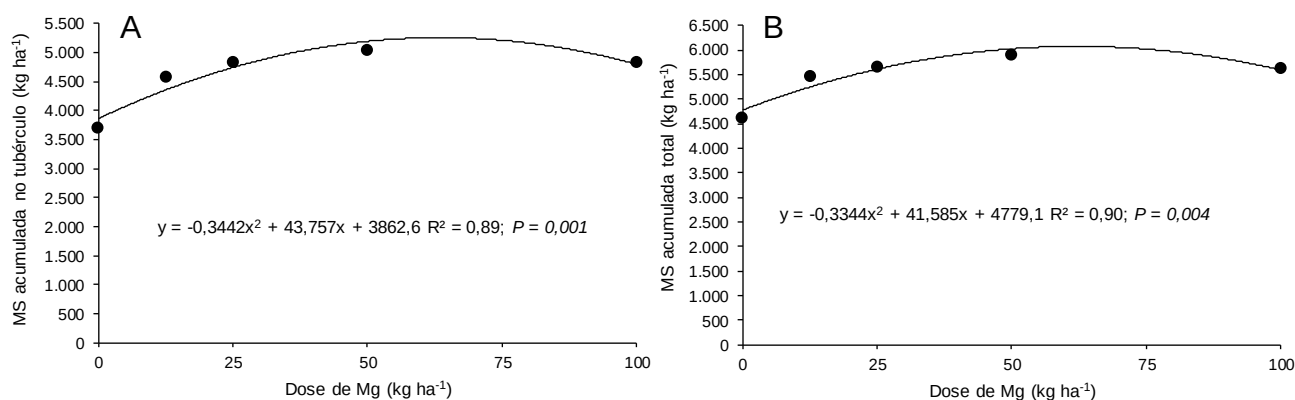
Tratamento	Parte aérea		Tubérculos		Total	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2
kg ha ⁻¹						
Agata						
Época ⁽²⁾						
Plantio	1.484a ⁽¹⁾	843a	6.381a	4.828a	7.864a	5.671a
Amontoa	1.379a	842a	6.718a	4.802a	8.100a	5.645a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	1.472	934	5.649	3.686	7.121	4.620
12,5	1.584	886	6.346	4.580	7.930	5.466
25	1.316	831	6.866	4.820	8.182	5.651
50	1.462	862	6.766	5.033	8.228	5.896
100	1.364	792	6.213	4.828	7.577	5.619
FV	<i>P > F</i>					
Época (E)	0,315	0,986	0,317	0,909	0,533	0,915
Dose (D)	0,459	0,618	0,072	<0,001	0,200	0,007
D × E ⁽³⁾	0,634	0,826	0,463	0,844	0,568	0,853
CV (%)	20,9	20,8	14,0	12,8	13,1	12,2
Asterix						
Época ⁽²⁾						
Plantio	925a	1.276a	8.352a	5.647a	9.277a	6.793a
Amontoa	949a	1.219a	8.065a	5.573a	9.014a	6.792a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	1.041	1.336	7.924	4.875	8.965	6.211
12,5	962	1.229	8.241	5.826	9.203	7.055
25	929	1.321	8.430	5.912	9.359	7.233
50	879	1.295	8.155	5.514	9.034	6.809
100	976	1.146	8.009	5.189	8.985	6.335
FV	<i>P > F</i>					
Época (E)	0,703	0,534	0,489	0,831	0,549	0,743
Dose (D)	0,412	0,546	0,876	0,121	0,941	0,206
D × E ⁽³⁾	0,725	0,399	0,868	0,947	0,924	0,933
CV (%)	18,0	20,2	13,3	16,5	12,6	15,5
Orchestra						
Época ⁽²⁾						
Plantio	907a	1.360a	8.052a	6.958a	8.959a	8.318a
Amontoa	893a	1.443a	7.919a	6.793a	8.812a	8.236a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	892	1.428	7.000	6.007	7.892	7.435
12,5	875	1.337	8.037	6.998	8.912	8.335
25	907	1.326	8.109	7.051	9.016	8.377
50	879	1.432	8.102	7.038	8.981	8.470
100	938	1.510	7.693	6.717	8.631	8.227
FV	<i>P > F</i>					
Época (E)	0,840	0,179	0,710	0,705	0,708	0,857
Dose (D)	0,961	0,144	0,299	0,362	0,343	0,452
D × E ⁽³⁾	0,842	0,002	0,473	0,851	0,509	0,869
CV (%)	21,3	11,6	14,2	17,2	13,5	15,1

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. Parte aérea: folhas e hastes.

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾O efeito principal da época de aplicação foi determinado considerando apenas as 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg). ⁽³⁾Interação considerando apenas o fatorial 2 épocas de aplicação × 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg).

Nos experimentos realizados com a cultivar Agata, as doses de Mg aumentaram significativamente as quantidades de MS acumuladas nos tubérculos e total no L2, independentemente da época de aplicação do fertilizante magnésiano (Tabela 37). As quantidades de MS acumuladas nos tubérculos e total aumentaram até as doses estimadas de 63,6 kg ha⁻¹ de Mg e 62,2 kg ha⁻¹ de Mg, respectivamente (Figuras 19A e 19B). No experimento com a cv. Asterix no L2, houve certa tendência de aumento da MS total com as doses de Mg (ou seja, a dose de 25 kg ha⁻¹ de Mg proporcionou quantidade de MS total 16,4% superior ao controle sem Mg), porém não houve efeito significativo dos fatores estudados na MS das plantas (Tabela 37).

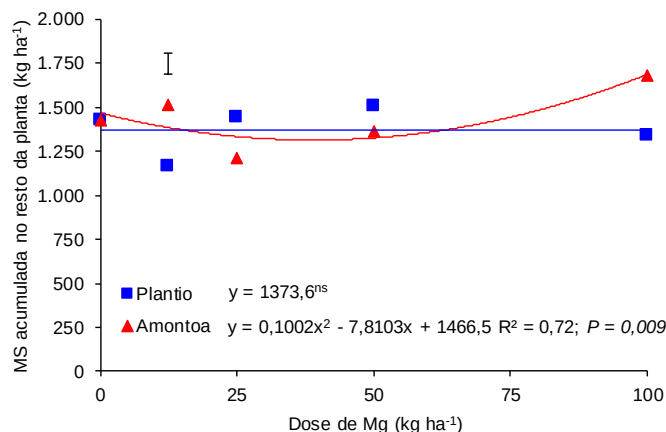
Figura 19 - Matéria seca (MS) acumulada nos tubérculos e total da cultivar de batata Agata (A e B), antes da dessecação, em resposta as doses de Mg, em Botucatu 2019



Para a cv. Orchestra no L2, houve efeito da interação dos fatores estudados na quantidade de MS acumulada na parte aérea (Tabela 37). Esta variável não foi afetada pela aplicação de Mg no plantio, porém na amontoa houve efeito quadrático, com redução no valor até a dose estimada de 39,0 kg ha⁻¹ de Mg e posterior aumento (Figura 20).

A época de aplicação de Mg (sulco de plantio ou amontoa) não interferiu no acúmulo de MS pelas cultivares de batata (Tabelas 37). Apesar de poucos efeitos estatísticos significativos, é possível observar com estes resultados que a fertilização com Mg afeta positivamente a produção e consequentemente o acúmulo de biomassa da planta de batata, corroborando com o relatado por Hauer-Jákli e Tränkner (2019), ou seja, por ser constituinte da molécula de clorofila e assim atuar diretamente na fotossíntese da planta, sua deficiência pode reduzir o crescimento vegetativo (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Figura 20 - Matéria seca (MS) acumulada na parte aérea da cultivar de batata Orchestra, antes da dessecação, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Botucatu 2020. A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de Mg



4.2.4 Teor e acúmulo de Mg na planta

Nas amostras coletadas antes da dessecação das plantas, o maior teor de Mg na parte aérea da cv. Agata foi obtido com aplicação do fertilizante magnésiano no plantio, no L1 (Tabela 38). Houve efeito significativo das doses de Mg no teor de Mg na parte aérea no L1 e L2, e nos tubérculos no L1 (Tabela 38). Os teores de Mg na parte aérea e nos tubérculos, em ambos locais de realização dos experimentos, apresentaram aumentos lineares em função das doses de Mg (Figuras 21A, 21B e 21C), com aumento mais expressivo na parte aérea, onde foi obtido maior teor de Mg.

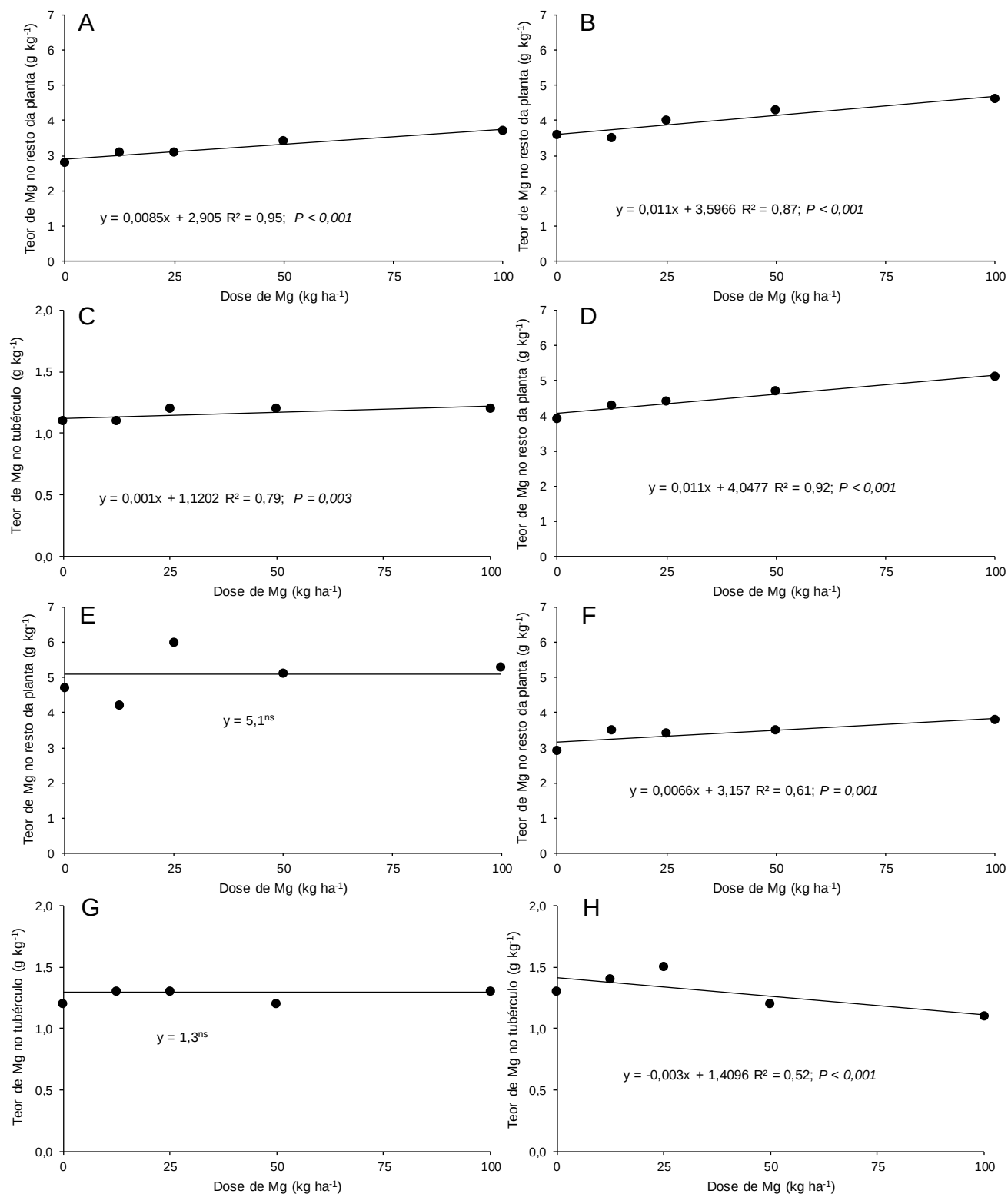
Tabela 38 - Teor de Mg na parte aérea e tubérculos das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, antes da dessecação, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento	Parte aérea		Tubérculos	
	L1	L2	L1	L2
g kg ⁻¹				
Agata				
Época ⁽²⁾				
Plantio	3,5a ⁽¹⁾	4,2a	1,2a	1,2a
Amontoa	3,2b	4,0a	1,2a	1,2a
Dose (kg ha ⁻¹)				
0	2,8	3,6	1,1	1,1
12,5	3,1	3,5	1,1	1,1
25	3,1	4,0	1,2	1,2
50	3,4	4,3	1,2	1,2
100	3,7	4,6	1,2	1,2
FV	$P > F$			
Época (E)	0,048	0,387	0,162	0,658
Dose (D)	<0,001	0,004	0,021	0,292
D × E ⁽³⁾	0,295	0,649	0,051	0,867
CV (%)	11,2	13,6	6,4	7,9
Asterix				
Época ⁽²⁾				
Plantio	4,7a	5,3a	1,0a	1,0a
Amontoa	4,6a	5,0a	1,0a	1,1a
Dose (kg ha ⁻¹)				
0	3,9	4,7	1,0	1,0
12,5	4,3	4,2	1,0	1,0
25	4,4	6,0	1,0	1,1
50	4,7	5,1	1,0	1,1
100	5,1	5,3	1,0	1,1
FV	$P > F$			
Época (E)	0,429	0,363	0,498	0,099
Dose (D)	<0,001	0,016	0,872	0,067
D × E ⁽³⁾	0,091	0,986	0,680	0,309
CV (%)	9,4	19,0	8,7	12,7
Orchestra				
Época ⁽²⁾				
Plantio	3,5a	6,3a	1,3a	1,4a
Amontoa	3,6a	4,5b	1,3a	1,2b
Dose (kg ha ⁻¹)				
0	2,9	6,6	1,2	1,3
12,5	3,5	5,2	1,3	1,4
25	3,4	4,6	1,3	1,5
50	3,5	5,0	1,2	1,2
100	3,8	6,8	1,3	1,1
FV	$P > F$			
Época (E)	0,629	<0,001	0,056	<0,001
Dose (D)	0,001	<0,001	0,008	<0,001
D × E ⁽³⁾	0,990	0,009	0,560	0,108
CV (%)	11,4	19,5	6,3	9,4

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. Parte aérea: folhas e hastes.

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾O efeito principal da época de aplicação foi determinado considerando apenas as 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg). ⁽³⁾Interação considerando apenas o fatorial 2 épocas de aplicação × 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg).

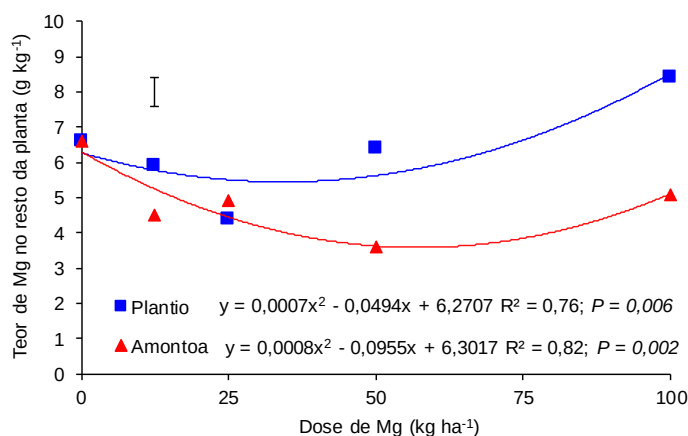
Figura 21 - Teor de Mg na parte aérea e tubérculos das cultivares de batata Agata (A e B, parte aérea e C, tubérculo), Asterix (D e E, parte aérea) e Orchestra (F, parte aérea, G e H, tubérculo), antes da dessecação, em resposta as doses de Mg, em Itai 2019 (A, C, D, F e G), Botucatu 2019 (B) e Botucatu 2020 (E e H)



Na cv. Asterix, houve efeito das doses de Mg sobre o teor de Mg na parte aérea, com incrementos lineares no L1 (Figura 21D) e L2, porém sem efeito significativo da regressão (Figura 21E), contudo observou-se uma tendência de aumento com as doses de Mg, sendo que o tratamento com 25 kg ha⁻¹ de Mg proporcionou acréscimo de 27,7% em relação ao tratamento sem aplicação de Mg (Tabela 38).

Nos experimentos realizados com a cv. Orchestra, houve influência das doses de Mg no teor de Mg na parte aérea e nos tubérculos no L1 (Tabela 38), com aumento linear no teor de Mg na parte aérea em função do aumento das doses de Mg (Figura 21F), porém, nos tubérculos não houve efeito significativo da regressão (Figura 21G). A interação dos fatores estudados (época e doses de Mg) apresentou efeito significativo para o teor de Mg na parte aérea no L2 (Tabela 38). Observou-se efeito quadrático para ambas épocas de aplicação de Mg, sendo que houve redução até a dose estimada de 35,3 kg ha⁻¹ de Mg com aplicação no plantio e até a dose estimada de 59,7 kg ha⁻¹ de Mg com aplicação na amontoa (Figura 22). No L2, a época e doses de Mg, isoladamente, influenciaram significativamente o teor de Mg nos tubérculos (Tabela 38), sendo a aplicação no plantio responsável pelo maior valor obtido nesta variável. As doses de Mg aplicadas apresentaram uma resposta linear decrescente no teor de Mg nos tubérculos (Figura 21H), ou seja, o aumento das doses de Mg reduziu o teor de Mg nos tubérculos nesta cultivar.

Figura 22 - Teor de Mg na parte aérea da cultivar de batata Orchestra, antes da dessecação, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Botucatu 2020. A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de Mg



Nos experimentos realizados com a cv. Agata, houve efeito significativo somente das doses de Mg sobre a quantidade de Mg acumulada nos tubérculos, nos L1 e L2, e total no L2 (Tabela 39).

A quantidade de Mg acumulada nos tubérculos no L1 aumentou até a dose estimada de 68,8 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 23A) e no L2 até a dose estimada de 66,3 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 23B). A quantidade total de Mg acumulada na planta de batata cv. Agata no L2 também teve efeito quadrático das doses de Mg aplicadas, com aumento desta variável até a dose estimada de 61,3 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 23C).

Somente as doses de Mg estudadas influenciaram a quantidade de Mg acumulada nas partes da planta de batata nos experimentos com a cv. Asterix, de modo que houve efeito significativo na quantidade de Mg acumulada nos tubérculos e total da planta no L2 (Tabela 39). A quantidade de Mg acumulada nos tubérculos aumentou até a dose estimada de 53,8 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 23D), o que representa 29,2% a mais que o tratamento controle. Na quantidade de Mg total não houve efeito significativo da regressão das doses de Mg (Figura 23E), mas observou-se uma tendência de aumento nessas variáveis com as doses de Mg, sendo que o tratamento com 25 kg ha⁻¹ de Mg proporcionou aumento de 30,9% nesta variável em relação ao tratamento controle.

Nos experimentos realizados com a cv. Orchestra houve efeito significativo da interação dos fatores época e dose de Mg na quantidade de Mg acumulada na parte aérea no L2; da dose de Mg aplicada na quantidade de Mg acumulada nos tubérculos no L1 e da época e dose de Mg no L2; da dose de Mg na quantidade total de Mg acumulada no L1 e da época no L2 (Tabela 39). Em relação ao fator época de aplicação de Mg, a quantidade de Mg acumulado nos tubérculos e total (L2) apresentaram melhor resultado quando houve aplicação no sulco de plantio. Em relação às doses de Mg, a quantidade de Mg acumulada nos tubérculos (L1 e L2) e total (L1) não apresentaram efeito da regressão (Figura 23F, 23G e 23H), porém houve uma tendência de aumento com as doses de Mg, sendo que a dose de 25 kg ha⁻¹ de Mg refletiu em aumentos de cerca de 31,7, 39,7 e 29,9% em relação ao tratamento controle, sem aplicação de Mg, respectivamente. A quantidade de Mg acumulada na parte aérea, no L2, apresentou efeito quadrático para as duas épocas de aplicação de Mg, sendo que houve redução até a dose estimada de 38,2 kg ha⁻¹ de Mg com aplicação no plantio e até a dose estimada de 50,4 kg ha⁻¹ de Mg com aplicação na amontoa, com posterior aumento nas doses mais elevadas (Figura 24).

Tabela 39 - Quantidade de Mg acumulado na parte aérea, tubérculos e total das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, antes da dessecação, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento	Parte aérea		Tubérculos		Total	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2
kg ha ⁻¹						
Agata						
Época ⁽²⁾						
Plantio	5,1a ⁽¹⁾	3,5a	7,3a	5,7a	12,4a	9,2a
Amontoa	4,4a	3,3a	8,0a	5,6a	12,4a	8,9a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	4,2	3,4	6,3	4,1	10,5	7,5
12,5	4,8	3,1	7,1	5,2	11,9	8,3
25	4,0	3,3	8,1	5,7	12,1	9,0
50	5,0	3,7	7,8	6,1	12,8	9,8
100	5,1	3,6	7,7	5,6	12,8	9,2
FV	<i>P > F</i>					
Época (E)	0,084	0,511	0,106	0,615	0,908	0,469
Dose (D)	0,200	0,848	0,017	<0,001	0,079	0,036
D × E ⁽³⁾	0,909	0,732	0,942	0,740	1,000	0,804
CV (%)	23,7	27,6	14,1	13,0	14,0	15,0
Asterix						
Época ⁽²⁾						
Plantio	4,3a	6,8a	8,3a	5,8a	12,6a	12,6a
Amontoa	4,3a	6,1a	8,2a	6,2a	12,5a	12,3a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	4,1	6,3	7,7	4,7	11,8	11,0
12,5	4,1	5,2	8,2	5,7	12,3	10,9
25	4,1	7,9	8,5	6,5	12,6	14,4
50	4,1	6,5	8,3	6,0	12,4	12,5
100	4,9	6,2	8,0	5,7	12,9	11,9
FV	<i>P > F</i>					
Época (E)	0,997	0,324	0,736	0,445	0,812	0,688
Dose (D)	0,260	0,131	0,792	0,045	0,773	0,049
D × E ⁽³⁾	0,895	0,603	0,921	0,520	0,928	0,615
CV (%)	21,9	31,5	16,0	20,5	14,9	21,0
Orchestra						
Época ⁽²⁾						
Plantio	3,1a	8,1a	10,6a	9,5a	13,7a	17,6a
Amontoa	3,2a	6,8b	9,9a	8,1b	13,1a	14,9b
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	2,5	9,5	8,2	7,8	10,7	17,3
12,5	3,1	6,8	10,5	9,2	13,6	16,0
25	3,1	6,0	10,8	10,9	13,9	16,9
50	3,0	6,6	10,1	8,2	13,1	14,8
100	3,5	10,3	9,7	7,2	13,2	17,5
FV	<i>P > F</i>					
Época (E)	0,838	0,004	0,205	0,037	0,345	0,001
Dose (D)	0,167	<0,001	0,012	0,002	0,007	0,087
D × E ⁽³⁾	0,827	0,037	0,276	0,405	0,422	0,628
CV (%)	26,1	16,1	14,3	20,1	13,1	12,9

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orquestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. Parte aérea: folhas e hastes.

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾O efeito principal da época de aplicação foi determinado considerando apenas as 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg). ⁽³⁾Interação considerando apenas o fatorial 2 épocas de aplicação × 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg).

Figura 23 - Quantidade de Mg acumulada na parte aérea, tubérculos e total das cultivares de batata Agata (A e B, tubérculo e C, total), Asterix (D, tubérculo e E, total) e Orchestra (F e G, tubérculo e H, total), antes da dessecação, em resposta as doses de Mg, em Itaí 2019 (A, F e H), Botucatu 2019 (B e C) e Botucatu 2020 (D, E e G). A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de Mg

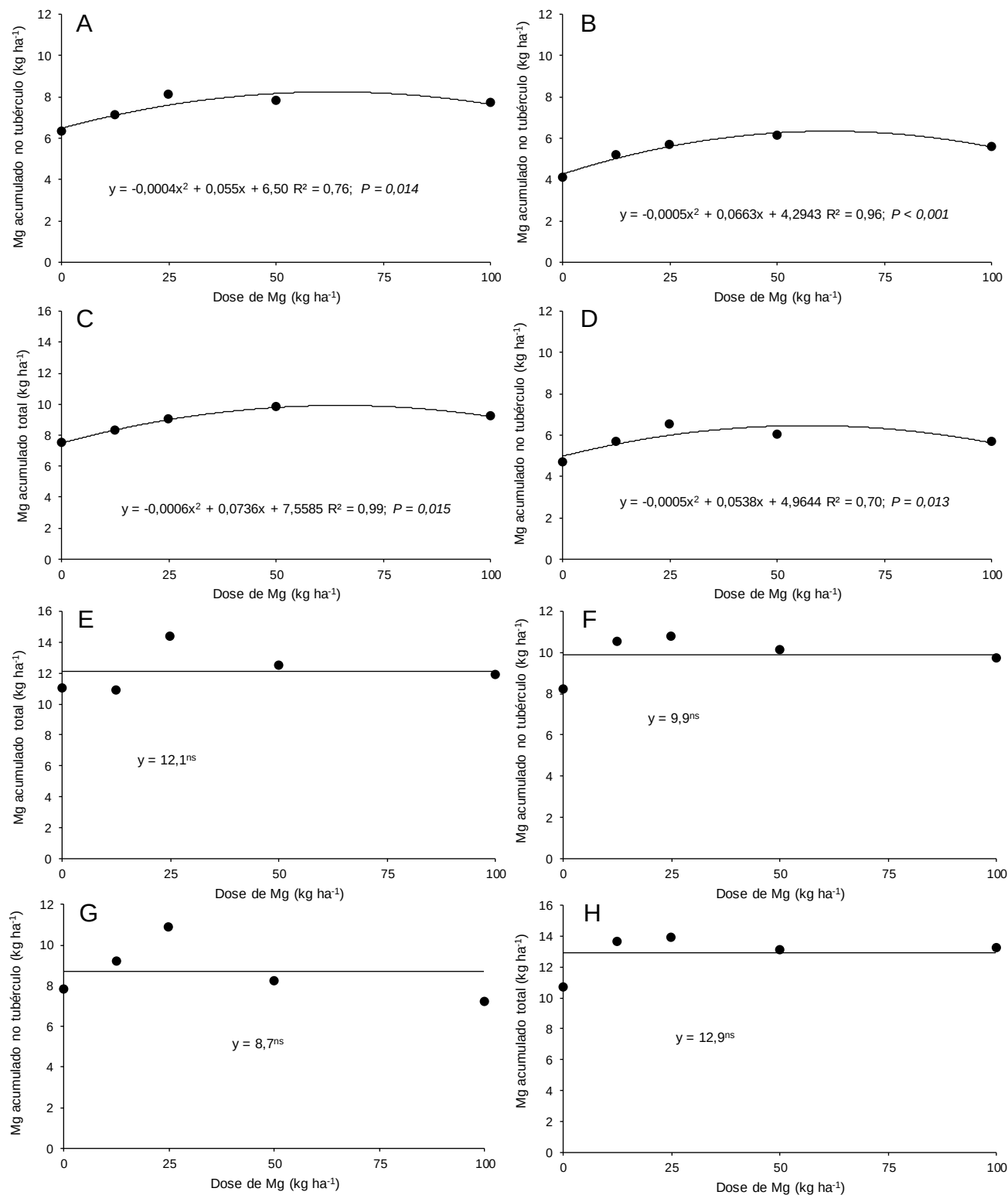
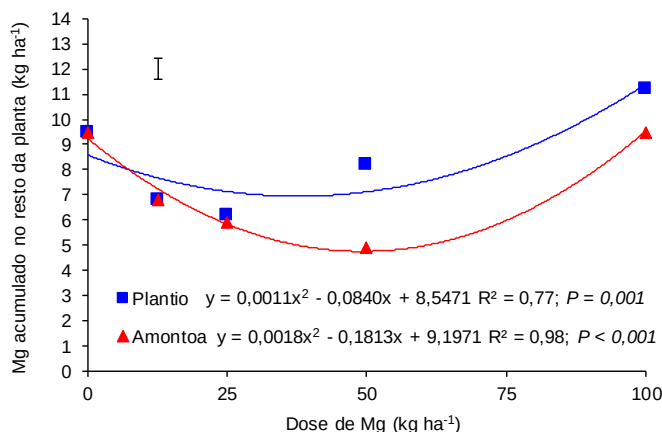


Figura 24 - Quantidade de Mg acumulada na parte aérea da cultivar de batata Orchestra, antes da dessecação, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Botucatu 2020. A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de Mg



A quantidade máxima de Mg acumulada nos tubérculos variou de 5,6 a 10,9 kg ha⁻¹, dependendo da cultivar, corroborando com as observações de Fernandes; Soratto e Silva (2011). Os resultados obtidos para ambos conjuntos de variáveis (teor e quantidade acumulada) indicam que o sulfato de magnésio monoidratado (kieserita) é eficiente para fornecer Mg para a cultura da batata, incrementando o teor e a quantidade de Mg absorvida, mesmo em solos com teores de Mg considerados altos (Tabela 3). Esses resultados também mostram que nessa fase da planta de batata (ou seja, antes da dessecação, aproximadamente 100 DAP), o tubérculo já detém, em média, cerca de 61% do Mg acumulado pela planta de batata, porém ainda se tem uma fração de Mg acumulado nas folhas e hastes da planta (parte aérea). Cakmak e Yazici (2010) relataram que aproximadamente 35% do total de Mg na planta está ligado aos cloroplastos. A mobilidade do Mg na planta faz com que ele seja facilmente remobilizado das folhas e hastes para os tubérculos, que são os drenos principais da planta de batata na fase de enchimento dos mesmos (TAIZ; ZEIGER, 2013; TAIZ et al., 2017) e assim os tubérculos armazenam maior quantidade de Mg em relação aos demais órgãos da planta de batata (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011). Portanto, quando a absorção do solo é limitada, a planta remobiliza Mg componente da clorofila das folhas para os tubérculos, podendo causar amarelecimento e senescência precoce das folhas.

Apesar dessa capacidade dos tubérculos em armazenar nutrientes, há diferença entre cultivares e locais de condução dos experimentos no acúmulo de Mg nos

tubérculos, que, assim como relatado por Fernandes (2017), pode ocorrer em função da produção de MS do tubérculo e do teor de Mg nesse órgão, fatores que dependem de fatores de manejo, ambientais e genotípicos que estão envolvidos nos diversos processos que ocorrem na planta, como absorção e translocação de Mg, crescimento, desenvolvimento e partição de assimilados.

4.2.5 População de plantas, número de hastes e tubérculos por planta e, peso médio de tubérculo

As variáveis população de plantas, número de hastes e de tubérculos por planta de nenhuma das cultivares foram afetadas pelos fatores estudados em nenhum dos locais de realização dos experimentos (Tabela 40). Apenas o peso médio de tubérculos da cv. Agata apresentou efeito significativo da época de aplicação de Mg, com maior valor quando a aplicação foi feita na amontoa.

No experimento com a cv. Agata, no L1, os valores médios destas variáveis foram 43.880 plantas ha⁻¹, 2,0 hastes planta⁻¹ e 10,6 tubérculos planta⁻¹. No L2, os valores médios foram de 41.667 plantas ha⁻¹, 3,1 hastes planta⁻¹, 8,6 tubérculos planta⁻¹ e peso médio de 91,6 g (Tabela 40). Fernandes et al. (2010b) observaram média de 10 a 14 tubérculos por planta na cv. Agata, respectivamente, semelhante ao encontrado nessa mesma cultivar no L1, porém superiores aos valores observados no L2. O peso médio de tubérculos da cv. Agata, no L1, foi maior quando o Mg foi aplicado por ocasião da amontoa (115,4 g).

O experimento realizado com a cv. Asterix, no L1, apresentou, aproximadamente, 44.792 plantas ha⁻¹, 6,4 hastes planta⁻¹, 15,5 tubérculos planta⁻¹ e peso médio de 71,6 g, em média. No L2, esta cultivar apresentou valores médios de 38.412 plantas ha⁻¹, 5,0 hastes planta⁻¹, 7,2 tubérculos planta⁻¹ e 116,1g (Tabela 40).

No experimento conduzido com a cv. Orchestra, no L1, a população de plantas foi de aproximadamente 43.750 plantas ha⁻¹, 3,8 hastes planta⁻¹, 13,6 tubérculos planta⁻¹ e peso médio de 99,5 g, em média. No L2, os valores destas variáveis foram de 39.324 plantas ha⁻¹, 4,5 hastes planta⁻¹, 9,0 tubérculos planta⁻¹ e peso médio de tubérculos de 142,6 g (Tabela 40).

Tabela 40 - População de plantas, hastes e tubérculos por planta e peso médio de tubérculo das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento	População de plantas		Hastes por planta		Tubérculos por planta		Peso médio de tubérculo	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
	— nº plantas ha ⁻¹ —		— nº hastes pl ⁻¹ —		— nº tub. pl ⁻¹ —		— g —	
Agata								
Época ⁽²⁾								
Plantio	43.750a ⁽¹⁾	41.667a	1,9a	3,1a	10,8a	8,8a	104,5b	89,5a
Amontoa	44.010a	1.667a	2,0a	3,1a	10,4a	8,3a	115,4a	93,7a
Dose (kg ha ⁻¹)								
0	43.750	40.625	1,8	3,0	9,9	7,3	100,2	85,6
12,5	43.750	40.625	2,0	3,0	10,1	8,5	112,9	90,4
25	43.750	42.188	2,1	3,1	10,6	8,6	112,0	90,4
50	43.750	41.667	1,9	3,2	11,0	8,6	112,4	94,2
100	44.271	42.188	1,9	3,1	10,7	8,5	102,3	91,3
FV	P > F							
Época (E)	0,879	0,998	0,513	0,516	0,394	0,323	0,026	0,361
Dose (D)	0,999	0,744	0,557	0,691	0,416	0,239	0,104	0,690
D × E ⁽³⁾	0,840	0,767	0,971	0,425	0,677	0,901	0,969	0,942
CV (%)	10,7	7,9	16,4	9,6	12,7	15,8	11,4	13,4
Asterix								
Época ⁽²⁾								
Plantio	44.531a	38.281a	6,5a	4,9a	15,8a	6,9a	72,1a	120,3a
Amontoa	45.052a	38.542a	6,3a	5,0a	15,2a	7,5a	71,1a	111,9a
Dose (kg ha ⁻¹)								
0	43.750	37.500	6,0	5,0	15,6	6,9	67,9	112,1
12,5	45.313	38.542	6,2	4,9	15,1	7,2	70,3	119,0
25	44.792	38.081	6,6	5,0	15,9	7,2	71,6	119,9
50	43.750	39.063	6,6	4,8	16,2	7,2	71,8	113,6
100	45.312	38.081	6,1	5,1	14,7	7,4	72,6	112,0
FV	P > F							
Época (E)	0,757	0,864	0,489	0,777	0,401	0,137	0,613	0,080
Dose (D)	0,902	0,942	0,431	0,989	0,470	0,957	0,488	0,506
D × E ⁽³⁾	0,992	0,953	0,843	0,990	0,974	0,693	0,961	0,544
CV (%)	10,2	10,5	11,8	20,4	12,2	14,9	7,8	10,6
Orchestra								
Época ⁽²⁾								
Plantio	43.229a	39.576a	3,8a	4,5a	13,8a	8,8a	98,8a	144,0a
Amontoa	44.271a	39.072a	3,7a	4,5a	13,4a	9,1a	100,2a	141,2a
Dose (kg ha ⁻¹)								
0	43.750	39.583	3,7	4,2	14,3	8,5	90,3	137,5
12,5	42.708	40.110	3,6	4,6	13,9	8,9	98,2	135,8
25	44.792	39.063	4,0	4,6	13,6	9,0	99,1	146,9
50	43.750	39.074	3,7	4,4	13,7	9,0	101,4	144,7
100	43.750	39.050	3,7	4,4	13,3	9,0	99,1	143,2
FV	P > F							
Época (E)	0,404	0,738	0,832	0,862	0,515	0,624	0,717	0,605
Dose (D)	0,784	0,981	0,748	0,834	0,866	0,953	0,254	0,558
D × E ⁽³⁾	0,867	0,947	0,910	0,883	0,945	0,994	0,562	0,321
CV (%)	7,6	10,7	15,5	17,0	13,4	16,8	10,7	10,8

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itai 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itai 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾O efeito principal da época de aplicação foi determinado considerando apenas as 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg). ⁽³⁾Interação considerando apenas o fatorial 2 épocas de aplicação × 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg).

Apesar de não ter havido efeito significativo das doses de Mg, os tratamentos com aplicação de Mg proporcionaram peso médio dos tubérculos das cultivares Agata, Asterix e Orchestra, em média, 12,7 (12,5 kg ha⁻¹ de Mg), 6,9 (100 kg ha⁻¹ de Mg) e 12,3% (50 kg ha⁻¹ de Mg) superiores ao controle, respectivamente, no L1. No L2, os valores para Agata, Asterix e Orchestra foram 10,0 (50 kg ha⁻¹ de Mg), 7,0 e 5,2% (25 kg ha⁻¹ de Mg) superiores ao controle, respectivamente. Essa variação corrobora com o relatado por Souza (2003), de modo que tamanho dos tubérculos produzidos pode variar em função da cultivar e das condições de cultivo, como foi observado com os diferentes valores encontrados dentro da mesma cultivar nos diferentes locais de condução dos experimentos.

4.2.6 Produtividade e classificação dos tubérculos

Nos experimentos realizados com a cv. Agata, houve influência das doses de Mg apenas nas produtividades de tubérculos total no L1 (Itaí 2019) e L2 (Botucatu 2019), efeitos isolados da época e da dose de Mg na produtividade de tubérculos da classe especial no L1 e efeito da dose de Mg na produtividade de tubérculos da classe primeira no L2 (Tabela 41). A maior produtividade de tubérculos da classe especial (46.580 kg ha⁻¹) foi obtida quando o Mg foi aplicado na época da amontoa.

Em relação ao efeito das doses de Mg na cv. Agata, a produtividade de tubérculos total e das classes especial e primeira apresentaram efeitos quadráticos (Figuras 25A-25D). Foi observada um aumento na produtividade de tubérculos total, nos L1 e L2, de aproximadamente 22,6 e 30% até as doses estimadas de 57,2 e 62,3 kg ha⁻¹ de Mg, respectivamente (Figuras 25A e 25B). A produtividade de tubérculos da classe especial, no L1, apresentou um aumento de 28,5% em relação ao tratamento sem aplicação de Mg, obtido com a dose estimada de 55,4 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 25C). Não foi observado efeito significativo dos tratamentos na produtividade de tubérculos da classe especial no L2 (Tabela 41). No entanto, ao calcular a produtividade relativa da classe especial, podemos observar que todos os tratamentos proporcionaram algum acréscimo na produtividade, variando de 16 a 21%, sendo as maiores porcentagens obtidas com as doses de 50 e 100 kg ha⁻¹ de Mg (Tabela 42). A produtividade de tubérculos da classe primeira, no L2, apresentou aumento até a dose estimada de 57,3 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 25D).

Tabela 41 - Produtividade de tubérculos total e das classes especial, primeira e segunda das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento	Total		Especial		Primeira		Segunda	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
kg ha ⁻¹								
Agata								
Época ⁽²⁾								
Plantio	48.523a ⁽¹⁾	32.102a	42.466b	25.948a	4.933a	5.305a	952a	778a
Amontoa	52.071a	31.741a	46.580a	25.895a	4.498a	5.081a	851a	728a
Dose (kg ha ⁻¹)								
0	43.075	25.423	36.358	21.900	5.527	3.052	1.029	402
12,5	48.810	31.036	43.326	25.541	4.456	4.742	827	722
25	51.417	31.513	46.218	25.447	4.070	5.201	966	792
50	52.757	33.455	46.878	26.289	4.791	6.222	967	883
100	48.205	31.683	41.671	26.409	5.546	4.607	846	616
FV	<i>P > F</i>							
Época (E)	0,073	0,783	0,047	0,968	0,427	0,716	0,343	0,726
Dose (D)	0,011	<0,001	0,005	0,058	0,350	0,011	0,651	0,109
D × E ⁽³⁾	0,406	0,965	0,660	0,961	0,656	0,753	0,473	0,705
CV (%)	10,7	11,3	12,6	13,4	34,4	33,7	33,6	53,0
Asterix								
Época ⁽²⁾								
Plantio	49.796a	31.733a	28.865a	22.788a	17.369a	8.116a	3.182a	760b
Amontoa	48.138a	31.793a	27.989a	22.541a	16.296a	8.076a	3.430a	1.111a
Dose (kg ha ⁻¹)								
0	45.939	29.005	24.603	20.156	17.227	8.269	3.581	520
12,5	47.426	32.416	27.979	22.401	16.014	8.936	3.060	1.028
25	50.411	32.530	28.271	22.795	17.968	8.835	3.636	870
50	50.054	31.453	28.811	22.653	17.408	7.706	3.466	999
100	47.976	30.653	28.646	22.809	15.941	6.905	3.061	846
FV	<i>P > F</i>							
Época (E)	0,361	0,965	0,493	0,813	0,347	0,944	0,317	<0,001
Dose (D)	0,270	0,310	0,127	0,258	0,576	0,067	0,396	<0,001
D × E ⁽³⁾	0,932	0,990	0,846	0,997	0,750	0,755	0,139	0,185
CV (%)	9,8	12,0	12,7	12,5	18,1	19,2	22,3	22,9
Orchestra								
Época ⁽²⁾								
Plantio	58.046a	49.627a	49.655a	43.569a	6.824a	5.455a	1.353a	547a
Amontoa	58.328a	49.268a	48.844a	43.082a	7.913a	5.345a	1.320a	756a
Dose (kg ha ⁻¹)								
0	55.503	45.660	45.411	39.766	8.267	5.304	1.477	502
12,5	57.429	47.879	48.209	41.656	7.646	5.450	1.320	689
25	58.627	50.714	49.904	44.367	7.119	5.573	1.413	708
50	59.471	49.865	50.328	44.187	7.514	4.920	1.359	673
100	57.221	49.331	48.557	43.091	7.196	5.657	1.255	537
FV	<i>P > F</i>							
Época (E)	0,867	0,869	0,661	0,800	0,071	0,830	0,806	0,121
Dose (D)	0,560	0,401	0,316	0,302	0,709	0,821	0,757	0,639
D × E ⁽³⁾	0,142	0,549	0,330	0,336	0,394	0,734	0,510	0,871
CV (%)	8,4	11,7	10,3	11,8	23,0	25,6	26,8	55,1

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orquestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾O efeito principal da época de aplicação foi determinado considerando apenas as 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg). ⁽³⁾Interação considerando apenas o fatorial 2 épocas de aplicação × 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg).

Figura 25 - Produtividade de tubérculos total e das classes especial, primeira e segunda das cultivares de batata Agata (A e B, produtividade total, C, especial e D, primeira) e Asterix (E, segunda), em resposta as doses de Mg, em Itaí 2019 (A e C), Botucatu 2019 (B e D) e Botucatu 2020 (E)

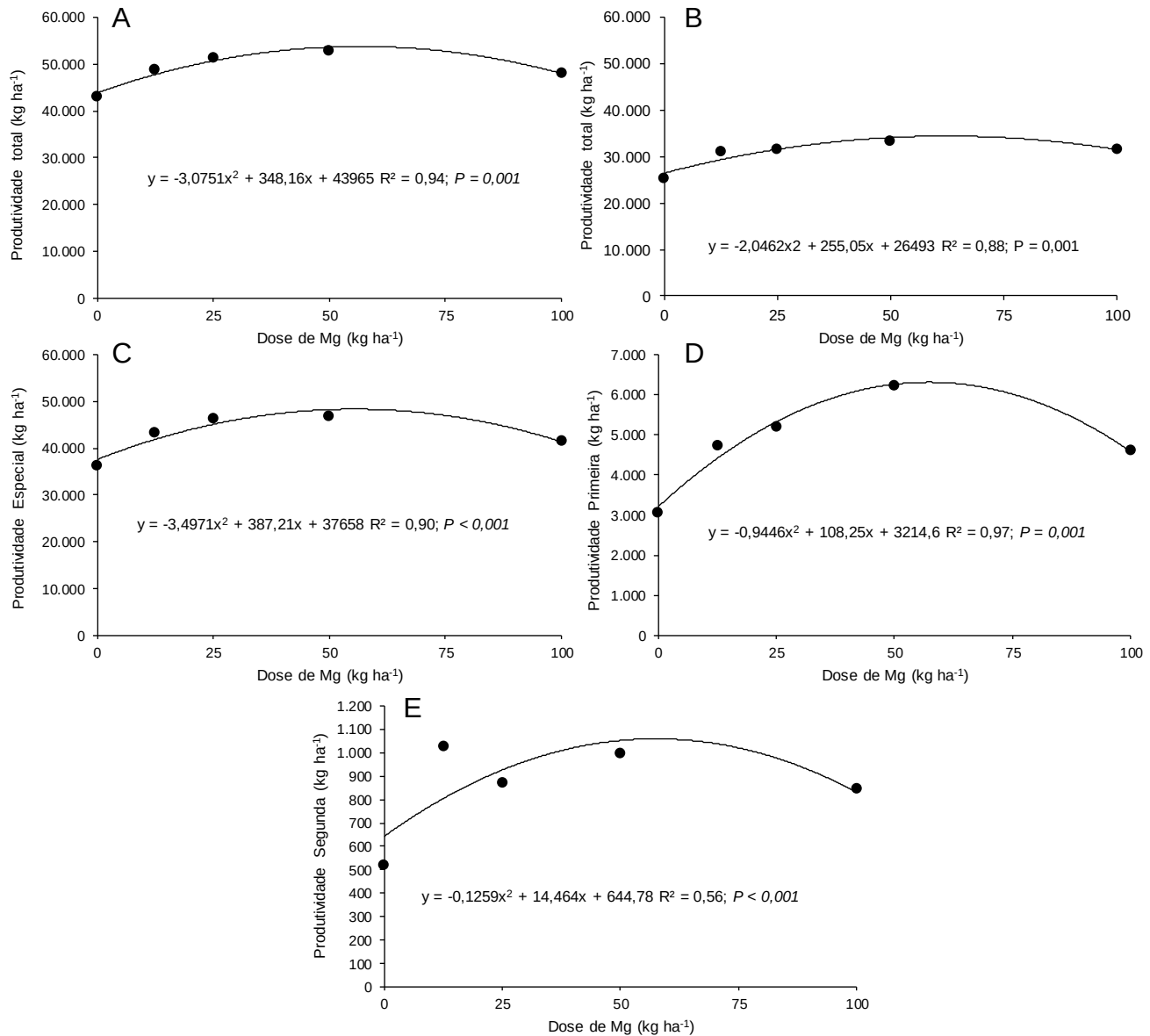


Tabela 42 - Produtividade relativa de tubérculos total e da classe especial das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a doses de Mg, em dois locais de cultivo. Média de duas épocas de aplicação

Dose (kg ha ⁻¹)	Total		Especial	
	L1	L2	L1	L2
	%			
	Agata			
0	100	100	100	100
12,5	113	122	119	117
25	119	124	127	116
50	122	132	129	120
100	112	125	115	121
	Asterix			
0	100	100	100	100
12,5	103	112	114	111
25	110	112	115	113
50	109	108	117	112
100	104	106	116	113
	Orchestra			
0	100	100	100	100
12,5	103	105	106	105
25	106	111	110	112
50	107	109	111	111
100	103	108	107	108

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orquestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020.

Nos experimentos realizados com a cv. Asterix só houve efeitos isolados dos fatores época e dose de Mg na produtividade de tubérculos da classe segunda, no L2 (Botucatu 2020) (Tabela 41). Desse modo, a maior produtividade foi obtida com a aplicação de Mg na amontoa (1.111 kg ha⁻¹), porém, apesar da ausência de efeito significativo, quando aplicado em amontoa, o Mg reduziu as produtividades de tubérculos da classe especial e primeira, em relação a aplicação no plantio. Quanto às doses de Mg aplicadas, houve efeito quadrático da regressão, com aumento até a dose estimada de 57,4 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 25E). Apesar de não ter tido efeito significativo dos fatores estudados (Tabela 41), observou-se aumento nas produtividades relativas total e da classe especial, da cv. Asterix, com as aplicações de Mg, em ambos os locais (Tabela 42). Na produtividade relativa total, observou-se um acréscimo de 10% no L1, com a dose de 25 kg ha⁻¹ de Mg e de 12% no L2, com as doses de 12,5 e 25 kg ha⁻¹ de Mg; na produtividade relativa da classe especial o aumento proporcionado pelos tratamentos foi de 17% no L1, com a dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg e de 13% no L2, com as doses de 25 e 100 kg ha⁻¹ de Mg.

A cv. Orchestra não apresentou efeito dos tratamentos em nenhuma das variáveis de produtividade, em nenhum dos locais de realização dos experimentos

(Tabela 41). Contudo, a produtividade relativa indica que houve acréscimo numérico em todos os tratamentos para a produtividade total e da classe especial, nos L1 (Itaí 2019) e L2 (Botucatu 2020) (Tabela 42). Estes acréscimos foram, de modo geral, menos expressivos nesta cultivar em relação as demais (Agata e Asterix), apresentando, na produtividade relativa total, variações de 3 a 7% no L1 e de 5 a 11% no L2, enquanto na produtividade relativa da classe especial, houve uma variação de 6 a 11% no L1 e de 5 a 12% no L2. A dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg representou o maior acréscimo da produtividade relativa total e da classe especial no L1, e a dose de 25 kg ha⁻¹ de Mg na produtividade relativa total e da classe especial no L2.

A fertilização com Mg proporciona incrementos expressivos na produtividade de tubérculos de batata, assim como constatado por Zengin et al. (2008), Orlovius e McHoul (2015) e Wszelaczyńska et al. (2020), variando em função da cultivar e local de condução do plantio e, contrariando o relatado por Allison, Fowler e Allen (2001), que diz não ser necessário realizar aplicação de Mg em batata, com base em experimentos realizados na Inglaterra. Contudo, diferente do relatado por Wszelaczyńska et al. (2020), há efeito da aplicação de fertilizante magnésiano mesmo em solos com altos teores de Mg, como foi observado neste estudo e relatado por Chen et al. (2022), que observaram que mesmo com teor considerado "adequado" de Mg trocável no solo, houve resposta das culturas à aplicação do elemento.

É possível observar que nas cultivares Agata e Orchestra, houve um acréscimo nos valores de produtividade total até a dose estudada de 50 kg ha⁻¹ de Mg, e na Asterix até a dose de 25 kg ha⁻¹ de Mg, independente da época de aplicação, de modo que o aumento da dose resultou em redução da produtividade. As doses responsáveis pelas maiores produtividades total de tubérculos de batata neste estudo, chegando a aproximadamente 60 t ha⁻¹ de tubérculos, encontra-se abaixo do determinada por Lopes (2018), que utilizou 130,87 kg ha⁻¹ de Mg para obter 44 t ha⁻¹ de tubérculos e de acima do utilizado por Ferdous et al. (2014), em Bangladesh, que usou apenas 9,6 kg ha⁻¹ de Mg para obter entre 29,7 e 35,3 t ha⁻¹ de tubérculos.

Vale também destacar que, apesar dos teores de Mg na folha diagnose, mesmo no tratamento controle, encontrarem-se dentro da faixa (3,0-5,0 g kg⁻¹ de Mg) que Lorenzi et al. (1997) consideraram adequada para a cultura (Tabela 34), ainda assim houve resposta a aplicação de Mg via solo e consequente incremento dos teores

foliares deste nutriente (Tabelas 34, 41 e 42; Figuras 14 e 25). Em geral, as maiores produtividades de tubérculos foram obtidas nos tratamentos que proporcionaram teores foliares de Mg superiores a $4,0 \text{ g ha}^{-1}$. Tais resultados sugerem que o limite crítico inferior da faixa tida como adequada (3 g kg^{-1} de Mg) pode não ser suficiente para se alcançar altas produtividades nas cultivares, níveis de produtividades e manejos atuais, necessitando de atualização.

4.2.7 Firmeza da polpa, sólidos solúveis e matéria seca (MS) nos tubérculos

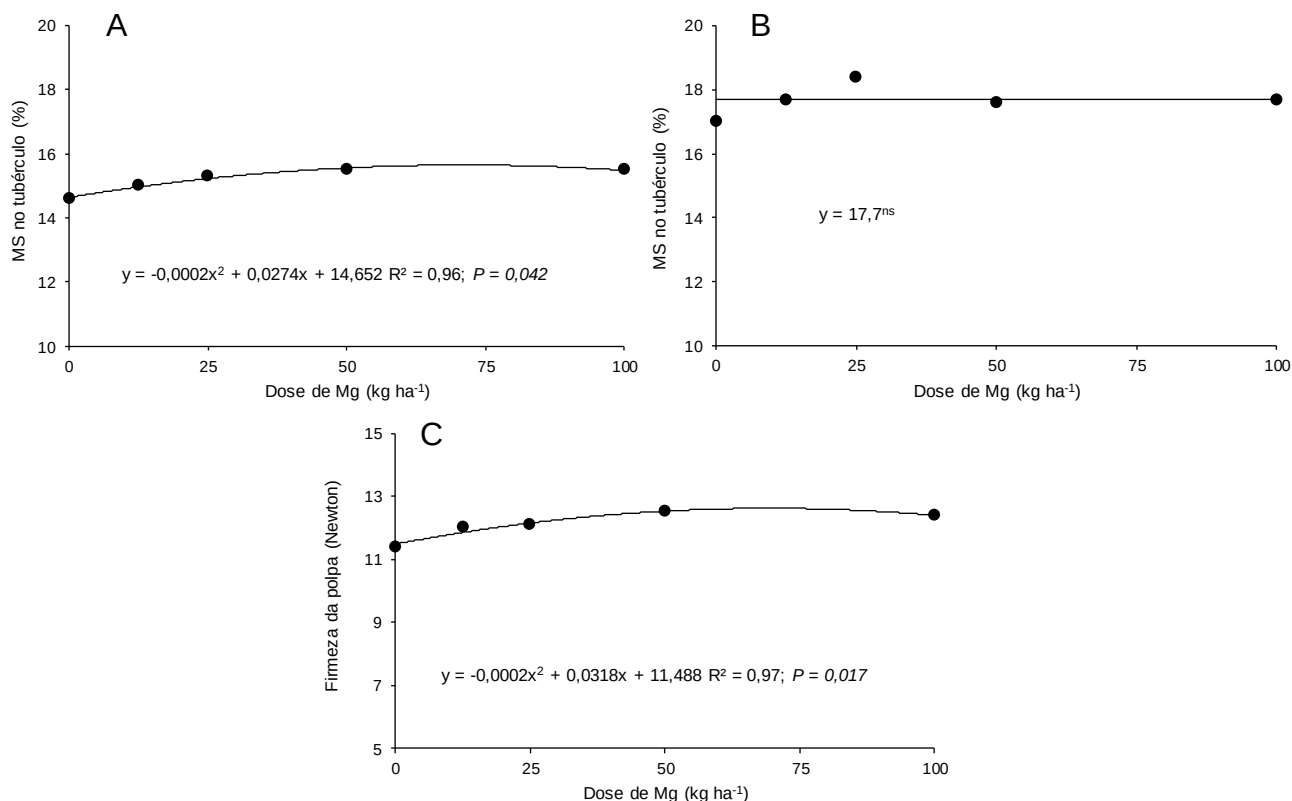
Nos experimentos realizados com a cv. Agata, não houve efeito significativo dos tratamentos nas variáveis firmeza da polpa e sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) em nenhum dos locais estudados (Tabela 43). No L1, esta cultivar apresentou, em média, valores de firmeza de 10 N e de $^{\circ}\text{Brix}$ de 4,7 a 5,0. Já no L2, os valores foram de 9,6 N e de 5,2 a 5,6 $^{\circ}\text{Brix}$. A porcentagem de MS nos tubérculos desta cultivar foi influenciada pelas doses de Mg apenas no L2, com incremento até a dose estimada de $68,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg, atingindo o ponto máximo de 15,6% (Tabela 43; Figura 26A). No L1, a média foi de 13,6% de MS. Poberezny e Wszelaczynska (2011) também observaram incremento na MS com o aumento das doses de Mg, obtendo valor de aproximadamente 21% de MS com a dose de 60 kg ha^{-1} de Mg.

Tabela 43 - Firmeza da polpa, sólidos solúveis e matéria seca (MS) dos tubérculos das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento	Firmeza da polpa		Sólidos solúveis		MS nos tubérculos	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2
	— Newton —		— °Brix —		— % da matéria fresca —	
	Agata					
Época ⁽²⁾						
Plantio	9,9a ⁽¹⁾	9,5a	4,9a	5,3a	13,5a	15,4a
Amontoa	10,1a	9,6a	4,9a	5,2a	13,7a	15,2a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	10,1	9,4	4,9	5,6	13,3	14,6
12,5	9,9	9,4	4,7	5,2	13,5	15,0
25	10,1	9,5	4,9	5,4	13,7	15,3
50	10,0	9,7	4,9	5,3	13,5	15,5
100	10,1	9,4	5,0	5,2	13,6	15,5
FV	P > F					
Época (E)	0,212	0,568	0,707	0,734	0,609	0,290
Dose (D)	0,794	0,713	0,769	0,125	0,949	0,018
D × E ⁽³⁾	0,275	0,714	0,758	0,122	0,421	0,732
CV (%)	4,2	5,0	9,0	6,4	7,1	3,8
	Asterix					
Época ⁽²⁾						
Plantio	13,7a	14,6a	5,1a	4,8a	17,8a	18,0a
Amontoa	13,7a	14,8a	4,9a	4,7a	17,8a	17,7a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	13,5	13,9	5,1	4,7	18,2	17,0
12,5	13,6	14,7	5,0	4,6	18,4	17,7
25	13,3	14,7	4,8	4,6	17,6	18,4
50	13,9	14,6	5,2	4,8	17,4	17,6
100	14,0	14,8	5,1	4,9	17,7	17,7
FV	P > F					
Época (E)	0,960	0,399	0,081	0,221	0,908	0,285
Dose (D)	0,288	0,002	0,110	0,443	0,051	0,005
D × E ⁽³⁾	0,629	0,046	0,467	0,786	0,693	0,375
CV (%)	5,3	3,2	6,5	7,8	4,3	3,4
	Orchestra					
Época ⁽²⁾						
Plantio	11,5a	12,3a	4,6a	4,3a	14,7a	14,2a
Amontoa	11,6a	12,1a	4,7a	4,5a	14,2a	14,1a
Dose (kg ha ⁻¹)						
0	11,6	11,4	4,4	4,6	13,6	13,4
12,5	11,5	12,0	4,6	4,4	14,7	14,2
25	11,4	12,1	4,7	4,4	14,5	14,3
50	11,7	12,5	4,6	4,5	14,2	14,2
100	11,4	12,4	4,7	4,3	14,4	13,9
FV	P > F					
Época (E)	0,772	0,347	0,628	0,144	0,171	0,589
Dose (D)	0,635	0,006	0,417	0,266	0,531	0,179
D × E ⁽³⁾	0,263	0,389	0,983	0,517	0,940	0,947
CV (%)	4,5	4,7	8,2	5,3	8,1	5,3

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾O efeito principal da época de aplicação foi determinado considerando apenas as 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg). ⁽³⁾Interação considerando apenas o fatorial 2 épocas de aplicação × 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg).

Figura 26 - Firmeza da polpa e matéria seca (MS) dos tubérculos das cultivares de batata Agata (A, % MS), Asterix (B, % MS) e Orchestra (C, firmeza da polpa), em resposta as doses de Mg, em Botucatu 2019 (A) e Botucatu 2020 (B e C)

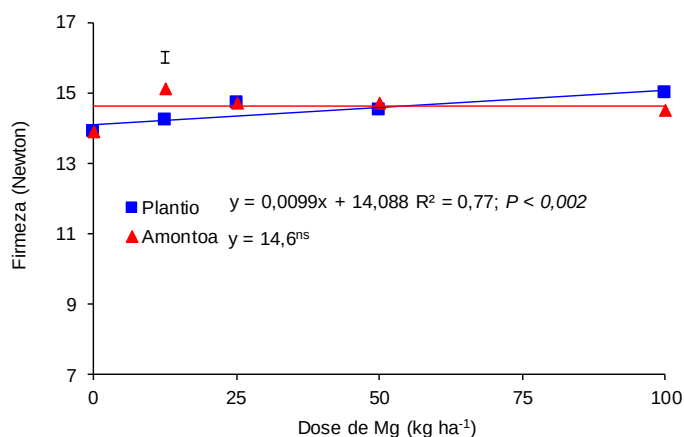


Nos experimentos com a cv. Asterix observou-se efeito significativo da interação dos fatores estudados na firmeza da polpa dos tubérculos no L2 (Tabela 43). Contudo, apenas com aplicação de Mg no plantio houve ajuste significativo da regressão com as doses de Mg, indicando um ligeiro incremento linear (Figura 27). No L1, obteve-se, em média, 13,7 N de firmeza. De acordo com Klein, Chandra e Mondy (1982), o aumento da disponibilidade de Mg aumenta a firmeza de batatas cultivadas mesmo em solos com teor adequado de Mg, isso pode está relacionado ao relatado por Naumann et al. (2020), que observaram que o Mg pode contribuir para a estabilização da parede celular dos tubérculos de batata, melhorando assim a resistência a danos mecânicos dos mesmos. Não houve efeito significativo dos tratamentos na variável sólidos solúveis (Tabela 43). Quanto à porcentagem de MS nos tubérculos, houve influência das doses de Mg apenas no L2, porém sem ajuste significativo da regressão (Tabela 43; Figura 26B), com valor médio de 17,7% de MS, semelhante ao valor médio obtido no L1, que foi de 17,8% de MS.

A cv. Orchestra apresentou efeito significativo das doses de Mg estudadas na variável firmeza da polpa de tubérculos no experimento realizado no L2, de modo

que houve aumento da firmeza da polpa até a dose estimada de 79,5 kg ha⁻¹ de Mg, obtendo-se valor máximo de 12,8 N (Tabela 43; Figura 26C). No L1, o valor médio desta variável foi de 11,5 N. As variáveis sólidos solúveis e porcentagem de MS nos tubérculos não tiveram efeito significativo dos tratamentos em nenhum dos locais estudados (Tabela 43). Em média, a cv. Orchestra apresentou 4,6 e 4,4 de °Brix e 14,4 e 14,1% de MS, nos L1 e L2, respectivamente.

Figura 27 - Firmeza da polpa da cultivar de batata Asterix, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Botucatu 2020. A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de Mg



4.2.8 Teor de amido e açúcar redutor nos tubérculos da cultivar Asterix

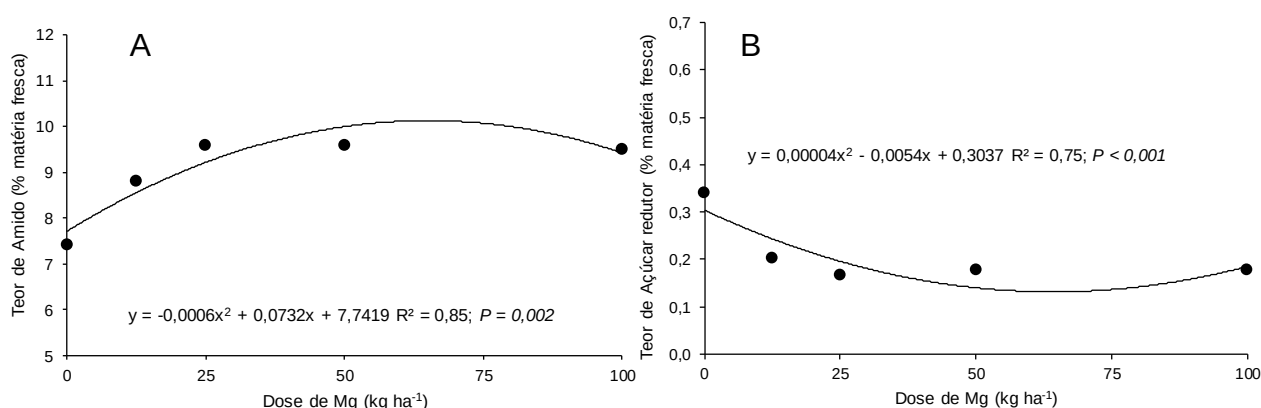
O teor de amido não foi influenciado pelos tratamentos no experimento realizado no L1 (Tabela 44). Por outro lado, houve efeito significativo dos fatores época e doses de Mg isolados no L2. No L1, a cv. Asterix apresentou valor médio de amido de 12,5%. No L2, o Mg aplicado na amontoa proporcionou maior teor de amido nos tubérculos (10,1%). Em relação às doses de Mg, houve um aumento até a dose estimada de 61 kg ha⁻¹ de Mg, incrementando em 28% o teor de amido nos tubérculos, em comparação com o tratamento sem aplicação de Mg (Figura 28A). Esses resultados corroboram os resultados de Poberezny e Wszelaczynska (2011), que observaram aumento da concentração de amido com o aumento das doses de Mg, com incremento de aproximadamente 8% com a dose de 60 kg ha⁻¹ de Mg, em relação ao tratamento sem aplicação de Mg.

Tabela 44 - Teores de amido e açúcar redutor nos tubérculos da cultivar de batata Asterix, na colheita, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento	Amido		Açúcar redutor	
	L1	L2	L1	L2
% matéria fresca				
Época ⁽²⁾				
Plantio	12,8a ⁽¹⁾	8,7b	0,181a	0,093a
Amontoa	12,2a	10,1a	0,182a	0,086a
Dose (kg ha ⁻¹)				
0	11,3	7,4	0,340	0,085
12,5	12,6	8,8	0,203	0,079
25	12,5	9,6	0,168	0,090
50	12,3	9,6	0,178	0,100
100	12,6	9,5	0,178	0,088
FV	$P > F$			
Época (E)	0,199	0,003	0,947	0,351
Dose (D)	0,092	0,001	<0,001	0,480
D × E ⁽³⁾	0,550	0,200	0,129	0,155
CV (%)	8,4	12,0	23,4	24,9

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itai 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orquestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itai 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾O efeito principal da época de aplicação foi determinado considerando apenas as 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg). ⁽³⁾Interação considerando apenas o fatorial 2 épocas de aplicação × 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg).

Figura 28 - Teores de amido e açúcar redutor nos tubérculos da cultivar de batata Asterix (A, amido e B, açúcar redutor), em resposta as doses de Mg, em Botucatu 2019 (A) e Itai 2019 (B)



No L1, o teor de açúcar redutor foi influenciado pelas doses de Mg, tendo sido reduzido até a dose estimada de 67,5 kg ha⁻¹ de Mg (Tabela 44; Figura 28B), ou seja, quando há maior disponibilidade de Mg tem-se uma redução no teor de açúcar redutor no tubérculo e, conseqüentemente, maior teor de amido. No L2, esta variável não apresentou efeito significativo dos tratamentos estudados, com valor médio de 0,089% (Tabela 44). De modo geral, os tubérculos provenientes do experimento realizado no L1 apresentaram maiores valores de açúcar redutor.

O teor de açúcar redutor é uma variável importante, principalmente em tubérculos de batata destinado ao processamento industrial, como é o caso da cv. Asterix. Alto teor dessa variável não é interessante por interferir na coloração da batata ao ser processada, tornando-a mais escura, reduzindo a qualidade do produto final (ARAÚJO et al., 2016). Segundo Braun et al. (2010), os teores de amido e açúcares podem variar pela ocorrência de hidrólises químicas e/ou enzimáticas, de modo a reduzir as quantidades de amido e aumentar as de açúcares, em função do tempo de armazenamento dos tubérculos, cultivar e grau de maturação dos tubérculos.

Assim como observado e relatado no experimento de casa de vegetação (Tabela 28), nesse estudo também foi possível observar que quando não foi aplicado Mg houve redução do teor de amido nos tubérculos, devido, possivelmente ao efeito deste nutrientes no transporte de carboidratos da fonte para o dreno, podendo, em condições de deficiência afetar a partição dos carboidratos entre parte aérea e raiz, acarretando no acúmulo destes nos cloroplastos (CAKMAK; HENGELER; MARSCHNER, 1994; EPSTEIN; BLOOM, 2004; HERMANS et al., 2004; CAKMAK; KIRKBY, 2008; MARENCO; LOPES, 2009; FERDOUS et al., 2014; SENBAYRAM et al., 2015; NAUMANN et al., 2020). Esse resultado corrobora com o obtido por Koch et al. (2019) que relatam que plantas com suprimento deficiente de Mg apresentaram rendimentos de amido significativamente menores, em comparação com plantas com suprimento suficiente.

4.2.9 Teor e exportação de Mg nos tubérculos na colheita

Nos experimentos realizados com a cv. Agata, o teor de Mg nos tubérculos apresentou efeito significativo das doses de Mg no L1 e da época de aplicação no L2 (Tabela 45). No L1, houve um aumento nessa variável até a dose estimada de 71,3 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 29A). No L2, independente da dose de Mg utilizada, o maior teor de Mg nos tubérculos foi obtido quando o fertilizante magnésiano foi aplicado na amontoa (1,4 g kg⁻¹). Quanto a exportação de Mg pelos tubérculos, houve efeito significativo da interação dos fatores (época de aplicação e dose de Mg) no L1 e das doses de Mg no L2 (Tabela 45). No L1, houve um efeito quadrático das doses de Mg nas duas épocas de aplicação, de modo que, quando o Mg foi aplicado no plantio, houve um aumento da exportação de Mg até a dose estimada

de 56,3 kg ha⁻¹ de Mg, atingindo o ponto máximo de 14 kg ha⁻¹ de Mg exportado pelos tubérculos, porém quando a aplicação foi realizada na época da amontoa, o aumento ocorreu até a dose estimada de 71,3 kg ha⁻¹ de Mg, atingindo o mesmo ponto máximo da época de plantio (Figura 30). No L2, o aumento das doses de Mg proporcionou acréscimo na exportação de Mg até a dose estimada de 69,5 kg ha⁻¹ de Mg, o que representa um acréscimo de 39% em relação ao tratamento sem Mg (Figura 29B).

Nos experimentos conduzidos com a cv. Asterix não houve efeito significativo dos tratamentos na variável teor de Mg nos tubérculos (em ambos os locais) e na exportação de Mg pelos tubérculos no L1 (Tabela 45). Em média, esta cultivar apresentou os valores de teor de Mg de 1,4 g kg⁻¹ no L1 e de 1,0 g kg⁻¹ no L2. Quanto a quantidade de Mg exportada pelos tubérculos, houve um efeito quadrático da regressão das doses no L2, com aumento da exportação até a dose estimada de 66,3 kg ha⁻¹ de Mg (Figura 29C). No L1, o valor médio de exportação foi de 12,4 kg ha⁻¹ de Mg.

Para a cv. Orchestra, as duas variáveis (teor e exportação de Mg nos tubérculos) foram influenciadas significativamente pelos fatores isolados, no L2 (Tabela 45). No L1, o valor médio apresentado por esta cultivar, para teor de Mg foi de 1,3 g kg⁻¹ de Mg e exportação de 10,9 kg ha⁻¹ de Mg. No L2, o maior teor e exportação de Mg foi obtido pelos tubérculos quando a aplicação de Mg foi realizada no plantio. Quanto ao efeito das doses de Mg, não houve ajuste significativo da regressão para ambas variáveis analisadas (Figuras 29D e 29E).

Tabela 45 - Teor e exportação de Mg nos tubérculos das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, na colheita, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento	Teor de Mg nos tubérculos		Exportação de Mg pelos tubérculos	
	L1	L2	L1	L2
	g kg ⁻¹		kg ha ⁻¹	
Agata				
Época ⁽²⁾				
Plantio	1,8a ⁽¹⁾	1,3b	11,9a	6,3a
Amontoa	1,8a	1,4a	12,8a	6,7a
Dose (kg ha ⁻¹)				
0	1,6	1,3	9,1	4,7
12,5	1,7	1,3	10,8	6,0
25	1,8	1,3	12,7	6,2
50	1,9	1,3	13,6	6,8
100	1,9	1,4	12,2	7,1
FV	<i>P > F</i>			
Época (E)	0,922	0,022	0,099	0,297
Dose (D)	0,002	0,181	<0,001	<0,001
D × E ⁽³⁾	0,089	0,634	0,031	0,554
CV (%)	9,8	10,9	12,8	16,5
Asterix				
Época ⁽²⁾				
Plantio	1,5a	1,0a	13,0a	5,9a
Amontoa	1,4a	1,1a	11,9a	6,3a
Dose (kg ha ⁻¹)				
0	1,4	1,0	11,7	4,8
12,5	1,4	1,0	12,1	5,6
25	1,4	1,1	12,6	6,6
50	1,5	1,1	12,8	6,1
100	1,5	1,1	12,4	5,9
FV	<i>P > F</i>			
Época (E)	0,145	0,099	0,061	0,304
Dose (D)	0,671	0,067	0,672	0,019
D × E ⁽³⁾	0,230	0,309	0,321	0,561
CV (%)	9,2	12,7	12,8	18,4
Orchestra				
Época ⁽²⁾				
Plantio	1,3a	1,5a	10,9a	10,3a
Amontoa	1,3a	1,2b	10,9a	8,2b
Dose (kg ha ⁻¹)				
0	1,2	1,3	9,3	8,0
12,5	1,3	1,4	10,9	9,2
25	1,3	1,5	10,8	10,6
50	1,3	1,2	10,9	8,8
100	1,3	1,2	10,9	8,4
FV	<i>P > F</i>			
Época (E)	0,619	<0,001	0,962	<0,001
Dose (D)	0,539	<0,001	0,424	0,004
D × E ⁽³⁾	0,297	0,151	0,389	0,988
CV (%)	8,5	7,8	18,5	14,1

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾O efeito principal da época de aplicação foi determinado considerando apenas as 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg). ⁽³⁾Interação considerando apenas o fatorial 2 épocas de aplicação × 4 doses de Mg (12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ Mg).

Figura 29 - Teor e exportação de Mg nos tubérculos das cultivares de batata Agata (A, teor e B, exportação), Asterix (C, exportação) e Orchestra (D, teor e E, exportação), em resposta as doses de Mg, em Itaí 2019 (A), Botucatu 2019 (B) e Botucatu 2020 (C, D e E)

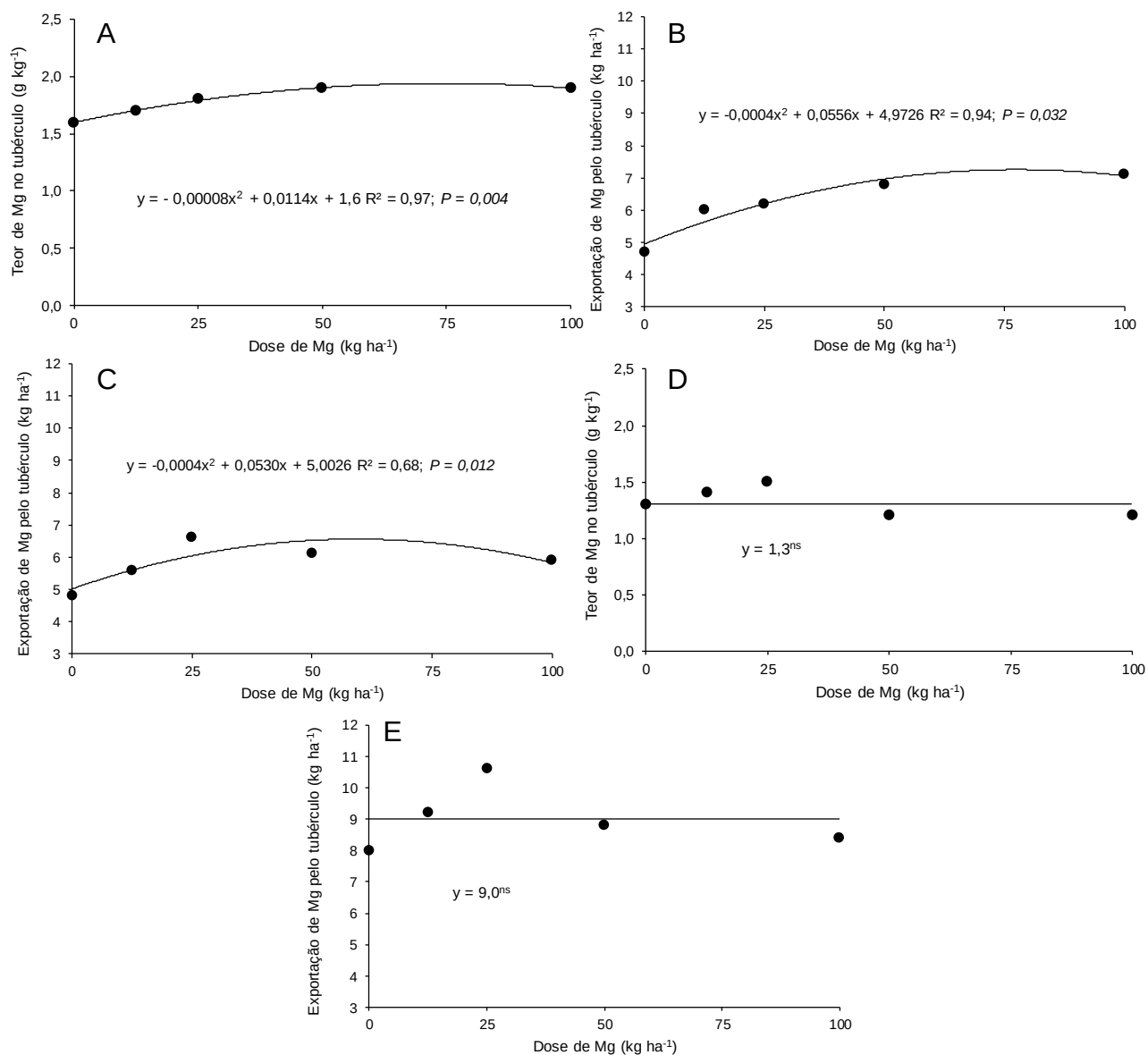
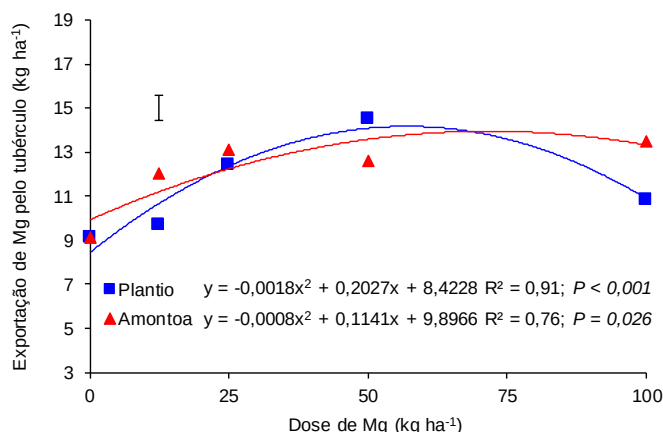


Figura 30 - Exportação de Mg nos tubérculos da cultivar de batata Agata, em resposta a épocas de aplicação e doses de Mg, em Itaipó 2019. A barra vertical indica diferença significativa de acordo com o teste LSD ($P \leq 0,05$) para épocas de aplicação nas doses de 12,5, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de Mg



Os tratamentos não interferiram na ocorrência de defeitos externos, bem como na aparência dos tubérculos colhidos, de todas as cultivares e experimentos.

4.3 Estudo III

4.3.1 Índice relativo de clorofila (SPAD)

Não houve efeito dos tratamentos no índice SPAD em nenhuma das três cultivares (Agata, Asterix e Orchestra), no L1, e nem na cv. Orchestra no L2, em nenhuma das épocas de avaliação (Tabela 46). Aos 58 DAE, no L1, as cultivares Agata, Asterix e Orchestra, apresentaram, respectivamente, valores médios de 43,1, 40,0 e 46,0 de índice SPAD, e a cv. Orchestra no L2 apresentou 47,0 de índice relativo de clorofila (SPAD).

No experimento realizado com a cv. Agata no L2, o índice SPAD foi influenciado pela forma de manejo do Mg nas avaliações realizadas aos 46 e 58 DAE (Tabela 46). Aos 46 DAE, o tratamento com aplicação da dose 50 kg ha⁻¹ de Mg parcelada em 75% no plantio e 25% na amontoa proporcionou maior valor desta variável, porém não diferiu estatisticamente dos tratamentos com parcelamento de 25% no plantio + 75% na amontoa e 100% da dose de Mg no plantio. Na avaliação de 58 DAE, o tratamento com aplicação de 50 kg ha⁻¹ de Mg na amontoa proporcionou maior valor de SPAD, diferindo estatisticamente apenas do tratamento controle (sem aplicação de Mg).

Tabela 46 - Índice relativo de clorofila (SPAD) das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento ⁽³⁾	Índice relativo de clorofila (SPAD)					
	L1			L2		
	30 DAE ⁽¹⁾	47 DAE	58 DAE	31 DAE	46 DAE	58 DAE
Agata						
Controle	42,2a ⁽²⁾	45,5a	43,6a	50,8a	45,1c	38,8b
50P + 0A	42,0a	46,0a	43,7a	50,4a	46,2bc	41,1a
37,5P + 12,5A	42,3a	45,4a	43,0a	50,5a	48,1a	40,4ab
25P + 25A	42,4a	45,5a	43,1a	49,8a	46,4bc	41,9a
12,5P + 37,5A	43,1a	45,4a	43,0a	50,1a	47,6ab	41,5a
0P + 50 A	42,5a	45,5a	42,3a	50,1a	46,7ab	42,0a
<i>P > F</i>	0,671	0,835	0,303	0,864	0,007	0,026
CV (%)	2,2	1,7	2,0	2,4	2,0	3,1
Asterix						
Controle	43,0a	43,8a	40,3a	46,5a	45,6a	41,5c
50P + 0A	42,8a	44,8a	39,5a	46,5a	45,3a	44,3b
37,5P + 12,5A	42,6a	44,8a	39,5a	47,2a	45,8a	44,0b
25P + 25A	42,5a	42,6a	40,4a	47,0a	46,0a	44,2b
12,5P + 37,5A	42,4a	43,7a	39,6a	46,1a	46,5a	44,2b
0P + 50 A	43,1a	43,5a	40,7a	47,8a	46,7a	45,7a
<i>P > F</i>	0,957	0,354	0,469	0,108	0,430	<0,001
CV (%)	3,1	3,4	2,7	1,7	2,3	2,1
Orchestra						
Controle	43,7a	46,0a	46,2a	51,5a	46,6a	45,7a
50P + 0A	44,5a	46,8a	46,6a	51,1a	49,2a	47,2a
37,5P + 12,5A	44,1a	46,2a	45,5a	50,3a	51,5a	47,1a
25P + 25A	43,7a	46,4a	44,8a	50,3a	50,2a	47,2a
12,5P + 37,5A	44,4a	47,3a	46,2a	51,6a	49,8a	47,1a
0P + 50 A	45,3a	46,2a	46,4a	50,7a	49,8a	47,8a
<i>P > F</i>	0,658	0,565	0,647	0,578	0,231	0,140
CV (%)	3,3	2,3	3,6	2,5	5,3	2,1

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orquestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾DAE: Dias após a emergência. ⁽²⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽³⁾P: Plantio; A: Amontoa.

Houve efeito significativo dos tratamentos no índice SPAD na avaliação de 58 DAE no experimento com a cv. Asterix, no L2 (Tabela 46). O maior índice SPAD foi obtido no tratamento com aplicação da dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg toda na amontoa, diferindo dos demais tratamentos.

Contudo, em todas as cultivares observou-se tendência de aumento no índice relativo de clorofila da primeira para a segunda avaliação, com posterior redução, o que pode estar relacionada a idade da planta, como sugerido por Busato et al. (2010). Porém, essa redução no estágio final na cultura foi menos expressiva na cv. Orchestra. A redução deste índice na avaliação aos 58 DAE pode estar associado ao fato da planta estar no período de senescência, que é o período em que ocorre a

mobilização dos nutrientes móveis, incluindo o N e o Mg associado às clorofilas (MARSCHNER, 2012; TAIZ; ZEIGER, 2013; TAIZ et al., 2017).

Neste estudo também não foi detectado efeitos visuais de deficiência de Mg em nenhuma cultivar e local de condução do experimento.

4.3.2 Teores de nutrientes nas folhas

Nos experimentos realizados com a cv. Agata, não houve efeito significativo das formas de manejo do Mg nos teores de N, P e K em nenhum dos locais (Tabela 47). No L1, esta cultivar apresentou valores médios de 63,8 g kg⁻¹ de N, 5,2 g kg⁻¹ de P e 70,1 g kg⁻¹ de K e no L2 de 55,0 g kg⁻¹ de N, 3,3 g kg⁻¹ de P e 63,3 g kg⁻¹ de K.

Nos experimentos com a cv. Asterix, apenas o teor do macronutriente N na folha diagnose foi influenciado pelos tratamentos no L2 (Tabela 47). O maior teor de N foi observado no tratamento com aplicação da dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg toda na amontoa, que diferiu apenas dos tratamentos referentes ao parcelamento desta dose em 50% no plantio + 50% na amontoa e controle. No L1, a cv. Asterix apresentou valores médios de 53,7 g kg⁻¹ de N, 3,3 g kg⁻¹ de P e 67,8 g kg⁻¹ de K e no L2 de 3,8 g kg⁻¹ de P e 71,1 g kg⁻¹ de K.

Nos experimentos com a cv. Orchestra, os tratamentos influenciaram significativamente os teores de P e K no L2 (Botucatu 2020) (Tabela 47). Os menores teores de P e K foram observados no tratamento sem aplicação de Mg (controle) e os maiores no tratamento com aplicação de 25 kg ha⁻¹ de Mg no plantio + 25 kg ha⁻¹ de Mg na amontoa. No L2, observou-se valor médio de 48,8 g kg⁻¹ de N e, no L1, valores de 56,3 g kg⁻¹ de N, 3,8 g kg⁻¹ de P e 66,9 g kg⁻¹ de K.

Em todas as cultivares/experimentos, o teor de N apresentava-se superior a faixa considerada adequada por Lorenzi et al. (1997) (40-50 g kg⁻¹ N) e enquadravam-se melhor na faixa proposta por Jones Junior (1991) (45-60 g kg⁻¹ N). O teor de P encontrava-se dentro da faixa considerada adequada por Lorenzi et al. (1997) e Jones Junior (1991) e abaixo do teor encontrado por Fernandes, Soratto e Silva (2011) para as cultivares Agata e Asterix. O teor de K apresentou, neste estudo, valores médios superiores ao limite máximo definido por Lorenzi et al. (1997) (65 g kg⁻¹ de K), porém inferiores ao valor mínimo considerado adequado por Jones Junior (1991) (93 g kg⁻¹ de K).

Tabela 47 - Teores de macronutrientes (N, P e K) na folha diagnose das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento ⁽²⁾	N		P		K	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2
g kg ⁻¹						
Agata						
Controle	63,2a ⁽¹⁾	55,7a	5,0a	3,3a	75,4a	62,3a
50P + 0A	64,8a	55,7a	5,4a	3,2a	73,0a	61,4a
37,5P + 12,5A	61,4a	52,6a	5,2a	3,3a	76,1a	58,5a
25P + 25A	65,6a	56,5a	5,3a	3,4a	69,4a	63,8a
12,5P + 37,5A	63,1a	55,5a	5,1a	3,4a	65,1a	68,6a
0P + 50 A	64,8a	54,2a	5,0a	3,3a	61,7a	65,0a
<i>P > F</i>	0,794	0,152	0,508	0,931	0,063	0,627
CV (%)	7,0	3,7	6,6	9,4	10,1	12,9
Asterix						
Controle	54,7a	46,4c	3,5a	3,6a	72,1a	69,1a
50P + 0A	54,4a	49,8ab	3,5a	3,8a	66,5a	71,2a
37,5P + 12,5A	52,3a	50,0ab	3,3a	3,9a	72,0a	74,0a
25P + 25A	53,7a	48,5bc	3,0a	3,8a	65,9a	72,0a
12,5P + 37,5A	52,5a	50,4ab	3,0a	4,1a	61,8a	71,0a
0P + 50 A	54,4a	51,6a	3,3a	3,8a	68,5a	69,6a
<i>P > F</i>	0,511	0,030	0,118	0,712	0,341	0,978
CV (%)	4,2	3,9	9,8	11,9	10,5	13,0
Orchestra						
Controle	56,3a	50,2a	3,7a	2,8c	63,7a	55,9b
50P + 0A	57,4a	46,4a	3,8a	2,9bc	70,5a	65,1ab
37,5P + 12,5A	56,0a	50,2a	3,9a	3,3ab	63,6a	73,0a
25P + 25A	58,9a	49,5a	3,9a	3,6a	69,3a	73,0a
12,5P + 37,5A	50,5a	49,9a	3,7a	3,4ab	65,8a	68,6a
0P + 50 A	58,7a	46,9a	3,7a	2,9bc	68,7a	67,3a
<i>P > F</i>	0,234	0,227	0,693	0,010	0,155	0,029
CV (%)	8,8	5,7	8,7	9,6	6,4	10,3

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orquestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾P: Plantio; A: Amontoa.

Nos experimentos conduzidos com a cv. Agata, houve efeito significativo das formas de manejo de Mg nos teores de Ca e Mg, nos L1 e L2 (Tabela 48). No L1, o maior teor de Ca (11,7 g kg⁻¹) foi observado nas folhas das plantas de batata que receberam a aplicação da dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg toda no plantio e o maior teor de Mg foi obtido com o parcelamento desta dose em 75% no plantio + 25% na amontoa (4,6 g kg⁻¹) e com 100% da dose no plantio (4,5 g kg⁻¹).

No L2, a cv. Agata apresentou o maior teor de Ca (9,4 g kg⁻¹) na folha diagnose com a aplicação parcelada da dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg em 50% no plantio + 50% na amontoa, diferindo apenas do tratamento com aplicação de 100% da dose no plantio (6,9 g kg⁻¹) (Tabela 48). Todos os tratamentos com aplicação de Mg proporcionaram maior teor de Mg nas folhas da batateira que o tratamento controle

(sem aplicação de Mg). O teor de S na folha diagnose desta cultivar foi de, aproximadamente, 4,1 g kg⁻¹ no L1 e 2,9 g kg⁻¹ no L2, em média.

Tabela 48 - Teores de macronutrientes (Ca, Mg e S) na folha diagnose das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento ⁽²⁾	Ca		Mg		S	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2
g kg ⁻¹						
Agata						
Controle	10,8ab ⁽¹⁾	8,8a	3,6c	3,5b	4,2a	2,6a
50P + 0A	11,7a	6,9b	4,5a	4,5a	4,4a	2,7a
37,5P + 12,5A	10,9ab	9,0a	4,6a	4,4a	4,2a	3,1a
25P + 25A	9,3b	9,4a	4,0bc	4,9a	4,3a	3,1a
12,5P + 37,5A	9,0b	8,2ab	4,2ab	4,6a	3,7a	3,0a
0P + 50 A	9,0b	8,6a	4,2ab	4,7a	4,0a	3,2a
P > F	0,040	0,040	0,004	0,004	0,424	0,183
CV (%)	13,0	11,3	7,3	9,2	12,1	12,3
Asterix						
Controle	9,4c	10,3a	4,1a	4,4a	3,4a	2,9a
50P + 0A	11,1abc	10,1a	4,4a	4,9a	3,2a	2,4a
37,5P + 12,5A	12,1ab	10,6a	4,3a	5,2a	3,5a	3,0a
25P + 25A	12,2ab	10,5a	4,4a	5,2a	3,3a	3,5a
12,5P + 37,5A	10,3bc	10,1a	4,0a	4,7a	3,4a	3,5a
0P + 50 A	12,8a	9,7a	4,8a	4,7a	3,3a	3,3a
P > F	0,019	0,947	0,163	0,223	0,564	0,106
CV (%)	11,6	13,5	9,6	10,2	7,8	18,2
Orchestra						
Controle	13,1a	14,4a	3,1c	4,6a	3,9a	4,2a
50P + 0A	12,5a	15,5a	4,1a	5,8a	4,3a	3,0b
37,5P + 12,5A	11,8a	13,9a	3,5b	5,2a	3,7a	2,7b
25P + 25A	11,2a	14,1a	3,4bc	5,2a	3,8a	3,2b
12,5P + 37,5A	11,3a	13,9a	3,5b	4,8a	4,0a	2,9b
0P + 50 A	11,8a	13,7a	3,3bc	4,7a	3,7a	3,0b
P > F	0,144	0,782	<0,001	0,528	0,125	0,002
CV (%)	9,0	13,9	6,6	19,5	8,2	12,7

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾P: Plantio; A: Amontoa.

Com a cv. Asterix, somente o teor de Ca na folha diagnose, no L1, foi influenciado pelas formas de manejo do Mg (Tabela 48). O menor teor deste nutriente (9,4 g kg⁻¹) foi observado no tratamento sem aplicação de Mg e o maior com aplicação de 50 kg ha⁻¹ de Mg todo na amontoa (12,8 g kg⁻¹). Os teores médios de Mg e S, no L1, foram de aproximadamente 4,3 g kg⁻¹ e 3,3 g kg⁻¹, respectivamente, enquanto no L2 foram de 10,2 g kg⁻¹ de Ca, 4,8 g kg⁻¹ de Mg e 3,1 g kg⁻¹ de S.

Nos experimentos realizados com a cv. Orchestra, as formas de manejo do Mg influenciaram significativamente os teores de Mg na folha no L1 e de S no L2 (Tabela 48). Foi observado maior teor de Mg ($4,1 \text{ g kg}^{-1}$) nas folhas das plantas com aplicação da dose de 50 kg ha^{-1} de Mg toda no plantio e o menor valor ($3,1 \text{ g kg}^{-1}$) obtido quando não foi aplicado Mg. Todos os tratamentos com aplicação de Mg proporcionaram maior teor de Mg nas folhas da batateira que o tratamento controle (sem aplicação de Mg). A cv. Orchestra apresentou, apesar de não significativo estatisticamente, valores médios de $11,9 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca e $3,9 \text{ g kg}^{-1}$ de S no L1 e de $14,2 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca e $5,0 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg no L2.

Os teores de Ca, Mg e S apresentaram variação entre os locais de condução dos experimentos e as cultivares (Tabela 48). O teor de Ca alcançou valores superiores ao limite máximo considerado adequado por Jones Junior (1991) (10 g kg^{-1} de Ca), mas inferior ao estabelecido por Lorenzi et al. (1997) (20 g kg^{-1} de Ca) e Fernandes, Soratto e Silva (2011) para as cultivares Agata e Asterix.

O teor de Mg, em todas as cultivares/experimentos, estavam dentro da faixa considerada adequada por Lorenzi et al. (1997) ($3,0\text{-}5,0 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg) e superior ao obtido por Fernandes, Soratto e Silva (2011) para as cultivares Agata e Asterix. A cv. Asterix também apresentou teores de S superior ao obtido por Fernandes, Soratto e Silva (2011), porém dentro da faixa considerada adequada por Lorenzi et al. (1997) ($2,5\text{-}5,0 \text{ g kg}^{-1}$ S), assim como as demais cultivares.

Houve efeito significativo das formas de manejo do Mg no teor do micronutriente B na folha diagnose no experimento com a cv. Agata e Orchestra, no L1 (Tabela 49).

O teor de B na cv. Agata foi maior ($25,7 \text{ mg kg}^{-1}$) com a aplicação da dose de 50 kg ha^{-1} de Mg toda em amontoa, diferindo dos demais tratamentos. No experimento com a cv. Orchestra, este nutriente apresentou maior valor ($29,9 \text{ mg kg}^{-1}$) quando não foi aplicado Mg. Apesar disso, todos os valores desse nutriente apresentaram-se menores do que o limite mínimo considerado adequado para a cultura da batata (25 mg kg^{-1} de B) (LORENZI et al., 1997).

O teor de Cu na folha diagnose não apresentou diferença significativa das formas de manejo do Mg em nenhuma das cultivares estudadas, porém apresentou valores muito superiores ao limite máximo considerado adequado para a cultura da batata (20 mg kg^{-1} de Cu) (LORENZI et al., 1997). Estes valores elevados podem ser explicados devido as aplicações recorrentes, durante o tratamento fitossanitário, de produtos que contem este nutriente na sua composição (Tabela 6, 7 e 8).

Tabela 49 - Teores de micronutrientes (B e Cu) na folha diagnose das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento ⁽²⁾	B		Cu	
	L1	L2	L1	L2
mg kg ⁻¹				
Agata				
Controle	22,0b ⁽¹⁾	21,8a	230,0a	340,7a
50P + 0A	22,7b	20,6a	228,6a	311,9a
37,5P + 12,5A	20,6b	23,1a	220,1a	271,4a
25P + 25A	20,6b	21,4a	235,8a	296,1a
12,5P + 37,5A	22,0b	22,8a	240,8a	311,9a
0P + 50 A	25,7a	20,3a	207,5a	233,6a
<i>P > F</i>	0,011	0,474	0,788	0,107
CV (%)	8,0	10,7	15,2	17,1
Asterix				
Controle	24,2a	23,7a	215,1a	503,9a
50P + 0A	23,4a	23,4a	259,7a	522,7a
37,5P + 12,5A	21,7a	23,6a	284,4a	522,5a
25P + 25A	23,2a	21,7a	272,3a	544,4a
12,5P + 37,5A	23,2a	21,2a	260,6a	494,6a
0P + 50 A	24,2a	21,6a	254,3a	474,6a
<i>P > F</i>	0,679	0,416	0,366	0,778
CV (%)	10,0	9,7	16,8	13,8
Orchestra				
Controle	29,9a	26,0a	279,7a	669,9a
50P + 0A	24,1b	26,0a	271,4a	701,3a
37,5P + 12,5A	24,4b	26,4a	290,9a	661,8a
25P + 25A	19,5c	25,6a	281,7a	688,5a
12,5P + 37,5A	21,7bc	24,9a	277,6a	636,3a
0P + 50 A	22,7bc	24,8a	273,4a	670,1a
<i>P > F</i>	<0,001	0,573	0,996	0,946
CV (%)	9,5	5,5	18,8	14,1

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾P: Plantio; A: Amontoa.

Houve efeito significativo das formas de manejo do Mg no teor do micronutriente Zn na folha diagnose na cv. Agata nos L1 e L2, cv. Asterix nos L1 e L2 e cv. Orchestra no L2 (Tabela 50).

Com a cv. Agata no L1, o maior valor do teor de Zn (74,6 mg kg⁻¹) foi obtido com o parcelamento da dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg em 75% no plantio + 25% na amontoa, diferindo apenas dos tratamentos com aplicação de 100% da dose no plantio e sem aplicação de Mg. No L2, o maior teor (29,0 mg kg⁻¹) deste nutriente foi obtido com o parcelamento da dose em 50% no plantio + 50% na amontoa.

Nos experimentos realizados com a cv. Asterix, o teor de Zn foi maior na folha diagnose das plantas que receberam aplicação de 100% da dose de 50 kg ha⁻¹ de

Mg no plantio (59,4 mg kg⁻¹) no L1, e de 50% no plantio + 50% na amontoa (52,5 mg kg⁻¹) no L2.

Com a cv. Orchestra no L2, o maior teor (82,9 mg kg⁻¹) deste nutriente foi observado nas folhas das plantas que não receberam aplicação de Mg.

Tabela 50 - Teores de micronutrientes (Fe, Mn e Zn) na folha diagnose das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento ⁽²⁾	Fe		Mn		Zn	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2
mg kg ⁻¹						
Agata						
Controle	340,8a ⁽¹⁾	308,6a	377,9a	119,3a	55,4b	24,5bc
50P + 0A	284,4a	310,5a	376,0a	121,3a	55,6b	23,6c
37,5P + 12,5A	319,4a	313,7a	353,2a	119,6a	74,6a	23,6c
25P + 25A	368,4a	323,1a	397,3a	118,3a	71,3a	29,0a
12,5P + 37,5A	358,5a	318,0a	406,0a	150,3a	73,8a	27,3ab
0P + 50 A	313,3a	336,1a	373,1a	117,5a	66,4ab	24,6bc
<i>P > F</i>	0,602	0,989	0,692	0,417	0,006	0,034
CV (%)	21,9	19,5	12,6	19,9	11,7	9,7
Asterix						
Controle	220,9a	216,2a	368,6a	393,7a	41,4c	26,0d
50P + 0A	188,6a	197,8a	431,1a	390,4a	59,4a	25,0d
37,5P + 12,5A	219,1a	198,3a	437,9a	451,7a	57,0ab	46,3b
25P + 25A	222,1a	197,7a	412,7a	431,7a	53,9ab	52,5a
12,5P + 37,5A	217,2a	195,1a	388,5a	397,8a	47,1bc	49,7ab
0P + 50 A	228,5a	197,1a	377,9a	384,3a	56,4ab	31,8c
<i>P > F</i>	0,882	0,933	0,558	0,581	0,014	<0,001
CV (%)	22,3	15,6	15,8	15,0	12,8	9,3
Orchestra						
Controle	229,4a	192,8a	578,7a	506,1a	61,2a	82,9a
50P + 0A	210,3a	196,6a	581,3a	554,8a	57,9a	60,8b
37,5P + 12,5A	200,7a	239,3a	528,9a	501,5a	51,2a	54,9bc
25P + 25A	199,5a	200,0a	480,0a	494,3a	57,6a	52,2c
12,5P + 37,5A	221,6a	197,8a	515,7a	480,3a	51,6a	42,3d
0P + 50 A	242,4a	193,2a	534,7a	487,5a	56,9a	56,9bc
<i>P > F</i>	0,728	0,488	0,615	0,660	0,427	<0,001
CV (%)	20,8	18,2	16,9	13,0	13,6	8,8

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾P: Plantio; A: Amontoa.

Observou-se, portanto, que as formas de parcelamento da dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg do fertilizante magnésiano (sulfato de magnésio monoidratado) auxiliaram no aumento ou na inibição da absorção de Zn pela planta, dependendo da cultivar e do local de condução do experimento. O teor de Zn em todas as cultivares/experimentos estava dentro da faixa considerada adequada por Lorenzi et al. (1997) que é de 20 a 60 mg kg⁻¹; contudo, o teor obtido na cv. Orchestra foram

maiores que os das cultivares Agata e Asterix, que apresentaram teores inferiores aos obtidos por Soratto, Fernandes e Souza-Schlick (2011).

Como observado neste estudo, a determinação das faixas de concentrações críticas dos nutrientes é desafiador, uma vez que podem variar entre cultivares e condição de cultivo e crescimento, além de estágio de avaliação e presença/ausência de nutrientes antagônicos.

4.3.3 Acúmulo e partição de matéria seca (MS) na planta

O acúmulo de MS na planta de batata, antes da dessecação, não foi afetado pelas formas de manejo do fertilizante magnesiano, em nenhuma das três cultivares e locais de realização dos experimentos (Tabela 51).

De modo geral, os tubérculos apresentaram maiores acúmulos de MS em relação aos demais órgãos da planta. Isso pode ser devido ao fato que nessa fase de avaliação, final do ciclo, os tubérculos já são os principais drenos da planta de batata, além de haver a senescência da parte aérea nesta fase e, portanto, alterações da distribuição da MS entre os órgãos da planta, havendo realocação de MS dos demais órgãos da planta para os tubérculos (CORASPE-LEÓN et al., 2009; SILVA et al., 2009; FERNANDES et al., 2010b). Contudo, apesar da ausência de diferenças estatísticas significativas, o manejo do Mg proporcionou incrementos positivos no acúmulo de MS na planta de batata.

A cv. Agata acumulou, em média, menor quantidade de MS nas partes da planta em relação às outras duas cultivares (Asterix e Orchestra); contudo este resultado pode está mais ligado a característica da cultivar do que dos tratamentos (Tabela 51). O acúmulo de MS nos tubérculos e total foram menores quando não foi aplicado Mg, mostrando um efeito positivo deste nutriente nesta variável, com aumentos, no L1, de 22% no acúmulo de MS nos tubérculos e 19% no total e no L2 de 38% nos tubérculos e 29% no total, ambos com aplicação de 100% da dose no plantio, em relação ao tratamento controle.

Tabela 51 - Matéria seca (MS) acumulada na parte aérea, tubérculos e total das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, antes da dessecação, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento ⁽²⁾	Parte aérea		Tubérculos		Total	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2
kg ha ⁻¹						
Agata						
Controle	1.472a ⁽¹⁾	934a	5.649a	3.686a	7.121a	4.620a
50P + 0A	1.577a	889a	6.907a	5.087a	8.484a	5.976a
37,5P + 12,5A	1.125a	789a	5.924a	4.614a	7.049a	5.403a
25P + 25A	1.512a	813a	6.113a	4.767a	7.625a	5.580a
12,5P + 37,5A	1.283a	732a	6.328a	4.936a	7.611a	5.668a
0P + 50 A	1.347a	836a	6.624a	4.979a	7.971a	5.815a
<i>P > F</i>	0,289	0,714	0,205	0,055	0,214	0,209
CV (%)	20,6	22,6	11,4	13,1	11,0	13,6
Asterix						
Controle	1.041a	1.336a	7.924a	4.875a	8.965a	6.211a
50P + 0A	830a	1.214a	8.498a	5.466a	9.328a	6.680a
37,5P + 12,5A	860a	1.547a	7.975a	5.685a	8.835a	7.232a
25P + 25A	796a	1.238a	8.193a	5.421a	8.989a	6.659a
12,5P + 37,5A	1.038a	1.397a	8.580a	5.383a	9.618a	6.780a
0P + 50 A	929a	1.376a	7.811a	5.562a	8.740a	6.938a
<i>P > F</i>	0,271	0,561	0,906	0,889	0,914	0,841
CV (%)	19,3	19,9	14,2	18,1	13,6	15,9
Orchestra						
Controle	892a	1.428a	7.000a	6.007a	7.892a	7.435a
50P + 0A	881a	1.503a	8.476a	6.829a	9.357a	8.332a
37,5P + 12,5A	858a	1.558a	8.316a	7.187a	9.174a	8.745a
25P + 25A	1.107a	1.468a	8.239a	6.574a	9.346a	8.042a
12,5P + 37,5A	906a	1.426a	8.114a	6.435a	9.020a	7.861a
0P + 50 A	877a	1.362a	7.729a	7.246a	8.606a	8.608a
<i>P > F</i>	0,594	0,936	0,689	0,715	0,723	0,790
CV (%)	23,2	18,9	17,3	18,5	16,9	17,4

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orquestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾P: Plantio; A: Amontoa.

A cv. Asterix acumulou maior valor médio de MS nos tubérculos (8.164 kg ha⁻¹) e total (9.079 kg ha⁻¹) entre as três cultivares no L1, resultado que também pode ter sido influenciada pelas características intrínsecas da cultivar, destinada ao mercado industrial, e condições de cultivo. O incremento no acúmulo de MS na planta nesta cultivar foi menos expressivo que as cultivares Agata e Orchestra. No L1, houve incremento máximo de 8% no acúmulo de MS nos tubérculos e 7% no total com aplicação parcelada da dose de 50 kg ha⁻¹ em 25% no plantio + 75% na amontoa e no L2 de 17% nos tubérculos e 16% no total, com parcelamento da dose em 75% no plantio + 25% na amontoa, em relação ao tratamento controle.

Nos experimentos com a cv. Orchestra houve maior valor médio de acúmulo de MS em todas as partes da planta e total, no L2, em relação as demais cultivares estudadas. Nesta cultivar, os incrementos com o manejo do Mg foram muito próximos entre os locais de condução dos experimentos. No L1, o manejo do Mg com aplicação de 100% da dose no plantio proporcionou aumento de 21% no acúmulo de MS nos tubérculos e 18% no acúmulo de MS total; no L2, o maior incremento de MS nos tubérculos (20%) foi obtido com aplicação de 100% da dose na amontoa, já o maior acúmulo de MS total (18%) foi obtido com parcelamento da dose em 75% no plantio + 25% na amontoa.

4.3.4 Teor e exportação de Mg na planta

Nos experimentos conduzidos com a cv. Agata, houve efeito da forma de manejo do Mg no teor de Mg nos tubérculos no L1, sendo o maior teor encontrado no tratamento com parcelamento da dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg em 25% no plantio + 75% na amontoa e o menor teor foi obtido quando foi realizada a aplicação de 100% da dose no plantio (Tabela 52).

Com a cv. Asterix houve efeito dos tratamentos no teor de Mg nos tubérculos no experimento realizado no L2, de modo que os menores resultado foram obtidos somente quando foi realizada a aplicação de 100% da dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg no plantio e quando não foi aplicado Mg (controle) (Tabela 52).

Nos experimentos conduzidos com a cv. Orchestra, as formas de manejo do Mg influenciaram significativamente o teor de Mg na parte aérea e no tubérculo somente no L2 (Tabela 52). Os menores valores para ambas variáveis foram obtidos com a aplicação de 100% da dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg na amontoa.

Tabela 52 - Teor de Mg na parte aérea e tubérculos das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, antes da dessecação, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento ⁽²⁾	Parte aérea		Tubérculos	
	L1	L2	L1	L2
g kg ⁻¹				
Agata				
Controle	2,83a ⁽¹⁾	3,60a	1,12cd	1,10a
50P + 0A	3,40a	4,30a	1,04d	1,20a
37,5P + 12,5A	2,94a	4,00a	1,20c	1,20a
25P + 25A	3,15a	3,90a	1,32ab	1,10a
12,5P + 37,5A	2,96a	4,10a	1,33a	1,20a
0P + 50 A	3,47a	4,30a	1,21bc	1,20a
<i>P > F</i>	0,338	0,758	<0,001	0,538
CV (%)	15,0	18,4	5,8	7,8
Asterix				
Controle	3,86a	4,70a	0,98a	0,97b
50P + 0A	4,81a	5,16a	0,99a	1,00b
37,5P + 12,5A	4,62a	5,07a	1,05a	1,23a
25P + 25A	4,47a	5,10a	1,07a	1,36a
12,5P + 37,5A	5,03a	4,97a	1,05a	1,38a
0P + 50 A	4,65a	4,97a	1,05a	1,21a
<i>P > F</i>	0,057	0,946	0,354	0,002
CV (%)	10,5	16,5	6,6	11,5
Orchestra				
Controle	2,87a	6,63a	1,18a	1,31ab
50P + 0A	3,47a	6,41a	1,29a	1,25abc
37,5P + 12,5A	3,27a	6,27a	1,20a	1,42a
25P + 25A	3,30a	5,79a	1,15a	1,21abc
12,5P + 37,5A	3,23a	6,27a	1,18a	1,21bc
0P + 50 A	3,54a	3,62b	1,18a	1,05c
<i>P > F</i>	0,460	<0,001	0,372	0,044
CV (%)	14,5	12,8	7,1	11,3

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itai 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itai 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾P: Plantio; A: Amontoa.

Houve efeito significativo das formas de manejo do Mg na quantidade de Mg acumulado somente nos tubérculos da cv. Asterix e na parte aérea e total da cv. Orchestra no L2 (Tabela 53).

Apesar da ausência de diferença estatística significativa, na cv. Agata observou incrementos de 26% (100% da dose no plantio), 33% (25% no plantio + 75% na amontoa) e 23% (50% no plantio + 50% na amontoa) na quantidade de Mg acumulado na parte aérea, tubérculos e total, respectivamente, no L1 (Tabela 53). No L2, a aplicação de 100% da dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg no plantio aumentou a quantidade de Mg acumulada em 12, 49 e 32%, na parte aérea, tubérculos e total, respectivamente, em relação ao tratamento sem aplicação de Mg. No experimento realizado no L2 com a cv. Asterix, os tratamentos com parcelamento da dose em

50% no plantio + 50% na amontoa e 25% no plantio + 75% na amontoa proporcionaram maiores teores de Mg acumulado nos tubérculos. Já com a cv. Orchestra, também no L2, o maior teor de Mg acumulado na parte aérea e total foi obtido com o tratamento referente ao parcelamento da dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg em 75% no plantio + 25% na amontoa.

Tabela 53 - Quantidade de Mg acumulado na parte aérea, tubérculos e total das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, antes da dessecação, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento ⁽²⁾	Parte aérea		Tubérculos		Total	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2
kg ha ⁻¹						
Agata						
Controle	4,2a ⁽¹⁾	3,4a	6,3a	4,1a	10,5a	7,5a
50P + 0A	5,3a	3,8a	7,5a	6,1a	12,8a	9,9a
37,5P + 12,5A	3,3a	3,1a	7,1a	5,4a	10,4a	8,5a
25P + 25A	4,8a	3,2a	8,1a	5,4a	12,9a	8,6a
12,5P + 37,5A	4,0a	3,1a	8,4a	5,7a	12,4a	8,8a
0P + 50 A	4,7a	3,6a	8,1a	6,1a	12,8a	9,7a
<i>P > F</i>	0,237	0,920	0,121	0,091	0,260	0,428
CV (%)	26,6	32,7	14,0	17,4	16,5	19,1
Asterix						
Controle	4,1a	6,3a	7,7a	4,7c	11,8a	11,0a
50P + 0A	4,0a	6,2a	8,5a	5,5bc	12,5a	11,7a
37,5P + 12,5A	3,9a	8,1a	8,3a	7,0ab	12,2a	15,1a
25P + 25A	3,6a	6,3a	8,7a	7,4a	12,3a	13,7a
12,5P + 37,5A	5,2a	6,8a	9,0a	7,3a	14,2a	14,1a
0P + 50 A	4,3a	6,9a	8,1a	6,6ab	12,4a	13,5a
<i>P > F</i>	0,214	0,793	0,681	0,018	0,400	0,179
CV (%)	21,8	31,1	13,7	17,1	13,2	17,7
Orchestra						
Controle	2,5a	9,5a	8,2a	7,8a	10,7a	17,3ab
50P + 0A	2,9a	8,2ab	10,9a	8,6a	13,8a	16,8ab
37,5P + 12,5A	2,8a	9,8a	10,0a	10,2a	12,8a	20,0a
25P + 25A	3,6a	7,2b	9,6a	7,9a	13,2a	15,1bc
12,5P + 37,5A	2,9a	8,8ab	9,6a	7,7a	12,5a	16,5abc
0P + 50 A	3,1a	4,9c	9,2a	7,8a	12,3a	12,7c
<i>P > F</i>	0,641	0,003	0,472	0,427	0,552	0,028
CV (%)	29,4	18,1	19,2	22,2	18,3	15,9

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orquestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾P: Plantio; A: Amontoa.

Apesar da ausência de efeito significativo, de modo geral, as quantidades de Mg acumuladas pelas plantas de batata, em todos os experimentos/cultivares, foram numericamente maiores que no tratamento controle. A ausência de diferenças significativas entre os tratamentos pode estar relacionada aos teores iniciais de Mg

no solo considerados altos (Tabela 3); contudo, os resultados sugerem que o sulfato de magnésio monoidratado pode ser utilizado como fonte de Mg para a cultura da batata, tanto aplicando dose total no sulco de plantio ou por ocasião da amontoa, e/ou com parcelamento da dose (plantio + amontoa). Observa-se neste estudo que, assim como relatado por Fernandes, Soratto e Silva (2011) e Fernandes (2021), há variação quanto a quantidade de Mg acumulada nos tubérculos em função da cultivar e local de cultivo.

Estes resultados demonstram que, além da dose de Mg utilizada (estudos I e II), a forma de manejo desta dose também interfere no teor e quantidade de Mg absorvida pela planta de batata.

4.3.5 População de plantas, número de hastes e tubérculos por planta e, peso médio de tubérculo

Não houve efeito das formas de manejo de Mg nas variáveis população de plantas, hastes e tubérculos por planta e peso médio de tubérculo da cultura da batata, em nenhuma das cultivares ou local (Tabela 54).

Na cv. Agata cultivada no L1, verificou-se, em média 43.403 plantas ha^{-1} (3,5 plantas m^{-1}), 1,9 hastes planta $^{-1}$, 10,6 tubérculos planta $^{-1}$ e peso médio de tubérculos de 107,4 g. No L2, os valores médios destas variáveis foram de 41.667 plantas ha^{-1} (3,3 plantas m^{-1}), 3,1 hastes planta $^{-1}$, 8,3 tubérculos planta $^{-1}$ e peso médio de tubérculos de 91,9 g. A cv. Asterix apresentou, no L1, em média 44.444 plantas ha^{-1} (3,5 plantas m^{-1}), 6,5 hastes planta $^{-1}$, 15,5 tubérculos planta $^{-1}$ e peso médio de tubérculos de 71,8 g. No L2, os valores foram de 38.195 plantas ha^{-1} (3,0 plantas m^{-1}), 4,9 hastes planta $^{-1}$, 7,3 tubérculos planta $^{-1}$ e peso médio de tubérculos de 112,8 g. Para a cv. Orchestra no L1, foram observados valores médios de 43.576 plantas ha^{-1} (3,4 plantas m^{-1}), 3,7 hastes planta $^{-1}$, 14,1 tubérculos planta $^{-1}$ e peso médio de tubérculos de 100,3 g, e no L2, 38.892 plantas ha^{-1} (3,1 plantas m^{-1}), 4,3 hastes planta $^{-1}$, 8,9 tubérculos planta $^{-1}$ e peso médio de tubérculos de 144,0 g.

A cv. Asterix apresentou um alto número de hastes por planta, o que pode ser resultado das condições de brotação do tubérculo-semente dessa cultivar no plantio, como relatam Feltran e Lemos (2005).

Como verificado o estudo II, neste estudo também foi observado uma relação entre o número de hastes, tubérculos por planta e o peso médio dos tubérculos

(SOUZA, 2003; FERNANDES et al., 2010b). Considerando que a cultura da batata apresenta compensação entre estas variáveis, as cultivares com maior número de hastes e tubérculo por planta produziram, conseqüentemente, tubérculos menores.

No geral, apesar da ausência de diferença estatística significativa, todas as formas de manejo da dose de 50 kg ha⁻¹ proporcionaram tendências de incrementos nestas variáveis em relação a não aplicação de Mg.

Tabela 54 - População de plantas, hastes e tubérculos por planta e peso médio de tubérculo das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento ⁽²⁾	População de plantas		Hastes por planta		Tubérculos por planta		Peso médio de tubérculo	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
	- nº plantas ha ⁻¹ -		- nº hastes pl ⁻¹ -		- nº tub. pl ⁻¹ -		— g —	
Agata								
Controle	43.750a ⁽¹⁾	40.625a	1,8a	3,0a	9,9a	7,3a	100,2a	85,6a
50P + 0A	44.792a	42.708a	1,8a	3,2a	11,4a	8,6a	105,7a	92,1a
37,5P + 12,5A	43.750a	41.667a	2,0a	3,1a	10,9a	8,1a	101,6a	93,3a
25P + 25A	42.708a	41.667a	1,8a	3,1a	10,4a	8,2a	105,0a	93,4a
12,5P + 37,5A	42.708a	42.708a	2,0a	3,1a	10,5a	8,8a	112,6a	90,4a
0P + 50 A	42.708a	40.625a	1,9a	3,1a	10,6a	8,7a	119,2a	96,3a
P > F	0,973	0,506	0,790	0,961	0,754	0,748	0,214	0,736
CV (%)	9,8	4,7	16,0	10,3	13,6	18,3	10,5	10,6
Asterix								
Controle	43.750a	37.500a	6,0a	5,0a	15,6a	6,9a	67,9a	112,1a
50P + 0A	43.750a	38.542a	6,8a	4,7a	16,7a	6,9a	72,1a	119,3a
37,5P + 12,5A	43.750a	38.542a	6,2a	5,1a	14,6a	7,5a	74,0a	111,2a
25P + 25A	45.833a	37.500a	6,9a	4,7a	15,0a	7,6a	70,9a	112,4a
12,5P + 37,5A	45.833a	37.500a	6,7a	4,8a	15,5a	7,3a	74,1a	113,9a
0P + 50 A	43.750a	39.583a	6,4a	4,9a	15,6a	7,6a	71,6a	108,0a
P > F	0,953	0,975	0,518	0,970	0,835	0,948	0,875	0,947
CV (%)	10,6	11,3	11,3	16,0	14,5	19,2	10,9	14,0
Orchestra								
Controle	43.750a	39.583a	3,7a	4,2a	14,3a	8,5a	90,3a	137,5a
50P + 0A	42.708a	39.606a	3,7a	4,5a	14,0a	8,9a	105,3a	139,0a
37,5P + 12,5A	44.792a	38.574a	3,7a	4,5a	13,9a	9,2a	101,0a	150,0a
25P + 25A	42.708a	38.547a	3,7a	4,2a	14,1a	9,1a	109,8a	141,8a
12,5P + 37,5A	42.708a	38.499a	3,8a	4,2a	14,8a	8,5a	97,7a	145,4a
0P + 50 A	44.792a	38.542a	3,6a	4,4a	13,3a	9,1a	97,6a	150,3a
P > F	0,827	0,989	0,940	0,990	0,951	0,891	0,236	0,689
CV (%)	7,3	8,5	8,0	19,2	15,3	12,8	10,9	9,3

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾P: Plantio; A: Amontoa.

4.3.6 Produtividade e classificação dos tubérculos

Houve influência significativa da forma de manejo do Mg somente na produtividade de tubérculos da classe especial da cv. Orchestra, no L1 (Itaí 2019)

(Tabela 55). A maior produtividade ($54.974 \text{ kg ha}^{-1}$) foi obtida com o parcelamento da dose de 50 kg ha^{-1} de Mg em 50% no plantio + 50% na amontoa, o qual diferiu do tratamento controle (sem aplicação de Mg) e dos tratamentos com aplicação da maior parte ou de todo o Mg na amontoa (25% no plantio + 75% na amontoa e 100% na amontoa).

No experimento com a cv. Agata no L1 (Itaí 2019) observou-se que o tratamento com aplicação de 100% da dose de 50 kg ha^{-1} de Mg na amontoa proporcionou produtividade total de tubérculos de 9.961 kg ha^{-1} (23%) e produtividade de especial de $11.262 \text{ kg ha}^{-1}$ (31%) a mais que o controle (sem aplicação de Mg). No L2 (Botucatu 2019) este mesmo tratamento (100% da dose na amontoa) proporcionou produtividade total de tubérculos de 8.084 kg ha^{-1} (32%) a mais que o controle, e o tratamento com parcelamento da dose em 25% no plantio + 75% na amontoa proporcionou produtividade de especial de 5.610 kg ha^{-1} (26%) a mais que o tratamento sem aplicação de Mg (controle) (Tabela 55 e 56). Nesse experimento os tratamentos adubados com Mg proporcionaram, em média, produtividades total e especial 28,2 e 21,7% a mais que o tratamento controle, respectivamente.

No experimento com a cv. Asterix no L1 (Itaí 2019), o tratamento com aplicação de 100% da dose no plantio proporcionou produtividade total de tubérculos de 5.674 kg ha^{-1} (12%) e produtividade de especial de 4.435 kg ha^{-1} (18%) a mais que o tratamento sem aplicação de Mg. No L2 (Botucatu 2020), o tratamento com aplicação de 100% da dose na amontoa proporcionou aumento na produtividade total de tubérculos de 2.623 kg ha^{-1} e o tratamento com aplicação de 100% da dose no plantio proporcionou na produtividade de especial um aumento de 2.766 kg ha^{-1} , produtividades relativas 9% e 14% a mais que o controle, respectivamente (Tabelas 55 e 56).

Com a cv. Orchestra no experimento realizado no L1 (Itaí 2019), o tratamento com parcelamento da dose de 50 kg ha^{-1} de Mg em 50% no plantio + 50% na amontoa proporcionou produtividade total de tubérculos de 7.871 kg ha^{-1} (14%) a mais que o controle. Enquanto no L2 (Botucatu 2020) houve um aumento na produtividade total de 6.958 kg ha^{-1} com o tratamento referente ao parcelamento da dose em 75% no plantio + 25% na amontoa, ou seja, 15% a mais em relação ao tratamento controle (Tabelas 55 e 56).

Tabela 55 - Produtividade de tubérculos total e das classes especial, primeira e segunda das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento ⁽²⁾	Total		Especial		Primeira		Segunda	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
kg ha ⁻¹								
Agata								
Controle	43.075a ⁽¹⁾	25.423a	36.358a	21.900a	5.527a	3.052a	1.029a	402a
50P + 0A	52.477a	33.403a	46.135a	26.230a	5.125a	6.171a	1.094a	923a
37,5P + 12,5A	47.561a	31.465a	41.307a	26.373a	5.054a	4.433a	1.000a	644a
25P + 25A	46.102a	31.378a	41.027a	26.769a	4.265a	4.339a	677a	258a
12,5P + 37,5A	50.633a	33.250a	44.469a	27.510a	5.300a	5.075a	760a	575a
0P + 50 A	53.036a	33.507a	47.620a	26.347a	4.456a	6.273a	840a	844a
<i>P > F</i>	0,213	0,128	0,140	0,404	0,882	0,106	0,478	0,148
CV (%)	12,6	13,7	13,6	14,8	34,2	33,6	37,8	60,0
Asterix								
Controle	45.939a	29.005a	24.603a	20.156a	17.227a	8.269a	3.581a	521a
50P + 0A	51.613a	31.279a	29.038a	22.922a	18.419a	7.316a	3.821a	911a
37,5P + 12,5A	46.069a	31.403a	29.021a	22.343a	14.117a	8.220a	2.633a	788a
25P + 25A	48.165a	31.043a	26.431a	22.350a	17.713a	7.907a	3.637a	739a
12,5P + 37,5A	50.730a	30.729a	28.259a	22.806a	18.113a	7.018a	3.967a	803a
0P + 50 A	48.496a	31.628a	28.585a	22.384a	16.398a	8.097a	3.110a	1.087a
<i>P > F</i>	0,479	0,912	0,648	0,744	0,128	0,733	0,167	0,097
CV (%)	9,9	11,5	15,6	12,5	13,0	17,8	21,3	30,7
Orchestra								
Controle	55.503a	45.660a	45.411d	39.766a	8.267a	5.304a	1.477a	502a
50P + 0A	61.626a	48.021a	53.151ab	42.157a	7.035a	5.301a	1.217a	480a
37,5P + 12,5A	61.364a	52.618a	51.930abc	46.955a	7.883a	4.931a	1.287a	666a
25P + 25A	63.374a	49.036a	54.974a	43.151a	7.002a	5.006a	1.210a	849a
12,5P + 37,5A	60.753a	47.570a	49.630bcd	42.437a	9.440a	4.542a	1.421a	563a
0P + 50 A	57.316a	51.709a	47.505cd	46.217a	7.992a	4.539a	1.502a	866a
<i>P > F</i>	0,138	0,203	0,013	0,156	0,571	0,875	0,795	0,328
CV (%)	7,0	8,3	6,9	9,0	25,5	23,5	28,3	46,2

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾P: Plantio; A: Amontoa.

Tabela 56 - Produtividade relativa de tubérculos total e da classe especial das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento ⁽¹⁾	Total		Especial	
	L1	L2	L1	L2
%				
Agata				
Controle	100	100	100	100
50P + 0A	122	131	127	120
37,5P + 12,5A	110	124	114	120
25P + 25A	107	123	113	122
12,5P + 37,5A	118	131	122	126
0P + 50 A	123	132	131	120
Asterix				
Controle	100	100	100	100
50P + 0A	112	108	118	114
37,5P + 12,5A	100	108	118	111
25P + 25A	105	107	107	111
12,5P + 37,5A	110	106	115	113
0P + 50 A	106	109	116	111
Orchestra				
Controle	100	100	100	100
50P + 0A	111	105	117	106
37,5P + 12,5A	111	115	114	118
25P + 25A	114	107	121	109
12,5P + 37,5A	109	104	109	107
0P + 50 A	103	113	105	116

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾P: Plantio; A: Amontoa.

Apesar de não apresentarem diferenças significativas entre os tratamentos, as cultivares, de modo geral, apresentaram respostas diferentes quanto a forma de manejo do Mg (Tabelas 55). Os resultados sugerem que a cv. Agata é mais responsiva a aplicação de Mg do que as cultivares Orchestra e Asterix, mesmo em solo com teores de Mg considerados altos (Tabela 3).

Além das doses de Mg, como constatado no estudo II (Tabela 41), a forma de manejo dessas doses utilizadas também pode proporcionar incrementos na produtividade de tubérculos da planta de batata, garantindo o melhor aproveitamento pela cultura, como observado com os resultados deste estudo. Contrariando os resultados observados por Allison, Fowler e Allen (2001), com base em diversos estudos realizados na Inglaterra, a dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg proporciona incrementos positivos na produtividade de tubérculos de batata apesar do alto teor de Mg no solo.

4.3.7 Firmeza da polpa, sólidos solúveis e matéria seca (MS) nos tubérculos

Não houve efeito das formas de manejo do Mg na firmeza da polpa, no teor de sólidos solúveis e na porcentagem de MS nos tubérculos colhidos em nenhum dos experimentos/cultivares (Tabela 57).

Tabela 57 - Firmeza da polpa, sólidos solúveis e matéria seca (MS) dos tubérculos das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento ⁽²⁾	Firmeza da polpa		Sólidos solúveis		MS nos tubérculos	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2
	——— Newton ———		——— °Brix ———		—— % da matéria fresca ——	
	Agata					
Controle	10,1a ⁽¹⁾	9,4a	4,9a	5,6a	13,1a	14,6a
50P + 0A	9,9a	9,8a	4,8a	5,2a	13,6a	15,7a
37,5P + 12,5A	9,9a	9,8a	5,0a	5,2a	13,4a	15,3a
25P + 25A	9,8a	9,8a	5,1a	4,9a	13,5a	15,2a
12,5P + 37,5A	10,2a	9,7a	4,9a	4,8a	13,4a	15,4a
0P + 50 A	10,0a	9,6a	5,0a	5,5a	13,4a	15,3a
<i>P > F</i>	0,804	0,573	0,808	0,165	0,988	0,145
CV (%)	4,2	4,1	6,4	8,4	4,9	3,4
	Asterix					
Controle	13,5a	13,9a	5,1a	4,7a	18,2a	17,0a
50P + 0A	13,6a	14,5a	5,3a	5,0a	17,6a	17,7a
37,5P + 12,5A	13,4a	14,5a	4,9a	5,0a	17,9a	17,7a
25P + 25A	13,8a	14,5a	5,1a	4,7a	17,9a	17,7a
12,5P + 37,5A	13,6a	14,4a	5,1a	4,8a	18,3a	17,5a
0P + 50 A	14,2a	14,7a	5,1a	4,7a	17,2a	17,5a
<i>P > F</i>	0,851	0,241	0,759	0,712	0,538	0,751
CV (%)	6,8	3,1	6,5	6,9	4,7	4,0
	Orchestra					
Controle	11,6a	11,4a	4,4a	4,6a	13,6a	13,4a
50P + 0A	11,7a	12,6a	4,6a	4,5a	14,6a	14,4a
37,5P + 12,5A	11,5a	12,1a	4,6a	4,6a	14,5a	14,1a
25P + 25A	11,2a	12,4a	4,6a	4,1a	13,9a	13,7a
12,5P + 37,5A	11,6a	12,0a	4,6a	4,6a	14,0a	13,9a
0P + 50 A	11,7a	12,4a	4,6a	4,5a	13,9a	14,1a
<i>P > F</i>	0,319	0,084	0,912	0,210	0,862	0,673
CV (%)	3,1	4,4	7,1	6,9	8,7	5,8

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orquestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾P: Plantio; A: Amontoa.

Nos experimentos conduzidos com a cv. Agata no L1, obteve-se médias de 10,0 N, 5,0 °Brix e 13,4% MS nos tubérculos; e no L2 9,7 N, 5,2 °Brix e 15,3% MS nos tubérculos. Os valores obtidos neste estudo para a firmeza da polpa dos tubérculos e sólidos solúveis foram, em média, 45% e 18% maiores que os encontrados por Fernandes et al. (2010a) e Evangelista et al. (2011),

respectivamente, contudo a MS apresentou valores semelhantes aos obtidos por estes autores para esta mesma cultivar.

Com a cv. Asterix no L1, as médias para estas variáveis (firmeza, sólidos solúveis e MS nos tubérculos) foram de 13,7 N, 5,1 °Brix e 17,9% de MS nos tubérculos e no 14,4 N, 4,8 °Brix e 17,5% de MS nos tubérculos. Com esta mesma cultivar, Fernandes et al. (2010a) e Evangelista et al. (2011) obtiveram valores de firmeza de 9,31 N e 8,81 N, 51% e 59% menores que os obtidos neste estudo, respectivamente.

A cv. Orchestra no L1 apresentou valores médios de 11,6 N, 4,6 °Brix e 14,1% de MS. No L2, esta cultivar apresentou média de 12,2 N, 4,5 °Brix e 13,9% de MS nos tubérculos.

4.3.8 Teor de amido e açúcar redutor nos tubérculos da cultivar Asterix

Nos experimentos realizados com a cultivar Asterix houve efeito significativo da forma de manejo do Mg apenas no teor de amido no L2 e no teor de açúcar redutor no L1 (Tabela 58). Em relação ao teor de amido nos tubérculos no L2, o menor teor foi obtido no tratamento sem aplicação de Mg. Quanto ao teor de açúcar redutor no L1, o tratamento sem aplicação de Mg (controle) proporcionou maior teor de açúcar redutor, e conseqüentemente, apesar de ausência de diferença significativa, menor teor de amido.

Tabela 58 - Teores de amido e açúcar redutor nos tubérculos da cultivar de batata Asterix, na colheita, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento ⁽²⁾	Amido		Açúcar redutor	
	L1	L2	L1	L2
% matéria fresca				
Asterix				
Controle	11,3a ⁽¹⁾	7,4b	0,34a	0,09a
50P + 0A	12,7a	9,3a	0,16b	0,11a
37,5P + 12,5A	12,2a	9,1a	0,17b	0,08a
25P + 25A	12,7a	8,6ab	0,17b	0,09a
12,5P + 37,5A	12,9a	9,6a	0,22b	0,09a
0P + 50 A	12,0a	9,9a	0,20b	0,09a
<i>P > F</i>	0,128	0,043	0,003	0,541
CV (%)	6,7	11,2	26,7	24,9

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itaí 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾P: Plantio; A: Amontoa.

Observa-se com esses resultados que o menor teor de amido e consequentemente maior teor de açúcar redutor foi obtido quando não foi realizada fertilização com Mg, resultado também observado nos estudos I (Tabela 28) e II (Tabela 44), segundo Koch et al. (2020b) o baixo suprimento de Mg pode ocasionar aumento das concentrações de glicose e frutose nas plantas de batata e consequentemente interferir na produção de amido. Por ser uma cultivar destinada a indústria, para fabricação de batata frita, na forma de chips e palitos, esta cultivar requer menor teor de açúcar redutor para produção de produtos processados com apropriados atributos de qualidade, pois o alto teor de açúcar redutor pode ocasionar escurecimento do produto final, que ocorre quando altos teores de açúcares redutores reagem com os aminoácidos livres, conhecida como reação de Maillard (RICHARDSON et al., 1990; PÁDUA et al., 2012).

4.3.9 Teor e exportação de Mg nos tubérculos na colheita

Nos experimentos conduzidos com a cv. Agata foi verificado efeito significativo da forma de manejo do Mg no teor e na exportação de Mg pelos tubérculos no L1 (Tabela 59). Em ambas variáveis (teor e exportação de Mg) o maior valor foi obtido quando a dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg foi aplicada toda no plantio (2,1 g kg⁻¹ e 14,5 kg ha⁻¹), de modo que o parcelamento desta dose reduziu a quantidade de Mg exportada pelos tubérculos no fim do ciclo da cultura.

Com a cv. Asterix houve efeitos significativo da forma de manejo do Mg no teor de Mg nos tubérculos nos L1 e L2 e na exportação de Mg pelos tubérculos no L2 (Tabela 59). No L1 o teor de Mg nos tubérculos apresentou menor resultado quando houve o parcelamento e a maior parte da dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg foi aplicada no plantio (75% no plantio + 25% na amontoa). No L2 os menores teores de Mg foram obtidos nos tubérculos que não receberam aplicação de Mg e quando foi aplicada 100% da dose no plantio, resultado semelhante foi obtido na quantidade de Mg exportada pelos tubérculos, uma vez que a menor quantidade foi obtida quando não foi realizada aplicação de Mg.

Houve efeito significativo da forma de manejo do Mg no teor e exportação de Mg pelos tubérculos nos L1 e L2 com a cv. Orchestra (Tabela 59). No L1, de modo geral, o parcelamento da dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg, independente da proporção, proporcionou maiores valores destas duas variáveis. Já no L2, o maior teor de Mg

nos tubérculos e a maior quantidade de Mg exportada pelos tubérculos foram verificadas nos tratamentos com aplicação de 100% da dose no plantio e com parcelamento de 75% no plantio + 25% na amontoa.

Tabela 59 - Teor e exportação de Mg nos tubérculos das cultivares de batata Agata, Asterix e Orchestra, na colheita, em função da forma de manejo do Mg, em dois locais de cultivo

Tratamento ⁽²⁾	Teor de Mg nos tubérculos		Exportação de Mg pelos tubérculos	
	L1	L2	L1	L2
	g kg ⁻¹		kg ha ⁻¹	
Agata				
Controle	1,6bc ⁽¹⁾	1,3a	9,1c	4,7a
50P + 0A	2,1a	1,2a	14,5a	6,5a
37,5P + 12,5A	1,7b	1,3a	11,1bc	6,4a
25P + 25A	1,4c	1,4a	8,7c	6,5a
12,5P + 37,5A	1,3c	1,2a	8,8c	6,3a
0P + 50 A	1,8ab	1,4a	12,6ab	7,2a
<i>P > F</i>	<0,001	0,618	<0,001	0,240
CV (%)	11,5	12,9	15,4	20,9
Asterix				
Controle	1,4ab	1,0b	11,7a	4,8c
50P + 0A	1,5a	1,0b	14,0a	5,5bc
37,5P + 12,5A	1,2b	1,2a	10,1a	6,9ab
25P + 25A	1,3b	1,4a	10,9a	7,4a
12,5P + 37,5A	1,5a	1,4a	13,9a	7,3a
0P + 50 A	1,4ab	1,2a	11,7a	6,7ab
<i>P > F</i>	0,032	0,002	0,074	0,005
CV (%)	9,6	11,5	16,5	14,4
Orchestra				
Controle	1,2c	1,3ab	9,3b	8,0bc
50P + 0A	1,3c	1,4a	11,4ab	9,8ab
37,5P + 12,5A	1,5ab	1,4a	13,0a	10,4a
25P + 25A	1,5a	1,2bc	13,2a	8,1bc
12,5P + 37,5A	1,6a	1,2bc	13,2a	8,0bc
0P + 50 A	1,3bc	1,1c	10,4b	7,7c
<i>P > F</i>	0,008	0,001	0,014	0,035
CV (%)	8,7	8,3	13,8	14,7

Agata: L1: Local 1 - área comercial de produção em Itai 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2019; Asterix e Orchestra: L1: Local 1 - Área comercial de produção em Itai 2019, L2: Local 2 - Área comercial de produção em Botucatu 2020. ⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾P: Plantio; A: Amontoa.

Os tratamentos não interferiram na ocorrência de defeitos externos, bem como na aparência dos tubérculos colhidos, de ambas as cultivares/experimentos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudo I:

A cv. Asterix apresentou maiores respostas da MS nos tubérculos aos manejos do Mg.

A aplicação de Mg aumentou os valores SPAD na fase final do desenvolvimento da planta de batata, a MS e o acúmulo total de Mg, independente da cultivar.

A maior parte do Mg absorvido pela cv. Agata foi translocado para os tubérculos, enquanto a Asterix manteve uma proporção na planta (50% nos tubérculos e 50% na parte aérea).

O manejo das doses de Mg proporcionou aumento no teor de amido e redução no teor de açúcares redutores e totais, independente da cultivar.

Estudo II:

A aplicação de Mg, na forma de sulfato de magnésio monohidratado (kieserita), proporcionou incremento do teor de Mg na folha diagnose das cultivares de batata e, de maneira geral, maiores teores de Mg foram obtidos com a aplicação do fertilizante magnésiano no sulco de plantio.

A aplicação de Mg aumentou os valores SPAD na fase de enchimento de tubérculos e na fase final do desenvolvimento da planta da cv. Agata, na fase final do desenvolvimento da planta da cv. Asterix e na fase de enchimento de tubérculos da cv. Orchestra.

A aplicação de Mg, independentemente da época de aplicação, aumentou, ou levou à uma tendência de aumento, no acúmulo de MS e Mg nas plantas de batata e na produtividade de tubérculos, porém, as respostas variaram em função da cultivar e do local de condução do experimento.

As respostas mais expressivas de produtividade foram observadas na cv. Agata e as maiores foram obtidas com doses próximas a 50 kg ha⁻¹ de Mg.

A aplicação de Mg proporcionou aumento no teor de amido e redução no teor de açúcares redutores dos tubérculos da cv. Asterix.

Estudo III:

A forma de manejo do Mg teve algumas influências no acúmulo de MS e Mg nas plantas de batata e na produtividade de tubérculos, porém, as respostas variaram em função da cultivar e do local de condução do experimento.

As respostas mais expressivas de produtividade foram observadas na cv. Agata e as maiores foram obtidas com o manejo da dose 50 kg ha⁻¹ de Mg aplicado 100% na amontoa.

6 CONCLUSÕES

A aplicação de Mg mantém maiores índices relativos de clorofila (SPAD) na folha, proporcionando maior produção de MS e acúmulo total de Mg, independente da cultivar.

A maior parte do Mg absorvido é translocado para os tubérculos.

A aplicação de Mg, via sulfato de magnésio monohidratado (kieserita), pode aumentar a produtividade e a qualidade dos tubérculos de batata, mesmo em solos com elevado teor de Mg trocável no solo (9-14 mmol_c dm⁻³).

A época de aplicação do Mg (plantio ou amontoa), na forma de sulfato de magnésio monohidratado, tem pouca influência na nutrição, produtividade e qualidade dos tubérculos das cultivares de batata.

As cultivares de batata apresentam responsividade à adubação magnésiana na seguinte ordem: Agata > Asterix > Orchestra.

O fornecimento de Mg aumenta o teor de amido e reduz os teores de açúcares redutores e totais nos tubérculos de batata.

REFERÊNCIAS

- ABBA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BATATA. **Variedades**. Disponível em: <<http://www.abbabatatabrasileira.com.br/site/variedades/>>. Acesso em: 26 maio 2022.
- ALLISON, M. F.; FOWLER, J. H.; ALLEN, E. J. Factors affecting the magnesium nutrition of potatoes (*Solanum tuberosum*). **Journal of Agricultural Science**, v. 137, p. 397 - 409, 2001.
- ALVES, F. M.; FERREIRA, M. G.; NICK, C. A cultura. In: NICK, C.; BORÉM, A., (Eds.). **Batata do plantio a colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. p. 9-17.
- ARAÚJO, T. H.; PÁDUA, J. G.; SPOTO, M. H. F.; ORTIZ, V. D. G.; MARGOSSIAN, P. L.; DIAS, C. T. S.; MELO, P. C. T. Productivity and quality of potato cultivars for processing as shoestrings and chips. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 554-560, 2016.
- BRAUN, H.; FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L.; BUSATO, C.; CECOM, P. R. Carboidratos e matéria seca de tubérculos de cultivares de batata influenciados por doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 285-293, 2010.
- BRAUN, H.; FONTES, P. C. R.; BUSATO, C.; CECOM, P. R. Teor e exportação de macro e micronutrientes nos tubérculos de cultivares de batata em função do nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 50-57, 2011.
- BUSATO, C.; FONTES, P. C. R.; BRAUN, H.; CECOM, P. R. Seasonal variation and threshold values for chlorophyll meter readings on leaves of potato cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, n. 14, p. 2148-2156, 2010.
- CAKMAK, I.; HENGELER, C.; MARSCHNER, H. Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. **Journal of Experimental Botany**, v. 45, n. 278, p. 1245-1250, 1994.
- CAKMAK, I.; KIRKBY, E. A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. **Physiological Plantarum**, v. 133, p. 692-704, 2008.
- CAKMAK, I.; YAZICI, A. M. Magnesium: a forgotten element in crop production. **Better Crops**, v. 94, p. 23-25, 2010.
- CARDOSO, A. D.; ALVARENGA, M. A. R.; MELO, T. L.; VIANA, A. E. S. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata em função de doses e parcelamentos de nitrogênio e potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p.1729-1736, 2007.
- CHEN, X.; WANG, Z.; MUNEER, M. A.; MA, C.; HE, D.; WHITE, P. J.; LI, C; ZHANG, F. Short planks in the crop nutrient barrel theory of China are changing: Evidence from 15 crops in 13 provinces. **Food and Energy Security**, p. e389, 2022.

CORASPE-LEÓN, H. M.; MURAOKA, T.; FRANZINI, V. I.; PIEDADE, S. A. de S.; GRANJA, N. do P. Absorción de macronutrientes por plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) em la producción de tubérculo-semilla. **Interciencia**, v. 34, p. 57-63, 2009.

DING, Y.; LUO, W.; XU, G. Characterisation of magnesium nutrition and interaction of magnesium and potassium in rice. **Annals of Applied Biology**, v. 149, n. 2, p. 111-123, 2006.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed: Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa-CNPq. Documentos, 1).

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives**. Sunderland: Sinauer, 2004. 380 p.

EVANGELISTA, R. M.; NARDIN, I.; FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Qualidade nutricional e esverdeamento pós-colheita de tubérculos de cultivares de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 953-960, 2011.

FAÇANHA, A. R.; CANELLAS, L. P.; DOBBS, L. B. Nutrição Mineral. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. p. 33-50.

FAGAN, E. B.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; SOARES, L. S.; DOURADO NETO, D. **Fisiologia vegetal: metabolismo e nutrição mineral**. São Paulo: Editora Andrei, 2016. 305 p.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, p. 6-16, 1998.

FELTRAN, J. C. **Adubação mineral na cultura da batata e do residual no feijoeiro**. 2005. 112 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2005.

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

FERDOUS, M. Z.; ANWAR, M. M.; HAQUE, Z.; MAHAMUD, N. U.; HOSSAIN, M. M. Comparative performance of two magnesium sources on yield and yield attributes of potato. **Bangladesh journal of environmental science**, v. 27, p. 98-101, 2014.

FERNANDES A. M.; SORATTO R. P.; EVANGELISTA R. M.; NARDIN, I. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 299-304, 2010a.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. **Nutrição mineral, calagem e adubação da batateira**. Botucatu/Itapetininga: FEPAF/ ABBA. 2012. 121p.

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**, Viçosa, MG, v. 35, p. 2039-2056, 2011.

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

FERNANDES, F. M. **Estimativa da necessidade de nitrogênio na cultura da batata com base no índice relativo de clorofila**. 2017. 87 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2017.

FERNANDES, F. M. **Produtividade de tubérculos e acúmulo, partição e exportação de nutrientes em duas cultivares de batata sob influência do manejo do nitrogênio**. 2021. 148 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2021.

FERREIRA, J. R.; POPP, P. Orchestra veio para ficar. **Batata Show**, v. 14, n. 42, p. 6-8, 2015. Disponível em: <<https://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista/edicao-42/>>. Acesso em 26 de maio de 2022.

FONTES, P. C. R. Batata. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 179.

GARCIA, É. L.; CARMO, E. L. do; PÁDUA, J. G. de; LEONEL, M. Potencialidade de processamento industrial de cultivares de batatas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 10, p. 1742-1747, 2015.

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

GUO, W.; NAZIM, H.; LIANG, Z.; YANG, D. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. **The Crop Journal**, v. 4, p. 83-91, 2016.

HAUER-JÁKLI, M.; TRÄNKNER, M. Critical leaf magnesium thresholds and the impact of magnesium on plant growth and photo-oxidative defense: a systematic review and meta-analysis from 70 years of research. **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 766, 2019.

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, p. 344-355, 2004.

HUBER, D. M.; JONES, J. B. The role of magnesium in plant disease. **Plant And Soil**, v. 368, n. 1-2, p. 73-85, 2012.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento de safras agrícolas no ano civil. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?edicao=23542&t=resultados>>. Acesso em: 06 de abr 2022.

INACIO, H.; MOLENA, L. A.; DELEO, J. P. **BATATA/CEPEA**: Cresce produção de batata para processamento no BR. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/regras-para-reproducao-de-conteudo-do-hfbrasil-org-br.aspx>>. Acesso em: 06 jun. 2022.

ISO (International Organization for Standarization). 1987. **Norme ISO 6647 (F)**. Riz – Determination de La teneur em amylose. Switzerland. 3p.

JAMES, D. W.; HURST, R. L.; WESTERMANN, D. T.; TINDALL, T. A. Nitrogen and potassium fertilization of potato: Evaluating nutrient element interactions in petioles with response surfaces. **American Potato Journal**, v. 71, p. 249-265, 1994.

JOB, A. L. G.; SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; ASSUNÇÃO, N. S.; FERNANDES, F. M.; YAGI, R. Potassium fertilization for fresh market potato production in tropical soils. **Agronomy Journal**, v. 111, p. 3351-3362, 2019.

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

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, 1984. 315 p.

KLEIN, L. B.; CHANDRA, S.; MONDY, N. I. Effect of magnesium fertilization on the quality of potatoes: total nitrogen, nonprotein nitrogen, protein, amino acids, minerals and firmness. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 30, n. 4, p. 754-757, 1982.

KOCH, M.; BUSSE, M.; NAUMANN, M.; JÁKLI, B.; SMIT, I.; CAKMAK, I.; HERMANS, C.; PAWELZIK, E. Differential effects of varied potassium and magnesium nutrition on production and partitioning of photoassimilates in potato plants. **Physiologia Plantarum**, v. 166, n. 4, p. 921-935, 2019.

KOCH, M.; NAUMANN, M.; PAWELZIK, E.; GRANSEE, A.; THIEL, H. The importance of nutrient management for potato production part I: Plant nutrition and yield. **Potato Research**, p. 1-23, 2020a.

KOCH, M.; WINKELMANN, M. K.; HASLER, M.; PAWELZIK, E.; NAUMANN, M. Root growth in light of changing magnesium distribution and transport between source and sink tissues in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Scientific Reports**, v. 10, p. 1-14, 2020b.

LISINSKA, G.; LESZCZYNSKI, W. **Potato Science and Technology**. Springer Science & Business Media, 1989.

LOPES, I. P. C. **Características da planta e do solo e produtividade de tubérculos de batata em função da aplicação de magnésio**. 2018. 121 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2018

LOPES, I. P. C. **Indicadores do estado de nitrogênio da planta, produtividade e biofortificação de tubérculos de batata influenciados por doses de sulfato de magnésio**. 2014. 71 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.

LORENZI, J. O.; MONTEIRO, P. A.; MIRANDA FILHO, H. S.; RAIJ, B. van. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; 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, 1997. p. 221-229. (Boletim Técnico, 100).

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. 308 p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 3.ed., atual. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2009. 486 p.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3 ed. London, Academic Press. 2012. 651 p.

MAUROMICALE, G.; IERNA, A.; MARCHESE, M. Chlorophyll fluorescence and chlorophyll content in field-grown potato as affected by nitrogen supply, genotype, and plant age. **Photosynthetica**, v. 44, n. 1, p. 76-82, 2006.

MINOLTA CAMERA. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Osaka: Minolta Radiometric Instruments Division, 1989. 22 p.

MOREIRA, A.; GARCIA, A. G.; HEINRICHS, R.; MALAVOLTA, E. Influência do magnésio, boro e manganês na absorção de zinco por raízes destacadas de duas cultivares de arroz. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 2, p. 213-218, 2003b.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; HEINRICHS, R.; TANAKA, R. T. Influência do magnésio na absorção de manganês e zinco por raízes destacadas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 95-101, 2003a.

NAUMANN, M.; KOCH, M.; THIEL, H.; GRANSEE, A.; PAWELZIK, E. The Importance of nutrient management for potato production part II: Plant nutrition and tuber quality. **Potato Research**, v. 63, p. 121-137, 2020.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p. 375-390, 1944.

NEPAR-SBCS. Núcleo Estadual Paraná-Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba, p. 261-264, 2017.

ORLOVIUS, K.; MCHOUL, J. Effect of two magnesium fertilizers on leaf magnesium concentration, yield, and quality of potato and sugar beet. **Journal of Plant Nutrition**, v. 38, p. 2044-2054, 2015.

PADOVANI, R. M.; AMAYA-FARFÁN, J.; COLUGNATI, F. A. B.; DOMENE, S. M. Á. Dietary reference intakes: aplicabilidade das tabelas em estudos nutricionais. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 6, p. 741-760, 2006.

PÁDUA, J. G.; MESQUITA, H. A.; CARMO, E. L.; ARAÚJO, T. H.; DUARTE, H. S. S. Cultivares: a escolha correta faz a diferença. **Informe Agropecuário**, v. 33, p. 30-39, 2012.

PÁDUA, J. G. **Aptidão agrícola e industrial de cultivares de batatas introduzidas no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. 76 p. (Relatório técnico).

PEETEN, M. G. H.; FOLKERTSMA, S.; SCHIPPER, J. K.; BAARVELD, H. R.; KLEIN, S. **Netherlands catalogue of potato varieties**. The Hague, Nivap. 2011. 285 p.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1987. 33 p. (IAC. Boletim técnico, 114).

PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Embrapa Informação tecnológica, 567 p. 2003.

PITCHAY, D.; MIKKELSEN, R. **Diagnose nutricional da planta**. Piracicaba: IPNI, 2018. 121 p. (Tradução de Silvia Regina Stipp).

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.

PULZ, A. L.; CRUSCIOL, C. A. C.; LEMOS, L. B.; 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, p. 1651-1659, 2008.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 284 p.

RICHARDSON, D. L.; DAVIES, H. V.; ROSS, H. A.; MACKAY, G. R. Invertase activity and its relations to hexose accumulation in potato tubers. **Journal of Experimental Botany**, v. 41, p. 95-99, 1990.

RODRIGUES, M.; HANSEL, F. D.; MOREAU, M. F. M.; LAZZARINI, P. R. C.; MACHADO, B. A.; COMPARONI, I.; BONINI, F. G. Magnésio: Um macronutriente potencializador de safras. **Informações Agronômicas**. Piracicaba, n. 13, p. 1-24, 2022.

SANGOI, L.; KRUSE, N.D. Doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio e características agronômicas da batata em dois níveis de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p. 1331-1343, 1994.

SENBAYRAM, M.; GRANSEE, A.; WAHLE, V.; THIEL, H. Role of magnesium fertilisers in agriculture: plant–soil continuum. **Crop and Pasture Science**, v. 66, p. 1219-1229, 2015.

SILVA, F. L. da; PINTO, C. A. B. P.; ALVES, J. D.; BENITES, F. R. G.; ANDRADE, C. M.; RODRIGUES, G. B.; LEPRE, A. L.; BHERING, L. P. Caracterização morfofisiológica de clones precoces e tardios de batata visando à adaptação a condições tropicais. **Bragantia**, v. 68, p. 295-302, 2009.

SILVA, G. O.; BORTOLETTO, A. C.; PONIJALEKI, R.; MOGOR, A. F.; PEREIRA, A. S. Desempenho de cultivares nacionais de batata para produtividade de tubérculos. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 61, n. 5, p. 752-756, 2014.

SILVA, M. L. S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações agronômicas**, n. 149, 2015.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C.; TIESSEN, H.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SILVEIRA, L. M. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. I - Produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 39-49, 2007.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M. Resposta da cultura da batata à adubação fosfatada no Brasil. **Informações Agronômicas**, n. 157, 2017.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M. Nutrição e adubação da cultura da batata: 1 – Principais problemas. **Batata Show**, n. 41, p. 29-33, 2015.

SOUZA, Z. S. Ecofisiologia. In: Pereira, A. da S.; Daniels, J. (Eds.). **O cultivo da batata na Região Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p.80-105.

STELZER, R.; LEHMANN, H.; KRAMER, D.; LÜTTGE, U. X-ray microprobe analyses of vacuoles of spruce needle mesophyll, endodermis and transfusion parenchyma cells at different seasons of the year. **Botanica Acta**, v. 103, n. 4, p. 415-423, 1990.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. Nutrição mineral. In: _____. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2017. p. 119-142.

TEWARI, R. K.; KUMAR, P.; SHARMA, P. N. Magnesium deficiency induced oxidative stress and antioxidant responses in mulberry plants. **Scientia Horticulturae**, v. 108, p. 7-14, 2006.

VITTI, A. C.; FRANCO, H. C. J.; FARONI, C. E.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O. Balanço de massas e de nutrientes da palhada e da rebrota de cana desseca com glifosato. **STAB**, v. 25, p. 30-33, 2007.

VOLPE, S. L. Magnesium in disease prevention and overall health. **Advances in Nutrition**, v. 4, n. 3, p. 378-383, 2013.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b; as well as total carotenoids; using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**, v. 144, p. 307-313, 1994.

WHITE, P. J.; BRADSHAW, J. E.; DALE, M. F. B.; RAMSAY, G.; HAMMOND, J. P.; BROADLEY, M. R. Relationships between yield and mineral concentrations in potato tubers. **HortScience**, v. 44, p. 6-11, 2009.

WSZELACZYŃSKA, E.; POBEREŻNY, J.; KOZERA, W.; KNAPOWSKI, T.; PAWELZIK, E.; SPYCHAJ-FABISIAK, E. Effect of magnesium supply and storage time on anti-nutritive compounds in potato tubers. **Agronomy**, v. 10, n. 3, p. 339, 2020.

YADAVA, U. L. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. **HortScience**, Alexandria, v. 21, p. 1449-1450, 1986.

ZENGİN, M; GÖKMEN, F; GEZGIN, S; ÇAKMAK, I. Effects of different fertilizers with potassium and magnesium on the yield and quality of potato. **Asian Journal of Chemistry**. v. 20, n. 1, p. 663-676, 2008.

ZENGİN, M; GÖKMEN, F; YAZICI, M. A.; GEZGIN, S. Effects of potassium, magnesium, and sulphur containing fertilizers on yield and quality of sugar beets (*Beta vulgaris* L.). **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 33, p. 495-502, 2009.