

JÚLIO CÉSAR DE ALMEIDA SILVA

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE TUBÉRCULOS DE BATATA PARA A
INDÚSTRIA EM FUNÇÃO DO MANEJO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

**Botucatu
2024**

JÚLIO CÉSAR DE ALMEIDA SILVA

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE TUBÉRCULOS DE BATATA PARA A
INDÚSTRIA EM FUNÇÃO DO MANEJO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

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

Orientador: Rogério Peres Soratto

Botucatu

2024

S586p

Silva, Júlio César de Almeida

Produtividade e qualidade de tubérculos de batata para a indústria em função do manejo da adubação potássica / Júlio César de Almeida Silva. -- Botucatu, 2024

132 p. : tabs., fotos

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

Orientador: Rogério Peres Soratto

1. Solanum tuberosum. 2. Processamento industrial. 3. Nutrição mineral. 4. Manejo de potássio. 5. Qualidade dos tubérculos. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE TUBÉRCULOS DE BATATA PARA A INDÚSTRIA EM
FUNÇÃO DO MANEJO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA

AUTOR: JÚLIO CÉSAR DE ALMEIDA SILVA

ORIENTADOR: ROGÉRIO PERES SORATTO

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

Prof. Dr. ROGÉRIO PERES SORATTO (Participação Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu

Dr.^a MAGALI LEONEL (Participação Presencial)
Centro de Raízes e Amidos Tropicais / Universidade Estadual Paulista UNESP

Prof. Dr. JOSÉ MAGNO QUEIROZ LUZ (Participação Virtual)
Instituto de Ciências Agrárias / Universidade Federal de Uberlândia

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

Prof. Titular ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS (Participação Presencial)
Ciência Florestal, Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu UNESP

Botucatu, 03 de abril de 2024.

À minha amada avó, Isabel (in memoriam),

aos meus queridos pais,

Julio e Maria auxiliadora,

Aos meus irmãos, Gilmário e Pedro Henrique,

e às minhas irmãs, Juliana e Jeane,

dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por mais uma etapa concluída com saúde, felicidade e amor das pessoas que me rodeiam. Nas coisas simples da vida, que são as mais importantes, eu sou uma pessoa muito abençoada.

À minha querida família que se faz presente em todos os dias da minha vida, minha avó, Isabel Soares de Almeida (*in memoriam*), que já se foi e sei que, de algum lugar, ela olha por mim, à minha mãe, Maria de Auxiliadora de Almeida Silva, meu pai, Julio Francisco da Silva, às minhas irmãs, Juliana de Almeida Silva e Jeane Jéssica de Almeida Silva, e aos meus irmãos Gilmário de Almeida Silva e Pedro Henrique de Almeida Silva, que durante toda a minha trajetória não mediram esforços para eu alcançar meu objetivo, incentivando e dando coragem para não desistir dos meus sonhos e aos meus pequenos sobrinhos, José Lucas, Maria Isabel, Mariana, Sofia e a um pequenino que ainda está por chegar.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rogério Peres Soratto, pela orientação, ensinamentos, paciência e conselhos 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.

Aos professores e aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal, Eliane Gonçalves, Valéria Giandoni, Adelina, Talita, Ciro de Oliveira (Cirincho) e Márcio.

A todo o corpo docente da pós-graduação, pelos conhecimentos e ensinamentos.

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

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

À Fazenda Água Santa, por permitir a condução dos experimentos nas suas áreas de produção e pelo apoio logístico.

Aos amigos de grupo de pesquisa, Jaqueline Marcon, Gyslane Garreto, Amanda Gilabel, Bárbara Silva, Westefann dos Santos, Tassiane Sanchez, Victor Dognani, e Anderson Romão pela colaboração durante a execução do projeto e a amizade criada por nós durante este ciclo.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE), antiga Unidade acadêmica de Garanhuns (UFRPE-UAG) e aos professores da graduação e pós-graduação, em especial à minha orientadora de iniciação científica e mestrado Prof^a. Dra. Edilma Pereira Gonçalves, muito obrigado.

Agradeço a todos que contribuíram, de forma direta ou indireta, ao longo dessa jornada.

“Minha vida é andar por este país / Pra ver se um dia descanso feliz / Guardando as recordações / Das terras onde passei / Andando pelos sertões e dos amigos que lá deixei”.

GONZAGA, L.; CORDOVIL, H. **A vida do viajante**. Intérprete: Luiz Gonzaga. In: Gonzagão & Gonzaguinha - A vida do viajante ao vivo. São Paulo: Sony, disco sonoro. CD 02, faixa 12.

RESUMO

Sistemas de cultivo sustentáveis e de alta produtividade exigem estratégias de manejo de nutrientes eficientes e bem estruturadas, visando estabelecer recomendações adequadas, bem como a definição das melhores fontes, doses e épocas de aplicação, capazes de proporcionar maior eficiência dos fertilizantes. Isto é importante, principalmente para o potássio (K) na cultura da batata, já que este é o nutriente absorvido e exportado nas maiores quantidades pela cultura. Assim, objetivou-se no presente trabalho, avaliar os efeitos de fontes, manejos e doses de K na nutrição, produtividade e qualidade dos tubérculos de batata para processamento industrial e identificar as fontes e manejos mais adequados para o fornecimento de K para a cultura da batata produzida para fins industriais. Foram conduzidos dois experimentos em condições de campo, em 2021 e 2022. Ambos os experimentos foram instalados na Fazenda Água Santa, localizada no município de Santa Juliana-MG. Em ambos os experimentos, o delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos no esquema fatorial $7 \times 2 + 1$, constituídos por sete fontes/manejos de K (KCl – plantio; KCl – parcelado no plantio e amontoa; KCl (plantio) + sulfato duplo de potássio e magnésio (amontoa); KCl (plantio) + polissulfato de potássio (amontoa); KCl (plantio) + K_2SO_4 (amontoa); mistura de fonolito+KCl (plantio) e KCl protegido (plantio) e duas doses de aplicação (235 e 350 kg $K_2O\ ha^{-1}$), além um tratamento sem aplicação de K (controle), totalizando quinze tratamentos e 60 parcelas. A cultivar de batata utilizada nos experimentos foi a Asterix. A adubação potássica, com fontes individuais e combinadas contendo Cl, aumentou os teores de K, Cl e açúcares redutores e totais nas folhas da batateira, bem como a produtividade total e comercial de tubérculos. Contudo, reduziu os teores de Ca e, principalmente, Mg nas folhas, mesmo quando usadas fontes/manejos que contém Mg, como o sulfato duplo de potássio e magnésio e o polissulfato de potássio. O fornecimento de K parcelado, como KCl no plantio em combinação com K_2SO_4 , aplicado na amontoa, na dose total de 350 kg de $K_2O\ ha^{-1}$, proporcionou maior produtividade de tubérculos e eficiência agrônômica para a cultura da batata, cv. Asterix, em solos de baixo-médio teor de K trocável (1,5 e 1,7 mmol_c dm⁻³). Nesses solos, a fonte/manejo obtida pela mistura de fonolito moído + KCl foi tão eficiente quanto o KCl em fornecer K para a cultura da batata. A maioria dos tratamentos compostos por fontes/manejos e doses de K impactaram

negativamente nos atributos de qualidade dos tubérculos (gravidade específica, firmeza, matéria seca e amido), mas aumentaram os teores de açúcares redutores, porém sem diferenças consistentes entre eles. As fontes/manejos contendo KCl, em maior ou menor proporção e aplicado totalmente no plantio ou parcelado entre plantio e amontoa, aumentaram as concentrações de Cl nos tubérculos, principalmente na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹. Os tubérculos da cultivar Asterix apresentaram qualidade de fritura de média a boa; no entanto, o fornecimento de K tendeu a proporcionar coloração amarela mais intensa. A adubação potássica com as diferentes fontes/manejos e doses interferiu na exportação da maioria dos nutrientes pelos tubérculos colhidos, o que se deveu principalmente ao aumento da produtividade e, em alguns casos, a alterações na concentração dos mesmos nos tubérculos. Notadamente, as exportações de K e Cl foram incrementadas pela adubação potássica.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*; processamento industrial; nutrição mineral; manejo de potássio; produtividade; qualidade dos tubérculos.

ABSTRACT

Sustainable and high-yielding cropping systems require efficient and well-structured nutrient management strategies, aiming to establish adequate recommendations, as well as the definition of the best sources, rate, and application times. This is especially important for potassium (K), as this is the nutrient taken up and removed in the greatest quantities by the potato crop. Thus, the objective with this work was to evaluate the effects of sources, management, and rate of K on the nutrition, yield and quality of potato tubers for industrial processing and to identify the most suitable sources and managements for supplying K to potato crops produced for industrial purposes. Two experiments were carried out under field conditions, in 2021 and 2022. Both experiments were performed at Água Santa farm, located in the municipality of Santa Juliana-MG. In both experiments, the experimental design was randomized blocks, with four replications. The treatments were arranged in a $7 \times 2 + 1$ factorial scheme, consisting of seven K sources/managements (KCl – banded at planting; KCl – split at planting and hilling; KCl (planting) + double potassium magnesium sulfate (hilling); KCl (planting) + polysulfate (hilling); KCl (planting) + K_2SO_4 (hilling); mixture of ground phonolite + KCl (planting), and controlled-release KCl (planting) and two application rates (235 and 350 kg $K_2O\ ha^{-1}$), plus one treatment without K application (control), totaling fifteen treatments and 60 plots. The potato cultivar used in the experiments was Asterix. Potassium fertilization, with sources containing Cl, increased the concentrations of K, Cl, and sugars in potato leaf, as well as total and marketable tuber yields. However, it reduced the leaf concentrations of Ca and especially Mg, even when using sources/managements containing Mg, such as double potassium magnesium sulfate and potassium polysulfate. The split application supply of K, as KCl in the planting in combination with K_2SO_4 , applied when hilling, at a total rate of 350 kg of $K_2O\ ha^{-1}$, provided higher tuber yields and agronomic efficiency for the Asterix potato crop, in soils with low-medium exchangeable K content (1.5 and 1.7 mmol_c dm⁻³). In these soils, the source/management obtained by mixing ground phonolite + KCl was as efficient as KCl in supplying K to the potato crop. Most of the treatments made up of K sources/managements and rates had a negative impact on the quality attributes of the tubers (specific gravity, firmness, dry matter and starch), but increased the concentration of reducing sugars, although there were no consistent differences

between them. The sources/managements containing KCl, in higher or lower proportions and applied banded at planting or split at planting and hilling, increased the concentration of Cl in the tubers, especially at the rate of 350 kg K₂O ha⁻¹. The tubers of the Asterix cultivar had average to good frying quality; however, the supply of K tended to produce a more intense yellow color. Potassium fertilization with the different sources/managements and rates interfered with the removal of most of the nutrients by the harvested tubers, which was mainly due to increased yields and, in some cases, changes in their concentrations in the tubers. Potassium and Cl removal were notably increased by K fertilization.

Keywords: *Solanum tuberosum*; industrial processing; mineral nutrition; potassium management; yield; tuber quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Dados diários de precipitação, irrigação e temperaturas mínimas e máximas durante a condução dos experimentos, abril a julho de 2021 (A) e de abril a agosto de 2022 (B), em Santa Juliana-MG.....37
- Figura 2 - Instalações dos experimentos em Santa Juliana-MG, 09/04/2021 (A) e 18/04/2022 (B) 41
- Figura 3 - Vistas do experimento após a amontoa e a aplicação dos tratamentos com parcelamentos da adubação potássica (30/04/2021) (A), aos 31 DAP (10/05/2021) (B), 67 DAP (15/06/2021) (C) e dois dias após a ocorrência da geada 105 DAP (23/07/2021) (D), em Santa Juliana-MG, no ano de 2021.....43
- Figura 4 - Vistas do experimento após a instalação do experimento e a aplicação dos tratamentos (18/04/2022) (A), a amontoa e a aplicação dos tratamentos com parcelamentos da adubação potássica (09/05/2022) (B), 65 DAP (22/06/2022) (C) e aos 95 DAP (22/07/2022) (D), em Santa Juliana-MG, no ano 2022.....43
- Figura 5 - Teores de nitrogênio (A e B), fósforo (C e D) e potássio (E e F) na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....54
- Figura 6 - Teores de cálcio (A e B), magnésio (C e D) e enxofre (E e F) na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de

fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....57

Figura 7 - Teores de boro (A e B), cobre (C e D) e ferro (E e F) na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....60

Figura 8 - Teores de manganês (A e B), zinco (C e D) e cloro (E e F) na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....63

Figura 9 - Teores de potássio aos 51 (A) e 79 DAE (C) em 2021 e aos 56 (B) e 86 DAE (D) em 2022 na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A e C) e 2022 (B e D), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....66

Figura 10 - Teores de cloro aos 51 (A) e 79 DAE (C) em 2021 e aos 56 (B) e 86 DAE (D) em 2022 na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A e C) e 2022 (B e D), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras

maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....78

Figura 11 - Teores de açúcares redutores (A e B), totais (C e D) e proteína (E e F) na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....72

Figura 12 - População de plantas (A e B) e número de hastes (C e D) da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A e C) e 2022 (B e D), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....75

Figura 13 - Tubérculos por plantas (A e B) e peso médio de tubérculo (C e D) da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A e C) e 2022 (B e D), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....77

Figura 14 - Produtividade total (A e B), comercial (C e D) e não comercial (E e F) da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de

Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....81

Figura 15 - Gravidade específica (A e B) e sólidos solúveis (C e D) dos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A e C) e 2022 (B e D), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....86

Figura 16 - Firmeza (A e B) e matéria seca (C e D) dos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A e C) e 2022 (B e D), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....87

Figura 17 - Açúcares redutores (A e B) e totais (C e D) e amido (E e F) nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....92

Figura 18 - Proteínas (A e B) e cloro (C e D) nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de

probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....95

Figura 19 - Valores de luminosidade (L^*) (A e B), ângulo hue ($^{\circ}h$) (C e D) e chroma (C^*) (E e F) após a fritura na forma de palitos dos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....98

Figura 20 - Exportações de nitrogênio (A e B), fósforo (C e D) e potássio (E e F) pelos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....102

Figura 21 - Exportações de cálcio (A e B), magnésio (C e D) e enxofre (E e F) pelos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....104

Figura 22 - Exportações de boro (A e B), cobre (C e D) e ferro (E e F) pelos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os

tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....107

Figura 23 - Exportações de manganês (A e B), zinco (C e D) e cloro (E e F) pelos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.....109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos químicos e granulométricos do solo, na profundidade de 0 a 0,20 m, antes da instalação dos experimentos em 2021 e 2022, em Santa Juliana MG.....	36
Tabela 2 – Características das fontes de potássio utilizadas nos estudos.....	38
Tabela 3 – Tratamentos com fonte/manejo e doses de potássio no plantio e por ocasião da amontoa utilizados nos experimentos conduzido em condições de campo com a cultura da batata, em Santa Juliana-MG...	39
Tabela 4 – Doses de potássio, cálcio, magnésio, enxofre e cloro aplicados no plantio e por ocasião da amontoa nos experimentos conduzidos em condições de campo com a cultura da batata, em Santa Juliana-MG.....	40
Tabela 5 – Manejo nutricional realizado na cultura da batata, nos experimentos de 2021 e 2022, em Santa Juliana-MG.....	42
Tabela 6 – Tratamento fitossanitário realizado na cultura da batata, no experimento de 2021, em Santa Juliana-MG.....	44
Tabela 7 – Tratamento fitossanitário realizado na cultura da batata, no experimento de 2022, em Santa Juliana-MG.....	45
Tabela 8 – Análise de variância para os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG.....	53
Tabela 9 – Análise de variância para os teores de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn e Cl) na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG.....	58
Tabela 10 – Análise de variância para o potássio (K) e cloro (Cl) aos 51 e 79 DAE em 2021 e aos 56 e 86 DAE em 2022 na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG.....	65
Tabela 11 – Análise de variância para os teores de açúcares redutores, totais e proteína bruta na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG.....	71

Tabela 12 – Análise de variância para a população de plantas, hastes e peso médio de tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG.....	74
Tabela 13 – Análise de variância para produtividade total, comercial e não comercial da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG.....	78
Tabela 14 – Produtividade relativa para produtividade total, comercial e a eficiência agrônômica da adubação potássica da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e de duas doses de adubação potássica (235 e 350 kg K ₂ O ha ⁻¹), em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG.....	82
Tabela 15 – Análise de variância para a gravidade específica, sólidos solúveis, firmeza e matéria seca de tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG.....	85
Tabela 16 – Análise de variância para os teores de açúcares redutores, totais, amido, proteína e cloro nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG.....	90
Tabela 17 – Análise de variância para a coloração após a fritura na forma de palitos nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG.....	97
Tabela 18 – Análise de variância para as exportações de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG.....	101
Tabela 19 – Análise de variância para as exportações de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn e Cl) nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG.....	105

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	25
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	27
2.1	Importância da cultura da batata.....	27
2.2	Industrialização dos tubérculos na cultura da batata.....	27
2.3	O potássio e sua importância na cultura da batata.....	29
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1	Caracterização da cultivar.....	35
3.2	Caracterização edafoclimática das áreas experimentais.....	35
3.3	Delineamento experimental e tratamentos.....	38
3.4	Instalação e condução dos experimentos.....	40
3.5	Avaliações.....	46
3.5.1	Teores de nutrientes nas folhas diagnosticas.....	46
3.5.2	Teores de potássio e cloro nas folhas.....	46
3.5.3	Teores de açúcares redutores, totais e proteínas nas folhas diagnóstica.....	46
3.5.4	População de plantas e número de hastes por planta.....	47
3.5.5	Número e peso médio de tubérculo por planta.....	47
3.5.6	Produtividade e classificação dos tubérculos produzidos.....	47
3.5.7	Produtividade relativa de tubérculo.....	47
3.5.8	Índice de eficiência de uso do K aplicado.....	48
3.5.9	Incidência de defeitos nos tubérculos.....	48
3.5.10	Gravidade específica e sólidos solúveis dos tubérculos.....	48
3.5.11	Firmeza dos tubérculos.....	49
3.5.12	Porcentagem de matéria seca em tubérculos.....	49
3.5.13	Teores de açúcares redutores, totais e amido nos tubérculos.....	49
3.5.14	Proteínas e cloro nos tubérculos.....	50
3.5.15	Coloração após a fritura de palitos dos tubérculos.....	50
3.5.16	Exportação dos nutrientes nos tubérculos na colheita.....	51
3.6	Análise estatística.....	51
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4.1	Teores de nutrientes, açúcares redutores, totais e proteína bruta	

	nas folhas.....	52
4.2	População de plantas, número de hastes e tubérculos por planta e peso médio de tubérculo.....	73
4.3	Produtividade e classificação dos tubérculos e eficiência agrônômica.....	77
4.4	Defeitos interno e externos, gravidade específica, sólidos solúveis, firmeza e percentagem de matéria seca dos tubérculos...	84
4.5	Açúcares redutores, totais, amido, proteína e cloro nos tubérculos.....	89
4.6	Coloração após a fritura de palitos dos tubérculos.....	96
4.7	Exportação dos nutrientes nos tubérculos colhidos.....	100
5	CONCLUSÕES.....	111
	REFERÊNCIAS.....	113
	APÊNDICE A.....	123
	APÊNDICE B.....	124
	APÊNDICE C.....	125
	APÊNDICE D.....	126
	APÊNDICE E.....	127
	APÊNDICE F.....	128
	APÊNDICE G.....	129
	APÊNDICE H.....	130
	APÊNDICE I.....	131
	APÊNDICE J.....	132

1 INTRODUÇÃO

Na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), o potássio (K) é um dos macronutrientes mais importantes e é aquele absorvido em maior quantidade (Fernandes; Soratto; Silva, 2011). O K é um elemento essencial em diversas funções das plantas, incluindo metabolismo de carboidratos, ativação enzimática, tendo destaque principalmente em culturas como órgãos de reserva, pois está diretamente relacionado à translocação de açúcar e síntese de amido (Rhue; Hensel; Kidder, 1986; Kumar *et al.*, 2007; Taiz *et al.*, 2017). Sob deficiência de K, a produtividade e a qualidade dos tubérculos de batata são muito comprometidas. Doses excessivas de K também podem ser prejudiciais porque interferem na absorção adequada de outros nutrientes, como magnésio (Mg) e cálcio (Ca) (Marschner, 2011; Job *et al.*, 2019; Xie *et al.*, 2021).

No Brasil, o cloreto de potássio (KCl) é a principal fonte de K no cultivo da batata. Entretanto, a aplicação de doses elevadas e contínuas de KCl no solo podem causar prejuízos, principalmente ao processo fotossintético, visto que causa salinização e a redução do potencial osmótico do solo (Murphy; Cunningham; Hawkins, 1963), havendo o aumento da absorção do cloro (Cl), afetando o metabolismo celular, reduzindo a síntese de carboidratos, e na qualidade de produtos para industrialização, ou seja, reduz a percentagem de matéria seca (MS) dos tubérculos (Mohr, Tomasiewicz, 2012). As perturbações causadas ao processo fotossintético em plantas sob condições estressantes podem levar a uma produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROs) (Huang *et al.*, 2019) e na ausência de mecanismos eficientes de proteção (enzimáticos ou não) podem ocorrer alterações metabólicas que resultam em danos oxidativos (Sharma *et al.* 2012; Dumanović *et al.*, 2020), provocando a restrição do crescimento e diminuição da produtividade das plantas.

Diante disso, tem-se buscado alternativas para melhorar o manejo e ou a substituição do KCl por outras fontes com ausência ou menor conteúdo de Cl e menor potencial salino, como é o caso do sulfato de potássio (K_2SO_4) e do sulfato duplo de potássio e magnésio (sulfato duplo, $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$), ou polissulfato de potássio, cálcio e magnésio [polissulfato, $K_2Ca_2Mg(SO_4)_4 \cdot 2H_2O$]. Estas fontes também suprem a cultura com outros nutrientes, como enxofre (S), Mg e Ca. Assim, a substituição de pelo menos parte do KCl por K_2SO_4 , sulfato duplo, ou polissulfato

tem proporcionado resultados positivos para batata fresca e para batata para a indústria, aumentando a produtividade e diâmetro de tubérculos, conteúdo de amido, sólidos solúveis (Gunadi, 2009; Luz *et al.*, 2011; Santos Junior *et al.*, 2012), bem como elevando a porcentagem de MS e o rendimento de batata frita e reduzindo o teor de açúcares redutores e a porcentagem de óleo após a fritura. Entretanto, o K_2SO_4 e o polissulfato aumenta ainda mais os custos da adubação na produção. Além disso, o K_2SO_4 , sulfato duplo e polissulfato compartilham com o KCl grandes possibilidades de perdas por lixiviação, devido à rápida solubilização e percolação pela água de drenagem, transportando para profundidades além daquelas ocupadas por raízes da batata (Oliveira; Villas Boas, 2008), especialmente quando aplicadas no início do ciclo, demandando parcelamento ou aplicação mais tardia, na época de maior demanda de K pela cultura (Feltran *et al.*, 2022). Neste sentido, fontes de K com liberação gradual ou controlada do nutriente podem ser opção para o manejo da adubação potássica na cultura da batata.

Perante esses problemas, tem-se buscado fontes e manejos da adubação potássica mais eficientes, especialmente para uso no cultivo da batata para processamento industrial, no qual a qualidade tecnológica dos tubérculos é de maior importância. Apesar do avanço na tecnologia de produção e no manejo de fertilizantes, estudos sobre o manejo de fontes alternativas de K na cultura da batata indústria são praticamente inexistentes, principalmente quando se fala em fertilizantes de liberação controlada ou gradual, com menor risco de perdas por lixiviação e menor concentração de Cl.

Diante do exposto, as hipóteses deste trabalho são: I) a aplicação total de fontes de liberação gradual ou controlada no plantio tem eficiência comparável ou superior ao KCl aplicado no plantio ou de forma parcelada; II) as fontes de liberação gradual ou controlada aplicadas integralmente no plantio proporcionam maior produtividade, qualidade de tubérculos de batata do que o fertilizante KCl, quando aplicados integralmente no plantio; III) as combinações de KCl no plantio com fontes multinutrientes e sem Cl em cobertura são mais eficientes que o fornecimento de K exclusivamente via KCl (plantio ou parcelado) ou via fontes de liberação gradual.

Assim, objetivou-se no presente trabalho: a) avaliar os efeitos de fontes e manejo de K na nutrição, produtividade e qualidade dos tubérculos de batata para processamento industrial; b) identificar as fontes e manejos mais adequados para o fornecimento de K para a cultura da batata produzida para fins industriais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da cultura da batata

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é nativa da América do Sul, da Cordilheira dos Andes e Ilha de Chiloé, sendo a espécie do gênero *Solanum* a mais importante economicamente produzida no mundo em, pelo menos, 140 países (EMBRAPA, 2017; Lizana *et al.*, 2021). É uma planta dicotiledônea, pertencente à família Solanaceae (Alves; Ferreira; Nick, 2017). Do ponto de vista econômico, os tubérculos são os órgãos de maior interesse da batata, são caules adaptados que constituem os principais órgãos de armazenamento e reprodução da planta. São compostos por aproximadamente 79,4% de água, 17,6% de carboidratos (principalmente amido), 1,8% de proteína, 1,1% de sais e 0,1% de gordura (Pereira, 1987).

A batata é considerada uma das culturas economicamente mais importantes em todo o mundo (Sanchez *et al.*, 2020), sendo a quarta cultura mais produzida, atingindo 375 milhões de toneladas em 2022 (FAOSTAT, 2023). No Brasil, a produção em 2023 foi estimada em 4,2 milhões de toneladas em 128 mil ha cultivados, concentrada nas regiões sudeste e sul do país, tendo produtividade média de 33 Mg ha⁻¹. A região sudeste, apresenta a maior área plantada, no ano de 2022, foram plantados 57 mil hectares, com produção de 1,9 milhões de toneladas e produtividade média de 34 toneladas. O estado de Minas Gerais é o maior produtor de batata do Brasil, com 36 mil ha plantados, produção total de 1,2 milhões de toneladas e produtividade de 35 Mg ha⁻¹, seguido do Paraná com 26 mil ha, produção de 778 mil toneladas e produtividade de 29 Mg ha⁻¹ e do estado de São Paulo, com uma área plantada estimada em 21 mil ha, produção total de 688 mil toneladas com uma produtividade média de 32 Mg ha⁻¹ (IBGE, 2023).

2.2 Industrialização dos tubérculos na cultura da batata

O Brasil alcançou a autossuficiência na produção de tubérculos *in natura* e no processamento doméstico desses produtos. Contudo, ainda é dependente da importação de uma considerável parcela de batata processada, especialmente na forma de batata pré-frita congelada e batata palito. Além disso, o país também

importa todo o amido derivado de batata que consome (Pereira *et al.*, 2013). Para impulsionar a demanda de batata pré-frita congelada e conquistar a preferência dos consumidores brasileiros, é crucial priorizar o desenvolvimento da agroindústria nacional. Segundo Boteon *et al.* (2005), isso envolve uma série de estratégias para aprimorar a produção, processamento e comercialização desse produto específico.

A maioria da produção nacional de batata é comercializada *in natura*, apenas uma menor parte é destinada ao processamento industrial, principalmente nas formas de pré-frita congelada, “chips” e batata palha. A industrialização de batata no Brasil é uma atividade bastante recente, ainda em desenvolvimento, mas que tem crescido rapidamente nos últimos anos (EMBRAPA, 2020). Da área total de batata cultivada no Brasil, representa 27% da área plantada (*chips* e pré-fritas) (ABBA, 2020). O segmento industrial (pré-fritas e *chips*) manteve sua trajetória de crescimento, levando a um forte aumento de 12% na área total de cultivo apenas em 2023. A expansão da área plantada foi desde o Cerrado Mineiro, principal pólo de produção no segmento industrial no Brasil, a outras regiões produtoras como Vargem Grande do Sul (SP), que praticamente dobrou sua área de cultivo em 2022. Para 2024, espera-se cenário similar, com expectativa de novos investimentos (HFBRASIL, 2023).

Grandes produções de batata são necessárias para o processamento de alimentos, além das aplicações industriais (Sanchez *et al.*, 2020). A expansão da indústria cria oportunidades inovadoras no mercado, demandando o emprego de cultivares específicas para distintos propósitos. Isso implica a necessidade de alcançar volumes mínimos de vendas e assegurar entregas ao longo de todo o ano, com produtos que atendam aos exigentes padrões de *marketing* da indústria de processamento (Salazar; Busch, 2001). Apesar dos avanços na cadeia produtiva nos últimos anos, como descrito por Bregagnoli (2006) o progresso da indústria de batata processada ainda é desafiado pela escassez de matéria-prima de alta qualidade e pela irregularidade no fornecimento por parte dos produtores.

A produtividade elevada e qualidade dos tubérculos tornam-se cada vez mais importantes, de modo a suprir as necessidades dos consumidores (Pereira *et al.*, 2015). A união entre práticas de manejo e uso racional da quantidade de nutrientes, tem sido uma alternativa para melhorar a produtividade e a qualidade de tubérculos de batata (Grados; García; Schrevens, 2020).

2.3 O potássio e sua importância na cultura da batata

Alguns nutrientes são requeridos em abundância pela cultura da batata e têm grande impacto sobre sua produtividade. Isso se faz, devido ao ciclo de desenvolvimento entre 90-120 dias, alta taxa de crescimento e elevada produção por unidade de área (Fernandes; Soratto, 2013), aliado ao sistema radicular superficial e um ciclo curto, onde as plantas acumulam grandes quantidades de MS em um período curto de tempo (Fernandes; Soratto, 2012), tornando-a uma planta exigente em nutrientes, para ter um bom desenvolvimento e produtividade de tubérculos (Rosen; Bierman, 2008). No entanto, sistemas de produção mais sustentáveis exigem esforços para melhorar a eficiência do uso de fertilizantes nesta cultura, causado principalmente pela escassez da matéria-prima (Stipp; Prochnow, 2008), aumentando os preços dos fertilizantes. Também são vistos com preocupação os impactos indesejáveis da fertilização ao meio ambiente (Isherwood, 1998; Cella; Rossi, 2010). Portanto, o desafio para os sistemas de produção de batata é melhorar o manejo dos nutrientes, especialmente o K devido as elevadas doses aplicadas, minimizando a fertilização, sem reduzir o progresso da produção.

Entre os fertilizantes aplicados na cultura da batata, os que fornecem K têm grande relevância. O K é um nutriente essencial no cultivo da batateira, sendo aquele absorvido e exportando em maior quantidade (Fernandes; Soratto; Silva, 2011; Fernandes *et al.*, 2017; Soratto *et al.*, 2020). Esse nutriente participa de diversas funções nas plantas, sendo cofator de mais de 40 enzimas; atua na regulação osmótica e uso eficiente da água, captação e síntese de proteínas e translocação de assimilados (Taiz *et al.*, 2017). Também regula o funcionamento adequado dos estômatos, transporte de água e nutrientes, além do sistema de regulação térmica da planta (Nelson; Motavall; Nathan, 2005). É considerado fundamental para a produção do amido e, na fotossíntese, pode melhorar a absorção e o aproveitamento da luz, com destaque para dias com baixa intensidade luminosa (Mesquita *et al.*, 2012; Koch *et al.*, 2020). A falta de K pode também resultar em aumento na susceptibilidade a doenças e redução no crescimento das plantas (Abdelgadir *et al.*, 2003; Job *et al.*, 2019). Devido à atuação do K na formação dos carboidratos e na produção do amido (Darwish *et al.*, 2004), o mesmo exerce influência positiva sobre a cultura da batata, aumentando a produtividade, porcentagem de tubérculos graúdos e qualidade dos tubérculos (Gruner, 1963; Abd

el-latif *et al.*, 2011; Mohr; Tomaszewicz, 2012; Noor *et al.*, 2012; Li *et al.*, 2015; Job *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2019; Naumann *et al.*, 2020).

O fornecimento de K na agricultura brasileira e na cultura da batata é, principalmente, na forma de KCl, representado mais de 90% do fertilizante potássico utilizado nas lavouras brasileiras (ANDA, 2012; Sipert; Cohim; Nascimento, 2020). O KCl apresenta alto percentual de K_2O solúvel em água (58 a 62%), sendo mais competitivo economicamente que outras fontes de K (Malavolta; Pimentel-Gomes; Alcarde, 2002; Silva *et al.*, 2018). Segundo Li *et al.* (2015), a adubação com o KCl na cultura da batata aumenta a produtividade, peso médio dos tubérculos, porcentagem de tubérculos comerciais, teor de amido e açúcares redutores, devido a capacidade de disponibilizar K no solo. Contudo, o KCl também contém alta concentração de Cl (~50%), podendo causar efeitos adversos em diversas culturas (Khan; Mulvaney; Ellsworth, 2013).

A aplicação de doses elevadas e contínuas de KCl no solo podem causar prejuízos à planta de batata, causada pela salinização e o efeito osmótico no solo, havendo o aumento da absorção do íon cloreto (Cl^-) e afetando as combinações orgânicas do P, reduzindo a síntese de carboidratos (Murphy; Cunningham; Hawkins, 1963). Além disso, aplicações excessivas também podem causar imobilização de K em solo com argilas 2:1 e antagonismo no solo entre K – Mg e K – Ca, reduzindo a absorção desses nutrientes pelas plantas (Marschner, 2012; Xie *et al.*, 2021). O aumento na absorção e acúmulo de K e Cl na planta causa a redução do potencial osmótico e hídrico da planta, o que resulta aumento na absorção de água, causando redução do percentual de MS (Westermann *et al.*, 1994; Reis Júnior, 1995) e, conseqüentemente, a qualidade para a indústria. A presença de altas concentrações de Cl também pode causar a toxidez em plantas e redução do sistema radicular (Lacerda *et al.*, 2004). Apesar do Cl ser um micronutriente essencial, portanto, sendo necessário em quantidades muito pequenas (Marschner, 2012), quanto aplicado em doses elevadas, pode se acumular no vacúolo das células vegetais atingindo concentrações de um macronutriente, onde atua como um osmólito (Geilfus, 2018), levando a uma maior absorção de água e, portanto, a um maior crescimento vegetativo. A suposição de que a planta de batata é sensível ao excesso de Cl nem sempre é verdadeira. O Cl pode melhorar o status da água da parte aérea de batata sem prejudicar a produção de tubérculos (Koch; Pawelzik; Kautz, 2021).

Por outro lado, altas concentrações de Cl^- nos tecidos vegetais podem causar efeitos negativos, principalmente à MS, com KCl, utilizado na fertilização em batata (Laboski; Kelling, 2007; Mohr, Tomasiewicz, 2012). Pois altas taxas de crescimento vegetativo, particularmente parte aérea da planta, levam ao aumento da competição por assimilados entre a parte aérea e os tubérculos, já que a parte aérea também é um forte dreno para tais assimilados. Além disso, as altas taxas de crescimento da parte aérea induzidas pelo Cl, como resultado do aumento da absorção de água, levam à diluição de K (e outros nutrientes) na planta (Koch *et al.*, 2020). Como o K é importante para os processos de translocação e redistribuição de substâncias no floema das plantas, concentrações reduzidas de K podem prejudicar a translocação de assimilados para as raízes e tubérculos (Beringer; Koch; Lindhauer, 1990).

Além desses problemas, o estresse salino causado pelo KCl, pode acarretar o acúmulo excessivo de espécies reativas de oxigênio (EROs) nas células de batatas (Hamoooh *et al.*, 2021), especialmente o ânion superóxido ($\text{O}_2^{\cdot-}$), o radical hidroxila ($\text{OH}^{\cdot}$) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (You; Chan, 2015). Essas EROs são subprodutos do metabolismo aeróbico e fotossintético e, em concentrações compatíveis com a homeostase redox celular, são componentes de diversas vias de sinalização (Foyer; Noctor, 2003). No entanto, as proteínas, lipídeos e ácidos nucleicos são sensíveis ao excesso das EROs, podendo causar danos oxidativos, caracterizando o estresse oxidativo secundário (Bem-Amor *et al.*, 2005). Para evitar os danos oxidativos, a concentração das EROs é mantida em níveis não tóxicos por meio de mecanismos antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos (Mølle; Jensen; Hansson, 2007).

No Brasil, mesmo com o avanço das pesquisas, é visível a utilização indiscriminada de fertilizantes nas áreas de cultivos de batata e, em consequência deste uso excessivo, ocorre o aumento do custo de produção, podendo até reduzir a da qualidade dos tubérculos (Cardoso *et al.*, 2007). Por serem muito utilizados na cultura da batata, os adubos representam um significativo percentual dos custos de produção (Soratto *et al.*, 2021; HFBRASIL, 2022), dentre os quais se destacam os potássicos, os quais representam um significativo percentual nos custos de produção (Iung, 2006).

Cerca de 95% da produção mundial de K é destinada a agricultura e o Brasil sempre dependeu da importação de K, fato que só aumenta a cada ano (Sipert; Cohim; Nascimento, 2020). O Brasil importa 96,5% do KCl que utiliza para

fertilização do solo. Também ostenta o título de maior importador mundial de K, com 10,45 milhões de toneladas adquiridas em 2019 (MME, 2021). A dependência de importações, juntamente com o cenário da alta de preços dos fertilizantes potássicos (5,4% de taxa de crescimento anual) desde 1974 (NASS, 2014) e à medida restritiva da União Europeia aplicada à Bielorrússia, responsável por pelo menos 1/5 da produção mundial de KCl, segundo maior produtor do mundo, tem impulsionado o preço dos fertilizantes potássicos (CEPEA, 2021), o que tem causado preocupação no setor agrícola brasileiro, pois devido a este cenário da alta de preços dos fertilizantes e consequente a elevação do custo de produção tem tornado o uso eficiente de K de interesse estratégico nacional.

O conceito de 'nível crítico' é bastante utilizado no diagnóstico do estado nutricional das plantas (Pozza *et al.*, 2009) e pode ser um aliado para a recomendação em função do manejo dos fertilizantes potássicos na cultura da batata. O objetivo da prática da adubação não é a maior produtividade das culturas, mas o maior lucro, seguindo a definição do nível crítico fisiológico-econômico descrito por Malavolta *et al.* (1962), em que "a faixa de teores do elemento na folha abaixo da qual a colheita cai e acima da qual a adubação não é mais econômica", tem sido a mais aceita. O K é fornecido em grandes quantidades para a cultura da batata, pois ele é o nutriente mais absorvido, superando 200 kg ha⁻¹ (Fernandes; Soratto; Silva, 2011; Fernandes *et al.*, 2017; Soratto *et al.*, 2020a) e sua deficiência compromete o metabolismo da planta e a produtividade (Pauletti; Menarin, 2004; Job *et al.*, 2019). Entretanto, muitas vezes produtores aplicam altas doses, mesmo em condições de teores altos de K trocável no solo, caracterizando a utilização desnecessária de fertilizantes.

No estado de São Paulo, a recomendação de K para a cultura da batata varia em função da produtividade esperada e do teor de K no solo. A recomendação de adubação mineral no plantio para cultivos com produtividade esperada acima de 45 toneladas é de 180, 140 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O e quando o teor de K trocável no solo está na faixa de 0 a 1,5, 1,6 a 3,0 e maior que 3,0 mmol_c dm⁻³, respectivamente. Já na adubação de cobertura, é recomendada a aplicação de 180, 100 e 80 kg ha⁻¹ de K₂O nas mesmas faixas de K trocável acima, respectivamente (Feltran *et al.*, 2022), Stanley e Jewell (1989), ao estudarem doses de KCl, observaram que houve aumento significativo para a produtividade e teor de MS dos tubérculos até a dose de 300 kg de K₂O ha⁻¹, e doses superiores afetaram negativamente a MS de

tubérculos. Entretanto, a extração de K pela cultura da batata é variável, principalmente pela utilização de novas variedades, com capacidades produtivas elevadas e, conseqüentemente, mais exigentes em nutrientes, e da fonte de K utilizada, requerendo novos estudos para refinar as doses e fontes utilizadas (Fernandes; Soratto, 2012). Principalmente, porque o K é vital para a sobrevivência das plantas em condições fisiológicas e de estresse, bem como sua disponibilização em doses e formas adequadas pode interferir na absorção de outros nutrientes, como o Mg, por exemplo (Job *et al.*, 2019; Soratto *et al.*, 2020a). Assim, o uso adequado de K com outros nutrientes ajuda a atingir a produtividade sustentável e a qualidade das safras.

A partir dos problemas relacionados ao KCl, devido ao maior potencial salino e aplicação de altas doses na cultura da batata, tem-se buscado alternativas para a substituição por outras fontes, como no caso do K_2SO_4 , do sulfato duplo, ou do polissulfato. Gunadi (2009), comparando a aplicação do K_2SO_4 com o KCl, nas doses de 150 kg ha^{-1} e 250 kg ha^{-1} , observou que o uso K_2SO_4 foi eficiente em disponibilizar K, possibilitando o aumento da produtividade e porcentagem de amido nos tubérculos em relação ao KCl. Kumar *et al.* (2007) e Zhang *et al.* (2018), utilizando o K_2SO_4 , também obtiveram resultados positivos e promissores para a porcentagem de MS, rendimento de batata frita, redução da absorção de óleo após a fritura e melhorar as características físico-químicas do amido, como: resistência ao estresse por calor, cisalhamento e redução da retrogradação. Devido a esses resultados e outras pesquisas, tem sido recomendado a utilização do K_2SO_4 como uma alternativa para adubação em cultivos com objetivo de produção de tubérculos para a industrialização, uma vez que altos teores de MS e baixos níveis de açúcares redutores são características que influenciam diretamente na qualidade do produto industrializado (EMBRAPA, 2021). No entanto, o K_2SO_4 , o sulfato duplo e o polissulfato aumentam ainda mais os custos da adubação, principalmente quando comparadas com o KCl.

Outro problema em relação às fontes de K, é a elevada lixiviação do cátion K^+ no solo após a aplicação, como o KCl, K_2SO_4 , sulfato duplo e polissulfato, havendo rápida solubilização e percolação pela água de drenagem, transportando o cátion para profundidades além daquelas ocupadas pelas raízes (Oliveira; Villas Boas, 2008), especialmente quando aplicada no pré-plantio, no início do ciclo e em solos arenosos. demandando parcelamento ou aplicação mais tardia. Apesar do avanço

na tecnologia de produção de fertilizantes, ainda se buscam fontes potássicas com taxa gradual (ou controlada) de liberação do K, evitando altas taxa de lixiviação e menores índices salinos, o que possibilitaria reduzir as perdas em produtividade e qualidade de tubérculos de batata.

Existem diversos fertilizantes obtidos de processo químico (acidificação), físicos ou térmico, utilizando rochas silicáticas potássicas ou minerais ricos em K, como o verdete, feldspatos alcalinos ou feldspatóides e fonolitos, com características de menor solubilidade (Martins *et al.*, 2010; Mancuso *et al.*, 2014; Soratto *et al.*, 2021a; 2021b), sendo considerados fontes alternativas de K (Nascimento; Lapido-Loureiro, 2009). Entre elas, existe no mercado fontes obtidas pela mistura de fonolito finamente moído e KCl, fazendo com que este fertilizante tenha menor concentração de Cl, menor salinidade, parte do K solúvel e parte de liberação gradual, além de conter também silício (Si). Existem também no mercado fertilizantes potássicos com o grânulo protegido, que possibilita liberação controlada do K, reduzindo assim o efeito salino e as perdas por lixiviação (Coppo, 2017; Kawavata *et al.*, 2017). A liberação controlada ou gradual dessas fontes pode torná-las alternativas interessantes para aplicação da dose total de K no plantio da cultura da batata. Entretanto, a utilização desses fertilizantes de liberação lenta na cultura da batata exige estudos aprofundados, já que características pedológicas, climáticas e dos sistemas de cultivo podem interferir na disponibilização do K e, consequentemente, na resposta da cultura à sua aplicação.

Aumentar a eficiência do uso de fertilizantes, incluindo os potássicos, na cultura da batata ainda é um grande desafio. Existe também espaço para melhoria dos produtos, mas os maiores ganhos a curto e médio prazos poderiam ser obtidos pelo melhoramento das formas pelas quais os fertilizantes disponíveis são utilizados (Isherwood, 1998). Assim, existe a necessidade de avaliar fontes e manejos da adubação potássica e sua interação no solo e com outros nutrientes, visando estabelecer recomendações adequadas para a adubação potássica na cultura da batateira capazes de proporcionar maior eficiência dos fertilizantes, aumento de produtividade e qualidade de tubérculos para industrialização, uma vez que trabalhos com esse enfoque nas condições brasileiras são escassos na literatura, necessitando, portanto, de conhecimento mais aprofundado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos em condições de campo, um no ano de 2021 e outro em 2022. Ambos os experimentos foram instalados na Fazenda Água Santa, localizada no município de Santa Juliana-MG. Em 2021, o experimento foi conduzido em 19°25'13.2"S, 47°23'26.3"W a 1074 m, durante o período de abril a julho, enquanto em 2022 a localização do experimento foi 19°22'29.4"S, 47°26'56.2"W a 1043 m, com condução durante o período de abril a agosto. Os experimentos foram conduzidos em áreas anteriormente ocupadas pela cultura do milho.

3.1 Caracterização da cultivar

Em ambos os anos, foi utilizado a cultivar Asterix. Essa cultivar é a mais cultivada no Brasil, principalmente para processamento industrial na forma de palitos pré-fritos congeladas e também comercializadas no mercado *in natura*. A “Asterix” tem maturação semitardia e alta produtividade, com alto teor de MS nos tubérculos, sendo própria para consumo na forma frita. Esse material apresenta boa resistência ao *Phytophthora* dos tubérculos, moderadamente resistente a sarna comum e à pinta preta (*Alternaria* spp.) e bastante suscetível a vírus Yn, requeima e viroses. Apresenta tubérculo de formato oval alongado de película rosada e polpa amarelo-claro (Peeten *et al.*, 2011; ABBA, 2020).

3.2 Caracterização edafoclimática das áreas experimentais

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante em Santa Juliana-MG, é quente e úmido, do tipo Cwa (tropical úmido invernos secos e verões quentes) (Alvarez *et al.*, 2014), com pluviosidade variando entre 1500 e 1700 mm, distribuída entre outubro a março (verão chuvoso) e estação seca no inverno (abril a setembro).

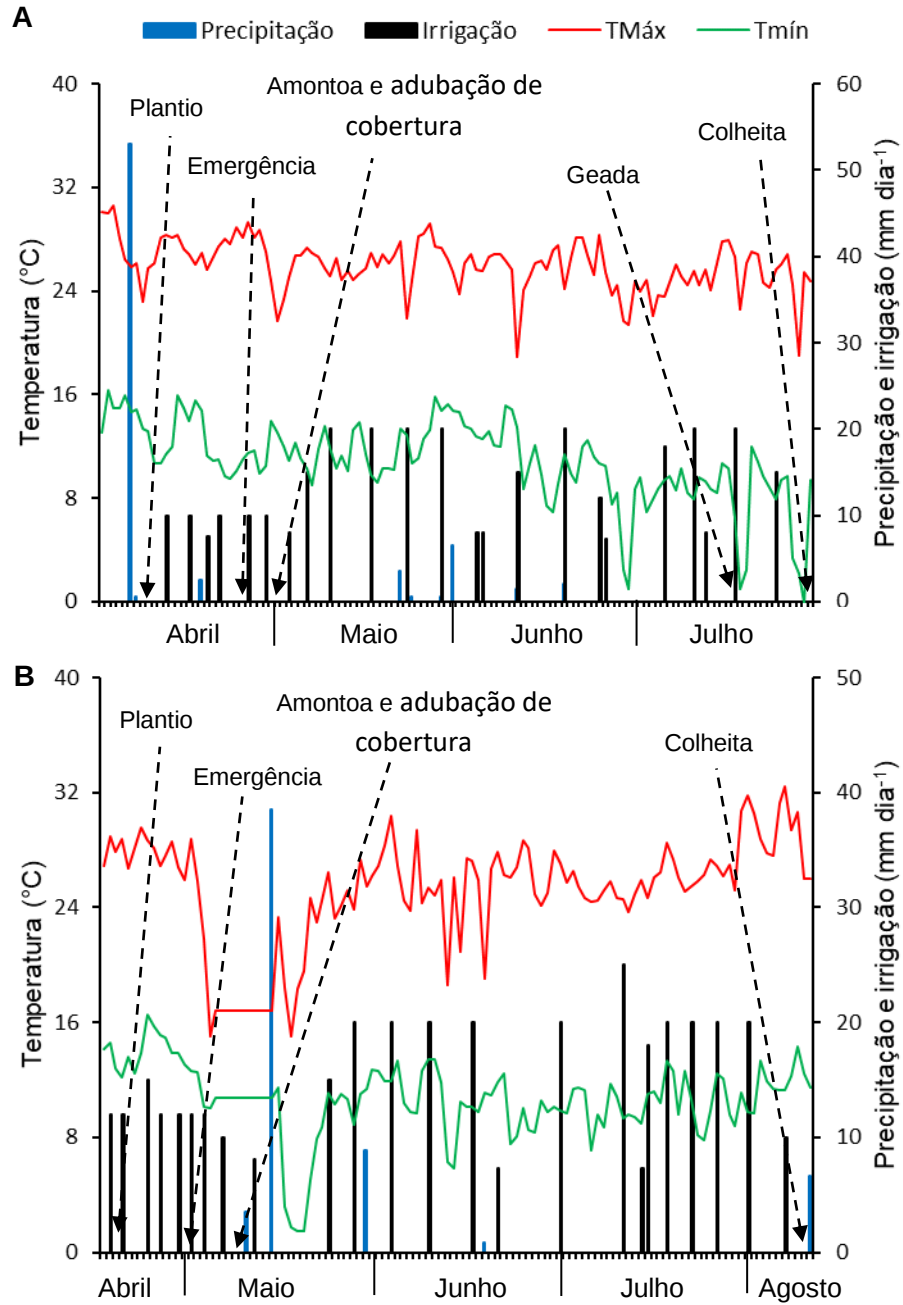
Os valores diários de precipitação pluvial, irrigação, temperatura máxima e mínima foram registrados durante o período de condução dos experimentos (Figura 1). Antes da instalação dos experimentos, em cada área (2021 e 2022), foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-0,20 m de profundidade para a

análise química (Raij *et al.*, 2001) e granulométrica (EMBRAPA, 1997), cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Atributos químicos e granulométricos do solo, na profundidade de 0 a 0,20 m, antes da instalação dos experimentos em 2021 e 2022, em Santa Juliana-MG

Ano	pH(CaCl ₂)	M.O. g dm ⁻³	P(resina) — mg dm ⁻³ —	S	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	V
							mmol _c dm ⁻³			%
2021	4,9	36	29	45	54	1,5	25	8	88	39
2022	5,1	28	33	36	33	1,7	27	7	69	51
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Areia	Silte	Argila		
			mg dm ⁻³				g kg ⁻¹			
2021	0,49	1,5	35	1,6	2,8	52	128	820		
2022	0,39	1,0	44	1,3	1,0	321	338	340		

Figura 1 - Dados diários de precipitação, irrigação e temperaturas mínimas e máximas durante a condução dos experimentos, abril a julho de 2021 (A) e de abril a agosto de 2022 (B), em Santa Juliana-MG



3.3 Delineamento experimental e tratamentos

Em ambos os experimentos, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos no esquema fatorial $7 \times 2 + 1$, constituídos por sete fonte/manejo de K e duas doses de aplicação, além de um tratamento sem aplicação de K (controle), totalizando quinze tratamentos e 60 parcelas (Tabela 2, 3 e 4). Cada parcela experimental foi composta de oito fileiras de plantas com 7 m de comprimento, espaçadas em 0,80 m, totalizando 44,8 m². Para as avaliações, foram consideradas seis fileiras centrais de cada parcela com 6 m de comprimento (28,8 m²), desprezando 0,5 m na extremidade de cada fileira.

Tabela 2 – Características das fontes de potássio utilizadas nos estudos

Fonte	Composição
Cloreto de potássio (KCl)	60% de K ₂ O; 50% de Cl
Sulfato duplo de potássio e magnésio	21,5% de K ₂ O, 10% de Mg e 8% de S
Polissulfato de potássio	14% de K ₂ O; 19,2% de S; 3,6% de Mg; 12,2% de Ca
Sulfato de potássio (K ₂ SO ₄)	50% de K ₂ O e 15% de S
Mistura fonolito moído + KCl	25% de K ₂ O; 14,2% de Cl; 14% de Si
KCl protegido com polímero	50% de K ₂ O; 42% de Cl

Tabela 3 – Tratamentos com fonte/manejo e doses de potássio no plantio e por ocasião da amontoa utilizados nos experimentos conduzido em condições de campo com a cultura da batata, em Santa Juliana-MG

Trat.	Fonte/manejo	Dose total de K ₂ O	Época de aplicação	
			Plantio	Amontoa
		Dose de K ₂ O (kg ha ⁻¹) / Fonte		
1	Controle	0	0	0
2	M1 - KCl-plantio	350	350	0
3	M1 - KCl-plantio	235	235	0
4	M2 - KCl-parcelado	350	245	105
5	M2 - KCl-parcelado	235	130	105
6	M3 - KCl + sulfato duplo	350	245 KCl	105 sulfato duplo
7	M3 - KCl + sulfato duplo	235	130 KCl	105 sulfato duplo
8	M4 - KCl + polissulfato	350	245 KCl	105 polissulfato
9	M4 - KCl + polissulfato	235	130 KCl	105 polissulfato
10	M5 - KCl + K ₂ SO ₄	350	245 KCl	105 K ₂ SO ₄
11	M5 - KCl + K ₂ SO ₄	235	130 KCl	105 K ₂ SO ₄
12	M6 - Mistura de fonolito+KCl	350	350	0
13	M6 - Mistura de fonolito+KCl	235	235	0
14	M7 - KCl protegido	350	350	0
15	M7 - KCl protegido	235	235	0

Tabela 4 – Doses de potássio, cálcio, magnésio, enxofre e cloro aplicados no plantio e por ocasião da amontoa nos experimentos conduzidos em condições de campo com a cultura da batata, em Santa Juliana-MG

Trat.	Plantio		Amontoa					Total				
	K	Cl	K	Ca	Mg	S	Cl	K	Ca	Mg	S	Cl
	kg ha ⁻¹											
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	306	277	-	-	-	-	-	306	-	-	-	277
3	206	186	-	-	-	-	-	206	-	-	-	186
4	214	194	92	-	-	-	83	306	-	-	-	277
5	114	103	92	-	-	-	83	206	-	-	-	186
6	214	194	92	-	57	113	-	306	-	57	113	194
7	114	103	92	-	57	113	-	206	-	57	113	103
8	214	194	92	92	27	144	-	306	92	27	144	194
9	114	103	92	92	27	144	-	206	92	27	144	103
10	214	194	92	-	-	39	-	306	-	-	39	194
11	114	103	92	-	-	39	-	206	-	-	39	103
12	291	199	-	-	-	-	-	291	-	-	-	199
13	195	133	-	-	-	-	-	195	-	-	-	133
14	291	199	-	-	-	-	-	291	-	-	-	199
15	195	133	-	-	-	-	-	195	-	-	-	133

3.4 Instalação e condução dos experimentos

Previamente à instalação dos experimentos foram realizadas gessagens, nos anos de 2021 e 2022, utilizando um distribuidor centrífugo com controlador de taxa variável conforme o manejo adotado pelo produtor, na dose de 556 e 500 kg ha⁻¹, respectivamente. O preparo do solo foi realizado de forma convencional, mediante subsolagem e gradagens.

Os plantios foram realizados mecanicamente pelo produtor em 09/04/2021 e 18/04/2022, utilizando-se o espaçamento de 0,80 m entre fileiras e 0,25 m entre os tubérculos-semente, visando atingir uma população de 50.000 plantas ha⁻¹. Utilizaram-se tubérculos-semente, tipo III (diâmetro entre 30 e 40 mm) da cultivar Asterix. Os experimentos foram instalados no pivô 86 (2021) e no pivô 58 (2022), na fazenda Água Santa (Figuras 2, 3 e 4).

As adubações de plantio foram realizadas pelo produtor e constaram da aplicação no sulco de 1082 kg ha⁻¹ de fosfato monoamônico (MAP, 11% de N e 52% de P₂O₅) em 2021, e 750 kg ha⁻¹ de MAP + 86 kg ha⁻¹ de MIB-77 (micronutrientes –

3,0% S; 2,5% B; 1,0% Cu; 0,1% Mo; 10% Mn e 7,0% Zn) em 2022. Os tratamentos foram aplicados manualmente, através da distribuição dos adubos sobre as linhas após o plantio, em cada uma das parcelas, de acordo com os tratamentos (Tabela 3).

O tratamento de sulco foi realizado pelo produtor em conjunto do plantio, tendo sido aplicados aproximadamente: 2,87 L ha⁻¹ de carboxina + dimetilditiocarbamato; 2,0 L ha⁻¹ de pencicurom; 0,22 kg ha⁻¹ de fipronil; 2,15 kg ha⁻¹ de azoxistrobina + mancozebe, em 2021, e 1,02 L ha⁻¹ de fluxapirroxade + piraclostrobina; 0,22 kg ha⁻¹ de fipronil; 0,22 kg ha⁻¹ de imidacloprido e 1,48 L ha⁻¹ de pencicurom, em 2022. Após a aplicação, o fechamento do sulco também foi realizado mecanicamente pelo produtor.

Figura 2 - Instalações dos experimentos em Santa Juliana-MG, 09/04/2021 (A) e 18/04/2022 (B)



No experimento de 2021, a emergência das plantas ocorreu em 25/04/2021 [16 dias após o plantio (DAP)] e a amontoa foi realizada em 30/04/2021 (21 DAP). Em 2022, a emergência do experimento ocorreu em 02/05/2022 (15 DAP) e a amontoa foi realizada em 09/05/2022 (21 DAP). Imediatamente antes da operação de amontoa, foram aplicados os tratamentos com fertilizantes potássicos (Tabela 3 e 4). Além dos fertilizantes aplicados pelos tratamentos, na tabela 5, segue o manejo nutricional adotado pelo produtor.

Tabela 5 – Manejo nutricional realizado na cultura da batata, nos experimentos de 2021 e 2022, em Santa Juliana-MG

Data da aplicação	Fertilizantes	Dose (kg ou L ha ⁻¹)
2021		
15 DAP (24/04/2021)	89 kg ha ⁻¹ de micronutrientes (3,0% S; 2,5% B; 1,0% Cu; 0,1% Mo; 10% Mn e 7,0% Zn)	89,0
17 DAP (26/04/2021)	Formulado N-P ₂ O ₅ -K ₂ O 33-00-00 + 10% S	98,6
25 DAP (04/05/2021)	Fertilizantes foliar (10% carbono orgânico; 3,0% N e 5,0% Cu)	0,4
43 DAP (22/05/2021)	Formulado N-P ₂ O ₅ -K ₂ O 12-61-00 (MAP de alta pureza) + Formulado N-P ₂ O ₅ -K ₂ O 15,4-00-00 + 18% Ca e 0,3% B	2,0 + 108,7
55 DAP (03/06/2021)	Formulado N-P ₂ O ₅ -K ₂ O 33-00-00 + 10% S + MAP de alta pureza (12% de N e 61% de P ₂ O ₅)	72,0 + 18,0
76 DAP (24/06/2021)	Formulado N-P ₂ O ₅ -K ₂ O 33-00-00 + 10% S + MAP de alta pureza (12% de N e 61% de P ₂ O ₅)	70,0 + 5,0
95 DAP (13/07/2021)	Ureia (46% de N)	36,0
2022		
19 DAP (07/05/2022)	Ureia (46% de N)	123,0
39 DAP (27/05/2022)	Ureia (46% de N)	111,0
56 DAP (13/06/2023)	MAP de alta pureza (12% de N e 61% de P ₂ O ₅)	3,0
61 DAP (18/06/2022)	Ureia (46% de N) + MAP de alta pureza (12% de N e 61% de P ₂ O ₅)	50,0 + 5,2
73 DAP (30/06/2022)	Ureia (46% de N) + MAP de alta pureza (12% de N e 61% de P ₂ O ₅)	49,0 + 4,9
87 DAP (14/07/2022)	Ureia (46% de N) + MAP de alta pureza (12% de N e 61% de P ₂ O ₅)	27,7 + 5,0

A irrigação foi realizada por pivô central, segundo as recomendações técnicas para a cultura na região e critérios adotados pelo produtor, visando atender as necessidades hídricas do sistema solo-planta, durante todo o ciclo da cultura (Figura 1). O controle fitossanitário foi realizado segundo recomendações técnicas para a cultura e critérios adotados pelo produtor, utilizando-se produtos recomendados para a cultura da batata (Tabelas 6 e 7). No experimento de 2021, ocorreu geada na área experimental aos 103 DAP (21/07/2021), que ocasionou a morte da parte aérea das plantas, causando a antecipação da colheita. A colheita dos tubérculos foi realizada no dia 30/07/2021 (112 DAP). No experimento de 2022, não houve a dessecação das plantas, havendo a senescência natural e a colheita foi realizada em 09/08/2022 (113 DAP) (Figura 1).

Figura 3 - Vistas do experimento após a amontoa e a aplicação dos tratamentos com parcelamentos da adubação potássica (30/04/2021) (A), aos 31 DAP (10/05/2021) (B), 67 DAP (15/06/2021) (C) e dois dias após a ocorrência da geada 105 DAP (23/07/2021) (D), em Santa Juliana-MG, no ano de 2021

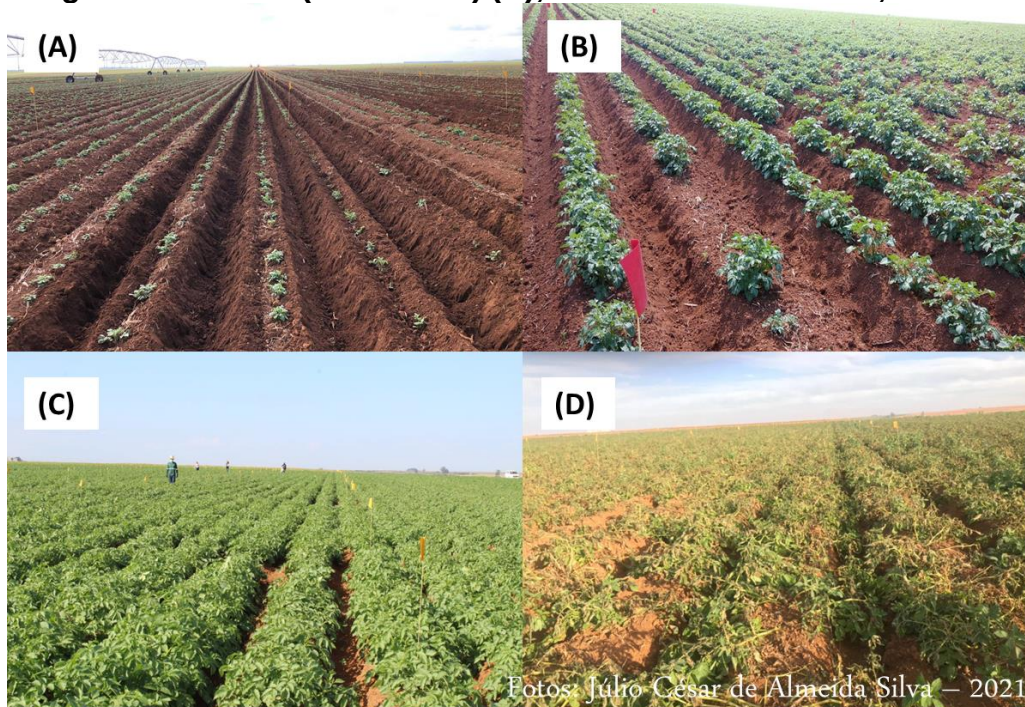


Figura 4 - Vistas do experimento após a instalação do experimento e a aplicação dos tratamentos (18/04/2022) (A), a amontoa e a aplicação dos tratamentos com parcelamentos da adubação potássica (09/05/2022) (B), 65 DAP (22/06/2022) (C) e aos 95 DAP (22/07/2022) (D), em Santa Juliana-MG, no ano 2022



Tabela 6 – Tratamento fitossanitário realizado na cultura da batata, no experimento de 2021, em Santa Juliana-MG

Data da aplicação	Ingrediente ativo	Dose do i.a. (g ha ⁻¹)
12/04/2021	clorpirifós; flumioxazina	480; 45
24/04/2021	clorpirifós; diquat; metribuzim	345; 358; 224
26/04/2021	fipronil	176
29/04/2021	cimoxanil+clorotalonil; acetamiprido+bifentrina	151+1132; 32,5+32,5
01/05/2021	clorfenapir; abamectina; dimetomorfe+mancozebe; azoxistrobina	129,6; 22,6; 226,8+1512; 80
04/05/2021	lambda-cialotrina+clorantraniliprole; fluxapirroxade+piraclostrobina; mancozebe+cimoxanil; tiametoxam	11+22; 75,1+149,8; 1267,2+158,4; 15
08/05/2021	cimoxanil+clorotalonil; carbaril; azoxistrobina	149+1117,5; 148,8; 80
10/05/2021	Metribuzim	153,6
11/05/2021	acefato; abamectina; mandipropamida+clorotalonil; ciprodinil	523,8; 20,1; 100,8+1008; 307,5
18/05/2021	zoxamida+cimoxani; mancozebe; flutriafol; teflubenzurom; acetamiprido+bifentrina	95,9+95,9; 1417,5; 135; 27; 22,5+22,5
22/05/2021	metiram+piraclostrobina	1072,5+97,5
24/05/2021	clorfenapir; abamectina; metalaxil-M+ clorotalonil; difenoconazol	129,6; 19,2; 100,8+1008; 112,5
29/05/2021	fluxapirroxade+piraclostrobina; dimetomorfe+mancozebe; lambda-cialotrina+clorantraniliprole	50,1+99,9; 225+1500; 10+20
06/06/2021	abamectina+ciantraniliprole; difenoconazol; mancozebe+cimoxanil; ciprodinil acetamiprido+bifentrina	8,1+27; 67,5; 1267,2+158,4; 187,5 30+30
13/06/2021	metconazol; dimetomorfe+mancozebe; boscalida; clorfenapir	89,1; 225+1500; 75; 168
21/06/2021	acefato; abamectina; cimoxanil+mancozebe; trifloxistrobina+tebuconazol	485; 18,4; 158,4+1267,2; 76+152
26/06/2021	carbaril; mancozebe; abamectina; pirimetanil; difenoconazol	259,2; 1012,5; 18,48; 228; 100
02/07/2021	metconazol; mancozebe; abamectina; clorfenapir	89,1; 1215; 15,1; 194,4
08/07/2021	acefato; abamectina; oxicloreto de cobre+ clorotalonil; lambda-cialotrina+clorantraniliprole; difenoconazol	485; 18,4; 1045,8+996; 10+20; 135
16/07/2021	Difenoconazol; pirimetanil; abamectina; clorfenapir; clorotalonil	135; 150; 18,4; 237,6; 1008
21/07/2021	Difenoconazol; pirimetanil; lambda-cialotrina	135; 216; 12,5

i.a.: ingrediente ativo.

Tabela 7 – Tratamento fitossanitário realizado na cultura da batata, no experimento de 2022, em Santa Juliana-MG

Data da aplicação	Ingrediente ativo	Dose do i. a. (g ha ⁻¹)
01/05/2022	diquate; lambda-cialotrina	350; 15
05/05/2022	cimoxanil+clorotalonil; lambda-cialotrina	149+1117,5; 20
08/05/2022	cimoxanil+clorotalonil; lambda-cialotrina	151+1132,5; 20
10/05/2022	dimetomorfe+mancozebe; picoxistrobina; abamectina; alfa-cipermetrina+teflubenzurom	224,1+1494; 37,5; 18,4; 36,7+36,7
14/05/2022	cloridrato de propamocarbe+fluopicolida; ciprodinil; carbaril; tiametoxam	768,7+76,8; 187,5; 187,2; 15
19/05/2022	Mancozebe; bentiavalicarbe; isopropílico+clorotalonil; abamectina; acetamiprido+bifentrina	1942,5; 35,5+375; 21; 47,5+47,5
24/05/2022	mandipropamida+clorotalonil; picoxistrobina; alfa-cipermetrina+teflubenzurom; acefato	95,2+952; 35; 37,5+37,5; 388
25/05/2022	Mandipropamida; picoxistrobina; acefato; alfa-cipermetrina+teflubenzurom	150; 37,5; 388; 36,7+36,7
29/05/2022	mancozebe+cimoxanil; zoxamida+cimoxanil; abamectina; clorfenapir	1305,6+163,2; 99,3+99,3; 18,8; 177,6
03/06/2022	acetamiprido+ bifentrina; ciprodinil; bentiavalicarbe isopropílico+fluazinam; tiofanato-metílico+fluazinam	62,5+62,5; 12,5; 40+100; 232,5+232,5
10/06/2022	mancozebe+cimoxanil; cyazofamid; lambda-cialotrina; difenoconazol; abamectina+ciantraniliprole	1587,2+198,4; 100; 20; 84; 12,4+41,4
11/06/2022	mancozebe+cimoxanil; cyazofamid; lambda-cialotrina; difenoconazol; abamectina+ciantraniliprole	1587,2+198,4; 100; 20; 84; 12,4+41,4
17/06/2022	Mandipropamida; picoxistrobina; abamectina; carbaril	150; 50; 18,48; 240
19/06/2022	Mandipropamida; picoxistrobina; abamectina; carbaril	155; 50; 21; 240
22/06/2022	metiram+piraclostrobina; difenoconazol; abamectina; clorfenapir	1287+117; 122,5; 18,4; 237,6
27/06/2022	Clorotalonil; ciprodinil; abamectina; acetamiprido+ bifentrina; abamectina+ciantraniliprole	1065,6; 187,5; 12,6; 30+30; 13,3+44,4
01/07/2022	tiofanato-metílico+ fluazinam; difenoconazol; abamectina; lambda-cialotrina; imidacloprido; ciromazina	375+375; 100; 18,4; 20; 210; 90
07/07/2022	Mancozebe; abamectina; metconazol; alfa-cipermetrina+teflubenzurom	1125; 21; 89,1; 37,5+37,5
11/07/2022	Clorotalonil; difenoconazol; abamectina; clorfenapir	885,6; 62,5; 21; 237,6
15/07/2022	Mancozebe; difenoconazol; abamectina; lambda-cialotrina+clorantraniliprole	1232; 122,5; 21; 12,5+25
19/07/2022	Clorotalonil; difenoconazol; abamectina; lambda-cialotrina+clorantraniliprole	1065,6; 122,5; 21; 12,5+25
23/07/2022	oxicloreto de cobre+clorotalonil; difenoconazol; abamectina; clorfenapir	625,8+596; 80; 18,4; 177,6
27/07/2022	Clorotalonil; lambda-cialotrina; pirimetanil	1065,6; 15; 147
02/08/2022	lambda-cialotrina	15

i.a.: ingrediente ativo.

3.5 Avaliações

3.5.1 Teores de nutrientes nas folhas diagnósticas

A determinação dos nutrientes foi realizada a partir de amostragens de dez folhas (terceira folha a partir do tufo apical), aos 30 DAE em 2021 e 34 DAE em 2022. Em ambos os experimentos as folhas foram enxaguadas 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 dos teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Cl), segundo os métodos descritos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

3.5.2 Teores de potássio e cloro nas folhas

Os teores de K e Cl também foram determinados a partir das folhas amostradas aos 51 e 79 DAE em 2021 e aos 56 e 86 DAE em 2022, respectivamente. Foi coletada a terceira folha totalmente expandida a partir do ápice (10 folhas por parcela), enxaguadas com água destilada, secas em estufa a 65 °C, por 72 horas e, em seguida, moídas e submetida à análise para determinação do teor de K e Cl, segundo os métodos descritos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

3.5.3 Teores de açúcares redutores, totais e proteínas nas folhas diagnósticas

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 proteína. As concentrações dos açúcares redutores e totais foram determinados usando um espectrofotômetro a 535 nm, consoante o método de Somogyi e adaptado por Nelson (1944). A concentração de proteínas foi determinada indiretamente através da quantificação de N, pelo método proposto por Kjeldahl e posteriormente foi feita a conversão para conteúdo de proteína (Cecchi, 2003).

3.5.4 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. Foram realizadas as contagens previamente a colheita aos 112 DAP (30/07/2021) e aos 113 DAP (09/08/2022) na cidade de Santa Juliana-MG, com um auxílio de uma régua graduada. Os resultados do número de plantas por área foram convertidos em plantas ha⁻¹.

3.5.5 Número e peso médio de tubérculo por planta

O número de tubérculos por planta foi obtido através da relação entre o número total de tubérculos colhido pelo número de plantas colhidas, enquanto o peso médio foi obtido pela relação entre o peso total e o número total de tubérculos de cada parcela após contagem e classificação dos tubérculos.

3.5.6 Produtividade e classificação dos tubérculos produzidos

Por ocasião da colheita, foram coletados os tubérculos contidos em duas fileiras de 1,5 m (aproximadamente 12 plantas) da área útil de cada unidade experimental. Estes foram lavados, contados e classificados segundo o diâmetro em duas classes: comercial (tubérculos com diâmetro maior ou igual a 42 mm, utilizados na indústria de pré-frita congelada) e não comercial (tubérculos com diâmetro inferior a 42 mm). Após classificados, os tubérculos foram pesados para determinação da produtividade de tubérculos por classes. A produtividade total de tubérculos foi obtida a partir do somatório das duas classes (comercial e não comercial).

3.5.7 Produtividade relativa de tubérculos

A produtividade relativa (PR) para as duas classes, foram obtidas a partir das produtividades, calculando-se o aumento de produtividade de tubérculos em cada tratamento com aplicação de K em relação à média do controle (sem aplicação de K), pela equação a seguir:

$$PR = \frac{PT}{PC} \times 100 \quad (1)$$

onde PR é a produtividade relativa (%), PT é a produção de tubérculos no tratamento adubado e o PC é a produção de tubérculos no controle (sem aplicação de K).

3.5.8 Índice de eficiência de uso do K aplicado

Com os resultados de produtividade total de tubérculos frescos, foi calculada a eficiência agrônômica (EA) da adubação potássica, conforme descritos na equação abaixo:

$$EA = \frac{PT-PC}{D} \quad (2)$$

onde EA é eficiência agrônômica (kg tubérculos aumentado kg^{-1} K aplicado), PT é a produção de tubérculos no tratamento adubado, PC é a produção de tubérculos no controle (sem aplicação de K) e D é a dose de K_2O aplicada.

3.5.9 Incidência de defeitos nos tubérculos

Os tubérculos oriundos de cada tratamento foram avaliados quanto à ocorrência de defeitos externos, principalmente o embonecamento e o esverdeamento e defeitos internos, como coração oco e coração negro, determinadas em uma amostra de seis tubérculos (da classe comercial), coletada aleatoriamente após a classificação.

3.5.10 Gravidade específica e sólidos solúveis dos tubérculos

A gravidade específica (GE) foi obtida segundo o método peso no ar/peso na água, descrita por Maeda e Dip (2000), a partir de amostras de 2,0 kg de tubérculos comerciais aproximadamente, pesados no ar e na água com auxílio de balança hidrostática de precisão. A GE foi calculada a partir da eq. (3) a seguir:

$$GE = \frac{MTA}{MTA - MTI} \quad (3)$$

onde o MTA é a massa dos tubérculos no ar e o MTI é a massa dos tubérculos na água.

A determinação dos sólidos solúveis foi realizada a partir da maceração de algumas fatias da polpa e extração de duas gotas do suco, utilizando o refratômetro eletrônico tendo a leitura direta dos °Brix.

3.5.11 Firmeza dos tubérculos

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

3.5.12 Porcentagem de matéria seca em tubérculos

A determinação da MS foi realizada em uma amostra de seis tubérculos de cada parcela. Esses tubérculos foram coletados aleatoriamente da classe comercial, pesada (peso fresco), fatiados e secos em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante, para a obtenção da MS. Com os dados de peso fresco seco da amostra foram calculadas a porcentagem de MS dos tubérculos pela equação a abaixo:

$$MS = \frac{PS \times 100}{PF} \quad (4)$$

onde PS é o peso seco da amostra e PF é o peso fresco da amostra de tubérculos.

3.5.13 Teores de açúcares redutores, totais e amido nos tubérculos

Os teores de açúcares totais, redutores e amido foram determinados na MS dos tubérculos utilizados para determinação da porcentagem de MS, posteriormente moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm. As concentrações dos açúcares redutores e totais foram determinados pelo método de Somogyi e

adaptado por Nelson (1944), em espectrofotômetro a 535 nm. A concentração de amido foi determinada por hidrólise enzimática segundo o método ISO-6647 (ISO, 1987), seguido da determinação do teor de açúcar, conforme 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. Para as três variáveis, os teores foram convertidos da base seca para teores na matéria fresca.

3.5.14 Proteínas e cloro nos tubérculos

As concentrações de proteínas e Cl nos tubérculos também foram determinadas a partir do material moído da análise da porcentagem de MS. Foi determinada o teor de proteína indiretamente através da quantificação de N pelo método proposto por Kjeldahl, foi posteriormente feita a conversão para conteúdo de proteína (Cecchi, 2003). Os teores de Cl foram determinados segundo o método descrito por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

3.5.15 Coloração após a fritura de palitos dos tubérculos

A qualidade de fritura foi avaliada pela coloração das batatas após o processamento na forma de palitos. Os tubérculos foram processados na forma de palitos e a fritura foi feita em óleo de soja refinado durante 6 minutos fritadeira elétrica industrial, sendo a temperatura do óleo monitorada com termômetro e as batatas processadas postas para fritar quando a temperatura do óleo atingiu 180 °C. A proporção de óleo foi de 10:1, ou seja, 1 L de óleo para cada 100 gramas de batata. A coloração das batatas fritas nos tubérculos foi determinada pelo método instrumental em cinco pontos de cada amostra, utilizando o colorímetro digital (Minolta CR-400), com determinação dos valores L^* (indica luminosidade), a^* (indica variação de cor do verde até o vermelho) e b^* (indica variação de cor do azul até o amarelo) (Papadakis; Abdul-Malek; Kamdem, 2000). Com os valores de a^* e b^* (APÊNDICE A), foi calculado o ângulo hue, que define a tonalidade de cor, pela eq. (5) a seguir:

$$\text{Ângulo hue } (^{\circ}h) = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (5)$$

e o chroma que define a intensidade da cor pela eq. (6) abaixo (Mcguire, 1992):

$$Chroma (C^*) = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (6)$$

3.5.16 Exportação dos nutrientes nos tubérculos na colheita

As amostras de tubérculos moídos utilizadas para determinação dos teores de açúcares dos tubérculos, também foram utilizadas para a quantificação dos tores de nutrientes. As amostras dos tratamentos foram submetidas à análise dos teores dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Cl) pelos métodos descritos por Malavolta; Vitti; Oliveira, 1997. As exportações desses nutrientes foram calculadas mediante a multiplicação dos teores obtidos na MS dos tubérculos colhidos pela MS acumulada pelos tubérculos por hectare, sendo os dados expressos em quantidade de nutriente exportada por área.

3.6 Análise estatística

Como a análise de variância conjunta dois anos resultou em interações significativas dos demais fatores com o ano, para quase todas as variáveis, optou-se por analisar os resultados de cada ano separadamente. Assim, os resultados de cada ano separadamente foram submetidos à análise de variância, pelo teste F ($P \leq 0,10$). As médias dos tratamentos componentes do fatorial foram comparadas, pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Por meio do teste de Dunnett ($P \leq 0,05$), os contrastes ortogonais dos tratamentos do fatorial foram comparados com controle (sem aplicação de K). Quando houve interação significativa pelo teste F para o fatorial ($P \leq 0,05$), foram realizados contrastes ortogonais entre cada tratamento e o controle (sem uso de K). Para a variável na qual o teste F detectou efeito simples dos fatores, foram realizados contrastes ortogonais entre as médias de cada nível do fator e o controle.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Teores de nutrientes, açúcares redutores, totais e proteína bruta nas folhas

Apesar do teste F ter indicado efeito ($P \leq 0,10$) do contraste entre as médias de de fontes/manejos com o controle para o teor foliar de N nos dois anos, bem como de fontes/manejos no segundo ano (Tabela 8), o teste de Tukey ($P \leq 0,05$) não detectou diferenças entre as fontes/manejos e o controle (Figuras 5A, 5B). A cultura da batata apresentou teores médios de aproximadamente 51,0 e 54,1 g kg⁻¹ de N, respectivamente, em 2021 e 2022. (Figura 5A-5D). Quanto aos teores de P, houve diferença entre os tratamentos adubados com K e o controle, apenas em 2022 (Figuras 5C, 5D). Contudo, não houve diferenças entre as fontes/manejos ou as doses de K. Os teores foliares de P foram bem maiores no segundo ano (6,1 mg kg⁻¹) do que no primeiro (2,2 mg dm⁻¹), o que pode ter sido devido as melhores condições ambientais para o desenvolvimento das plantas. Vale destacar que a fertilidade do solo de ambas as áreas experimentais, bem como as adubações fosfatadas de sulco de plantio utilizadas nos dois anos foram semelhantes.

O teor de K na folha diagnose foi influenciado significativamente pelas interações dos fatores estudados, nos dois anos de experimento (Tabela 8). Em 2021, o M2 (KCl parcelado) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ proporcionou o maior teor de K, 48,1 g kg⁻¹ de K, entretanto não foi superior aos demais tratamentos aplicados, apenas superior ao tratamento controle (sem aplicação de K) (Figura 5E). As fontes/manejos M3 (KCl + sulfato duplo), M4 (KCl + polissulfato) e M5 (KCl + K₂SO₄) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ e M1 (KCl aplicado no plantio) e M4 (KCl + polissulfato) na 235 kg K₂O ha⁻¹ também provocaram aumento na variável em questão em relação ao tratamento sem aplicação de adubação potássica (controle).

Em 2022, o M2 (KCl parcelado), M4 (KCl + polissulfato) e M5 (KCl + sulfato de potássio) se destacaram positivamente, com 85,7, 83,2 e 88,3 g kg⁻¹ de K na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ e 83,8, 84,6 e 83,9 g kg⁻¹ de K na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹, respectivamente, sendo esses tratamentos superiores ao controle sem aplicação de K (Figura 5F). Foi observado também que os manejos M1 (KCl plantio), M3 (KCl + sulfato duplo) e M6 (mistura fonolito+KCl), nas duas doses estudadas, foram eficientes em elevar os teores foliares quando comparados ao controle sem

aplicação de K. Apenas o M7 (KCl protegido), em ambas as doses, não diferiu do controle.

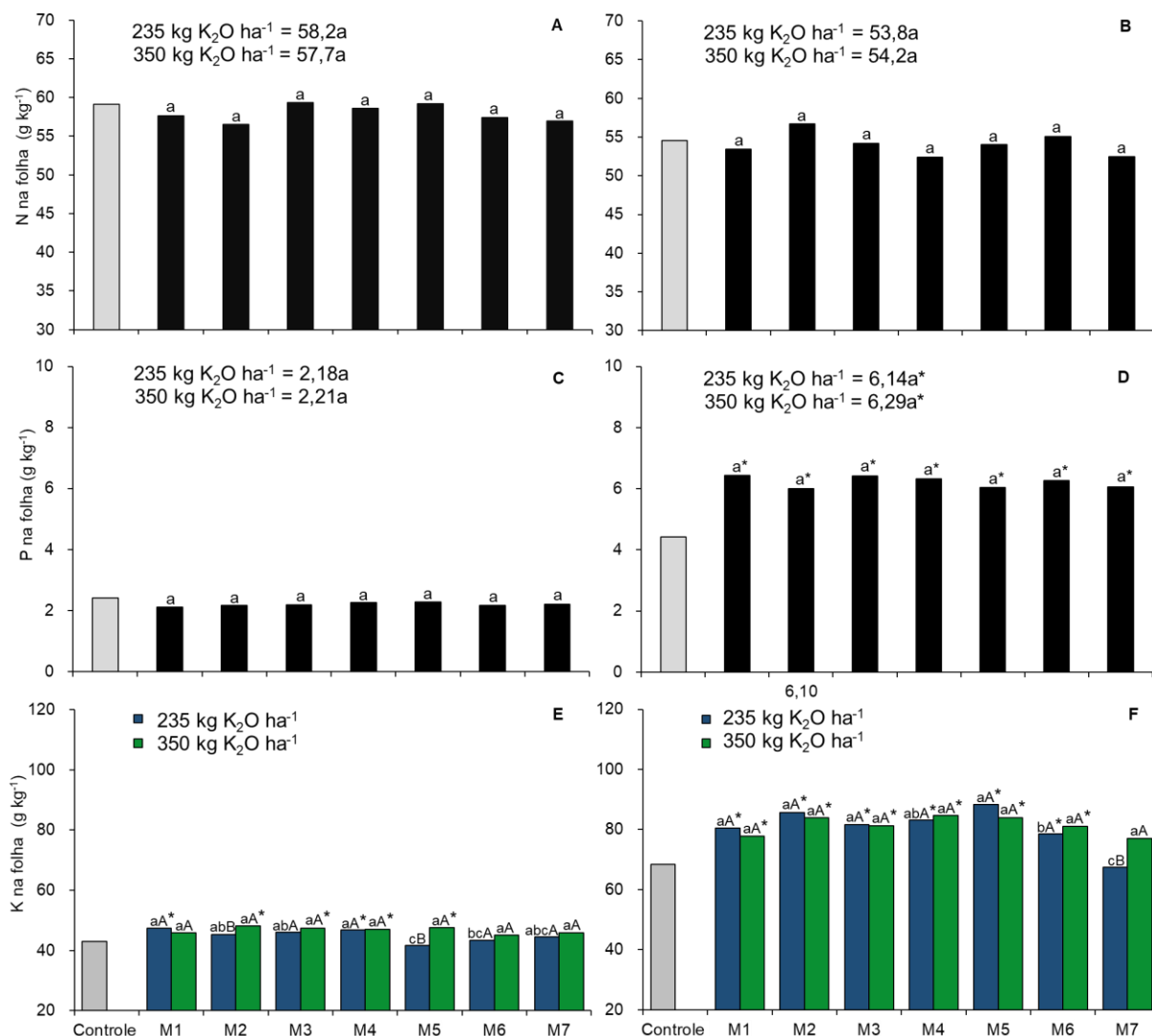
Tabela 8 – Análise de variância para os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG

Fonte de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
<i>P > F</i>						
2021						
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	0,108	0,718	0,003	0,001	0,037	<0,001
Dose (D) ⁽²⁾	0,434	0,599	<0,001	0,077	0,034	0,002
M*D ⁽³⁾	0,497	0,763	0,002	0,087	0,129	0,049
M*C ⁽⁴⁾	0,037	0,370	<0,001	0,001	<0,001	<0,001
D*C ⁽⁴⁾	0,565	0,218	0,010	0,428	<0,001	0,015
(M*D)*C ⁽⁴⁾	0,331	0,041	0,001	0,601	<0,001	0,008
CV (%)	3,9	9,0	3,4	5,9	6,74	11,3
2022						
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	0,011	0,391	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Dose (D) ⁽²⁾	0,574	0,263	0,589	0,003	0,813	0,254
M*D ⁽³⁾	0,381	0,170	0,054	<0,001	<0,001	0,054
M*C ⁽⁴⁾	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
D*C ⁽⁴⁾	0,433	0,001	0,005	<0,001	<0,001	0,034
(M*D)*C ⁽⁴⁾	0,672	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,233
CV (%)	4,4	8,1	5,3	13,4	13,9	11,8

⁽¹⁾Efeito considerando apenas os sete tratamentos de fontes/manejos (M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + sulfato de potássio; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio). ⁽²⁾Efeito considerando apenas as duas doses de K (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹). ⁽³⁾Interação considerando o fatorial composto por 7 fontes/manejos × 2 doses de K₂O. ⁽⁴⁾Indica contrastes entre as médias de fontes/manejos (M), doses (D) ou do fatorial (M*D) com o controle (C) – tratamento sem aplicação de K₂O, pelo teste de Dunnett.

Destaca-se também que, na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹, a mistura fonolito+KCl aplicado no plantio (M6) e o KCl protegido aplicado no plantio (M7) proporcionaram menor teor de K na folha que as demais fontes/manejos. Além disso, na fonte/manejo M7, houve diferença entre as doses quanto ao teor foliar de K. Esses resultados sugerem que o KCl protegido aplicado no plantio não foi eficiente em fornecer K para a cultura da batata até ~30 DAE, especialmente quando aplicado na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹. Como observado para os teores foliares de P, apesar dos efeitos dos tratamentos, os de K também foram menores no primeiro ano do que no segundo (Figura 5). Contudo, mesmo no controle os teores de K estavam dentro da faixa considerada adequada para a cultura da batata (Feltran *et al.*, 2022).

Figura 5 - Teores de nitrogênio (A e B), fósforo (C e D) e potássio (E e F) na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Em relação aos teores de Ca na folha diagnóstica da cultura da batata, foi observado efeito significativo da interação fonte/manejo × dose de K em ambos os anos (Tabela 8). Em relação ao Ca em 2021, o M7 (KCl protegido) se destacou positivamente proporcionando o maior teor de Ca (13,0 g kg⁻¹), sendo estatisticamente superior ao M1 (KCl plantio) na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ e superior

ao M2 – KCl parcelado na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ (Figura 6A). Não foi observada diferenças estatísticas entres os tratamentos e o controle, sem aplicação de K mineral. Comportamento semelhante foi observado em 2022, em relação ao fatorial, pois o M7 nas doses de 235 e 350 kg K₂O ha⁻¹ também promoveu os maiores teores de Ca, 6,8 e 6,4 g kg⁻¹, respectivamente, diferindo de alguns dos outros tratamentos (Figura 6B). Diferentemente de 2021, todos os tratamentos proporcionaram teores foliares de Ca inferior ao controle (sem aplicação de K), indicando que a adubação potássica interferiu na absorção de Ca, causando sua redução na folha.

O teor de Mg foi influenciado pela fonte/manejo e dose de K isoladamente em 2021 e pela fonte/manejo e interação fonte/manejo × dose em 2022 (Tabela 7). Em 2021, o M5 (KCl + K₂SO₄) promoveu o maior teor foliar de Mg (5,7 g kg⁻¹), contudo, foi superior apenas ao M7 (KCl protegido) (Figura 6C). Quando avaliado o fator dose, observou-o que o uso de 350 kg K₂O ha⁻¹ reduziu o teor de Mg foliar em comparação a dose de 235 kg K₂O ha⁻¹. Apesar das diferenças observadas, todos os tratamentos obtiveram teores de Mg inferior ao controle (sem aplicação de K), sinalizando que a absorção de Mg também foi reduzida quando aplicada a a adubação potássica. Em 2022, foi verificado que o M1 (KCl plantio) e M4 (KCl + polissulfato) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹, promoveram os maiores teores foliares de Mg (3,75 e 3,70 g kg⁻¹, respectivamente) entre os tratamentos adubados com K, não diferindo apenas do M7 (KCl protegido) – 350 kg K₂O ha⁻¹ (Figura 6D). Apesar do controle não ser superior a todos os tratamentos, em 2022 também foi verificado uma tendência de redução de Mg nas folhas com aplicação da maioria dos tratamentos de K.

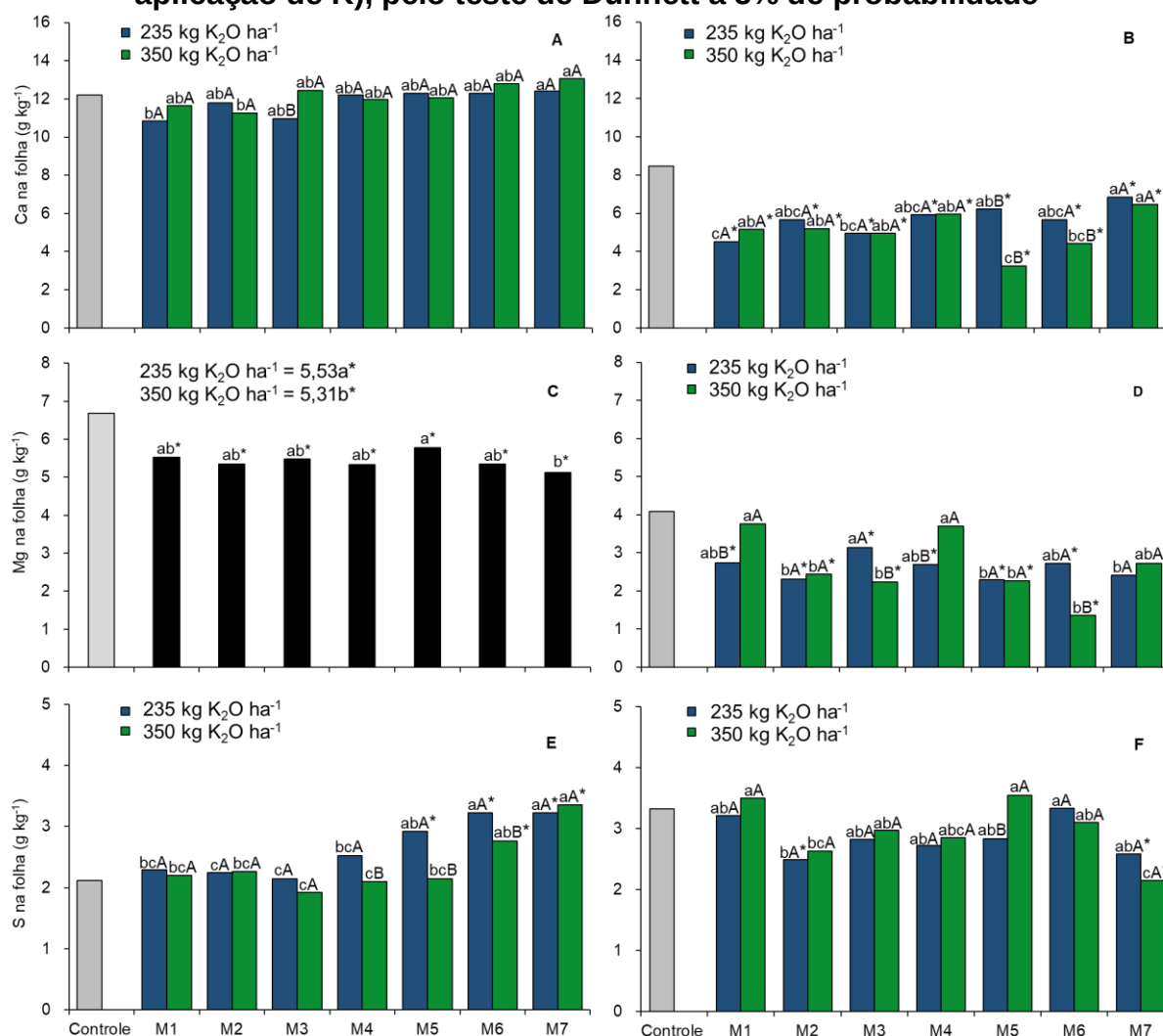
Em 2022 para o Ca e nos dois anos para o Mg, observou-se que os teores desses nutrientes tiveram uma tendência em reduzir na folha diagnose ao aplicar os tratamentos contendo K mineral, com exceção dos M1 (KCl plantio), M4 (KCl + polissulfato) e M5 (KCl + K₂SO₄) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ no ano de 2022 para o Mg (Figuras 6A-6D). Isso evidencia efeitos antagônicos entre a adubação potássica e a absorção de Ca e Mg pela planta de batata, visto que, em geral os tratamentos estudados foram inferiores numericamente ao controle (sem aplicação de K), sugerindo que o aumento da disponibilidade de K no solo proporciona maiores teores de K na folha, mas reduz a absorção Ca e, principalmente, de Mg (Figuras 5E, 5F e 6C-6D). Esses resultados, pode ter ocorrido pela competição dos sítios de absorção de nutrientes pelas raízes, pois concentrações muito altas de K⁺ na

solução do solo causa uma diminuição na absorção de Ca^{2+} e Mg^{2+} pelas plantas (Marschner, 2012; Xie *et al.*, 2021). Fato esse observado por Oliveira (2000) em trabalho com soja, onde verificou que o aumento da disponibilidade de K no solo, gerado pelas doses aplicadas, reduziu os teores de Ca e Mg devido ao efeito antagônico sobre a absorção pelas plantas. Além disso, os teores de Ca e Mg no experimento de 2022 estavam abaixo do que os valores de referência (10-20 g kg^{-1} de Ca e 3 a 5 g kg^{-1} de Mg) descrito por Feltran *et al.* (2022), até os tratamentos que tinham em sua composição Ca e Mg (Tabelas 2 e 4). Apesar disso, não foi verificado deficiência desses dois nutrientes nos experimentos conduzidos.

Houve efeito significativo da interação entre os fatores estudados para o teor de S nos dois anos (Tabela 8). O M7 (KCl protegido) na dose de 350 kg $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$ possibilitou o maior o teor de S (3,3 g kg^{-1}) na folha em 2021; contudo, quando comparado ao M6 (mistura fonolito+KCl – 350 kg $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$) e M7 (KCl protegido – 235 kg $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$), não foi verificado diferença estatística (Figura 6E). Esses mesmos tratamentos, além do M6 – 235 kg $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$, também foram superiores ao controle. Em 2022, os maiores teores foliares de S foram obtidos quando utilizados o M5 (KCl + K_2SO_4 – 3,54 g kg^{-1}) e M1 (KCl plantio – 3,50 g kg^{-1}), na dose de 350 kg $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$, apesar de não ser significativamente diferente dos M3 (KCl + sulfato duplo – 2,97 g kg^{-1}), M4 (KCl + polissulfato – 2,85 g kg^{-1}) e M6 (Mistura fonolito+KCl – 3,10 g kg^{-1}) na mesma dose (Figura 6F). Além disso, apenas os tratamentos M2 (KCl parcelado) - 235 kg $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$ e M7 (KCl protegido) – 350 kg $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$ foram inferiores ao controle. Apesar de alguns manejos (M3, M4 e M5) conterem quantidades significativas de S (Tabelas 2 e 4), estes não foram eficientes em aumentar o teor de S na folha diagnose batateira no presente estudo, em relação ao controle (Figuras 6E e 6F).

Independente de verificar alguns efeitos dos tratamentos, é válido ressaltar que, em condições de campo, nenhuma deficiência foi visualizada e os tratamentos estavam dentro ou acima da faixa considerada adequada para a cultura da batata por Feltran *et al.* (2022) (40-60 g kg^{-1} N; 3,0 – 5,0 g kg^{-1} P, 40 – 80 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), com exceção do teores de P e S em 2021 e os teores de Ca e Mg no experimento no ano de 2022, nos quais que os teores estavam abaixo do que os valores de referência (Figuras 5 e 6).

Figura 6 - Teores de cálcio (A e B), magnésio (C e D) e enxofre (E e F) na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Em ambos os anos houve efeito significativo da interação M × D para os teores de B, Cu e Fe na folha diagnóstica (Tabela 9; Figura 7). Em 2021, o M3 (KCl + sulfato duplo) e M1 (KCl plantio) na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ resultaram nos maiores teores foliares de B observados, 41,8 e 41,3 mg kg⁻¹, respectivamente (Figura 7A). Além desses tratamentos, o M1 (KCl plantio) – 350 kg K₂O ha⁻¹, M5 (KCl + K₂SO₄) – 235 kg K₂O ha⁻¹ e M6 (mistura fonolito+KCl) e M7 (KCl parcelado) nas duas doses,

diferiram do controle. Em 2022, apesar da maioria dos tratamentos adubados com K não diferirem entre si, o M1 (KCl plantio) – 235 kg K₂O ha⁻¹ e M2 (KCl parcelado) e M3 (KCl + sulfato duplo) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ proporcionaram os maiores teores foliares de B, 29,0, 28,9 e 29,1 mg kg⁻¹, respectivamente (Figura 7B). Ademais, apenas o M1 (KCl plantio) – 350 kg K₂O ha⁻¹ foi igual ao controle, sendo os demais tratamentos superiores. De modo geral, os valores de B na folha diagnóstica de batata estavam dentro da faixa adequada para a cultura por Feltran *et al.* (2022) (25–50 mg kg⁻¹), com exceção dos controles (2021 e 2022) sem aplicação da adubação potássica, sugerindo que uma adubação balanceada de K pode favorecer também a absorção de B. Apesar da interação entre B e K, não ser muito pesquisada, há indícios de um efeito sinérgico entre esses elementos (Longo; Peng, 2023), visto que em tabaco, o K promoveu maior acúmulo de B, sendo mais significativo em alta disponibilidade de B (Lopez-Lefebvre *et al.*, 2002).

Tabela 9 – Análise de variância para os teores de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn e Cl) na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG

Fonte de variação	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Cl
<i>P > F</i>						
2021						
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	<0,001	<0,001	0,276	<0,001	0,012	0,034
Dose (D) ⁽²⁾	<0,001	0,044	0,818	0,005	0,026	<0,001
M×D ⁽³⁾	0,090	0,033	0,003	0,040	0,656	<0,001
M×C ⁽⁴⁾	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,015	<0,001
D×C ⁽⁴⁾	<0,001	0,013	0,008	0,575	0,116	<0,001
(M×D)×C ⁽⁴⁾	<0,001	<0,001	0,001	0,889	<0,001	<0,001
CV (%)	14,3	12,3	19,0	6,6	12,7	12,3
2022						
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	0,453	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Dose (D) ⁽²⁾	0,664	0,229	0,560	0,174	0,435	<0,001
M×D ⁽³⁾	<0,001	0,005	0,011	0,006	<0,001	0,961
M×C ⁽⁴⁾	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
D×C ⁽⁴⁾	<0,001	0,101	<0,001	0,499	<0,001	<0,001
(M×D)×C ⁽⁴⁾	<0,001	0,298	<0,001	0,595	<0,001	<0,001
CV (%)	9,5	26,8	29,6	19,2	17,8	26,8

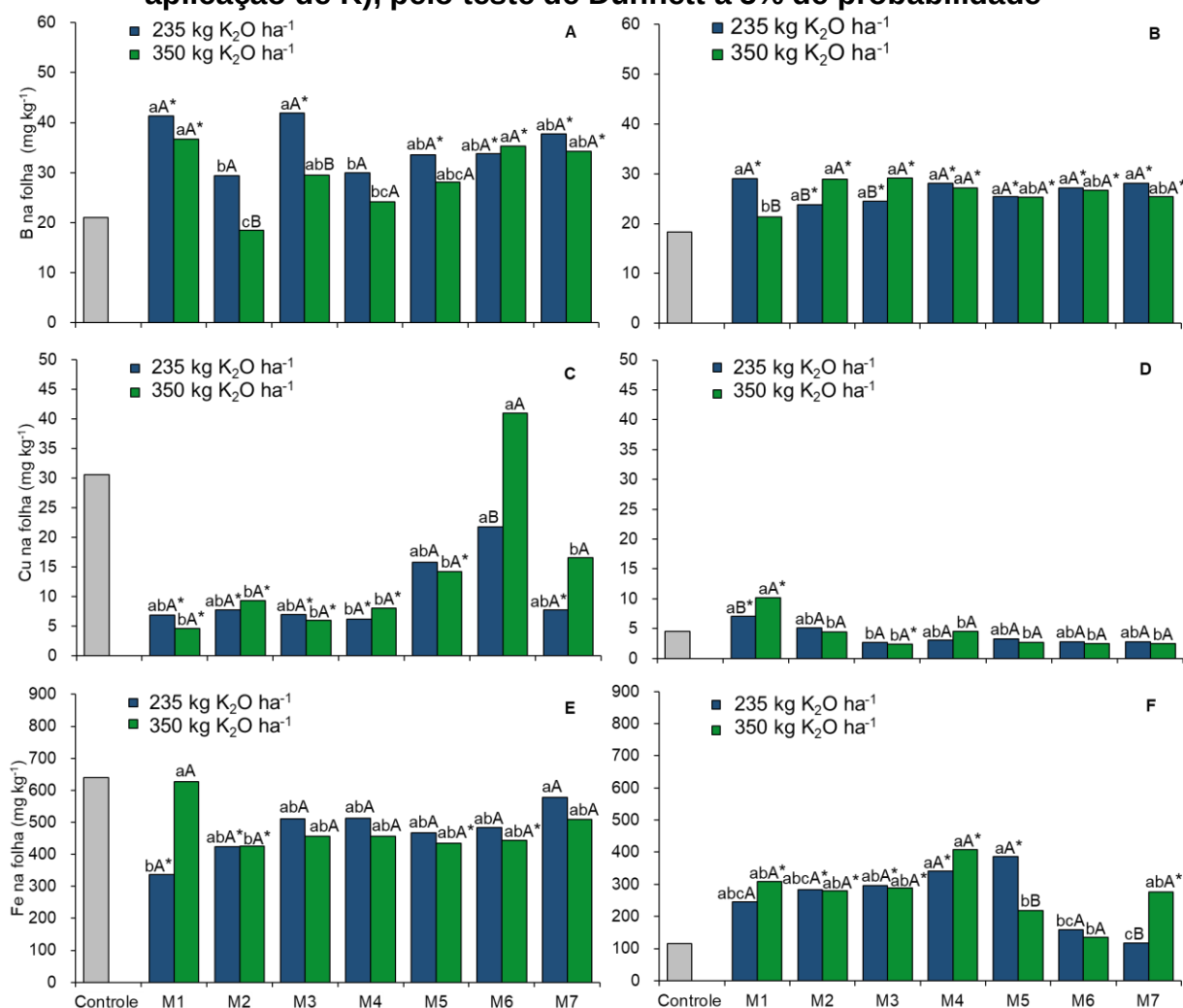
⁽¹⁾Efeito considerando apenas os sete tratamentos de fontes/manejos (M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio). ⁽²⁾Efeito considerando apenas as duas doses de K (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹). ⁽³⁾Interação considerando o fatorial composto por 7 fontes/manejos × 2 doses de K₂O. ⁽⁴⁾Indica contrastes entre as médias de fontes/manejos (M), doses (D) ou do fatorial (M×D) com o controle (C) – tratamento sem aplicação de K₂O, pelo teste de Dunnett.

Quanto ao teor foliar de Cu, o tratamento M6 (mistura fonolito+KCl) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ proporcionou teor (41,0 mg kg⁻¹) superior aos demais tratamentos, em 2021 (Figura 7C). Todavia este tratamento não foi diferente do controle sem aplicação de adubo potássico. Em 2022, o tratamento M1 (KCl plantio) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ proporcionou o maior teor de Cu (10,1 mg kg⁻¹), sendo este e o tratamento M1 – 235 kg K₂O ha⁻¹ maiores em relação ao controle e aos demais tratamentos (Figura 7D).

Em relação ao teor de Fe, o tratamento com adubação potássica que se destacou positivamente em 2021 foi o M1 (KCl plantio); porém, nenhum dos tratamentos foi superior ao controle sem K, sendo que alguns tratamentos proporcionaram inclusive teores foliares de Fe inferiores ao controle (Figura 7E). Em 2022, o tratamento M5 (KCl + K₂SO₄) na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ e M4 (KCl + polissulfato) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ foram os tratamentos que se destacaram positivamente quanto aos teores de Fe na folha diagnóstica, inclusive sendo superiores ao controle, porém não foram diferentes dos tratamentos M1 (KCl plantio), M2 (KCl parcelado), M3 (KCl + sulfato duplo) e M7 (KCl protegido) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ (Figura 7F).

Já os valores de Cu na folha tiveram grandes oscilações entre os tratamentos e anos estudados, tanto abaixo, quanto acima dos limites considerados adequados para a planta de batata por Feltran *et al.* (2022), que é de 7 a 20 mg kg⁻¹ (Figuras 7C e 7D). Os valores de Fe, em geral estavam na faixa adequada, que varia de 50 a 400 mg kg⁻¹ (Feltran *et al.* 2022), entretanto alguns tratamentos estavam ligeiramente acima da faixa, o que pode ser devido a aplicação de alguns produtos fitossanitários contendo tanto o Cu quanto o Fe na composição (Tabela 6 e 7).

Figura 7 - Teores de boro (A e B), cobre (C e D) e ferro (E e F) na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Houve interação significativa entre os fatores para Mn na folha diagnóstica da batata (Tabela 9). Em 2021, o tratamento M2 (KCl parcelado) – 350 kg K₂O ha⁻¹ resultou no maior teor de Mn (221,2 mg kg⁻¹), apesar de não diferir dos demais tratamentos e do controle sem aplicação de K mineral (Figura 8A). No ano de 2022, o M1 (KCl plantio) – 235 kg K₂O ha⁻¹ proporcionou o maior resultado em termos de teor de Mn na folha diagnóstica (200,2 mg kg⁻¹); contudo, apenas os M6 (mistura

fonolito+KCl) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ diferiu do tratamento controle, sendo inferior a ele (Figura 8B).

O teor de Zn na folha foi influenciado isoladamente pelos fatores em 2021, enquanto em 2022 houve interação da fonte/manejo e dose de K (Tabela 9). Em 2021, o tratamento M6 (mistura fonolito+KCl) proporcionou o maior teor de Zn na folha diagnóstica, apesar de diferir somente do M3 (KCl + sulfato duplo) (Figura 8C). Já em relação ao fator dose, observa-se que a aplicação de 235 kg K₂O ha⁻¹ proporcionou maior teor de Zn na folha. Apesar de apenas os M1, M2, M3 e M4 terem sido significativamente inferiores ao controle, todos as fontes/manejos e doses proporcionaram teores de Zn inferiores numericamente a esse tratamento. Em 2022, M1 (KCl plantio) – 350 kg K₂O ha⁻¹ se destacou positivamente (38,5 mg kg⁻¹), sendo superior aos demais tratamentos e o único a ser igual ao controle sem aplicação adubo potássico (Figura 8D).

De modo geral, os teores de Mn e Zn em todos os tratamentos estavam dentro ou acima das faixas consideradas adequadas por Feltran *et al.* (2022), o que pode estar relacionado às suas disponibilidades no solo, as interações entre os elementos, pH do solo e as aplicações de fertilizantes e defensivos na cultura da batata (Tabelas 1, 6 e 7; Figuras 8A-8D). Além disso, os resultados dos dois experimentos para o Zn demonstram que a aplicação de K mineral teve a tendência em reduzir o teor desse elemento, o que pode ser comprovado pelos maiores teores obtidos no controle sem fertilizante potássico (Figuras 8C-8D).

Foi observada interação entre os fatores estudados em 2021 e dos fatores isoladamente em 2022 para o teor de Cl na folha diagnóstica da batateira (Tabela 9). Em 2021, M1 (KCl plantio) e M6 (mistura de fonolito + KCl) na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ e M1 (KCl plantio), M2 (KCl parcelado), M5 (KCl + K₂SO₄) e M7 (KCl protegido) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ se destacaram, com teores de Cl entre 21,0 e 22,5 g kg⁻¹. Todavia, todos os tratamentos com adubação potássica, incluindo aqueles com menor fornecimento de Cl, foram superiores do controle, sendo os M2 (KCl parcelado), M5 (KCl + K₂SO₄) e M7 (KCl protegido) na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ os tratamentos que proporcionaram menores incrementos nessa variável (Figura 8E). Em 2022, observou-se que todos dos tratamentos com aplicação de K, independentemente da fonte/manejo ou dose, proporcionaram teores foliares de Cl maiores que o controle; com destaque para o M1 (KCl plantio), M2 (KCl parcelado), M6 (mistura fonolito+KCl) e M7 (KCl protegido), com teores entre 20,2 e 22,54 g kg⁻¹.

(Figura 8F). O M3 (KCl + sulfato duplo) e M5 (KCl + K₂SO₄) foram os manejos que promoveram os menores teores de Cl na folha diagnóstica da cultura da batata, 15,7 e 16,0 g kg⁻¹, respectivamente. Contudo, nenhum dos tratamentos foi igual ao controle sem K. Além disso, a dose 235 kg K₂O ha⁻¹ proporcionou menor teor de Cl na folha, em comparação a 350 kg K₂O ha⁻¹, todavia ambas foram superiores ao tratamento sem aplicação de adubação potássica.

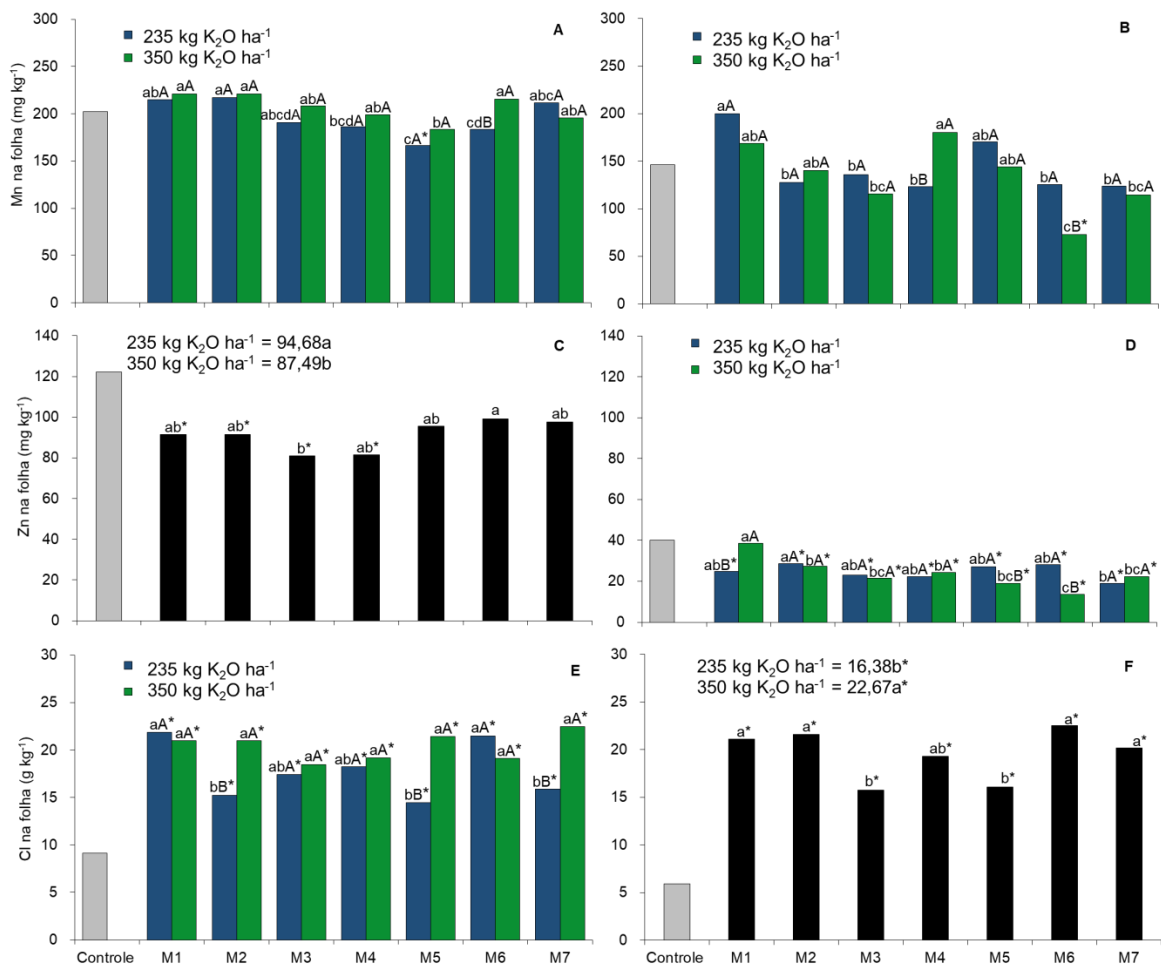
Os resultados dos dois anos demonstram que a aplicação de K mineral aumentou o teor de Cl na folha diagnóstica da cultura da batata (Figuras 8E e 8F). Esta resposta ocorreu devidos a presença de Cl no KCl utilizado nas fontes/manejos (M1 ao M7) (Tabelas 2, 3 e 4), pois, por esse elemento ser um micronutriente essencial, é absorvido e necessário para as plantas (Marschner, 2012). As concentrações médias de Cl nas plantas estão na faixa de 2 a 20 g Cl kg⁻¹ de MS, com algumas exceções, podendo ser atingidas conforme a irrigação, chuva, o uso de fertilizantes e poluição do ar (Chen et al., 2010).

Apesar do cloro ser um micronutriente essencial como já destacado, a aplicação de fertilizantes potássicos, principalmente o cloreto de K, pode causar toxicidade de Cl nas plantas e danos a microbiota do solo. Em geral, as plantas normavelmente absorve Cl⁻ em níveis acima do necessário ao seu metabolismo (Ferreira *et al.*, 2007). O excesso de cloro causa impactos negativos, principalmente pelo efeito osmótico e efeito tóxico direto, levando a planta a perder água através das raízes, criando o efeito "estresse salino". Os sintomas mais comuns da toxicidade desse nutriente é a necrose das margens das folhas, causando a sua queda precoce e o bronzeamento e murchamento de folhas (Kopsell; Kopsell, 2015; Larcher, 2000). Contudo, mesmo observando valores elevados desse nutriente nesse estudo, não foi detectado nenhum sintoma de toxicidade desse elemento nos anos de 2021 e 2022, apesar do aumento expressivo dos teores de Cl.

Pauletti e Menarin (2004) ao avaliarem época, fontes e doses de potássio na cultura da batata para a cultivar Bintje, também verificaram resultados semelhantes. Nesse estudo, o KCl também proporcionou aumento expressivo de Cl nas folhas, todavia não foi relatado sintomas de toxicidade. Além disso, os teores de Cl estavam abaixo do verificado no presente estudo. Diversos estudos têm utilizado o manejo da adubação potássica como objeto de pesquisa em diversas culturas, e em suma, todos os estudos não relataram toxicidade de Cl nas plantas (Crusciol *et al.*, 2022; Gazola *et al.*, 2022; Job *et al.*, 2019; Naumann *et al.*, 2020; Soratto *et al.*, 2021a;

Pauletti; Menarim, 2004; Wilmer *et al.*, 2022), como observado no presente estudo. Contudo, as elevadas concentrações observadas, apesar de não apresentar efeitos visíveis nas folhas, possivelmente estariam afetando principalmente o metabolismo, visto que é um dos primeiros danos causados pela fitotoxidade.

Figura 8 - Teores de manganês (A e B), zinco (C e D) e cloro (E e F) na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejes e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejes e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejes e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejes: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Foi observado interação significativa entre os fatores em questão para o teor de K na folha da batata aos 51 e 79 DAE, em 2021, e aos 56 e 86 DAE, em 2022 (Tabela 10). Aos 51 DAE no ano de 2021, a aplicação do M3 (KCl + sulfato duplo) na

dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ proporcionou o maior teor de K observado entre os tratamentos (67,7 g kg⁻¹) 31% maior que o do controle (Figura 9A). Contudo, outros tratamentos também se destacaram: M2 (KCl parcelado) – 235 kg K₂O ha⁻¹ e M5 (KCl + K₂SO₄), M6 (mistura fonolito), M7 (KCl protegido) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹, proporcionando aumentos significativos entre 28 a 29%, em relação ao controle. Na coleta realizada aos 79 DAE, o M5 (KCl + K₂SO₄) – 350 kg K₂O ha⁻¹ se destacou positivamente, proporcionando o maior teor de K (67,21 g kg⁻¹); contudo o M3 (KCl + sulfato duplo), M7 (KCl protegido) e M4 (KCl + polissulfato) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ também promoveram teores acima de 63,3 g kg⁻¹ e superiores ao tratamento controle. Desempenhos menos expressivos foram verificados para o M1(KCl plantio) e o M2 (KCl parcelado), nas duas doses, que apesar de serem superior ao controle, proporcionaram os menores teores em relação aos demais tratamentos (Figura 9C).

Em 2022, a combinação de KCl + sulfato duplo (M3) – 350 kg K₂O ha⁻¹ e KCl + polissulfato (M4) – 235 kg K₂O ha⁻¹ promoveram os maiores teores foliares de K (65,6 e 64,7 g kg⁻¹, respectivamente) aos 56 DAE, sendo ambos os valores superiores ao controle (Figura 9B). Além disso, o M3 e M4 na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ promoveram os menores teores de K, não se diferenciando do controle. Quando avaliados os teores aos 86 DAE, o M7 (KCl protegido) – 235 kg K₂O ha⁻¹, o M3 (KCl + sulfato duplo) e o M2 (KCl parcelado) – 350 kg K₂O ha⁻¹ proporcionaram os melhores resultados, com respectivos teores de 64,7, 64,6 e 64,4 g kg⁻¹, além de serem superiores o controle (Figura 9D).

Os resultados dos dois anos demonstraram que a aplicação dos tratamentos contendo K mineral, possibilitou maiores teores de K na folha diagnostica nas diferentes épocas de coleta, o que pode ser comprovado pelos maiores resultados aos 51 e 79 DAE no ano de 2021 e aos 56 e 86 DAE no ano de 2022 da batata (Figura 9). Esses incrementos foram proporcionados principalmente pelas combinações de KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio (M3), KCl + polissulfato de potássio (M4), KCl + K₂SO₄ (M5) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ ambos aplicados parceladamente, no plantio e na amontoa. Apesar desses tratamentos terem sido eficientes em aumentar o teor de K, destaca-se que mesmo na ausência da aplicação de K, os teores de K na folha diagnostica encontravam-se dentro da faixa tida como adequada por Feltran *et al.* (2022), para folhas coletadas por volta de 30 DAE. Tais resultados se devem, provavelmente, aos teores de K no solo considerado baixo-médio (1,5 e 1,7 mmol_c dm⁻³ em 2021 e 2022, respectivamente

(Tabela 1) (Mattos JR.; Boaretto; Quaggio, 2022). De maneira geral, o uso de fontes de liberação gradual (M6 e M7) ou o parcelamento (M2-M5), independentemente da fonte, tende a proporcionar maiores teores de K nas folhas até a última época de avaliação, apenas em 2021 (Figura 9).

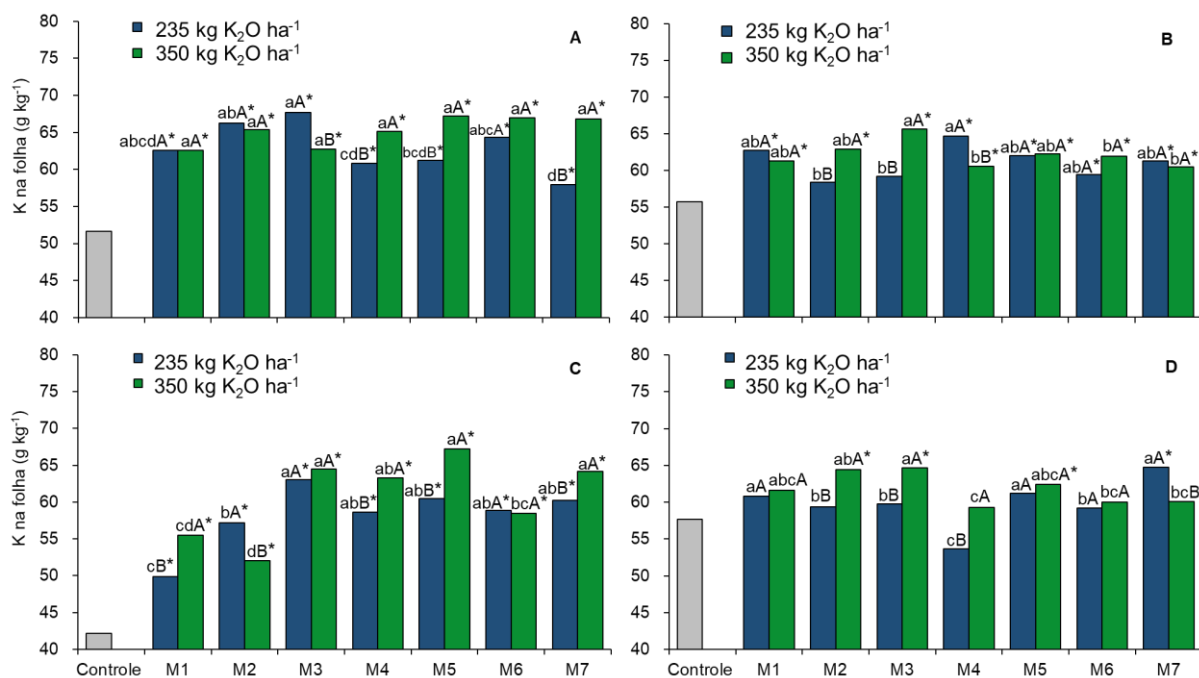
Tabela 10 – Análise de variância para o potássio (K) e cloro (Cl) aos 51 e 79 DAE em 2021 e aos 56 e 86 DAE em 2022 na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG

Fonte de variação	K (51/56 DAE)	Cl (51/56 DAE)	K (79/86 DAE)	Cl (79/86 DAE)
<i>P > F</i>				
2021				
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	0,016	<0,001	<0,001	<0,001
Dose (D) ⁽²⁾	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
M*D ⁽³⁾	<0,001	0,001	<0,001	<0,001
M*C ⁽⁴⁾	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
D*C ⁽⁴⁾	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
(M*D)*C ⁽⁴⁾	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CV (%)	3,7	10,6	4,1	10,8
2022				
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	0,216	<0,001	<0,001	<0,001
Dose (D) ⁽²⁾	0,060	<0,001	0,001	<0,001
M*D ⁽³⁾	<0,001	0,003	<0,001	0,219
M*C ⁽⁴⁾	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
D*C ⁽⁴⁾	<0,001	<0,001	0,032	<0,001
(M*D)*C ⁽⁴⁾	<0,001	<0,001	0,006	<0,001
CV (%)	3,2	11,9	3,4	15,9

⁽¹⁾Efeito considerando apenas os sete tratamentos de fontes/manejos (M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio). ⁽²⁾Efeito considerando apenas as duas doses de K (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹).

⁽³⁾Interação considerando o fatorial composto por 7 fontes/manejos × 2 doses de K₂O. ⁽⁴⁾Indica contrastes entre as médias de fontes/manejos (M), doses (D) ou do fatorial (M*D) com o controle (C) – tratamento sem aplicação de K₂O, pelo teste de Dunnett.

Figura 9 - Teores de potássio aos 51 (A) e 79 DAE (C) em 2021 e aos 56 (B) e 86 DAE (D) em 2022 na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A e C) e 2022 (B e D), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

É de conhecimento geral que a adubação potássica eleva as concentrações de K nas folhas em diversas culturas, como a soja, milho, feijão-comum, arroz de terras altas, batata e mandioca (Crusciol *et al.*, 2022; Gazola *et al.*, 2022; Soratto *et al.*, 2021a; Pauletti; Menarim, 2004). Na cultura da batata, efeito similar também foi verificado, segundo Job *et al.* (2019), trabalhando com dose e parcelamentos de KCl, concluíram que a adubação potássica aumentou o teor de K na folha; contudo, o efeito foi mais significativo no solo com baixo K trocável, como observado no presente estudo. O aumento do K nas folhas, como observados em todas as épocas de avaliação na cultura da batata nos dois anos, permite que a planta otimize o crescimento vegetativo e consequentemente a produtividade, uma vez, que em o K permite a ativação de mais 40 enzimas; atua na regulação osmótica, uso eficiente da água, captação e síntese de proteínas e translocação de assimilados (Taiz *et al.*,

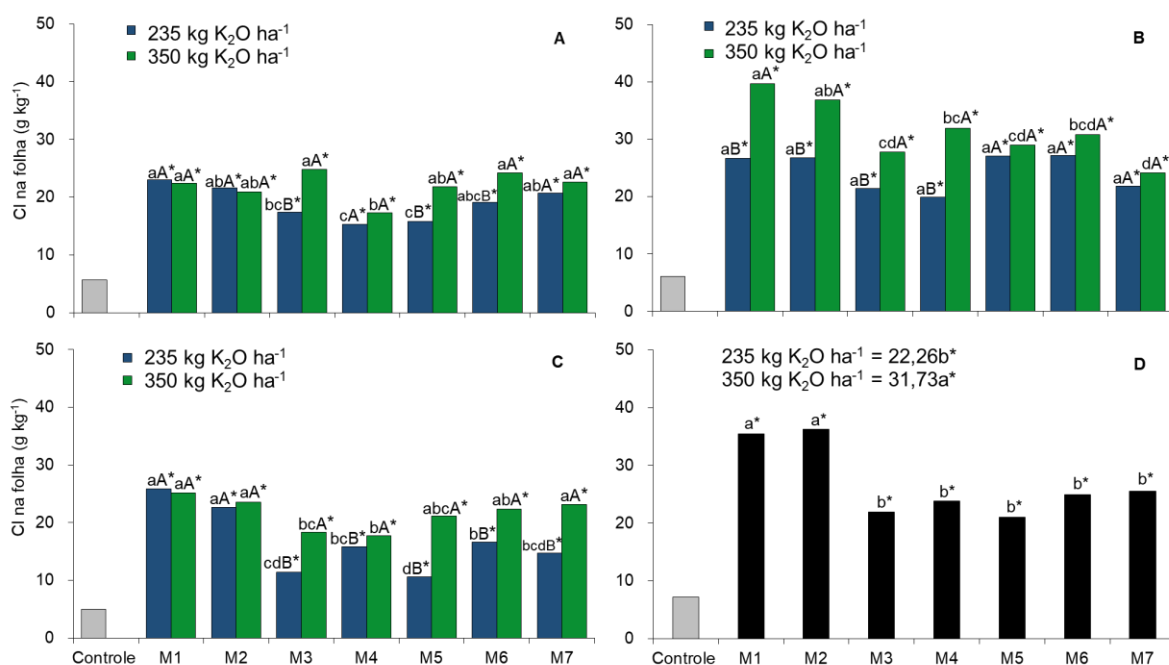
2017). Também regula o funcionamento adequado dos estômatos, transporte de água e nutrientes (Nelson; Motavall; Nathan, 2005). Além disso, devido ao seu papel fundamental na produção do amido e na fotossíntese (Mesquita *et al.*, 2012), níveis adequados podem aumentar a produtividade e a deficiência resultar em aumento na susceptibilidade a doenças e redução no crescimento das plantas (Abdelgadir *et al.*, 2003; Job *et al.*, 2019), demonstrando que sua deficiência pode causar perdas de produtividade.

Foi observado interação significativa entre os fatores em questão para o teor de Cl da batata aos 51 e 79 DAE em 2021 e aos 56 DAE em 2022. Aos 86 DAE em 2022 houve significância dos fatores isolados (fonte/manejo e dose) (Tabela 10). Na coleta realizada aos 51 DAE, a aplicação do M3 (KCl + sulfato duplo) e M6 (mistura fonolito+KCl) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ proporcionaram os maiores teores de Cl foliar (24,8 e 24,2 g kg⁻¹, respectivamente) (Figura 10A). Além disso, esses mesmos tratamentos aumentaram 335 e 325% maior que o tratamento controle (sem aplicação de fertilizante potássico), respectivamente. Contudo, esses dois tratamentos foram superiores apenas ao M4 (KCl + polissulfato) – 350 kg K₂O ha⁻¹ e todos os tratamentos foram superiores ao controle sem K. Aos 79 DAE, o M1 (KCl plantio) na dose de 235 e 350 kg K₂O ha⁻¹ proporcionaram os maiores teores (25,8 e 25,1 g kg⁻¹, respectivamente), apesar de todos os tratamentos também serem superiores ao tratamento controle (5,0 g kg⁻¹). Apesar disso, vale ressaltar que os tratamentos com adubação potássica que apresentaram os menores teores de Cl foram a combinação de M5 (KCl + K₂SO₄) e M3 (KCl + sulfato duplo) na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ (Figura 10C).

Em 2022, o M1 (KCl plantio) e M2 (KCl parcelado), na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹, propiciaram os maiores teores de Cl (39,6 e 36,8 g kg⁻¹, respectivamente) com aumentos de 646 e 600%, respectivamente, em relação ao controle (Figura 10B). Paralelamente, os demais tratamentos também foram superiores do tratamento sem aplicação de K. Destaca-se que, o M3 (KCl + sulfato duplo), o M4 (KCl + polissulfato) e o M7 (KCl protegido) na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ proporcionaram os menores teores de Cl nas folhas. Aos 86 DAE, conjuntamente com as avaliações realizadas aos 56 DAE, o tratamento com KCl plantio (M1) e KCl parcelado (M2) promoveram os maiores teores de Cl na folha diagnostica da batateira, sendo superiores aos demais tratamentos e ao controle (Figura 10D). Ademais, os tratamentos M3 (KCl + sulfato duplo), M4 (KCl + polissulfato) e M5 (KCl + K₂SO₄) promoveram os menores

teores de Cl nas folhas. Por outro lado, a dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ aumentou significativamente os teores de Cl em 43% em relação à dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ e 342% em relação ao controle sem K (Figura 10D).

Figura 10 - Teores de cloro aos 51 (A) e 79 DAE (C) em 2021 e aos 56 (B) e 86 DAE (D) em 2022 na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A e C) e 2022 (B e D), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Em geral, a aplicação de fertilizante potássicos contendo Cl proporcionou incrementos em termos de Cl nas folhas aos 51 e 79 DAE e aos 56 e 86 DAE, com destaque para o KCl plantio (M1) e KCl parcelado (M2) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ (Figura 10). Fato esse desencadeado, principalmente, porque nesses tratamentos o KCl foi a única fonte de K e ter a maior porcentagem de Cl na sua composição (Tabela 2). Apesar do Cl ser um micronutriente, requerido pelas plantas (Marschner, 2012), é geralmente desconsiderado nas análises de tecidos vegetais, pois está distribuído amplamente na natureza, além de ser adicionado no sistema pela adubação potássica e água de irrigação, suprimindo normalmente a necessidades dos

cultivos. Contudo, nos dois experimentos, tratamentos proporcionaram teores de Cl entre 20 e 40 g kg⁻¹, com exceções, dos manejos M3 (KCl + sulfato duplo), M4 (KCl + polissulfato) e M5 (KCl + sulfato duplo), teor esse, elevado para um micronutriente.

Apesar de ser requerido para as reações fotossintéticas envolvidas na evolução de O₂ (Taiz *et al.*, 2017), o Cl em excesso pode causar distúrbios nas plantas, pois a presença de altas concentrações de Cl também pode causar a toxidez em plantas e redução do sistema radicular (Lacerda *et al.*, 2004). O seu acúmulo no vacúolo também pode atuar como um osmótico, desbalanceados as células vegetais (Geilfus, 2018), podendo aumentar na absorção de água, causando redução do percentual de MS das plantas (Westermann *et al.*, 1994; Reis Júnior, 1995). Além disso, doses elevadas e sucessivas de KCl no solo podem causar prejuízos à planta de batata, devido à salinização e o efeito osmótico no solo, havendo o aumento da absorção do íon cloreto (Cl⁻) e afetando as combinações orgânicas do P, reduzindo a síntese de carboidratos (Murphy; Cunningham; Hawkins, 1963).

Certamente, é importante destacar que em condições de campo, nenhuma toxicidade dos tratamentos ou deficiência foi observada e, possivelmente, o teor de Cl nos experimentos não estava em níveis requerido para apresentar sintomas visíveis ou as plantas não estavam em estado de toxicidade. Isso se deve ao fato de que, inicialmente ao serem absorvidos em excesso, os nutrientes geram desequilíbrio e prejuízos ao metabolismo, acontece uma interferência nos processos bioquímicos internos, prejudicando as funções vitais da planta (Marschner, 2012). Como possivelmente as plantas tinham concentrações altas, mas não o suficiente para apresentar sintomas visuais, não foi possível a identificação em campo. Apesar de haver a possibilidade de toxicidade desse nutriente, ainda não existe uma faixa adequada na folha para a cultura da batateira no Brasil, deixando um grande vazio de informações sobre os efeitos da toxicidade inicial, suas alterações no metabolismo e os reflexos na produtividade. É relatado que toxicidade ocorre na faixa de 5 a 10 g Cl kg⁻¹ de MS do tecido foliar para culturas sensíveis e superior a 40 g Cl kg⁻¹ MS para os tolerantes (Kopsell; Kopsell, 2015). Segundo Mengel *et al.* (2001), as plantas de batatas são consideradas muito propensas à toxicidade por Cl⁻ e pertencem às chamadas culturas clorofóbicas, ou seja, nas condições dos presentes experimentos, os tratamentos com adubação potássica estariam causando toxicidade inicial, todavia sem sintomas visíveis.

Entretanto, tem sido discutido sobre a afirmação de que as plantas de batata são sensíveis ao Cl^- e que tem efeitos negativos no desempenho da produção de tubérculos (Koch; Pawelzik; Kautz, 2021). Segundo estudos desenvolvidos por Hütsch *et al.* (2018), não foi validado o fato que a batata é uma planta sensível ao Cl^- e precisa de ser reconsiderado, visto em seu estudo as cultivares de batata testadas (Marabel e Désirée) foram resistentes ao Cl^- e podem ser fertilizadas com KCl em vez de K_2SO_4 sem o risco de uma depressão no rendimento de tubérculos ou diminuições na percentagem de MS. Sendo necessários estudos adicionais para determinar uma faixa adequada para uma ampla gama de cultivares de batata, não apenas em experimentos em vasos, mas também em diferentes condições de campo.

Em 2021, foi observada interação $M \times D$ significativa para os açúcares redutores (Tabela 11), na qual o M3 (KCl + sulfato duplo) na dose de $350 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, proporcionou o maior teor ($25,3 \text{ g kg}^{-1}$ MS) (Figura 11A). Apenas o tratamento acima diferiu do controle. Em 2022, foi verificado efeito significativo para o fator fonte/manejo; contudo, não foi verificada diferenças entre os tratamentos adubados com K após a aplicação do teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Por outro lado, o controle destacou-se, sendo superior a todas as fontes/manejos estudadas (Figura 11B).

Em 2021, o M4 (KCl + polissulfato) na dose de $235 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ proporcionou o maior teor de açúcares totais na folha diagnóstica da cultura da batata ($72,4 \text{ g kg}^{-1}$ MS) (Figura 11C). Esse e outros tratamentos também foram superiores ao controle, com destaque para o M3 (KCl + sulfato duplo – $235 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$) e M6 (mistura fonolito+KCl – $350 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$), que proporcionaram teores de $60,0$ e $55,7 \text{ g kg}^{-1}$ MS, respectivamente. Em 2022, os tratamentos M5 (KCl + K_2SO_4) na dose de $350 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ e M7 (KCL protegido) na dose de $235 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ proporcionaram os maiores teores de açúcares totais na folha diagnóstica da batata (Figura 11D). Em relação ao controle, os tratamentos citados acima mais o M1, M3 e M6 na dose de $235 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ foram superiores.

O teor de proteína bruta não foi influenciado pela interação entre os fatores isolados em 2021 (Tabela 11). Houve efeito das fontes/manejos pela análise de variância, porém sem diferença entre as médias pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) (Figura 11E). Contudo, o M2 (KCl parcelado) e M6 (mistura de fonolito + KCl) proporcionaram redução no teor de proteína na folha diagnóstica da batata, quando comparados ao controle. Em 2022, houve interação entre os fatores (Tabela 11),

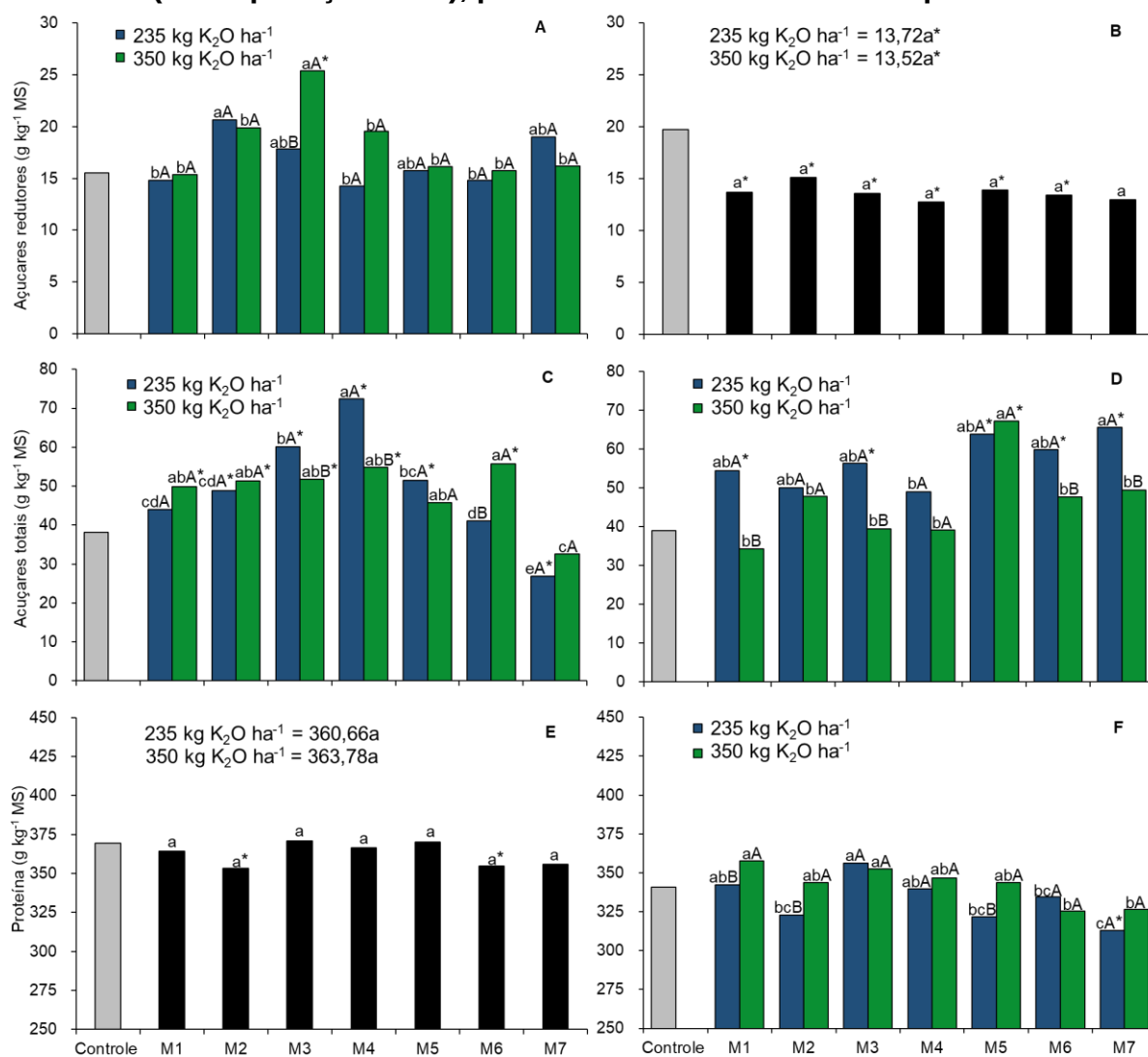
sendo que o M1 (KCl plantio) e M3 (KCl + sulfato duplo) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ e M3 (KCl + sulfato duplo) em ambas as doses se destacaram positivamente, porém, com exceção do M7 (KCl protegido) na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹, que reduziu o teor foliar de proteína bruta, os demais tratamentos foram similares ao controle (Figura 11F).

Tabela 11 – Análise de variância para os teores de açúcares redutores, totais e proteína bruta na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG

Fonte de variação	Açúcares redutores	Açúcares Totais	Proteína bruta
<i>P > F</i>			
2021			
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	<0,001	<0,001	0,029
Dose (D) ⁽²⁾	0,019	0,732	0,371
M×D ⁽³⁾	0,002	<0,001	0,318
M×C ⁽⁴⁾	0,001	<0,001	0,005
D×C ⁽⁴⁾	0,222	<0,001	0,525
(M×D)×C ⁽⁴⁾	0,130	<0,001	0,287
CV (%)	13,9	9,2	3,7
2022			
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	0,122	<0,001	<0,001
Dose (D) ⁽²⁾	0,639	<0,001	0,001
M×D ⁽³⁾	0,985	0,021	0,019
M×C ⁽⁴⁾	<0,001	<0,001	<0,001
D×C ⁽⁴⁾	0,003	0,001	0,038
(M×D)×C ⁽⁴⁾	<0,001	<0,001	0,514
CV (%)	11,6	13,7	2,9

⁽¹⁾Efeito considerando apenas os sete tratamentos de fontes/manejos (M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio). ⁽²⁾Efeito considerando apenas as duas doses de K (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹). ⁽³⁾Interação considerando o fatorial composto por 7 fontes/manejos × 2 doses de K₂O. ⁽⁴⁾Indica contrastes entre as médias de fontes/manejos (M), doses (D) ou do fatorial (M×D) com o controle (C) – tratamento sem aplicação de K₂O, pelo teste de Dunnett.

Figura 11 - Teores de açúcares redutores (A e B), totais (C e D) e proteína (E e F) na folha diagnóstica da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

A aplicação dos diferentes tratamentos proporcionou efeitos variados nos teores foliares de açúcares redutores, totais e proteína (Figura 11). Apesar disso, a utilização do parcelamento da adubação potássica com fontes com menor e/ou sem Cl, especialmente sulfato duplo de potássio e magnésio, polissulfato de potássio e K₂SO₄, tenham proporcionado uma tendência de aumento dos teores de açúcares

redutores e totais, em comparação às demais fontes/manejos e, principalmente, ao controle (Figuras 11A-11D). Tal fato, pode ser originado a partir dos maiores teores de K no tecido foliar, proporcionado por esses tratamentos (Figuras 5E, 5F, 9A, 9B, 9C, 9D). Contudo, a aplicação de KCl protegido apenas no plantio, na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹, também proporcionou resultados interessantes para os teores de açúcares totais. Em particular, o teor proteína bruta teve uma tendência de aumento quando aplicado o KCl no plantio na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹, todavia não foi significativo em relação principalmente ao controle. Segundo a literatura, o K é essencial para a batateira, por participar de diversas funções nas plantas, atuando também captação e síntese de proteínas e translocação de assimilados (Taiz *et al.*, 2017), como já citado. Possivelmente, o aumento dos teores foliares de K (Figura 5E, 5F, 9A, 9B, 9C e 9D) e a redução dos teores de Cl (8E, 8F, 10A, 10B, 10C, 10D), proporcionados por pelos M3, M4 e M5 possibilitaram condições adequadas para a produção dos carboidratos.

A concentração de K existente nas células vegetais regula, principalmente, a velocidade de qualquer reação química e o número de enzimas ativadas. Consequentemente, a taxa na qual o K entra na célula determina principalmente a taxa de certas reações químicas (Armstrong, 1998) e sua deficiência afeta o metabolismo e a produtividade (Pauletti; Menarin, 2004; Job *et al.*, 2019). Já o elevado teor de Cl afeta as combinações orgânicas do fósforo e, consequentemente, a produção de carboidratos (Murphy; Cunningham; Hawkins, 1963). Ali *et al.* (2021) relataram que a combinação da aplicação de K no solo e/ou foliar pode aumentar a absorção de K pelas plantas devido à melhor disponibilidade e consequentemente, melhoram os processos biossintéticos e a assimilação de carboidratos.

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

Em 2021, a população de plantas foi afetada pelos fatores isolados (fonte/manejo e dose), enquanto, em 2022, houve efeito da interação dos fatores estudados (Tabela 12). O número de haste foi afetado apenas pela interação M × D em 2021. Em 2021, não houve diferença entre as fontes/manejos quanto à população de plantas (Figura 12A). Por outro lado, a aplicação de 350 kg K₂O ha⁻¹ aumentou a população em aproximadamente 7,7%, independentemente da

fonte/manejo adotada (Figura 12A). Em 2022, o M4 (KCl + polissulfato) – 350 kg K₂O ha⁻¹ e os M5 (KCl + K₂SO₄) e M2 (KCl parcelado) na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ se destacaram com a maiores populações de plantas, 54.166, 52.777 e 52.083 plantas ha⁻¹, respectivamente (Figura 12B). Para o número de hastes por planta em 2021, observou-se diferença apenas entre as doses do M5 (KCl + K₂SO₄), sendo que a dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ propiciou a maior valor (Figura 12C). Em 2022, não foram observados influência dos fatores estudados (Figura 12D). Em geral, no experimento conduzido em 2021, teve valores médios de população de 37.986 plantas ha⁻¹ e 6,0 hastes planta⁻¹, em 2022, os valores médios foram de 45.277 plantas ha⁻¹, 5,0 hastes planta⁻¹ (Figura 12). Destaca-se que em 2022 as populações de plantas foram maiores que em 2021, especialmente em alguns dos tratamentos que receberam adubação potássica.

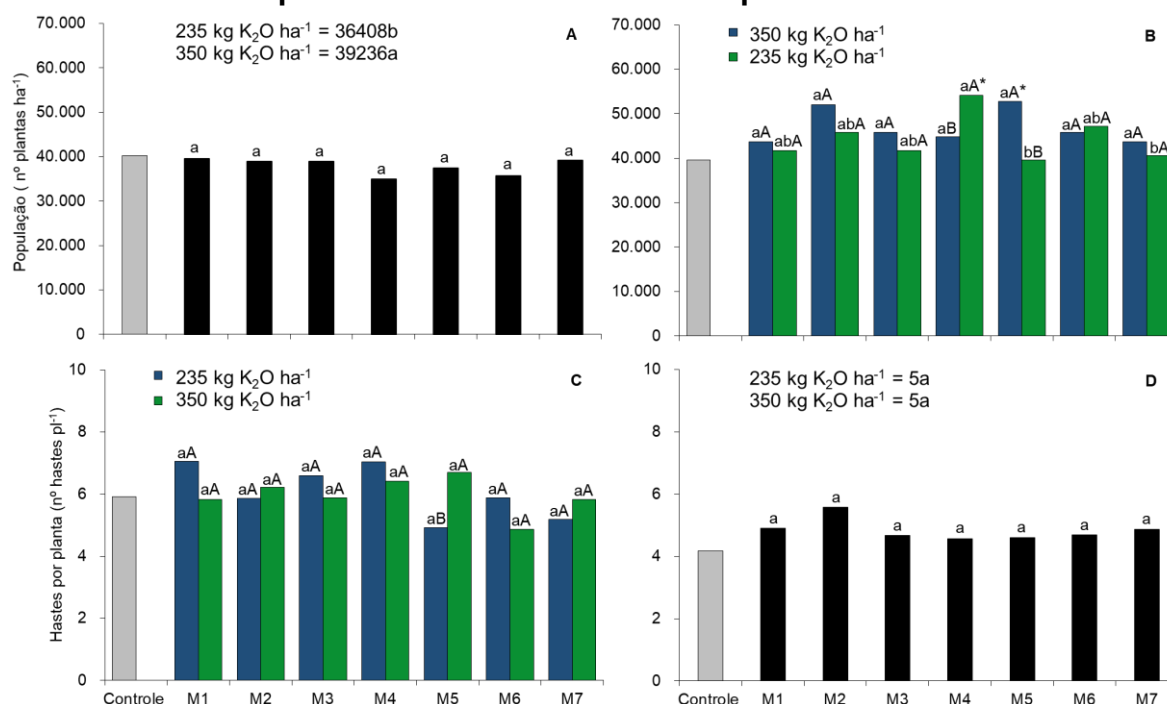
Tabela 12 – Análise de variância para a população de plantas, hastes e peso médio de tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG

Fonte de variação	População de plantas	Hastes por planta	Tubérculo por planta	Peso médio de tubérculo
<i>P > F</i>				
2021				
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	0,036	0,300	0,013	0,170
Dose (D) ⁽²⁾	0,002	0,717	0,560	0,038
M*D ⁽³⁾	0,106	0,071	<0,001	0,241
M*C ⁽⁴⁾	0,199	0,391	0,020	0,173
D*C ⁽⁴⁾	0,349	0,913	0,213	0,326
(M*D)*C ⁽⁴⁾	0,183	0,848	0,051	0,303
CV (%)	8,6	18,3	14,3	8,0
2022				
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	0,079	0,110	0,205	0,085
Dose (D) ⁽²⁾	0,100	0,816	0,002	0,803
M*D ⁽³⁾	0,018	0,335	0,003	<0,001
M*C ⁽⁴⁾	0,176	0,083	0,118	0,576
D*C ⁽⁴⁾	0,370	0,177	0,025	0,989
(M*D)*C ⁽⁴⁾	0,068	0,085	0,130	0,863
CV (%)	12,5	14,9	15,0	8,0

⁽¹⁾Efeito considerando apenas os sete tratamentos de fontes/manejos (M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio). ⁽²⁾Efeito considerando apenas as duas doses de K (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹). ⁽³⁾Interação considerando o fatorial composto por 7 fontes/manejos × 2 doses de K₂O. ⁽⁴⁾Indica contrastes entre as médias de fontes/manejos (M), doses (D) ou do fatorial (M*D) com o controle (C) – tratamento sem aplicação de K₂O, pelo teste de Dunnett.

Apesar de ter sido observados influência dos fatores na população e número de haste (Figura 12), é importante destacar que diversos fatores podem ter interferido nessas variáveis, como a calibragem da plantadeira, a qualidade dos tubérculos-sementes ou estresses abióticos (como temperatura, disponibilidade hídrica), ou biótico (como o ataque de pragas e a incidência de doenças) durante o ciclo, podendo causar a morte das plantas e interferir nessas variáveis ao final do ciclo.

Figura 12 - População de plantas (A e B) e número de hastes (C e D) da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A e C) e 2022 (B e D), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

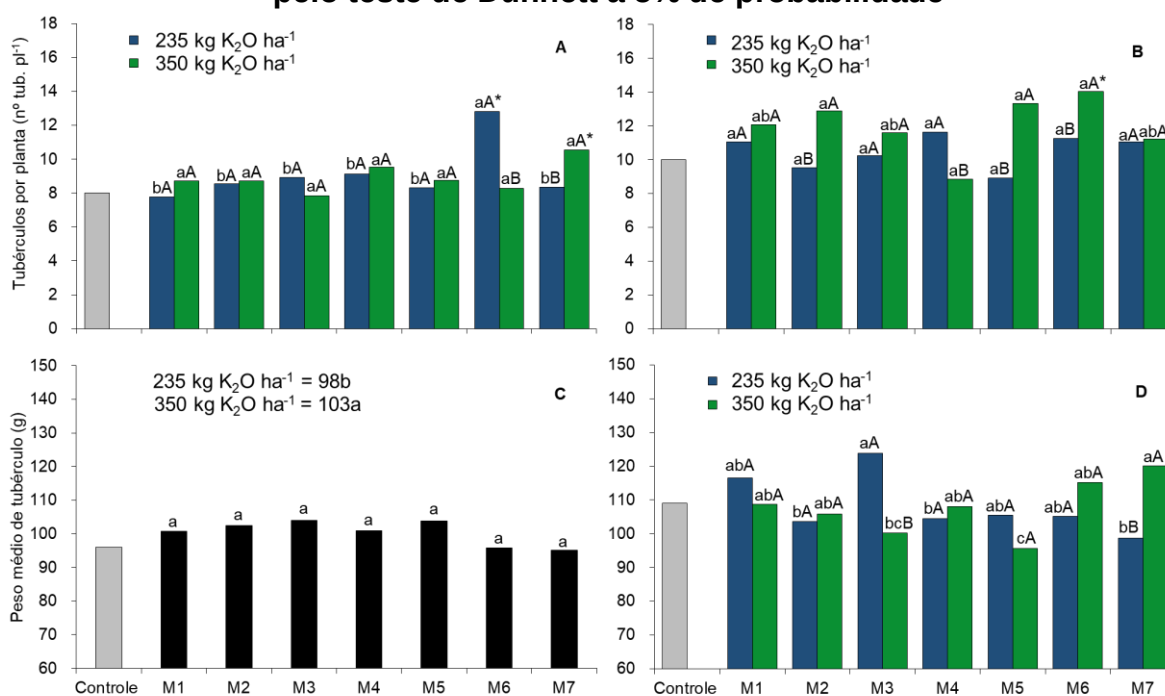
O número de tubérculos por planta foi afetado pela interação M × D em ambos os anos (Tabela 12). Quanto ao peso médio de tubérculos, houve efeito apenas da dose no primeiro ano e da fonte/manejo e da interação M × D no segundo ano. Em 2021, o tratamento M6 (mistura fonolito+KCl) – 235 kg K₂O ha⁻¹ proporcionou maior

número de tubérculos por planta (12,7 tubérculos planta⁻¹) e, em conjunto com tratamento M7 (KCl protegido) – 350 kg K₂O ha⁻¹, diferiram do controle (Figura 13A). Em 2022, as fontes/manejos M6 (mistura fonolito+KCl), M5 (KCl + K₂SO₄) e M2 (KCl parcelado) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ oportunizaram os maiores números de tubérculos por planta (14,0, 13,3 e 12,8 tubérculos planta⁻¹, respectivamente) (Figura 13B). Entretanto, apenas o tratamento M6 – 350 kg K₂O ha⁻¹ diferiu estatisticamente do controle.

Para o peso médio dos tubérculos da batateira, em 2021, a dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ (102,8 g tubérculo⁻¹) propiciou um aumento de 4,6% em relação a dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ (98,1 g tubérculo⁻¹), independentemente da fonte/manejo (Figura 13C). Ademais, apesar de possibilitar um aumento de 7,0%, não foi verificada diferença entre a dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ e o controle (Figura 13C). Em 2022, houve interação dos fatores, sendo que os tratamentos M3 – 235 kg K₂O ha⁻¹ e M7 – 350 kg K₂O ha⁻¹ apresentaram os maiores pesos de tubérculos (123,8 e 120,1 g tubérculo⁻¹, respectivamente) (Figura 13D). Entretanto, também não foi verificado diferenças significativas entre os tratamentos adubado com K e o controle.

Em ambos os anos, apesar da pouca influência da adubação potássica, principalmente em relação ao controle, pôde-se notar uma tendência de aumento do peso médio dos tubérculos em função da aplicação de K, principalmente em 2022, para os tratamentos M3 (KCl + sulfato duplo) e M7 (KCl protegido) (Figuras 13C e 13D). Além disso, a doses de 350 kg K₂O ha⁻¹ também proporcionou aumento significativo no peso médio dos tubérculos, independentemente da fonte/manejo, no ano de 2021. Como já discutido anteriormente, os solos das áreas experimentais para os dois anos possuíam teores baixo-médios de K trocável (Tabela 1), o que pode ter contribuído para que não houvesse diferenças pronunciadas, desta vez, principalmente, em termos de peso médio de tubérculos. Os resultados corroboram o relatado por Souza (2003), de modo que o tamanho dos tubérculos produzidos pode variar em função da cultivar e das condições de cultivo, como foi observado com os diferentes valores encontrados para a mesma cultivar, nos diferentes locais de condução dos experimentos.

Figura 13 - Tubérculos por plantas (A e B) e peso médio de tubérculo (C e D) da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A e C) e 2022 (B e D), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

4.3 Produtividade e classificação dos tubérculos e eficiência agrônômica

No experimento realizado em 2021, foi observada interação significativa entre a fonte/manejo e dose de K apenas para a produtividade total de batata, enquanto para a produtividade comercial e não comercial, houve efeito isolado do fator fonte/manejo (Tabela 13). Também foi verificado interação significativa entre os fatores para a produtividade total e comercial em 2022, sendo que foi verificado apenas efeito isolado das fontes/manejos na produtividade de tubérculos não comercial.

Tabela 13 – Análise de variância para produtividade total, comercial e não comercial da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG

Fonte de variação	Produtividade total	Produtividade comercial	Produtividade não comercial
<i>P > F</i>			
2021			
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	0,003	0,004	0,073
Dose (D) ⁽²⁾	<0,001	0,298	0,720
M×D ⁽³⁾	0,014	0,578	0,125
M×C ⁽⁴⁾	<0,001	0,004	0,242
D×C ⁽⁴⁾	0,010	0,037	0,985
(M×D)×C ⁽⁴⁾	0,003	0,009	0,979
CV (%)	9,3	13,3	20,2
2022			
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	<0,001	<0,001	0,044
Dose (D) ⁽²⁾	0,002	0,035	0,069
M×D ⁽³⁾	0,004	0,014	0,962
M×C ⁽⁴⁾	<0,001	<0,001	0,034
D×C ⁽⁴⁾	<0,001	<0,001	0,153
(M×D)×C ⁽⁴⁾	<0,001	<0,001	0,332
CV (%)	5,2	6,8	20,6

⁽¹⁾Efeito considerando apenas os sete tratamentos de fontes/manejos (M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio). ⁽²⁾Efeito considerando apenas as duas doses de K (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹). ⁽³⁾Interação considerando o fatorial composto por 7 fontes/manejos × 2 doses de K₂O. ⁽⁴⁾Indica contrastes entre as médias de fontes/manejos (M), doses (D) ou do fatorial (M×D) com o controle (C) – tratamento sem aplicação de K₂O, pelo teste de Dunnett.

Em 2021, o tratamento M5 (KCl + K₂SO₄) – 350 kg K₂O ha⁻¹ proporcionou a maior produtividade total de tubérculos (39.424 kg ha⁻¹) (Figura 14A). Esse tratamento foi 44% superior ao controle (Tabela 13). No entanto, não houve diferença significativa entre a maioria das fontes/manejos na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ e delas com o controle. Nessa dose, a fonte/manejo que proporcionou a menor produtividade de tubérculos foi o M3 (KCl + sulfato duplo). Apesar de não ter diferença dos demais tratamentos, o M5 na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹, proporcionou aumentos numericamente expressivos na produtividade, em relação aos demais tratamentos, com aumentos entre 12,5 e 43,3%. Na menor dose (235 kg K₂O ha⁻¹), as fontes/manejos que proporcionaram as maiores produtividades foram M4 (KCl + polissulfato), M6 (mistura fonolito+KCl) e M1 (KCl plantio), porém, apenas o M4 diferiu do controle em 26%. Em 2022, o tratamento M5 (KCl + K₂SO₄) – 350 kg K₂O ha⁻¹ também proporcionou a maior produtividade total de tubérculos (58.776 kg ha⁻¹) (Figura 14B). As fontes/manejos M2 (KCl parcelado), M1 (KCl plantio), M6 (mistura

fonolito+KCl) e M7 (KCl protegido) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ proporcionaram resultados semelhantes ao M5 em termos de produtividade total; contudo o M5 proporcionou acréscimo de 3,4% (2.026 kg ha⁻¹), 5,6% (3.319 kg ha⁻¹), 7,2% (4.247 kg ha⁻¹) e 7,7% (4.574 kg ha⁻¹), em relação aos tratamentos citados, respectivamente. Além disso, todos os tratamentos estudados foram superiores ao controle (14-34%), com exceção do M3 (KCl + sulfato duplo) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ e M4 (KCl + polissulfato) na dose de 235 K₂O ha⁻¹ (Figura 14B; Tabela 13). Já o melhor tratamento, M5 (KCl + K₂SO₄) - 350 kg K₂O ha⁻¹, aumentou a produtividade em 14.749 kg ha⁻¹ comparado ao controle, ou seja, um aumento de 34%.

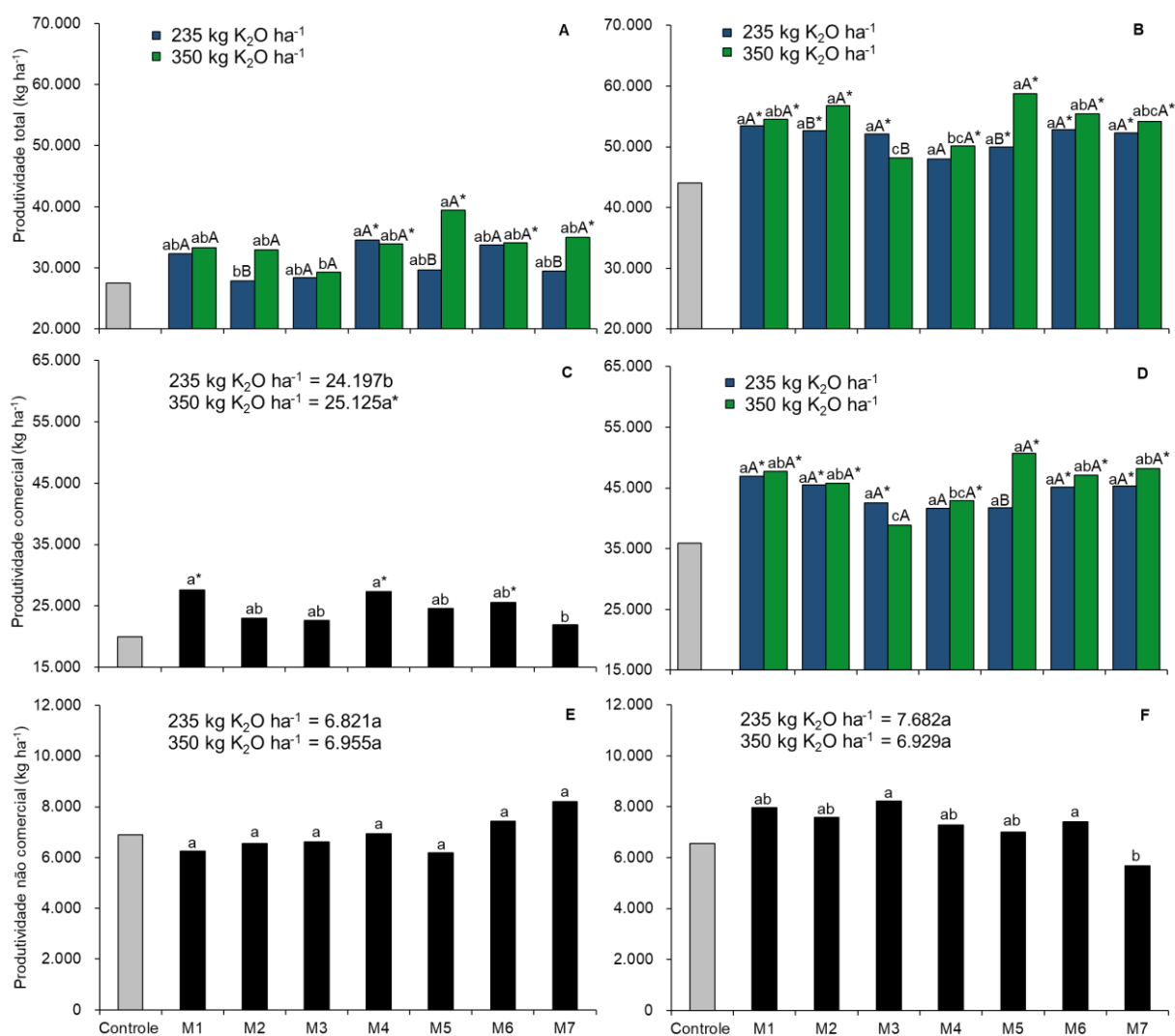
Para a produtividade comercial, em 2021, as fontes/manejos M1 (KCl plantio) e M4 (KCl + polissulfato) proporcionaram os maiores valores (27.642 e 27.320 kg ha⁻¹, respectivamente) (Figura 14C). Todavia, foram estatisticamente superiores apenas à fonte/manejo M7 (KCl protegido). Apenas o M1 (KCl plantio), M4 (KCl + polissulfato) e M6 (mistura fonolito+KCl) foram superiores ao controle. Além do mais, a dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ foi superior à dose de 235 kg K₂O ha⁻¹, proporcionando aumento na produtividade de 925 kg ha⁻¹. Ademais, também verificado que o uso 350 kg K₂O ha⁻¹ diferiu do controle sem aplicação de K mineral. Em 2022, o M5 (KCl + K₂SO₄) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ proporcionou a maior produtividade comercial (50.670 kg ha⁻¹); contudo, não foi diferente estatisticamente dos tratamentos M7 (KCl protegido), M1 (KCl plantio), M6 (mistura fonolito+KCl) e M2 (KCl parcelado) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ (Figura 14D). Apesar de não haver diferenças significativas, ao analisar numericamente, observa-se uma tendência clara de aumento na produtividade comercial, principalmente para o tratamento M5, com aumento de 2.459, 2.963, 3.686 e 4.870 kg ha⁻¹ de tubérculos da classe comercial, em relação aos tratamentos M7, M1, M6 e M2 na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹, respectivamente.

Além disso, vale destacar que os tratamentos que proporcionaram as maiores produtividade totais, também tiveram as maiores produtividades comerciais, como o M5 (KCl + K₂SO₄) – 350 kg K₂O ha⁻¹, com alta porcentagem de tubérculos categorizados como comercial (>42 mm) (APÊNDICE B). Apesar de nem sempre ter sido detectada diferença estatística, vale destacar que, na menor dose (235 kg K₂O ha⁻¹), os tratamentos com adubação potássica proporcionaram incremento na produtividade comercial da ordem de 13 a 39% em 2021 e de 16 a 31% em 2022, quando comparados ao controle (Tabela 13). Na maior dose (350 kg K₂O ha⁻¹), os incrementos foram mais expressivos ainda, variando de 10 a 42% em 2021 e de 8 a

41% em 2022. Destaca-se também que a fonte/manejo M6 (mistura fonolito+KCl plantio) proporcionou produtividades totais e comerciais similares às da M1 (KCl plantio) e M2 (KCl parcelado) (Figuras 14A-14D), sugerindo que o uso parcial de da rocha fonolito moída pode ser uma opção para a adubação da cultura da batata.

Em relação à produtividade de tubérculos não comerciais, observou-se que os tratamentos estudados tiveram pouca influência nessa variável (Figura 14E e 14F). Apesar dos fatores isolados não terem tido efeito em 2021, a combinação de KCl + K_2SO_4 (M5) e KCl plantio (M1) proporcionaram as menores produtividades, 6.185 e 6260 kg ha⁻¹, respectivamente. Tais resultados podem indicar que os manejos que propiciaram as maiores produtividades, produziram tubérculos maiores e reduziram a produtividade não comercial. Em 2022, foi verificado efeito apenas para o fator fonte/manejo para a produtividade de tubérculos não comercial. O M3 (KCl + sulfato duplo), com 8.218 kg ha⁻¹, apresentou a maior produtividade não comercial (Figura 14E). Apesar disso, esse manejo foi igual estatisticamente aos demais, com apenas uma exceção, o M7 (KCl protegido), que proporcionou a menor produtividade, 5.670 kg ha⁻¹. Ademais, a dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ proporcionou ligeira redução da produtividade de tubérculos não comercializáveis, mesmo sem apresentar diferença significativa (Figura 14F). Tal fato, deve ser originado do aumento e disponibilidade de K no solo para a batateira, conseqüentemente o aumento o tamanho dos tubérculos.

Figura 14 - Produtividade total (A e B), comercial (C e D) e não comercial (E e F) da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Em 2021, apesar das baixas eficiências agronômicas observadas, o M5 (KCl + K₂SO₄) – 350 kg de K₂O ha⁻¹ proporcionou o melhor aproveitamento do K aplicado, 34,1 kg tubérculo kg⁻¹ K₂O (Tabela 14). Além desse tratamento, o M4 (KCl + polissulfato) e M6 (mistura fonolito+KCl) na dose de 235 kg de K₂O ha⁻¹, também se destacaram com 30,1 e 26,6 kg tubérculo kg⁻¹ K₂O, respectivamente. Em 2022, observaram-se eficiências agronômicas maiores em relação a 2021. Além disso,

houve efeito similar em relação ao tratamento com maior eficiência, o M5 (KCl + K₂SO₄), que propiciou o maior valor (42,1 kg tubérculo kg⁻¹ K₂O).

Tabela 14 – Produtividade relativa para produtividade total, comercial e a eficiência agrônômica da adubação potássica da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e de duas doses de adubação potássica (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹), em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG

Fonte/ Manejo	Produtividade total		Produtividade comercial		Eficiência agrônômica	
	(%)				(kg tubér. kg ⁻¹ K ₂ O)	
	235	350	235	350	235	350
2021						
M1	118	121	137	142	20,4	16,6
M2	101	121	120	112	1,5	15,5
M3	104	107	113	116	3,9	5,0
M4	126	124	139	139	30,1	18,5
M5	108	144	117	131	9,2	34,1
M6	123	125	120	141	26,6	18,8
M7	108	128	113	110	8,6	21,5
Controle	100		100		-	
2022						
M1	122	124	131	133	40,1	30,0
M2	120	129	126	128	36,7	36,4
M3	119	110	119	108	34,5	11,9
M4	109	114	116	120	17,1	17,4
M5	114	134	116	141	25,4	42,1
M6	121	126	126	131	37,4	32,7
M7	119	123	127	134	35,0	29,1
Controle	100		100		-	

Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Ao que tudo indica, apesar de revelar diferenças significativas em apenas algumas variáveis, o fornecimento do K parcelado usando a fonte KCl no plantio em combinação com K₂SO₄ aplicado na amontoa (M5) na dose total de 350 kg de K₂O ha⁻¹ proporcionou maiores produtividades total e comercial de tubérculos da batata cv. Asterix (Figuras 14A-14D; Tabela 13). Consequentemente, esse tratamento também proporcionou a maior eficiência agrônômica, ou seja, foi o tratamento que possibilitou a maior produção de tubérculos por quilograma de K aplicado, nos dois anos de estudo.

Os efeitos da adubação potássica na batata já foram constatados em alguns estudos (Kumar *et al.* 2007; Li *et al.*, 2015; Job *et al.*, 2019; Naumann *et al.*, 2020; Soratto *et al.*, 2020; Ali *et al.*, 2021; Wilmer *et al.*, 2022). Apesar desses resultados,

estudos sobre a eficiência e as repostas agronômicas das combinações de fontes de K para batata indústria ainda são incipientes no Brasil. Geralmente, o KCl e o K_2SO_4 são fontes comparados entre si em ensaios de rendimento na cultura da batata, alguns estudos realizados em outros países afirmaram que o KCl e o K_2SO_4 proporcionaram produtividades estatisticamente semelhantes (Dicking *et al.*, 1962; Stanley; Jewell, 1989; Kumar *et al.* 2007; Khan *et al.*, 2012; Wilmer *et al.*, 2022). Na contramão das pesquisas acima, alguns estudos realizados no Brasil, verificaram diferenças significativas entre essas duas fontes. Pauletti e Menarim (2004) constataram que a aplicação K_2SO_4 , em solos com teores altos de K ($3,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), manteve a produtividade de tubérculos grandes ($> 42 \text{ mm}$) e total constante, mas estas diminuíram com a aplicação de KCl. Fato também observado por Gunadi (2009), comparando a aplicação do K_2SO_4 com o KCl, nas doses de 150 e 250 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, pois observaram que o uso K_2SO_4 foi eficiente em disponibilizar K, possibilitando o aumento da produtividade de tubérculos quando comparado ao KCl.

É descrito que a adubação com o KCl na cultura da batata aumenta a produtividade, peso médio dos tubérculos, porcentagem de tubérculos comerciais, devido à capacidade de disponibilizar K no solo (Li *et al.* 2015; Naumann *et al.*, 2020). Comumente é utilizado o KCl em plantios comerciais de batata, principalmente pelo alta concentração de K, solubilidade e pelo preço (Malavolta; Pimentel-L-Gomes; Alcarde, 2002; Silva *et al.*, 2018). Contudo, o KCl também contém alta concentração de Cl ($\sim 50\%$) e aplicações de doses elevadas e contínuas de KCl no solo podem causar prejuízos à planta de batata, causado pela salinização e o aumento da absorção do íon Cl^- (Murphy; Cunningham; Hawkins, 1963; Torabian *et al.*, 2021).

Apesar dos possíveis danos causados à planta pelo Cl^- , o aumento na absorção e acúmulo de Cl pode causar a redução do potencial osmótico celular, levando ao aumento da absorção de água pela planta, o que é responsável por maiores taxas de crescimento e rendimento (Beringer *et al.*, 1990; Koch *et al.*, 2020). Portanto, até certo ponto, o uso do KCl pode ser benéfico para a batateira, como já descrito acima e observado em experimento, por ser um micronutriente, requerido pelas plantas (Marschner, 2012), e está envolvido nas reações fotossintéticas envolvidas na evolução de O_2 (Taiz *et al.*, 2017). Assim, possivelmente a combinação utilizada nesse estudo, KCl + K_2SO_4 , pode ter favorecido tanto o crescimento vegetativo, por meio dos efeitos benéficos do Cl e pela disponibilidade

de K sobre o crescimento inicial e pelo uso do K_2SO_4 na amontoa, disponibilizando K na fase de tuberização, crescimento e enchimento de tubérculos, além de reduzir as concentrações de Cl nos tecidos vegetais em comparação aos demais tratamentos, como observado nas Figuras 8E, 8F e 10. Isso pode ter possibilitado ganhos, principalmente, em peso e acúmulos de MS, pois em um estudo conduzido em solos ácidos e aluviais, a utilização de doses de 75 e 150 kg de K_2O como K_2SO_4 aumentou o teor de MS, em comparação com as mesmas doses de K_2O utilizando KCl (Sharma; Sud, 2001). Resultados semelhantes foram descritos por Kumar *et al.* (2007), onde à adubação com K_2SO_4 , aplicando 124,5 kg de K_2O ha^{-1} aumento do teor de MS e amido, e Manolov *et al.* (2016), fertilizando com 100 e 200 kg de K_2O ha^{-1} como K_2SO_4 . Por esses motivos, podemos verificar que quando houve adubação da batateira com essa combinação, houve também uma tendência no aumento da produtividade, demonstrando sua maior eficiência.

4.4 Defeitos interno e externos, gravidade específica, sólidos solúveis, firmeza e percentagem de matéria seca dos tubérculos

Não foram verificadas interferências dos tratamentos estudados na ocorrência de defeitos externos e internos, sendo que, independentemente da aplicação dos diferentes tratamentos, não foi verificada a presença de defeitos nos dois anos.

Foi observado somente efeito isolado da dose para a gravidade específica dos tubérculos em 2021, enquanto em 2022 não foi verificada significância dos fatores ou da interação entre eles (Tabela 15). Em 2021, a aplicação da dose de 350 kg de K_2O ha^{-1} proporcionou redução de 0,18% na gravidade específica, em relação à dose de 235 kg de K_2O ha^{-1} , independentemente da fonte/manejo, e ambas as doses diferiram do controle sem aplicação de K, com reduções de 0,72 e 0,91% em relação ao uso de 235 e 350 kg de K_2O ha^{-1} , respectivamente (Figura 15A). A gravidade específica também foi reduzida significativamente por todas as fontes/manejos, quando comparadas ao controle, com destaque negativo para os M1 (KCl plantio), com a redução de 1,27%. Em 2022, apesar de não haver efeitos dos fatores estudados, verificou-se que todos os tratamentos tiveram gravidade específica inferior ao controle, apesar de somente o M1 (KCl plantio) e o M2 (KCl parcelado) e a dose de 350 kg de K_2O ha^{-1} serem os únicos a propiciar reduções significativas em relação ao controle (Figura 15B).

Tabela 15 – Análise de variância para a gravidade específica, sólidos solúveis, firmeza e matéria seca de tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG

Fonte de variação	Gravidade específica	Sólidos solúveis	Firmeza	Matéria seca
<i>P > F</i>				
2021				
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	0,733	0,001	0,208	0,019
Dose (D) ⁽²⁾	0,041	0,096	0,842	<0,001
M*D ⁽³⁾	0,934	<0,001	0,010	0,017
M*C ⁽⁴⁾	0,003	<0,001	0,202	<0,001
D*C ⁽⁴⁾	0,006	<0,001	0,177	<0,001
(M*D)*C ⁽⁴⁾	<0,001	<0,001	0,103	<0,001
CV (%)	0,5	11,0	3,4	2,9
2022				
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	0,704	0,012	0,003	0,084
Dose (D) ⁽²⁾	0,091	0,015	0,225	<0,001
M*D ⁽³⁾	0,642	<0,001	0,001	0,533
M*C ⁽⁴⁾	0,055	0,039	0,001	0,001
D*C ⁽⁴⁾	0,054	0,123	0,025	0,001
(M*D)*C ⁽⁴⁾	0,005	0,038	<0,001	<0,001
CV (%)	0,5	9,3	2,7	3,2

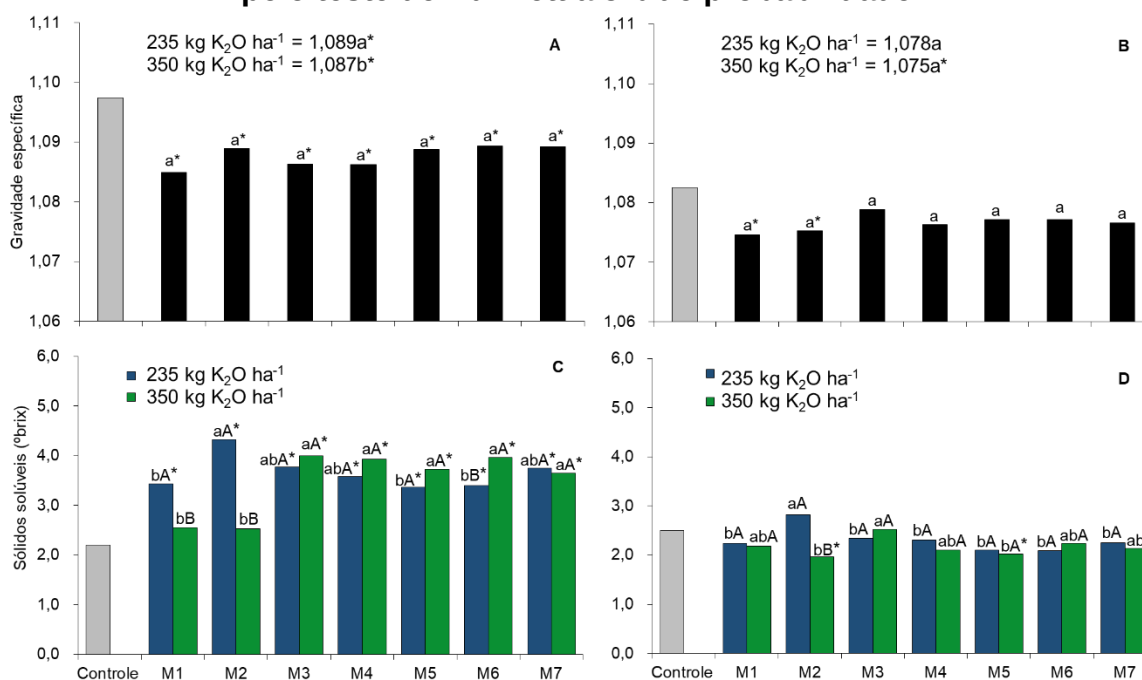
⁽¹⁾Efeito considerando apenas os sete tratamentos de fontes/manejos (M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio). ⁽²⁾Efeito considerando apenas as duas doses de K (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹).

⁽³⁾Interação considerando o fatorial composto por 7 fontes/manejos × 2 doses de K₂O. ⁽⁴⁾Indica contrastes entre as médias de fontes/manejos (M), doses (D) ou do fatorial (M*D) com o controle (C) – tratamento sem aplicação de K₂O, pelo teste de Dunnett.

Em relação aos sólidos solúveis e firmeza, observou-se interação significativa entre os fatores estudados (M × D) nos dois anos (Tabela 15). Em 2021, o tratamento M2 (KCl parcelado) – 235 kg de K₂O ha⁻¹ proporcionou o maior teor de sólidos solúveis, 4,32° Brix, mas, apesar disso, não diferiu das fontes/manejos M3 (KCl + sulfato duplo), M7 (KCl protegido) e M4 (KCl + polissulfato) na dose de 235 kg de K₂O ha⁻¹ (Figura 15C). Em geral, os tratamentos aumentaram os teores de sólidos solúveis, entretanto o M1 (KCl plantio) e M2 (KCl parcelado) na dose de 350 kg de K₂O ha⁻¹ foram iguais ao controle sem K. Já em 2022, o M2 (KCl parcelado) – 235 kg de K₂O ha⁻¹ também proporcionou o maior teor de sólidos solúveis (2,82° Brix), apesar de que nesse ano os teores foram menores em comparação a 2021 (Figura 15D). Em relação ao controle sem K, apenas os tratamentos M2 e M5 (KCl + K₂SO₄)

na dose de 350 kg de K_2O ha^{-1} foram inferiores, com 1,96 e 2,02° Brix e os demais foram iguais.

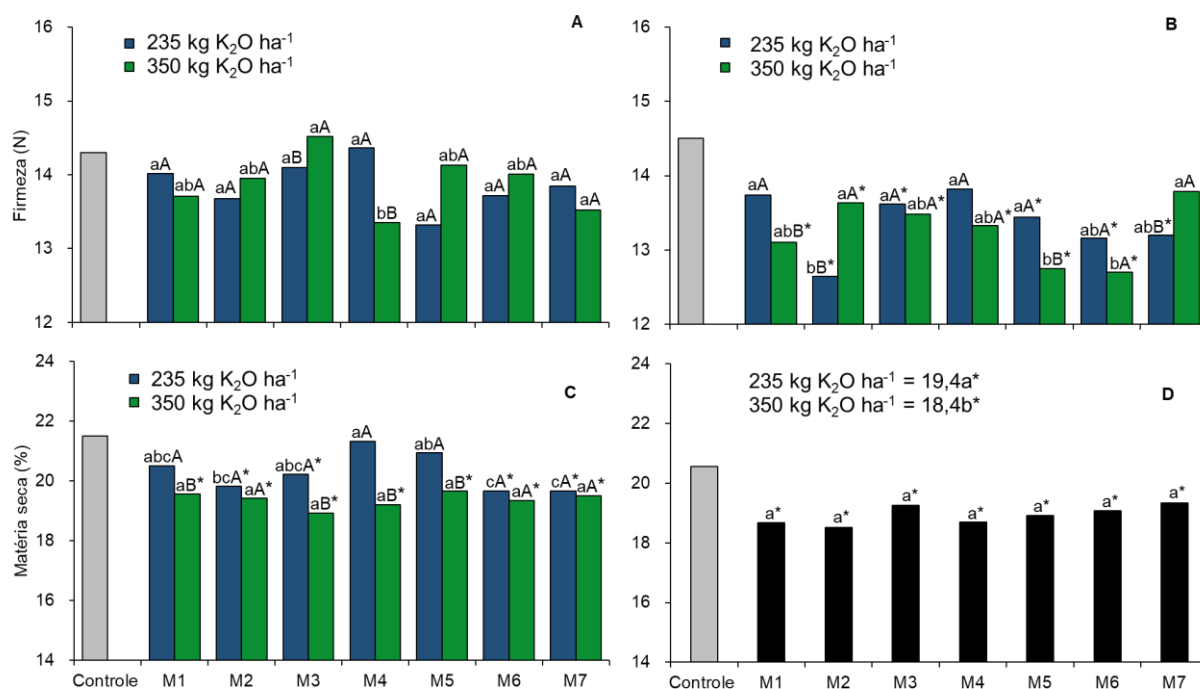
Figura 15 - Gravidade específica (A e B) e sólidos solúveis (C e D) dos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A e C) e 2022 (B e D), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K_2SO_4 ; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Em 2021, o M3 (KCl + sulfato duplo) – 350 kg K_2O ha^{-1} promoveu a maior firmeza dos tubérculos (14,52 N), apesar disso, não foi superior aos demais tratamento, com exceção do M4 (KCl + polissulfato) – 350 kg K_2O ha^{-1} (13,35 N) (Figura 16A). Além disso, não foram verificadas diferenças entre os tratamentos e o controle. Em 2022, os tratamentos M4 (KCl + polissulfato) e M1 (KCl pantio) na dose de 235 kg K_2O ha^{-1} e o M7 (KCl protegido) – 350 kg K_2O ha^{-1} proporcionaram as maiores firmezas (13,81, 13,74 e 13,79 N, respectivamente (Figura 16B). Todavia, apenas esses três tratamentos foram iguais ao controle, já que os demais proporcionaram redução da firmeza dos tubérculos.

Figura 16 - Firmeza (A e B) e matéria seca (C e D) dos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A e C) e 2022 (B e D), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Para a percentagem de MS no tubérculo, observaram-se efeitos dos fatores isolados em ambos os anos, mas da interação entre eles somente em 2021 (Tabela 15). Em 2021, o M4 (KCl + polissulfato) e M5 (KCl + K₂SO₄) na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ proporcionaram os maiores teores de MS (21,5 e 20,94%, respectivamente), apesar de não terem diferido do M1 e M3 na mesma dose (Figura 16C). Além disso, apenas os tratamentos M4, M5 e M1 foram iguais ao controle, sendo os demais inferiores. Em 2022, houve efeito isolado do fator dose, na qual a dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ reduziu 1% o teor de MS, em relação à dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ (Figura 16D). Apesar de não ter sido verificado diferenças significativas entre as fontes/manejos, verificou-se que todos os tratamentos com aplicação de fertilizantes potássico reduziram os teores de MS dos tubérculos, em comparação ao controle. Além de que, o M1 (KCl plantio) e M2 (KCl parcelado) e a dose de 350 kg K₂O ha⁻¹

foram os tratamentos com as maiores reduções de MS em relação ao controle, com 1,93 e 2,08%, respectivamente.

De maneira geral, a gravidade específica, firmeza e MS dos tubérculos da batata Asterix, nos dois anos (2021 e 2022), foram impactadas negativamente pela aplicação de K através dos tratamentos compostos pelas fontes/manejos e doses de K, com exceções que foram iguais ao controle (Figuras 15 e 16). Alguns trabalhos com fontes e doses de K já haviam relatado na literatura efeitos similares (Stanley; Jewell, 1989; Laboski; Kelling, 2007; Kumar *et al.*, 2007; Manolov *et al.*, 2016). Reduções da MS e gravidade específica mais pronunciados são mais frequentemente associados ao KCl do que a outras fontes de K, devido à maior absorção de K e Cl e a um índice salino mais elevado, o que aumenta a absorção de água pelos tubérculos, causando a diluição da MS (Laboski; Kelling, 2007; Mohr; Tomasiewicz, 2012).

No entanto, o efeito da fertilização com K na qualidade da batata é contraditório. Alguns estudos relataram que o K até a dose de 112 kg K₂O ha⁻¹ aumentou gravidade específica (Westermann *et al.*, 1994) e a MS até a dose de 200 kg K₂O ha⁻¹, ao aplicarem K₂SO₄ (Manolov *et al.*, 2016), enquanto outros estudos relataram que a fertilização com K diminuiu a gravidade específica e a percentagem de MS dos tubérculos, independente das fontes utilizadas, em relação ao tratamento sem aplicação de K (Kumar *et al.*, 2007; Khan *et al.*, 2012; Mohr; Tomasiewicz, 2012; Zhang *et al.*, 2018) e outros indiferentes (Cardoso *et al.*, 2007). Apesar da literatura conflitante, a importância do K na qualidade da batata pode ser atribuída ao seu papel na promoção da fotossíntese e translocação de fotoassimilados (Taiz *et al.*, 2017), promovendo maiores produtividades, como observado no presente trabalho (Figura 14). O K é o nutriente absorvido pela planta e acumulado nos tubérculos da cultura da batata em maiores (Fernandes *et al.*, 2011; 2017; Fernandes; Soratto, 2012), sendo que para cada tonelada de tubérculos produzidos, cerca de 7,0 de K são extraídos pela cultura e 5,0 kg são acumulados nos tubérculos (Fernandes; Soratto, 2012). Segundo Naumann *et al.* (2020), em consequência da aplicação de adubos potássicos, há um acúmulo de K nos tubérculos, o que leva a um aumento na absorção de água pelo tubérculo em conjunto com o Cl. Isto pode resultar em uma diluição do teor de amido independente da forma de aplicação de K, fornecido como K₂SO₄ ou KCl.

Apesar das reduções da MS, as percentagens ficaram entre 18,5 e 20,1% nos dois anos, ou seja, valores de intermediário a alto teor de MS. Segundo Cacace *et al.* (1994), as percentagens de MS nos tubérculos de batata podem ser agrupadas em: alto ($> 20,0\%$), intermediário (entre 18,0% e 19,9%) e baixo ($< 17,9\%$). Além disso, efeitos negativos ocasionados pelos tratamentos na qualidade tubérculos, que, por sua vez, podem ocasionar prejuízos econômicos, é variável em função do aumento da produtividade proporcionado pelos mesmos tratamentos. Portanto, flutuações na gravidade específica e MS devem ser avaliados minuciosamente, sendo consideradas desde que suas reduções sejam significativas e economicamente justificáveis.

4.5 Açúcares redutores, totais, amido, proteína e cloro nos tubérculos

Houve interação significativa entre os fatores estudados para o teor de açúcares redutores nos tubérculos de batata em 2021 e 2022 (Tabela 16). Em 2021, os tratamentos M4 (KCl + polissulfato) – 350 kg $K_2O\ ha^{-1}$ (0,162%) e M3 (KCl + sulfato duplo) – 235 kg $K_2O\ ha^{-1}$ (0,160%) se destacaram positivamente (Figura 17A). Além desses tratamentos, o M5 (KCl + K_2SO_4) – 350 kg $K_2O\ ha^{-1}$ e M4 (KCl + polissulfato) – 235 kg $K_2O\ ha^{-1}$ também foram superiores do controle. Em 2022, os tratamentos M6 (mistura fonolito + KCl) e M7 (KCl protegido) nas duas doses (235 e 350 kg $K_2O\ ha^{-1}$) promoveram os maiores teores de açúcares redutores, acima de 0,157% (Figura 17B). Em relação ao controle, apenas o M6 (mistura fonolito+KCl) – 235 kg $K_2O\ ha^{-1}$ foi superior e dois tratamentos, M2 (parcelado) e M5 (KCl + K_2SO_4) na dose de 235 kg $K_2O\ ha^{-1}$, foram inferiores ao controle.

Os açúcares totais foram influenciados significativamente pela interação dos fatores nos dois anos (Tabela 16). Em 2021, o M3 (KCl + sulfato duplo) – 235 kg $K_2O\ ha^{-1}$ proporcionou maior teor de açúcares totais (0,58%), em relação aos demais tratamentos, e foi o único tratamento a superar estatisticamente o controle (Figura 17C). Em 2022, o M4 (KCl + polissulfato) – 350 kg $K_2O\ ha^{-1}$ se destacou quanto aos açúcares totais (0,43%), apesar de não ser diferente do mesmo manejo na dose de 235 kg $K_2O\ ha^{-1}$ e do M3 (KCl + sulfato duplo) – 350 kg $K_2O\ ha^{-1}$ (Figura 17D). Apenas os tratamentos M3 (KCl + sulfato duplo) – 350 kg $K_2O\ ha^{-1}$, M4 (KCl + polissulfato) nas duas doses e M5 (KCl + K_2SO_4) – 235 kg $K_2O\ ha^{-1}$ foram superiores ao controle sem adubação potássica.

Tabela 16 – Análise de variância para os teores de açúcares redutores, totais, amido, proteína e cloro nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG

Fonte de variação	Açúcares redutores	Açúcares totais	Amido	Proteína	Cloro
<i>P > F</i>					
2021					
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Dose (D) ⁽²⁾	0,209	0,199	0,080	0,451	<0,001
M×D ⁽³⁾	0,014	0,002	0,003	0,048	0,413
M×C ⁽⁴⁾	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
D×C ⁽⁴⁾	0,027	0,563	0,004	0,546	<0,001
(M×D)×C ⁽⁴⁾	0,011	0,329	0,007	0,325	<0,001
CV (%)	25,8	16,2	5,3	6,0	13,0
2022					
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	<0,001	<0,001	<0,001	0,303	<0,001
Dose (D) ⁽²⁾	0,006	0,110	<0,001	0,800	0,023
M×D ⁽³⁾	0,073	0,001	0,306	0,007	0,005
M×C ⁽⁴⁾	<0,001	<0,001	<0,001	0,328	<0,001
D×C ⁽⁴⁾	0,024	0,158	<0,001	0,498	<0,001
(M×D)×C ⁽⁴⁾	0,370	0,082	<0,001	0,462	<0,001
CV (%)	22,1	13,4	3,1	13,4	9,1

⁽¹⁾Efeito considerando apenas os sete tratamentos de fontes/manejos (M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio). ⁽²⁾Efeito considerando apenas as duas doses de K (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹). ⁽³⁾Interação considerando o fatorial composto por 7 fontes/manejos × 2 doses de K₂O. ⁽⁴⁾Indica contrastes entre as médias de fontes/manejos (M), doses (D) ou do fatorial (M×D) com o controle (C) – tratamento sem aplicação de K₂O, pelo teste de Dunnett.

Houve interação dos fatores para a porcentagem de amido nos tubérculos em 2021, enquanto apenas o fator dose foi significativo em 2022 (Tabela 16). Em 2021, observou-se que o M3 (KCl + sulfato duplo) – 235 kg K₂O ha⁻¹, promoveu a maior porcentagem de amido (16,8%), sendo superior aos demais tratamentos e ao controle (Figura 17E). Ao mesmo tempo, os tratamentos M1 (KCl plantio) – 235 kg K₂O ha⁻¹, M5 (KCl + K₂SO₄) – 350 kg K₂O ha⁻¹ e M6 (mistura fonolito+KCl) e M7 (KCl protegido) nas duas doses, proporcionaram as menores porcentagens de amido e, conseqüentemente, foram inferiores ao controle. Enquanto em 2022, a dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ reduziu a porcentagem de amido em relação a 235 kg K₂O ha⁻¹, independentemente da fonte/manejo (Figura 17F). Além disso, todas as fontes/manejos e doses proporcionaram teores de amido inferiores ao controle.

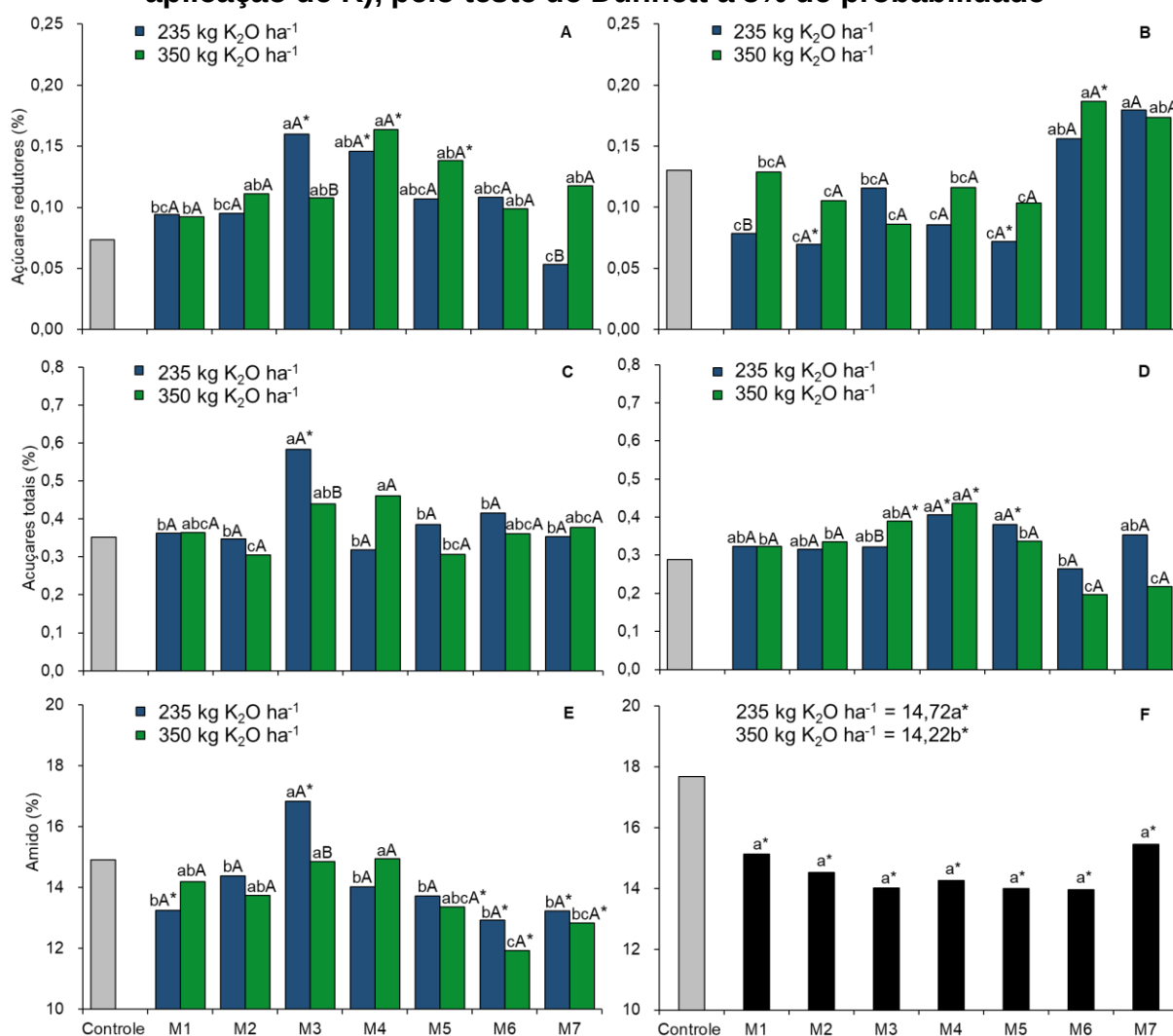
Ao que parece, apesar de haver algumas diferenças menos pronunciadas para os açúcares redutores, a utilização dos tratamentos das combinações de fonte/manejos e doses de K tenderam a aumentar os teores nos tubérculos da

batata cv. Asterix, principalmente no ano de 2021. Destaque para o M3 (KCl + sulfato duplo), M4 (KCl + sulfato duplo), M6 (mistura fonolito+KCl) e M7 (KCl protegido). Entretanto, em ambos os anos, os teores nos diferentes tratamentos estavam abaixo do limite recomendado para industrialização por Davies e Viola (1992), segundo os quais, o teor de açúcares redutores aceito geralmente é de < 0,1% da massa fresca do tubérculo, com tolerância máxima de 0,33%.

Níveis de açúcares redutores podem predizer o comportamento dos materiais para processamento de *chips* de batata, normalmente, o fator limitante na depreciação da cor (Rodrigues, 1990), pois elevados teores tornam as batatas processadas mais escura, reduzindo a qualidade do produto final (Pádua *et al.*, 2012). Contudo, diferente do observado no presente estudo, onde em alguns tratamentos provocaram aumentos dos teores de açúcares redutores, Kumar *et al.* (2007) observaram em duas cultivares para processamento (Kufri Chipsona-1 e Kufri Chipsona-2), que nem a fonte de K (KCl, K₂SO₄ e KNO₃), nem a época de aplicação de K (adubação no plantio, aplicação parcelada e aplicação parcelada + pulverização foliar) afetaram significativamente as concentrações de açúcares redutores.

Resultado que corroboram foram encontrados por Manolov *et al.* (2016), ao estudar duas fontes (K₂SO₄ e KCl) em duas doses (100 e 200 kg K₂O ha⁻¹) nas cultivares “Louisiana”; “Riviera” e “Hussar”. No entanto, Wilmer *et al.* (2022), apesar de ter verificado efeito das fontes de K (K₂SO₄ e KCl) sobre os teores de açúcares redutores, essa diferença observada para a cv. Marabel foi atribuída ao ano e, portanto, pelas diferentes condições ambientais. Para Kumar *et al.* (2004), o fornecimento de nutrientes ou condições ambientais adversas, como estresse térmico ou hídrico, durante o crescimento, pode aumentar o acúmulo de açúcares redutores. Vale destacar que, provavelmente, o aumento dos teores está relacionado a fatores ambientais, visto que em 2021, houve pressão de ataque de pragas e doenças, além de um crescimento lento das plantas.

Figura 17 - Açúcares redutores (A e B) e totais (C e D) e amido (E e F) nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Observa-se também que o teor de amido dos tubérculos teve tendência de redução em função dos diversos tratamentos de adubação potássica aplicados, com exceção do M3 (KCl + sulfato duplo) – 235 kg K₂O ha⁻¹ em 2021, que possivelmente está atrelado a um efeito isolado, pois não apresentou o mesmo comportamento em 2022 (Figuras 17E e 17F). O K é considerado um dos nutrientes mais importantes na qualidade da batata, devido ao seu papel na promoção da fotossíntese e

translocação de fotoassimilados (Koch *et al.*, 2020) e o envolvimento na ativação da enzima sintase do amido, responsável pela síntese do amido (Mengel *et al.*, 2001). Alguns trabalhos corroboram que a aplicação de K aumenta o teor de amido, pois em estudos com as doses de 150 e 225 kg K₂O ha⁻¹ de K₂SO₄, observou-se aumentou significativamente o teor de amido na cv. Desiree (Khan *et al.*, 2012). Hannan *et al.* (2011) relataram que houve redução das concentrações de açúcares, enquanto o teor de amido de tubérculos aumentou até a dose de 237 kg K ha⁻¹.

Contudo, também é relatado o inverso, como observado no presente estudo (Figuras 17E e 17F). Segundo Manolov *et al.* (2016), a fertilização com KCl diminuiu aproximadamente 2,2 a 2,4% o teor de amido, em comparação com os controles, em casa de vegetação. Já em estudo de campo, o controle também obteve a maior média entre os tratamentos. Esse comportamento, segundo Westermann *et al.* (1994), está associado altas doses de K, que causam a diminuição do teor de amido pelo aumento do teor de água, responsável por manter a pressão de turgor celular causando o efeito de diluição, como discutido para a grávide específica (Figura 15A, 15B) e a MS (Figura 16C, 16D) dos tubérculos.

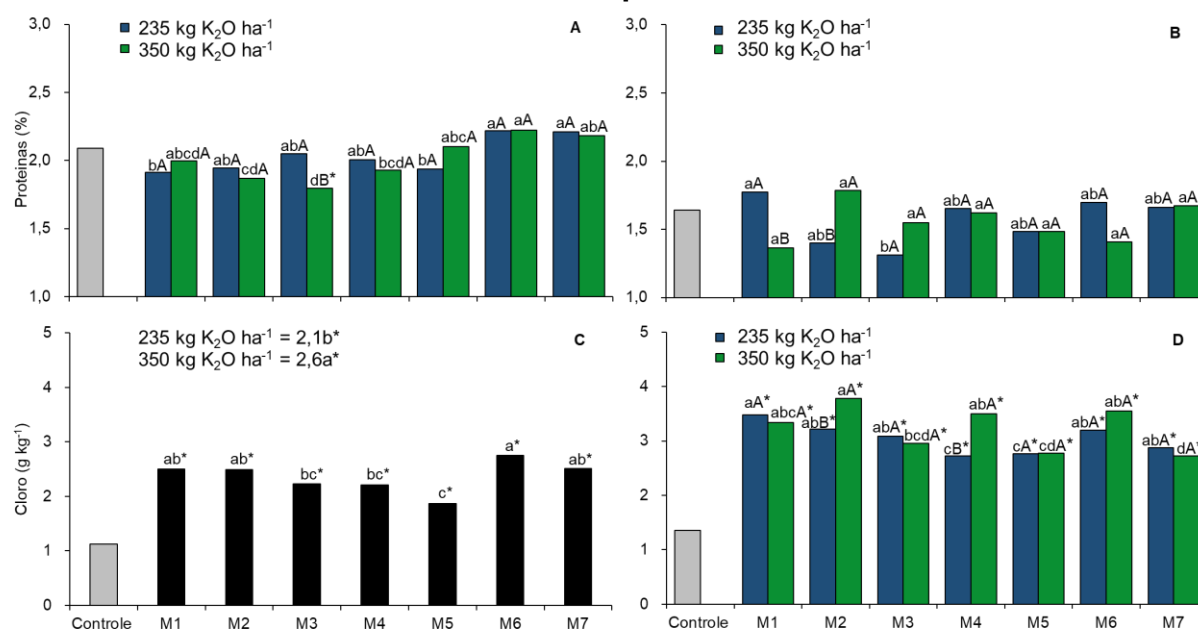
Foi observada interação significativa entre os fatores para a proteína nos tubérculos em 2021 e 2022 (Tabela 16). O M6 (mistura fonolito+KCl) e M7 (KCl protegido) nas duas doses (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹) resultaram nas maiores porcentagens de proteínas (2,18-2,22%); contudo, não foram superiores à maioria dos tratamentos e ao controle (Figura 18A). Vale a pena ressaltar que, apenas o M3 (KCl + sulfato duplo) – 350 kg K₂O ha⁻¹ foi inferior ao controle em 2021. Em 2022, o M2 (KCl parcelado) – 350 kg K₂O ha⁻¹ e M1 (KCl plantio) – 235 kg K₂O ha⁻¹ promoveram as maiores porcentagens de proteína (1,78 e 1,77%, respectivamente), sendo superiores à mesmas fontes/manejos das diferentes doses de K (Figura 18B). Apesar disso, não foram verificadas diferenças dos tratamentos adubados com K em relação ao controle.

A porcentagem de proteínas nos tubérculos teve um leve aumento com a aplicação dos tratamentos contendo principalmente KCl (M1, M2, M6 e M7); contudo não foi significativo em relação ao controle (Figuras 18A e 18B). Fato esse também observado por Manolov *et al.* (2016), onde foi registrada influência positiva do KCl no teor de proteína bruta em tubérculos em todas as cultivares (Louisiana, Riviera e Hussar) ao estudar duas fontes (K₂SO₄ e KCl) em duas doses 100 e 200 kg K₂O ha⁻¹. Geralmente, o aumento do teor de proteínas está ligado a fertilização com N, pois

a fertilização nitrogenada aumenta as concentrações de aminoácidos livres (Masclaux-Daubresse *et al.*, 2008). Apesar do foco do estudo não ser o N, devido sinergismo N e K e as taxas de absorção de K^+ e NO_3^- serem frequentemente correlacionadas positivamente, devido ao equilíbrio de carga (Conskun *et al.*, 2017), provavelmente a adubação potássica aumentou a absorção de N, favorecendo uma maior eficiência, devido ao papel como ativador enzimático (Taiz *et al.*, 2017), causando o aumento do teor de proteínas nos tubérculos.

O teor de Cl nos tubérculos colhidos foi influenciado pelos fatores isolados em 2021 e pela interação em 2022 (Tabela 16). Em 2021, o M6 (mistura fonolito+KCl) proporcionou o maior teor de Cl nos tubérculos ($2,7 \text{ g kg}^{-1}$); entretanto, não foi diferente do M7 (KCl protegido), M1 (KCl plantio), e M2 (KCl parcelado) (Figura 18C). Destaque para o M5 (KCl + K_2SO_4), pois proporcionou o menor teor de Cl nos tubérculos ($1,8 \text{ g kg}^{-1}$). Para o fator dose, a aplicação de $350 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ proporcionou maior concentração Cl nos tubérculos, na dose de $235 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$. Ainda assim, todos as fontes/manejos e doses foram superiores ao controle, sem aplicação de fertilizantes potássicos. Em relação a 2022, o tratamento M2 (KCl parcelado) – $350 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ proporcionou o maior teor de Cl nos tubérculos ($3,8 \text{ g kg}^{-1}$), apesar de não diferir do M6 (mistura fonolito+KCl), M4 (KCl + polissulfato) e M1 (KCl plantio), na mesma dose (Figura 18D). Além disso, o M4 (KCl + polissulfato) – $235 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$, M5 (KCl + K_2SO_4) e M7 (KCl protegido) nas duas doses tiveram os menores teores de Cl. Todos os tratamentos adubados proporcionaram teores de Cl nos tubérculos superiores ao controle.

Figura 18 - Proteínas (A e B) e cloro (C e D) nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Nos tubérculos, as concentrações de Cl aumentaram principalmente nos tratamentos com a maior dose de K (350 kg K₂O ha⁻¹) e nas fontes/manejos com maiores proporções de KCl (M1, M2, M6 e M7) e, consequentemente, com as aplicações também das maiores dose de Cl (Figuras 18C e 18D; Tabelas 2, 3 e 4). Fato que também pode ser observado por Mohr e Tomasiewicz (2012), onde foi verificado que, nos tubérculos, as concentrações de Cl aumentaram linearmente ao longo da faixa de taxas de KCl aplicadas. Apesar disso, todos os tratamentos obtiveram elevações consideráveis quando comparado ao tratamento sem aplicação de fertilizantes potássicos. Fato esse que provavelmente desencadeou as reduções na MS e amido nos tubérculos, causado pela maior absorção de água pelos tubérculos devido a maior absorção de K e Cl, como já discutido acima para MS e amido. Esse aumento na absorção desses nutrientes, causam a diminuição do teor de amido pelo aumento do teor de água (Westermann *et al.*, 1994), e estão associados principalmente a KCl devido à maior absorção de K do KCl e ao um

índice salino, aumentando a absorção de água pelos tubérculos (Laboski; Kelling 2007; Mohr; Tomasiewicz, 2012).

4.6 Coloração após a fritura de palitos dos tubérculos

Houve interação entre os fatores estudados para luminosidade (L^*), ângulo hue ($^{\circ}h$) e choma (C^*) após a fritura na forma de palitos dos tubérculos da cv. Asterix (Tabela 17). Em 2021, o M5 (KCl + K_2SO_4) – 235 kg K_2O ha⁻¹, o M3 (KCl + sulfato duplo) nas duas doses e o M6 (mistura fonolito+KCl) – 235 kg K_2O ha⁻¹ proporcionaram as maiores luminosidades para os palitos (77,8, 77,1, 77,5 e 77,0, respectivamente) (Figura 19A). Esses tratamentos propiciaram palitos mais claros (maiores valores de L^*) que os demais tratamentos. Apenas o M1 (KCl plantio), M2 (KCl parcelado) nas duas doses e M4 (KCl + polissulfato) – 350 kg K_2O ha⁻¹ não diferiram do controle, os demais foram superiores. Em relação a 2022, o M6 (mistura fonolito+KCl), M3 (KCl + sulfato duplo) e M7 (KCl protegido) na dose de 235 kg K_2O ha⁻¹ se destacaram positivamente, proporcionando os maiores valores de L^* (Figura 19B). Apenas esses três tratamentos diferiram do controle, para essa variável.

Em relação ao ângulo hue, observou-se que, em 2021, o M6 (mistura fonolito+KCl) – 235 kg K_2O ha⁻¹ proporcionou o maior valor (91,6 $^{\circ}h$); contudo, não diferiu da maioria dos tratamentos (Figura 19C). Apesar de ter havido interação significativa ($P = 0,029$), todos os tratamentos promoveram ângulos entre 90 e 92 $^{\circ}h$, com exceção do M7 (KCl protegido) – 235 kg K_2O ha⁻¹, nenhum outro tratamento foi superior ao controle. Em 2022, os tratamentos M2 (KCl parcelado) – 350 kg K_2O ha⁻¹ e M5 (KCl + K_2SO_4) nas duas doses (235 e 350 kg K_2O ha⁻¹) proporcionaram os maiores ângulos (86,6, 86,1 e 86,3 $^{\circ}h$, respectivamente) (Figura 19D). Apenas o M4 (KCl + polissulfato) – 350 kg K_2O ha⁻¹ se destacou negativamente em relação ao controle.

Tabela 17 – Análise de variância para a coloração após a fritura na forma de palitos nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG

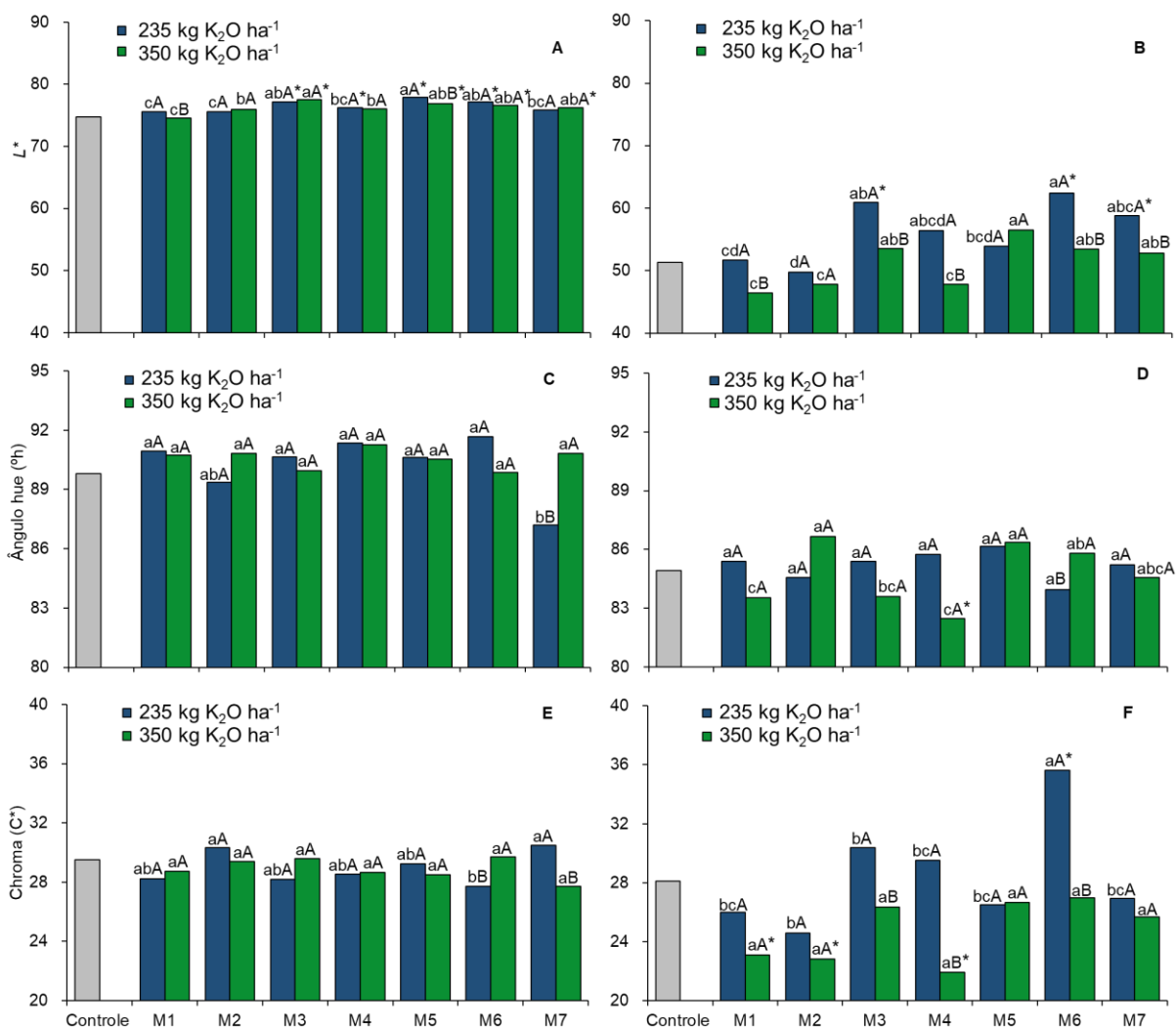
Fonte de variação	<i>L*</i>	Ângulo hue (°h)	Chroma (C*)
<i>P > F</i>			
2021			
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	<0,001	0,117	0,232
Dose (D) ⁽²⁾	0,147	0,438	0,832
M*D ⁽³⁾	0,077	0,029	0,001
M*C ⁽⁴⁾	<0,001	0,045	0,277
D*C ⁽⁴⁾	<0,001	0,423	0,431
(M*D)*C ⁽⁴⁾	<0,001	0,438	0,297
CV (%)	0,8	1,6	3,7
2022			
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	<0,001	0,002	<0,001
Dose (D) ⁽²⁾	<0,001	0,080	<0,001
M*D ⁽³⁾	0,038	<0,001	0,003
M*C ⁽⁴⁾	<0,001	0,006	0,001
D*C ⁽⁴⁾	0,009	0,614	0,005
(M*D)*C ⁽⁴⁾	0,192	0,925	0,219
CV (%)	6,8	1,2	8,8

⁽¹⁾Efeito considerando apenas os sete tratamentos de fontes/manejos (M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio). ⁽²⁾Efeito considerando apenas as duas doses de K (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹).

⁽³⁾Interação considerando o fatorial composto por 7 fontes/manejos × 2 doses de K₂O. ⁽⁴⁾Indica contrastes entre as médias de fontes/manejos (M), doses (D) ou do fatorial (M*D) com o controle (C) – tratamento sem aplicação de K₂O, pelo teste de Dunnett.

Houve interação significativa entre os fatores para o chroma dos palitos de tubérculos da cv. Asterix fritos (Tabela 17). Em 2021, os tratamentos M7 (KCl protegido) e M2 (KCl parcelado) na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ se destacaram com valores de chroma de 30,5 e 30,3, respectivamente; contudo, não diferiram da maioria dos tratamentos (Figura 19E). Também não foi observado diferenças significativas entre os tratamentos e o controle. Já em 2022, o M6 (mistura de fonolito+KCl) – 235 kg K₂O ha⁻¹ proporcionou o maior chroma (35,6), sendo superior aos demais tratamentos e ao controle (Figura 19E). O M1 (KCl plantio), M2 (KCl parcelado) e M4 (KCl + polissulfato) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ proporcionaram os menores chroma e foram inferiores ao controle.

Figura 19 - Valores de luminosidade (L^*) (A e B), ângulo hue ($^{\circ}h$) (C e D) e chroma (C^*) (E e F) após a fritura na forma de palitos dos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

De maneira geral, principalmente em 2021, para a luminosidade (valores de L^* entre 74,5 e 77,8), houve a tendência de coloração clara (L^* mais elevado) dos palitos após a aplicação dos tratamentos com K. Segundo McGuire, (1992), a luminosidade (L^*) é o atributo de cor que diferencia cores claras de escuras e seu valor varia de zero para cores escuras a 100 para cores claras. Em ambos anos, foram observadas diferenças entre os tratamentos adubados (Figuras 19A e 19B).

Apesar disso, os valores para luminosidade após o processamento, no presente estudo, podem ser classificados como de alta qualidade em 2021 e aceitável e/ou inaceitável em 2022. Coleman (2004) classificou a cor da batata após a fritura como sendo de qualidade inaceitável ($L^* < 55$); aceitável ($L^* \geq 55$ e ≤ 70) e de alta qualidade ($L^* > 70$).

Geralmente, a coloração dos palitos após a fritura está associada aos açúcares redutores (Feltran *et al.*, 2004), pois em grandes concentrações podem interferir na coloração de batata frita, causando escurecimento pela reação entre grupos redutores (grupos aldeídos) dos açúcares e grupamentos amino dos aminoácidos, durante a fritura, conhecida como reação de Maillard (Beukema; Van Der Zaag, 1990). Apesar disso, mesmo os tratamentos que proporcionaram luminosidades abaixo do aceitável em 2022 (Figura 19B), tiveram concentrações de açúcares redutores abaixo do recomendado para processamento, como já discutido (Figura 17B). Fato esse que está, provavelmente, relacionado com concentração de aminoácidos e polifenóis totais que também têm demonstrado certa influência sobre a intensidade de coloração das batatas fritas (Zorzella *et al.*, 2003; Freitas *et al.*, 2006).

Em relação ao ângulo hue, que indica o matiz e nos permite classificar e distinguir uma cor de outra, e pelo sistema CIELAB, o vermelho é tido como 0 °h, amarelo como 90 °h, verde como 180 °h e azul como 270 °h (Mcguire, 1992). Em 2021, observou que todos os tratamentos apresentaram palitos de coloração amarelada (próximo a 90 °h) (Figura 19C). Já em 2022, os palitos também apresentaram coloração amarelada, mas com tonalidade menos intensa (Figura 19D). Apesar das diferenças observadas entre os tratamentos, os palitos tiveram coloração próxima ao amarelo 90 °h, o que corrobora com Fernandes *et al.* (2010), pois esses autores estudando a fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno no Brasil, também verificaram que diferentes cultivares: Agata (96,1 °h), Asterix (103,5 °h), Atlantic (106,1 °h), Markies (104,4 °h) e Mondial (98,1 °h), apresentaram palitos com tonalidade mais próxima da amarela. Além disso, apesar do estudo ter utilizado formato *chips* na avaliação, Rodriguez-Saona e Wrolstad (1997), estudando a influência da composição de tubérculos de batata na qualidade de cor dos *chips* de seis cultivares (FL 1625, FL 1815, ND2471-8, AC Ptarmigan and Snowden), verificaram que as tonalidades de cor variaram de amarelo-alaranjado (75 °h) a avermelhado (63 °h), valores inferiores ao presente estudo.

A intensidade de cor é definida como chroma (C^*), sendo que os valores próximos a zero são indicativos de cores neutras (branco e/ou cinza – cor impura) e valores próximos de 60 indicam cores vívidas e/ou intensas (cor pura) (Hunterlab, 2008). Nos dois anos, observou-se intensidade de amarelo intermediária ou mais clara ($C^* = 22,8$ a $30,4$), com apenas uma exceção do M6 com $C^* = 35,6$, destacando-se dos demais em 2022 (Figuras 19E e 19F). Contudo, em um estudo de caracterização da qualidade de tubérculos de cultivares, a Asterix apresentou fritura de palitos de cor amarelada, de menor intensidade ($C^* = 18,2$), ou seja, mais clara (menores valores de C^*) (Fernandes *et al.*, 2010). Apesar disso, Rodriguez-Saona e Wrolstad (1997), avaliando coloração de *chips* de cultivares de batata, verificaram que a intensidade de cor varia de mais de cores mais intensas ($C^* = 28$) a cores de menor intensidade ($C^* = 19$). Ao que tudo indica, a adubação potássica teve pouca influência sobre coloração após a fritura dos tubérculos em forma de palitos, sendo mais influenciados pelos fatores ambientais como discutido para os teores de açúcares redutores.

4.7 Exportação dos nutrientes nos tubérculos colhidos

Nos experimentos conduzidos com a cv. Asterix, foi verificada interação significativa dos fatores fonte/manejo e dose na exportação de N, P (apenas em 2022) e K pelos tubérculos, já para o P em 2021, observou-se efeito isolado apenas da fonte/manejo (Tabela 18). Em relação ao Mg e Ca, também foi verificada a interação entre os fatores para os dois anos, enquanto para o S houve efeito isolado para a fonte/manejo e dose em 2021 e interação em 2022.

Em 2021, a utilização do M6 (mistura fonolito+KCl) na dose de $350 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ propiciou a maior exportação de N pelos tubérculos ($92,1 \text{ kg ha}^{-1}$) em 2021 (Figura 20A). Apesar disso, esse mesmo tratamento não foi diferente do M7 (KCl protegido), M5 (KCl + K_2SO_4) e M1 (KCl plantio) e da dose de $235 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$. Também foi verificado que nenhum dos tratamentos foi superior ao controle e apenas o M3 (KCl + sulfato duplo) – $350 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ exportou menos N em relação ao controle. Em 2022, os tratamentos M2 (KCl parcelado) – $350 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ e M1 (KCl plantio) – $235 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ proporcionaram maiores exportações de N ($125,4$ e $124,3 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente), mas também não foram observadas diferenças de nenhum dos tratamentos em relação ao controle (Figura 20B). Apesar disso, o M2 e M1 se

destacaram positivamente, com aumentos da exportação de 20,68 e 16,58 kg ha⁻¹ de N em relação ao controle, respectivamente.

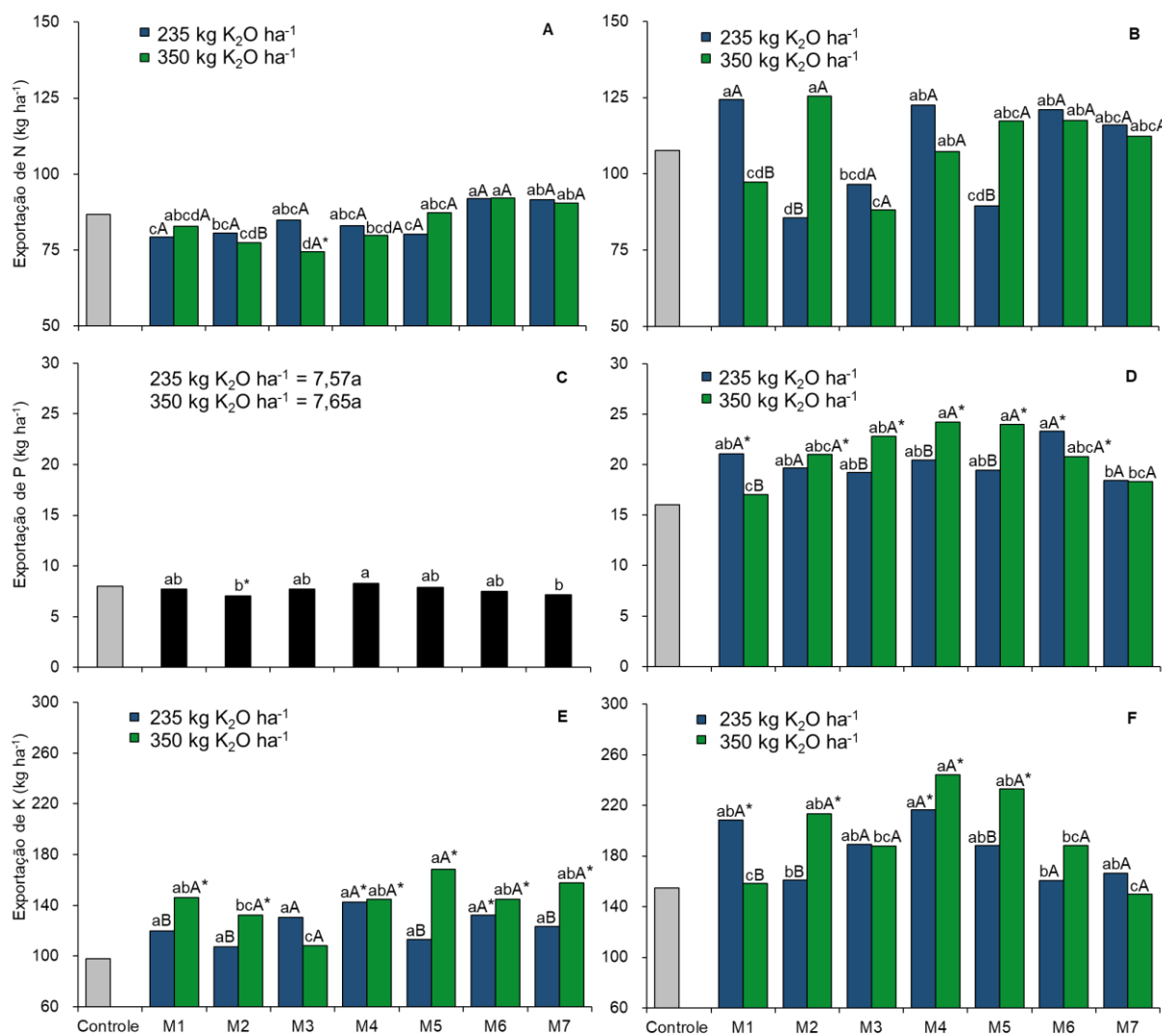
Tabela 18 – Análise de variância para as exportações de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG

Fonte de variação	N	P	K	Ca	Mg	S
<i>P > F</i>						
2021						
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	<0,001	0,009	0,012	<0,001	0,205	0,004
Dose (D) ⁽²⁾	0,460	0,675	<0,001	0,602	0,071	0,002
M*D ⁽³⁾	0,048	0,628	0,001	0,006	0,002	0,442
M*C ⁽⁴⁾	<0,001	0,023	<0,001	<0,001	0,264	0,006
D*C ⁽⁴⁾	0,546	0,262	0,004	<0,001	0,410	0,352
(M*D)*C ⁽⁴⁾	0,325	0,230	<0,001	<0,001	0,089	0,902
CV (%)	6,0	8,5	12,1	16,7	13,4	15,8
2022						
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	0,002	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Dose (D) ⁽²⁾	0,689	0,115	0,064	0,011	0,863	0,050
M*D ⁽³⁾	<0,001	0,001	0,001	0,012	0,064	0,064
M*C ⁽⁴⁾	0,011	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	<0,001
D*C ⁽⁴⁾	0,904	0,001	<0,001	0,364	0,332	0,070
(M*D)*C ⁽⁴⁾	0,884	<0,001	0,004	0,538	0,355	0,294
CV (%)	11,5	10,5	12,4	15,0	19,2	18,7

⁽¹⁾Efeito considerando apenas os sete tratamentos de fontes/manejos (M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio). ⁽²⁾Efeito considerando apenas as duas doses de K (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹). ⁽³⁾Interação considerando o fatorial composto por 7 fontes/manejos × 2 doses de K₂O. ⁽⁴⁾Indica contrastes entre as médias de fontes/manejos (M), doses (D) ou do fatorial (M*D) com o controle (C) – tratamento sem aplicação de K₂O, pelo teste de Dunnett.

O M4 (KCl + polissulfato) propiciou a maior exportação de P (8,3 kg ha⁻¹) em 2021, apesar de não ser superior ao M5 (KCl + K₂SO₄), M1 (KCl plantio), M3 (KCl + sulfato duplo) e M6 (mistura de fonolito + KCl) (Figura 20C). A fonte/manejo M1 (KCl plantio) foi a único a diferir negativamente do controle. Já em 2022, a maior exportação de P foi proporcionada pela combinação do M6 (KCl + polissulfato) e a dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ (24,2 kg ha⁻¹) (Figura 20D). Além desse, os tratamentos M6 (mistura de fonolito + KCl) – 235 kg K₂O ha⁻¹ e o M5 (KCl + K₂SO₄) – 350 kg K₂O ha⁻¹ também se destacaram, com exportação acima de 29 kg ha⁻¹ de P. Também foi observado que os tratamentos M1 (KCl plantio) – 235 kg K₂O ha⁻¹, M2 (KCl parcelado), M3 (KCl + sulfato duplo), M4 (KCl + polissulfato) e M5 (KCl + K₂SO₄) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ e M6 (mistura fonolito+KCl) nas duas doses foram superiores ao controle.

Figura 20 - Exportações de nitrogênio (A e B), fósforo (C e D) e potássio (E e F) pelos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Em 2021, o desdobramento da interação demonstrou que os tratamentos M5 (KCl + K₂SO₄) – 350 kg K₂O ha⁻¹ possibilitou a maior exportação de K (168,3 kg ha⁻¹), com incremento de 71% em relação ao controle (Figura 20E). Além do mais, foram observados incrementos significativos do M1 (KCl pantio), M6 (mistura fonolito+KCl) e M7 (KCl protegido) ambos na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ e do M4 (KCl

+ polissulfato) nas duas doses em relação ao controle. Para o ano de 2022, foi observado que os tratamentos M4 (KCl + polissulfato) e M5 (KCl + K_2SO_4) na dose de $350 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$ propiciaram as maiores exportações de K (244 e 233 kg ha^{-1} , respectivamente) (Figura 20E). Somente os tratamentos M1 (KCl plantio) – $235 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$, M2 (KCl parcelado) – $350 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$, M4 (KCl + polissulfato) nas duas doses e M5 (KCl + K_2SO_4) – $350 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$ foram diferentes do controle, com aumento de 34, 38, 40, 57 e 50% na exportação de K.

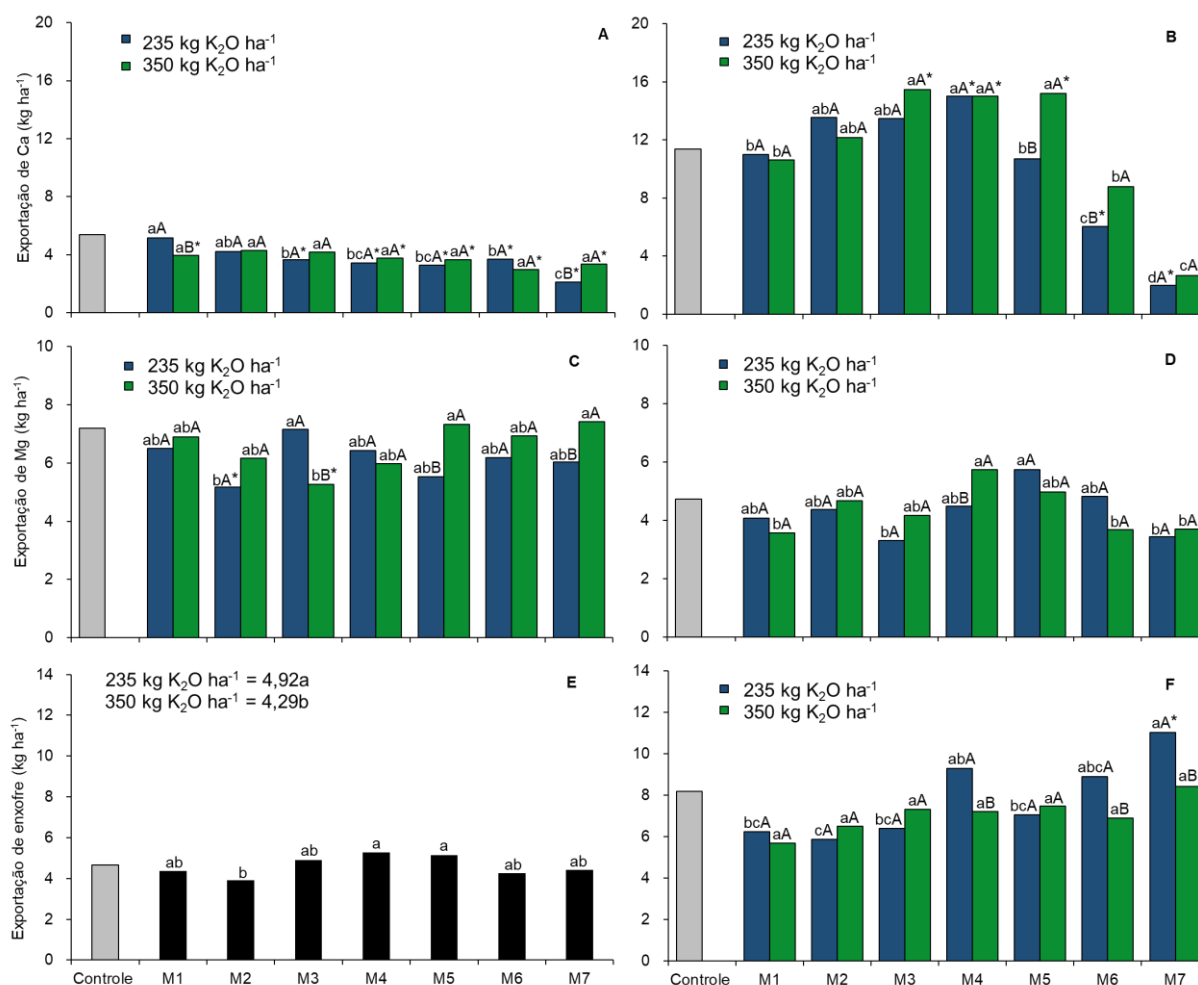
Quanto a exportação de Ca, o M1 (KCl plantio) – $235 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$ se destacou, ($5,1 \text{ kg ha}^{-1}$) em 2021, sendo apenas igual ao M2 (KCl parcelado) na dose de $235 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$ (Figura 21A). Pode-se observar também que, o controle sem adubação potássica proporcionou a maior exportação de Ca ($5,3 \text{ kg ha}^{-1}$), em comparação aos outros tratamentos, apesar de não ser diferente estatisticamente dos tratamentos M1 (KCl plantio) – $350 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$, M2 (KCl parcelado) – 235 e $350 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$ e M3 (KCl + sulfato duplo) – $235 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$. Em 2022, o M3 (KCl + sulfato duplo) – $350 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$, M5 (KCl + K_2SO_4) – $350 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$ e M4 (KCl + polissulfato) nas duas doses promoveram as maiores exportações de Ca ($15,44$, $15,20$, $15,03$ e $14,99 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente) (Figura 21B). Os tratamentos M3 (KCl + sulfato duplo) – $350 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$, M4 (KCl + polissulfato) – duas doses e M5 (KCl + K_2SO_4) – $350 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$ diferiram positivamente do controle, mas o M6 (mistura fonolito + KCl) – $235 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$ e M7 (KCl protegido) nas duas doses foram inferiores ao controle, com exportações abaixo de 7 kg ha^{-1} .

Em 2021, o M7 (KCl protegido) e M5 (KCl + K_2SO_4) ambos na dose de $350 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$ proporcionaram as maiores exportações de Mg ($7,4$ e $7,3 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente), apesar de não serem superiores ao controle (Figura 21C). Os tratamentos M2 (KCl parcelado) – $235 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$ e M3 (KCl + sulfato duplo) – $350 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$ foram os únicos a diferirem do controle, com menores valores. Em 2022, as maiores exportações de Mg foram obtidas com os tratamentos M4 (KCl + polissulfato) – $350 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$ e M5 (KCl + K_2SO_4) – $350 \text{ kg } K_2O \text{ ha}^{-1}$, ambos com exportação de $5,7 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 21D). Nenhum dos tratamentos com adubação potássica diferiu do controle.

As fontes/manejos M4 (KCl + polissulfato) e M5 (KCl + K_2SO_4) proporcionaram as maiores exportações médias de S ($5,2$ e $5,12 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente), apesar de não serem estatisticamente diferentes do M3 (KCl + sulfato duplo), M7 (KCl protegido), M1 (KCl plantio) e M6 (mistura de fonolito + KCl) (Figura 21E). Nenhuma

das fontes/manejos diferiu do controle. Por outro lado, em 2022, a maior exportação de S ($11,04 \text{ kg ha}^{-1}$) foi proporcionada pela combinação do M7 (KCl protegido) e a dose $235 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ (Figura 21D). Além desse, o tratamento M6 (mistura fonolito+KCl) – $235 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ também se destacou, com exportação de $9,28 \text{ kg ha}^{-1}$ de S. Ademais, apenas o M7 (KCl protegido) – $235 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ foi superior ao controle, com aumento de 34,6%.

Figura 21 - Exportações de cálcio (A e B), magnésio (C e D) e enxofre (E e F) pelos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K_2SO_4 ; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Considerando todos os tratamentos, nos dois anos, as faixas de exportação dos macronutrientes, por hectare, foram 74,5–92,1 kg de N, 7,0–8,2 kg de P, 107,0–168,2 kg de K, 2,0–5,1 kg de Ca, 5,1–7,4 kg de Mg e 3,9–5,2 kg de S em 2021 e 85,6–125,4 kg de N, 17,0–24,2 kg de P, 149,8–244,1 kg de K, 1,98–15,4 kg de Ca, 3,3–5,7 kg de Mg e 5,6–11,0 kg de S em 2022 (Figuras 20A–21F).

Houve interação dos fatores estudados para as exportações da maioria dos micronutrientes (B, Mn, Zn e Cl) pelos tubérculos da cultura da batata, com exceção do Cu em ambos os anos e do Fe em 2022 (Tabela 19).

Tabela 19 – Análise de variância para as exportações de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn e Cl) nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de adubação potássica, em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG

Fonte de variação	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Cl
<i>P > F</i>						
2021						
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001
Dose (D) ⁽²⁾	0,475	0,868	0,436	0,071	0,188	<0,001
M*D ⁽³⁾	<0,001	0,321	<0,001	0,041	0,005	0,023
M*C ⁽⁴⁾	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
D*C ⁽⁴⁾	0,006	0,050	0,072	<0,001	0,017	<0,001
(M*D)*C ⁽⁴⁾	<0,001	0,070	0,029	<0,001	0,082	<0,001
CV (%)	18,3	20,7	33,2	9,6	19,1	16,2
2022						
Fonte/manejo (M) ⁽¹⁾	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,066	<0,001
Dose (D) ⁽²⁾	0,976	0,829	0,225	0,479	0,742	<0,001
M*D ⁽³⁾	0,071	0,998	0,112	0,014	0,001	<0,001
M*C ⁽⁴⁾	<0,001	0,096	0,001	<0,001	0,053	<0,001
D*C ⁽⁴⁾	0,290	0,901	0,084	0,102	0,230	<0,001
(M*D)*C ⁽⁴⁾	0,402	0,795	0,005	0,224	0,517	<0,001
CV (%)	17,4	62,3	24,7	35,7	38,0	10,0

⁽¹⁾Efeito considerando apenas os sete tratamentos de fontes/manejos (M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 – KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio). ⁽²⁾Efeito considerando apenas as duas doses de K (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹).

⁽³⁾Interação considerando o fatorial composto por 7 fontes/manejos × 2 doses de K₂O. ⁽⁴⁾Indica contrastes entre as médias de fontes/manejos (M), doses (D) ou do fatorial (M*D) com o controle (C) – tratamento sem aplicação de K₂O, pelo teste de Dunnett.

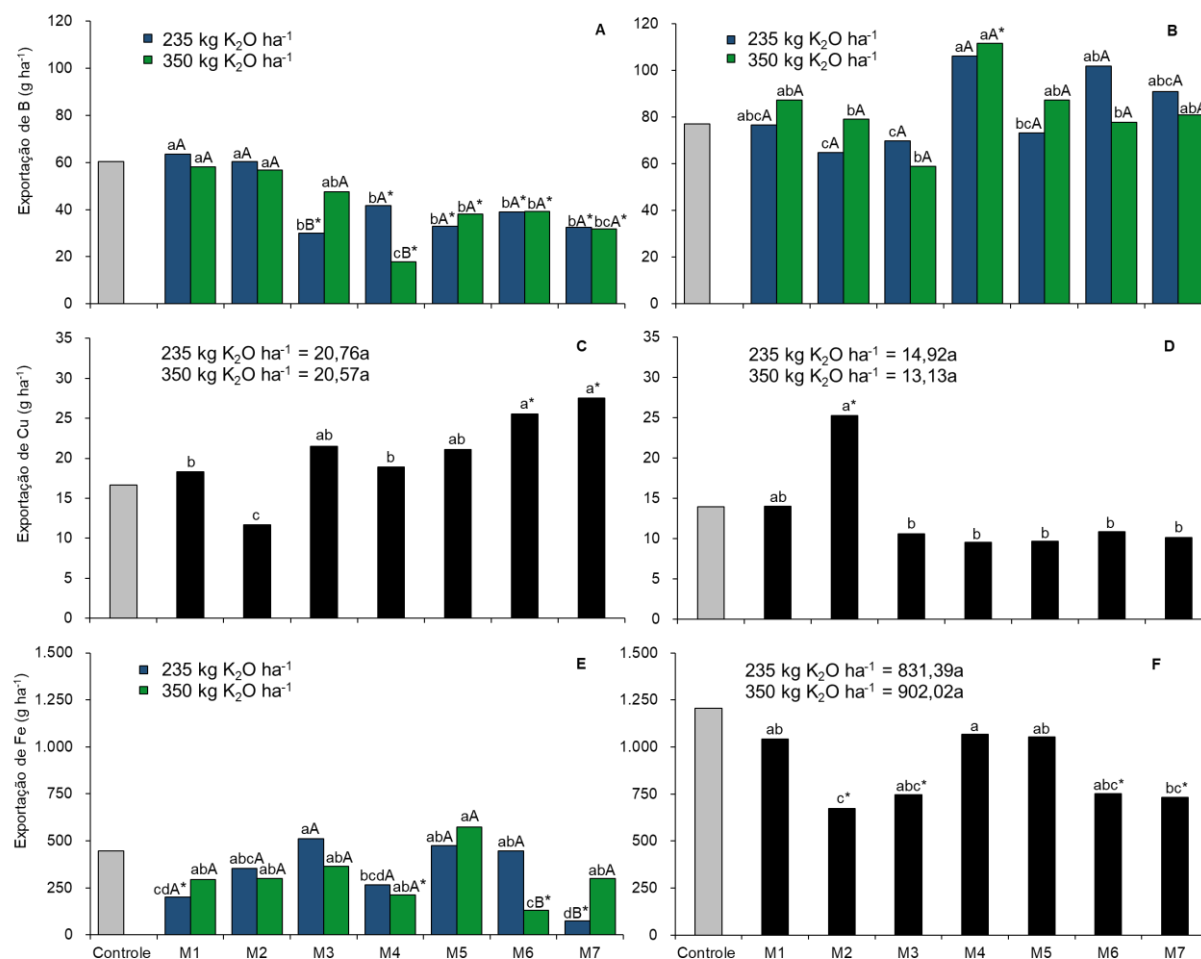
Em 2021, os tratamentos M1(KCl plantio) – 235 kg K₂O ha⁻¹ e M2 (KCl parcelado) – 235 kg K₂O ha⁻¹ proporcionaram as maiores exportações de B; contudo, sem serem diferentes da dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ e do controle (Figura 22A). Os demais tratamentos reduziram a exportação de B, em relação ao controle, com exceção do M3 (KCl + sulfato duplo) – 350 kg K₂O ha⁻¹. Em 2022, o tratamento M4 (KCl + polissulfato) – 350 kg K₂O ha⁻¹ levou à maior exportação de B (111,5 g ha⁻¹); contudo, não diferiu da dose de 235 kg K₂O ha⁻¹, bem como das fontes/manejos M1

(KCl plantio), M5 (KCl + K₂SO₄) e M7 (KCl protegido) na mesma dose (Figura 22B). Apenas o M4 (KCl + polissulfato) – 350 kg K₂O ha⁻¹ foi superior ao controle, com aumento de 44,6% (34,43 g ha⁻¹) de nessa variável.

As fontes/manejos M7 (KCl protegido) e M6 (mistura fonolito+KCl) proporcionaram as maiores exportações de Cu; contudo, não foram superiores à M3 (KCl + sulfato duplo) e M5 (KCl + K₂SO₄) (Figura 22C). Apenas as fontes/manejos M7 (KCl protegido) e M6 (mistura fonolito+KCl) diferiram positivamente do controle, com exportação de Cu de 27,5 e 25,5 g ha⁻¹, respectivamente. Em 2022, também houve efeito apenas da fonte/manejo, com a M1 (KCl plantio) proporcionando a maior exportação (25,2 g ha⁻¹), que foi superior ao tratamento controle (Figura 22D).

Quanto a exportação de Fe, o tratamento M5 (KCl + K₂SO₄) – 350 kg K₂O ha⁻¹ proporcionou o maior valor (578,4 g ha⁻¹); contudo, este não diferiu da mesma fonte/manejo na dose de 235 g K₂O ha⁻¹, bem como dos tratamentos M3 (KCl + sulfato duplo) – 350 kg K₂O ha⁻¹ e do controle (Figura 22E). Os tratamentos M1 (KCl plantio) e M7 (KCl protegido) na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ e M4 (KCl + polissulfato) e M6 (mistura fonolito+KCl) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ reduziram significativamente a exportação de Fe em 55, 83, 53 e 80%, respectivamente, em relação ao controle. Em 2022, houve efeito do fator fonte/manejo sobre exportação do Fe, tendo o tratamento M4 (KCl + polissulfato) proporcionado o maior valor (1069 g ha⁻¹); contudo, este não foi diferente do M5 (KCl + K₂SO₄), M1 (KCl plantio), M6 (mistura fonolito+KCl), M3 (KCl + sulfato duplo) e do controle (Figura 22F). Além disso, foi verificado redução da exportação de Fe, em comparação ao controle, proporcionada pelas fontes/manejos M2 (KCl parcelado), M3 (KCl + sulfato duplo), M6 (mistura fonolito+KCl) e M7 (KCl protegido).

Figura 22 - Exportações de boro (A e B), cobre (C e D) e ferro (E e F) pelos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Em relação à exportação de Mn, o tratamento M6 (mistura fonolito+KCl) – 350 kg K₂O ha⁻¹ propiciou o maior valor (53,0 g ha⁻¹) em 2021 (Figura 23A). Todavia, esse mesmo tratamento não foi diferente do M1 (KCl plantio) e M5 (KCl + K₂SO₄), na mesma dose de K. Apesar de todos os tratamentos terem proporcionado exportações de Mn maiores que o do controle, apenas o M1 (KCl plantio) nas duas doses, M3 (KCl + sulfato duplo) e M4 (KCl + polissulfato) na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ e M5 (KCl + K₂SO₄) e M6 (mistura fonolito+KCl) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ foram significativamente superiores ao controle. Em 2022, o tratamento M6 (mistura

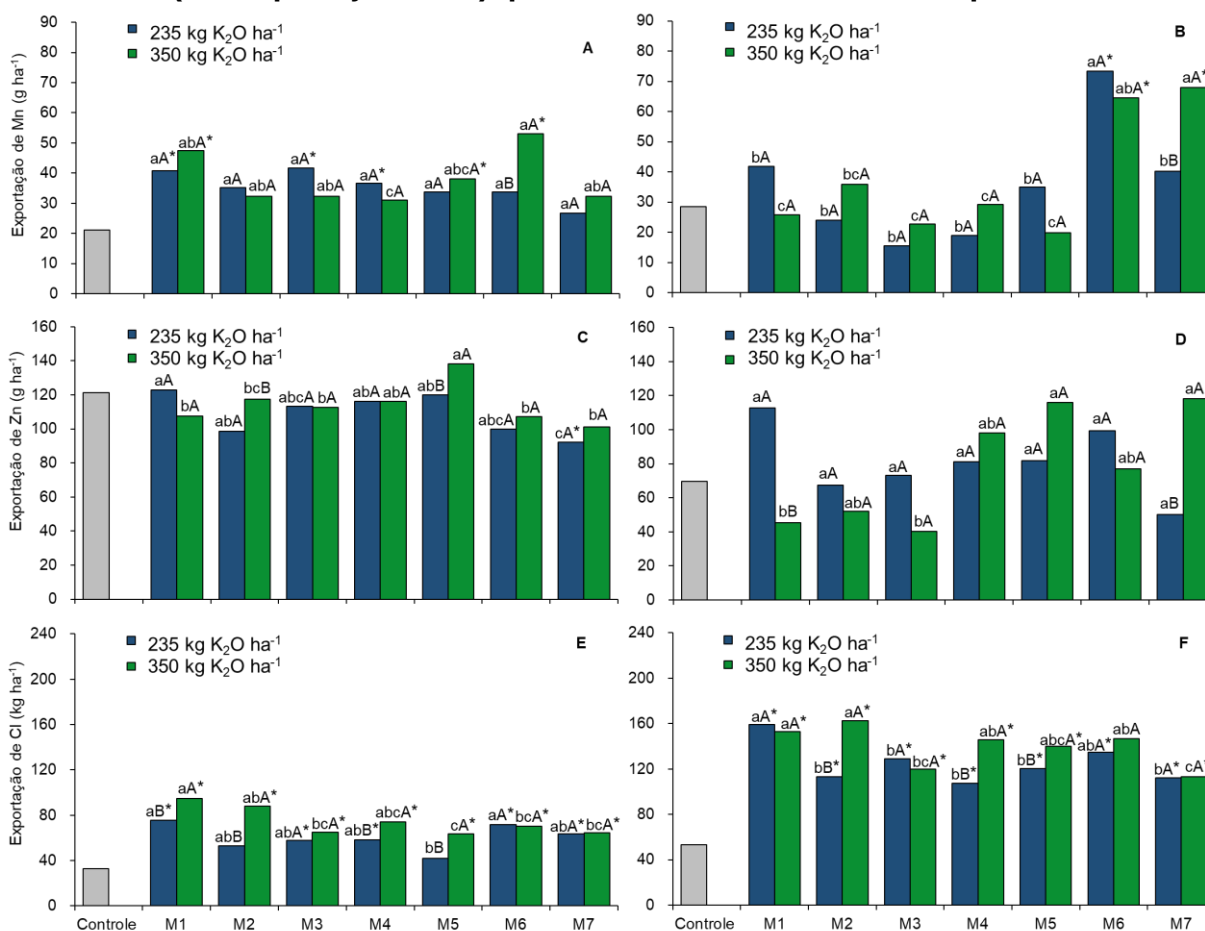
fonolito+KCl) – 235 kg K₂O ha⁻¹ proporcionou maior exportação de Mn (73,3 g ha⁻¹), apesar de não diferir desta mesma fonte/manejo na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹ (Figura 23B). Também foram observadas exportações superiores dos tratamentos M6 (mistura fonolito+KCl) nas doses de 235 e 350 kg K₂O ha⁻¹ e do M7 (KCl protegido) – 350 kg K₂O ha⁻¹ em relação ao controle.

Sobre a exportação de Zn pelos tubérculos colhidos, o tratamento M5 (KCl + K₂SO₄) – 350 kg K₂O ha⁻¹ proporcionou o maior valor dentre todos os tratamentos (138 g ha⁻¹); contudo, não foi diferente do M2 (KCl parcelado) e do M4 (KCl + polissulfato) na mesma dose (Figura 23C). Apenas o tratamento M7 (KCl protegido) – 235 kg K₂O ha⁻¹ reduziu significativamente a exportação de Zn em relação ao controle. Em relação ao ano de 2022, em contramão de 2021, o tratamento M7 (KCl protegido) – 350 kg K₂O ha⁻¹ foi o tratamento que proporcionou a maior exportação de Zn (118 g ha⁻¹), apesar de não ser diferente de vários tratamentos (Figura 23D). Além disso, apesar das variações, nenhum dos tratamentos que receberam adubação potássica foram diferentes do controle.

O desdobramento da interação demonstrou que o tratamento M1 (KCl plantio) – 350 kg K₂O ha⁻¹ possibilitou a maior exportação de Cl (94,7 kg ha⁻¹), todavia não foi superior ao M2 (KCl parcelado) e M4 (KCl + polissulfato) na mesma dose (Figura 23E). Também foram observados incrementos significativos para quase todos os tratamentos em relação ao controle, variando de 76 a 190%, com exceção do M2 (KCl parcelado) e M5 (KCl + K₂SO₄) na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹. Para o ano de 2022, foi observado que o tratamento M1 (KCl plantio) nas duas doses e M2 (KCl parcelado) – 350 kg K₂O ha⁻¹ propiciaram as maiores exportações de Cl (159, 152 e 162 kg ha⁻¹, respectivamente) (Figura 23F). Em comparação ao controle, todos os tratamentos foram superiores, com aumentos variando de 101 a 204% na exportação de Cl. Apesar disso, o M2 (KCl parcelado) e M4 (KCl + polissulfato) na dose de 235 kg K₂O ha⁻¹ e M7 (KCl protegido) nas duas doses proporcionaram as menores exportações entres os tratamentos que receberam adubação potássica.

Considerando todos os tratamentos nos dois anos, as faixas de exportação dos micronutrientes, por hectare, foram 17,7–63,6 g de B, 11,6–27,5 g de Cu, 75,1–573,4 g de Fe, 26,7–53,0 g de Mn, 92,0–138,1 g de Zn e 41,9–94,7 kg de Cl em 2021 e 58,8–111,5 g de B, 9,0–25,5 g de Cu, 608,2–1269,4 g de Fe, 15,5–73,3 g de Mn, 40,2–118,1 g de Zn e 107,4–162,4 kg de Cl em 2022 (Figuras 22A–23F).

Figura 23 - Exportações de manganês (A e B), zinco (C e D) e cloro (E e F) pelos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021 (A, C e E) e 2022 (B, D e F), em Santa Juliana-MG. Letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos de fontes/manejos e letras maiúsculas entre as doses de K, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Asterisco (*) indica contrastes significativos entre cada tratamento de fontes/manejos e/ou doses com o controle (sem aplicação de K), pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade



Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Em geral, a aplicação de fertilizante potássicos proporcionou incrementos em termos de remoção dos nutrientes para a maioria dos nutrientes e na maioria dos tratamentos (Figuras 20 e 23). Destaque, principalmente, para elevada exportação de K pelos tratamentos, ressaltando-se o tratamento M5 (KCl + K₂SO₄) na dose de 350 kg K₂O ha⁻¹, com exportação de 168,3 kg ha⁻¹ em 2021 e 233 kg ha⁻¹ em 2022. Os aumentos nas necessidades de macronutrientes da batata cv. Asterix, em resposta à adubação com K estão relacionados principalmente ao aumento no acúmulo da biomassa dos tubérculos causando pelos aumentos das produtividades, como observado (Figura 14). Em relação à exportação de K, além do aumento da

biomassa, o aumento na concentração desse nutriente nos tubérculos (APÊNDICE C) possibilitou maiores remoções deste nutriente. Fato também que contribui para a redução da exportação de Ca, pois em 2021, apesar dos tratamentos proporcionaram maiores produtividades, houve redução na concentração deste nutriente nos tubérculos dos tratamentos adubados com K, em comparação ao controle (APÊNDICE D), o que possibilitou maiores remoções desse nutriente no controle em relação aos demais tratamentos.

Segundo Soratto *et al.* (2020), ao avaliarem a extração e exportação de nutrientes em função de diferentes manejos de K na cultura da batata, os aumentos observados na absorção e remoção dos nutrientes de quase todos os nutrientes, verificado no estudo, foram relacionados ao aumento no acúmulo de MS pelas plantas, mas também as mudanças nas concentrações de K e alguns outros nutrientes também contribuíram para o aumento da sua absorção e remoção. Esse fato deve-se à importância do K no crescimento e desenvolvimento vegetal. Como já mencionado, o K é o elemento requerido em maior quantidade pelas plantas da batata (Fernandes; Soratto; Silva, 2011; Fernandes *et al.*, 2017; Soratto *et al.*, 2020); portanto, nutriente essencial no cultivo da batata. Também participa de diversas funções nas plantas, atua como cofator de enzimas, regulação osmótica, captação e síntese de proteínas e translocação de assimilados (Taiz *et al.*, 2017). Além de ser considerado fundamental para a produção do amido e, na fotossíntese, pode melhorar a absorção e o aproveitamento da luz (Mesquita *et al.*, 2012) e está envolvido na ativação da enzima sintase (Mengel *et al.*, 2001).

5 CONCLUSÕES

A adubação potássica, com fontes contendo Cl, aumenta os teores de K e Cl e açúcares nas folhas da batateira, bem como a produtividade total e comercial de tubérculos. Contudo, reduz os teores de Ca e, principalmente, Mg nas folhas, mesmo quando usadas fontes/manejos que contém Mg.

O fornecimento de K parcelado, como KCl no plantio em combinação com sulfato de potássio (K_2SO_4), aplicado na amontoa, na dose total de 350 kg de K_2O ha^{-1} , proporciona maior produtividade de tubérculos e eficiência agrônômica para cultura da batata a cv. Asterix, em solos de baixo-médio teor de K trocável (1,5 e 1,7 $mmol_c\ dm^{-3}$). Nesses solos, a fonte/manejo obtida pela mistura de fonolito moído + KCl é tão eficiente quanto o KCl em fornecer K para a cultura da batata.

A maioria dos tratamentos compostos por fontes/manejos e doses de K impactam negativamente os atributos de qualidade dos tubérculos (gravidade específica, firmeza, matéria seca e amido) e aumentam os teores de açúcares redutores, porém sem diferenças consistentes entre eles.

As fontes/manejos contendo KCl, em maior ou menor proporção e aplicado totalmente no plantio ou parcelado entre plantio e amontoa, aumentam as concentrações de Cl nos tubérculos, principalmente na dose de 350 kg $K_2O\ ha^{-1}$.

Os tubérculos da cultivar Asterix apresentam média a boa qualidade de fritura; no entanto, o fornecimento de K tendeu a proporcionar coloração amarela mais intensa.

A adubação potássica com as diferentes fontes/manejos e doses interfere na exportação da maioria dos nutrientes pelos tubérculos colhidos, o que se deve principalmente ao aumento da produtividade e, em alguns casos, a alterações na concentração dos mesmos nos tubérculos. Notadamente, as exportações de K e Cl são incrementadas pela adubação potássica.

REFERÊNCIAS

- ABBA - Associação Brasileira Da Batata. **Variedades**. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/site/variedades/>. Acesso em: 03 set. 2022.
- ABBA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BATATA. **Situação Atual da Produção de Batata no Brasil**. 2020. Disponível em: <<https://www.abbabatatabrasileira.com.br/materias-das-revistas/situacao-atual-da-producao-de-batata-no-brasil/>>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- ABD EL-LATIF, K. M.; OSMAN, E. A. M.; ABDULLAH, R.; ABD EL-KADER, N. Response of potato plants to potassium fertilizer rates and soil moisture deficit. **Advances in Applied Science Research**, v. 2, p. 388–397, 2011.
- ABDELGADIR, A. H.; ERREBHI, M. A.; AL-SARHAN, H. M.; IBRAHIM. The effect of different levels of additional potassium on yield and industrial qualities of potato (*Solanum tuberosum* L.) in an irrigated arid region. **American Journal of Potato Research**, v. 80, p. 219–222, 2003.
- ALI, M. M. E., PETROPOULOS, S. A., SELIM, D. A. F. H., ELBAGORY, M., OTHMAN, M. M., OMARA, A. E.-D. Plant growth, yield and quality of potato crop in relation to potassium fertilization. **Agronomy**, v. 11, n. 4, 675, 2021.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. S.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.
- 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.
- ANDA - Associação Nacional Para Difusão De Adubos. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes – 2012**. São Paulo, 2013.
- ARMSTRONG, D. L. **Better crops with plant food**. Norcross: International Plant Nutrition Institute, 1998.
- BEN-AMOR, N.; BEN HAMED, K.; DEBEZA, A.; GRIGNONB, C.; ABDELLY, C. Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte *Crithmum maritimum* to salinity. **Plant Science**, v. 168, p. 889–899, 2005.
- BERINGER, H.; KOCH, K.; LINDHAUER, M. G. Source: sink relationships in potato (*Solanum tuberosum*) as influenced by potassium chloride or potassium sulphate nutrition. In: VAN BEUSICHEM, M. L. **Plant Nutrition — Physiology and Applications**. Developments in Plant and Soil Sciences, Dordrecht: Springer, 1990. p. 639–642.
- BEUKEMA, H. P.; VAN DER ZAAG, D. E. **Introduction to potato production**. Wageningen: Centre for Agricultural publishing Documentation (PUDOC), 1990.
- BOTEON M.; SILVA, R. C.; DELEO, J. P. B. **Uma nova receita para a bataticultura**. Disponível: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/capa/um-nova-receita-para-a-bataticultura.aspx>. Acesso em: 10 maio 2023.
- BREGAGNOLI, M. **Qualidade e produtividade de cultivares batata para indústria sob diferentes adubações**. Piracicaba, 2006.141 p. Tese (Doutorado em

Agronomia, Área de Concentração Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

CACACE, J. E.; HUARTE, M. A.; MONTI, M. C. Evaluation of potato cooking quality in Argentina. **American Potato Journal**, Orono, v. 71, n. 3, p. 145–153, 1994.

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.

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.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos**. 2. Ed. Campinas, SP: Unicamp, 2003.

CELLA, D.; ROSSI, M. C. D. L. Análise do mercado de fertilizantes no Brasil. **Revista Interface Tecnológica**, v. 7, p. 41–50, 2010.

CEPEA -Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Alto preço de fertilizante desafia produtor**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opinio-ao-cepea/alto-preco-de-fertilizante-desafia-produtor.aspx>. Acesso em: 11 out. 2021.

COLEMAN, W. K. Comparative performance of the $L^* a^* b^*$ color space and North American color charts for determining chipping quality in tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Canadian Journal of Plant Science**, v. 84, p. 291–298, 2004.

CONSKUN, D. BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. The nitrogen–potassium intersection: membranes, metabolism, and mechanism. **Plant, Cell & Environment**, v. 40, p. 2029–2041, 2017.

COPPO, J. C. **Manejo da adubação potássica na cultura da soja e efeito residual na cultura do milho em sistema plantio direto no Paraná**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2007.

DARWISH, T.; ATALLAH, T.; KHATIB, N.; KARAM, F. Fertigation and conventional potassium application to field grown potato in Lebanon: Perspective to Enhance Efficiency. In: **IPI regional workshop on potassium and fertigation development in west Asia and North Africa**, 2004. Rabat, 2004. Disponível em: <https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/Fertigation%20and%20Conventional%20Potassium.pdf>. Acesso em: 25 set. 2022.

DAVIES, H. V.; VIOLA, R. Regulation of sugar accumulation in stored potato tubers. **Postharvest News and Information**, v. 3, p. 97–100, 1992.

DICKING, J. C.; HARRAP, F. E. G.; HOLMES, M. R. J. Field experiments comparing the effect of muriate and sulfate of potash on potato yield and quality. **Journal of Agricultural Science**, v. 59, p. 319–326, 1962.

DUMANOVIĆ, J.; NEPOVIMOVA, E.; NATIĆ, M.; KUČA, K.; JAČEVIĆ, V. The significance of reactive oxygen species and antioxidant defense system in plants: A concise overview. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 1–13, 2021.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Batata – Industrialização**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas/batata/industrializacao/>. Acesso em: 02 dez. 2023.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations, **Crops**, 2023. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 10 de jan. 2024.

FELTRAN, J. C.; PERESSIN, V. A.; GRANJA, N. P.; SILVA FILHO, H. M.; LORENZI, J. O.; FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; FACTOR, T. L.; RÓS, A. B.; AGUIAR, E. B. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR., D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. van. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2022. p. 314–337. (Boletim Técnico, 100).

FERNANDES A. M.; SORATTO, R. P.; SOUZA, E. F. C.; JOB, A. L. G. Nutrient uptake and removal by potato cultivars as affected by phosphate fertilization of soils with different levels of phosphorus availability. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1–23, 2017.

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

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, n. 3, p. 299–304, 2010.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I - Macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2039–2056, 2011.

FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de batata. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 91–100, 2013.

FERREIRA, P. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, J. C. L.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, D. B. Produção relativa do milho e teores folheares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.1, p.7-16, 2007.

FOYER, C. H.; NOCTOR, G. Redox sensing and signaling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. **Physiologia Plantarum**, v. 119, p. 355–364, 2003.

FREITAS, S. T.; BISOGNIN, D. A.; GÓMEZ, A. C. S.; SAUTTER, C. K.; COSTA, L. C.; RAMPELOTTO, M. V. Qualidade para processamento de clones de batata cultivados durante a primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, p. 80–85, 2006.

GEILFUS, C. Review on the significance of chlorine for crop yield and quality. **Plant Science**, v. 270, p.114–122, 2018.

GRADOS, D.; GARCÍA, S.; SCHREVEENS, E. Assessing the potato yield gap in the Peruvian Central Andes. **Agricultural Systems**, v. 181, p.1–10, 2020.

GRUNER, G. **La fertilización de La Papa**. Hannover: Departamento Agrônômico para El Extrujeiro, 1963.

GUNADI, N. Response of potato to potassium fertilizer sources and application methods in andisols of west Java. **Indonesian Journal of Agricultural Science**, v. 10, p. 65–72, 2009.

HAMOOH, B. T.; SATTAR, F. A.; WELLMAN, G.; MOUSA, M. A. A. Metabolomic and Biochemical Analysis of Two Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars Exposed to In Vitro Osmotic and Salt Stresses. **Plants**, v. 10, n. 1, p. 1–14, 2021.

HANNAN, A.; ARIF, M.; RANJHA, A.M.; ABID, A.; FAN, X. H.; LI, Y. C. Using soil potassium adsorption and yield response models to determine potassium fertilizer rates for potato crop on a calcareous soil in Pakistan. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 42, n. 6, p. 645–655, 2011.

HFBRASIL. HORTIFRUTI/CEPEA: **Retrospectiva 2023 & Perspectiva 2024**. 2023. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/anuario-hf-brasil-retrospectiva-2023-perspectiva-2024.aspx>. Acesso em: 02 jan. 2024.

HUANG, H.; ULLAH, F.; ZHOU, D.; YI, M.; ZHAO, Y. Mechanisms of ROS regulation of plant development and stress responses. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1–10, 2019.

HUNTERLAB. **Insight on color**: CIE L* a* b* color scale. Reston, 2008.

HÜTSCH, B. W.; KEIPP, K.; GLASER, A.; SCHUBERT, S. Potato plants (*Solanum tuberosum* L.) arechloride-sensitive: Is this dogma valid? **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 8, p. 3161–3168, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal – PAM**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>. Acesso em: 04 jan. 2024.

ISHERWOOD, K. F. **Mineral Fertilizer Use and the Environment**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 1998.

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

IUNG, M.C. **Fontes e doses de potássio na produtividade e qualidade de quatro cultivares de batata e em teores extraíveis em cambissolo da região de Curitiba, Paraná**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

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.

KAWAVATA, C. K. H.; FOIS, D. A. F.; COPPO, J. C.; ALVES NETO, A. Influência de doses e de duas fontes de potássio no sistema radicular do milho e na condutividade elétrica no solo. **Investigación Agraria**, v. 19, n. 1, p. 28–34.

KHAN, M. Z.; AKHTAR, M. E.; MAHMOOD-UL-HASSAN, M.; MAHMOOD, M. M.; SAFDAR, M. M. Potato tuber yield and quality as affected by rates and sources of potassium fertilizer. **Journal of Plant Nutrition**, v. 35, n. 5, p. 664–677, 2012.

KHAN, S. A.; MULVANEY, R. L.; ELLSWORTH, T. R. The potassium paradox: Implications for soil fertility, crop production and human health. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 29, n. 1, p. 3–27, 2013.

KOCH, M.; NAUMANN, M.; PAWELZIK, E.; GRANSEE, A. The importance of nutrient management for potato production part I: plant nutrition and yield. **Potato Research**, v.63, p.97–119, 2020.

KOCH, M.; PAWELZIK, E.; KAUTZ, T. Chloride changes soil–plant water relations in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Agronomy**, v. 11, p. 1–10, 2021.

KOPSELL, D. E.; KOPSELL, D. A. Chlorine, in: Barker, A. V.; Pilbeam, D. J. (Eds.). **Handbook of Plant Nutrition**. CRC Press: Boca Raton, 2015. p. 347–366.

KUMAR, D.; SINGH, B. P.; KUMAR, P. An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. **Annals of Applied Biology**, v. 145, p. 247–256, 2004.

KUMAR, P.; PANDEY, S. K.; SINGH, B. P.; SINGH, S. V.; KUMAR, D. Influence of source and time of potassium application on potato growth, yield, economics and crisp quality. **Potato Research**, v. 50, p. 1–13, 2007.

LABOSKI C. A. M. AND KELLING K. A. Influence of fertilizer management and soil fertility on tuber specific gravity: A review. **American Journal of Potato Research**, v. 84, p. 283–290, 2007.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A. Influência do cálcio sobre o crescimento e solutos em plântulas de sorgo estressadas com cloreto de sódio. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 28, p. 289–295, 2004.

LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000.

LI, S.; DUAN, Y.; GUO, T.; ZHANG, P.; HE, P.; JOHNSTON, A.; SHCHERBAKOV, A. Potassium management in potato production in Northwest region of China. **Field Crops Research**, v. 174, p. 48–54, 2015.

LIZANA, X. C.; SANDAÑA, P.; BEHN, A.; AVILA-VALDÉS, A.; RAMÍREZ, D. A.; SORATTO, R. P.; CAMPOS, H. Chapter 18 - Potato. In: SADRAS, V. O., CALDERINI, D. F. (Eds.), **Crop physiology case histories for major crops**. Academic Press, p. 550–587, 2021.

LONGO, Y.; PENG, J. Interaction between boron and other elements in plants. **Genes**, v. 14, n. 1, p. 1–12, 2023.

LOPEZ-LEFEBRE, L. R.; RIVERO, R. M.; GARCIA, P. C.; SÁNCHEZ, E.; RUIZ, J. M.; ROMERO, L. Boron effect on mineral nutrients of tobacco. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, p. 509–522, 2002.

MAEDA, M.; DIP, T. M. Curvas de crescimento mássica de água x peso específico em vegetais in natura - otimização de processos industriais pela seleção via teste de matéria-prima. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 20, p. 309–313, 2000.

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

MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **On the mineral nutrition of some tropical crops**. Berne: International Potash Institute, 1962.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002.

MANCUSO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; CASTRO, G. S. A. Effect of potassium sources and rates on arabica coffee yield, nutrition, and macronutrient export. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1448–1456, 2014.

MANOLOV, I., NESHEV, N., CHALOVA, V. Tuber quality parameters of potato varieties depend on potassium fertilizer rate and source. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 10, p. 63–66, 2016.

MARSCHNER, P. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3rd, Academic Press: Cambridge, 2012.

MARTINS, E. S.; OLIVEIRA, C. G.; RESENDE, A. V.; MATOS, M. S. F. Agrominerais: rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para a agricultura. In: ADÃO, B. L.; LINS, F. (Eds.). **Rochas e minerais industriais: usos e especificações**. Rio de Janeiro: Cetem, 2010. p. 205–221.

MASCLAUX-DAUBRESSE, C.; DANIEL-VEDELE, F.; DECHORGNAT, J.; CHARDON, F.; GAUFICHON, L.; SUZUKI, A. Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. **Annals of Botany**, v. 105, n. 7, p. 1141–1157, 2010.

MATTOS JR, D.; BOARETTO, R. M.; QUAGGIO, J. A. Potássio. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR., D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. van. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2022. p. 106-112. (Boletim Técnico, 100).

MCGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **Horticultural Science**, v. 27, p. 1254–1255, 1992.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A.; KOSEGARTEN, H.; APPEL, T. **Principles of Plant Nutrition**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001.

MESQUITA, H. A.; PÁDUA, J. G.; YURI, J. E.; ARAÚJO, T. H. Fertilização da cultura da batata. **Informe Agropecuário**, v. 33, p. 52–56, 2012.

MME -Ministério de Minas e Energia. **Governo Federal descobre novos alvos para o setor mineral de depósitos de potássio para uso na agricultura**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/governo-federal-descobre-novos-alvos-para-o-setor-mineral-de-depositos-de-potassio-para-uso-na-agricultura>. Acesso em: 10 out. 2021.

- MOHR, R. M.; TOMASIEWICZ, D. J. Effect of rate and timing of potassium chloride application on the yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L. 'Russet Burbank'). **Canadian Journal of Plant Science**, v. 92, p. 783–794, 2012.
- MØLLER, I. M.; JENSEN, P. E.; HANSSON, A. Oxidative modifications to cellular components in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 58, p. 459–481, 2007.
- MURPHY, H. J.; CUNNINGHAM, C. E.; HAWKINS, A. potato nutrition (fertilization) and culture. **American Potato Journal**, v. 8, p. 71–76, 1963.
- NASCIMENTO, M.; LAPIDO-LOUREIRO, F. E. L. O potássio na agricultura brasileira: fontes e rotas alternativas. In: LAPIDOLOUREIRO, F.E.L.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. **Fertilizantes: Agroindústria e Sustentabilidade**. Rio de Janeiro: CETEM / MCT, 2009.
- NASS. **Agricultural Prices**. National Agricultural Statistics Service, USA, 2014.
- 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, K. A.; MOTAVALLI, P. P.; NATHAN, M. Response of no-till soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] To timing of preplant and foliar potassium applications in a claypan soil. **Agronomy Journal**, v. 97, p. 832–838, 2005.
- 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.
- NOOR, M. A.; HAMID, M. I.; IQBAL, Z.; ULLAH, H.; HUSSAIN, A.; MAHMOOD, A. Optimization of time and method of potassium application to potato (*Solanum tuberosum* L.) crop on sandy clay loam soil. **International Journal of Agriculture and Applied Sciences**, v. 4, p. 118–124, 2012.
- OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BOAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 95–103, 2008.
- OLIVEIRA, R. C.; LUZ, J. M. Q.; CARDOSO, R. R.; LANA, R. M. Q.; SILVA, J. R. Sources of potassium in the fertilization of Agata potato. **Bioscience Journal**, v. 35, p. 79–88, 2019.
- 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, 30–39, 2012.
- PAPADAKIS, S. E.; ABDUL-MALEK, S.; KAMDEM, R. E. A versatile and inexpensive technique for measuring color of foods. **Food Technology**, v. 54, p.48–51, 2000.
- PAULETTI, V.; MENARIM, E. Época de aplicação, fontes e doses de potássio na cultura da batata. **Scientia Agraria**, v. 5, n. 1-2, p. 15–20, 2004.
- PEETEN, M. G. H.; FOLKERTSMA, S.; SCHIPPER, J. K.; BAARVELD, H. R.; KLEIN, S. **Netherlands catalogue of potato varieties**. The Hague: Nivap. 2011.
- PEREIRA, A. S. Composição química, valor nutricional e industrialização. In: REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Coord.). **Produção de batata**. Brasília, DF: Linha Gráfica, 1987. p. 12–28.

- PEREIRA, A. S.; FRITSCH NETO, R.; SILVA, R. S.; BENDER, C. I.; SCHÜNEMANN, A. P.; FERRI, N. M.; VENDRUSCOLO, J. L. Genótipos de batata com baixo teor de açúcares redutores. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p.220–223, 2007.
- PEREIRA, A.S.; SILVA, G.O.; BORTOLETTO, A.C.; HIRANO, E.; CASTRO, C.M.; NAZARENO, N.R.X.; SOUZA, Z.S. Catálogo de cultivares de batata. **Documentos**, 373, 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/999084>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- POZZA, A. A. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; SILVA, E. B.; BASTOS, A. R. R.; NOGUEIRA, F. D. Adubação foliar de sulfato de zinco na produtividade e teores foliares de zinco e fósforo de cafeeiros arábica. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, p. 49–57, 2009.
- RAIJ, B. V. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001.
- REIS JÚNIOR, R. A. **Produção, qualidade de tubérculos e teores de K no solo e no pecíolo de batateira em resposta à adubação potássica**. 1995. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- RHUE, R. D.; HENSEL, D. R.; KIDDER, G. Effect of k fertilization on yield and leaf nutrient concentrations of potatoes grown on a sandy soil. **American Potato Journal**, v. 63, p. 665–681, 1986.
- RODRIGUES, N. S. **Avaliação tecnológica e sensorial de novos genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) para industrialização na forma de pré-fritas congeladas**. 1990. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.
- RODRIGUES-SAONA, L. E.; WROLSTAD, R.E. Influence of potato composition on chip color quality. **American Potato Journal**, v. 74, p. 87-106, 1997.
- ROSEN, C.J.; BIERMAN, P.M. Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization. **American Journal of Potato Research**, v. 85, p.110–120, 2008.
- SALAZAR, M.; BUSCH, L. Standards and Strategies in the Michigan Potato Industry. East Lansing: Michigan Agricultural Experiment Station, 2001. 16 p. **Research Report**, 576.
- SANCHEZ, P. D. C.; HASHIM, N.; SHAMSUDIN, R.; NOR, M. Z. M. Applications of imaging and spectroscopy techniques for non-destructive quality evaluation of potatoes and sweet potatoes: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 96, p. 208–221, 2020.
- SANTOS JUNIOR, N. E. T. LUZ, J. M. Q.; OLIVEIRA, R. C.; SOUSA, G. C.; OLIVEIRA, R. C. Sulfato duplo de potássio e magnésio na produtividade e qualidade de tubérculos de batata cv. Atlantic. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 6713–6720, 2012.
- SHARMA, P.; JHA, A. B.; DUBEY, R. S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, v. 12, p. 1–26, 2012.

- SHARMA, R. C.; SUD, K.C. Potassium management for yield and quality of potato. In: PASRICHA, N. S; BANSAL, S. K. (eds). **Proceedings of an Intentional Symposium on the role of potassium in nutrient management for sustainable crop production in India**. Basel: International Potash Institute, p. 363–381, 2001.
- SILVA, G.O.; BORTOLETTO, A. C.; CARVALHO, A. D. F.; PEREIRA, A. S. Effect of potassium sources on potato tuber yield and chip quality. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p.395–398, 2018.
- SIPERT, S.; COHIM, E.; NASCIMENTO, F. R. A. Identification and quantification of main anthropogenic stocks and flows of potassium in Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 32579–32593, 2020.
- SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; CAMPOS, M.; COSTA, C. H. M.; GILABEL, A. P.; CASTRO, G. S. A.; FERRAR NETO, J. Silicate rocks as an alternative potassium fertilizer for upland rice and common bean crops. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 56, 2021a.
- SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; CAMPOS, M.; GILABEL, A. P.; COSTA, C. H. M.; CASTRO, G. S.A.; FERRARI NETO, J. Efficiency and residual effect of alternative potassium sources in grain crops. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 56, p. e02686, 2021b.
- SORATTO, R. P.; JOB, A. L. G.; FERNANDES A. M.; ASSUNÇÃO, N. S.; FERNANDES F. M. Biomass accumulation and nutritional requirements of potato as affected by potassium supply. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 20, p. 1051–1066, 2020.
- SORATTO, R. P.; YAGI, R.; JOB, A. L. G.; FERNANDES, A. M. Fertilization management strategies for ‘Agata’ potato production. **Horticultura Brasileira**, v. 39, p. 389–396, 2021.
- SOUZA, Z. S. Ecofisiologia. In: Pereira, A. S.; Daniels, J. (Eds.). **O cultivo da batata na Região Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 80–105.
- STANLEY R.; JEWELL S. The influence of source and rate of potassium fertilizer on the quality of potatoes for french fry production. **Potato Research**, v. 32, n. 4, p. 439–446, 1989.
- STIPP, S. R.; PROCHNOW, L. I. Maximização da eficiência e minimização dos impactos ambientais da adubação nitrogenada. **Informações Agrônomicas**, n. 124, p. 1–7, 2008. Disponível em: <<http://www.ipni.net/publication/IA-BRASIL.NSF/beagle?OpenAgent&d=4B0E2287F2B643CC83257A900014F737&f=Page1-7-124.pdf>>. Acesso em: 01 maio 2021.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 888 p.
- TORABIAN, S., FARHANGI-ABRIZ, S., QIN, R., NOULAS, C., SATHUVALLI, V., CHARLTON, B.; LOKA, D. A Potassium: a vital macronutrient in potato production — A review. **Agronomy**, v. 11, n. 3, p. 543, 2021.

WESTERMANN, D. T.; JAMES, D. W.; TINDALL, T. A.; HURST, R. L. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: sugars and starch. **American Potato Journal**, v. 71, p. 433-454, 1994.

WILMER, L.; PAWELZIK, E.; NAUMANN, M. Comparison of the effects of potassium sulphate and potassium chloride fertilisation on quality parameters, including volatile compounds, of potato tubers after harvest and storage. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 2022.

XIE, K.; CAKMAK, I.; WANG, S.; ZHANG, F.; GUO, S. Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plants. **The Crop Journal**, v. 9, n. 2, p. 249–256, 2021.

YOU, J.; CHAN, Z. ROS regulation during abiotic stress responses in crop plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 1–15, 2015.

ZHANG, W.; LIU, X.; WANG, Q.; ZHANG, H.; LI, M.; SONG, B.; ZHAO, Z. Effects of potassium fertilization on potato starch physicochemical properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 117, n. 1, p.467–472, 2018.

ZORZELLA, C. A.; VENDRUSCOLO, J. L. S.; TREPTOW, R. O.; ALMEIDA, T. L. Caracterização física, química e sensorial de genótipos de batata processados na forma chips. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, p. 15–24, 2003.

Apêndice A – Valores para a^* e b^* após a fritura na forma de palitos nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e de duas doses de adubação potássica (235 e 350 kg K_2O ha⁻¹), em 2021 e 2022.

Santa Juliana-MG

Fonte/ manejo	a*		b*	
	235	350	235	350
2021				
M1	-0,46	-0,37	2,92	2,86
M2	0,35	-0,41	3,05	1,95
M3	-0,31	0,01	2,64	2,88
M4	-0,66	-0,64	2,20	2,83
M5	-0,31	-0,26	1,86	1,83
M6	-1,17	0,08	3,37	2,10
M7	0,63	-0,85	2,12	2,68
Controle	0,12		2,76	
2022				
M1	28,23	28,75	28,35	22,92
M2	29,48	29,37	24,47	25,82
M3	28,17	29,59	23,79	26,19
M4	28,52	28,65	31,61	21,73
M5	29,22	28,48	26,43	26,62
M6	27,71	30,34	35,31	26,88
M7	30,48	26,95	26,87	25,54
Controle	29,51		27,90	

Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K_2SO_4 ; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Apêndice B – Distribuição percentual da produtividade comercial e não comercial em função de fontes e manejo de K nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e de duas doses de adubação potássica (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹), em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG

Fonte/ manejo	Produtividade comercial		Produtividade não comercial	
	235	350	235	350
2021				
M1	82,15	80,31	17,85	19,69
M2	74,47	79,22	25,53	20,78
M3	79,89	78,31	20,11	21,69
M4	78,60	80,51	21,40	19,49
M5	76,20	82,74	23,80	17,26
M6	73,82	77,17	26,18	22,83
M7	76,19	75,70	23,81	24,30
Controle	75,62		24,38	
2022				
M1	85,01	85,59	14,99	14,41
M2	82,91	84,00	17,09	16,00
M3	86,07	80,72	13,93	19,28
M4	86,47	85,55	13,53	14,45
M5	86,74	86,65	13,26	13,35
M6	85,41	85,71	14,59	14,29
M7	85,15	86,29	14,85	13,71
Controle	85,03		14,97	

Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Apêndice C – Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na matéria seca nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e de duas doses de adubação potássica (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹), em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG

Fonte/ manejo	N (g kg ⁻¹)		P (g kg ⁻¹)		K (g kg ⁻¹)	
	235	350	235	350	235	350
2021						
M1	14,25	14,25	1,40	1,39	21,34	22,54
M2	13,66	13,93	1,26	1,34	19,47	22,14
M3	15,28	13,41	1,44	1,34	20,43	19,20
M4	14,95	14,38	1,47	1,42	20,78	22,20
M5	15,84	15,69	1,45	1,47	20,35	21,85
M6	16,53	16,58	1,30	1,38	21,15	21,18
M7	16,49	16,29	1,30	1,35	21,31	22,76
Controle	17,34		1,44		17,17	
2022						
M1	11,60	9,68	2,15	1,81	21,03	16,74
M2	10,80	11,55	2,01	2,06	19,43	19,69
M3	10,43	10,99	2,04	2,24	20,13	20,56
M4	11,71	12,46	2,14	2,59	21,29	25,98
M5	10,52	10,52	2,11	2,12	20,42	20,93
M6	11,15	9,98	2,15	1,76	15,87	17,07
M7	10,62	11,87	1,88	2,13	16,89	17,76
Controle	11,63		1,92		19,98	

Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Apêndice D – Teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na matéria seca nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e de duas doses de adubação potássica (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹), em 2021 e 2022. Santa Juliana-MG

Fonte/ manejo	Ca (g kg ⁻¹)		Mg (g kg ⁻¹)		S (g kg ⁻¹)	
	235	350	235	350	235	350
2021						
M1	0,75	0,68	1,09	1,06	0,87	0,70
M2	0,65	0,72	0,94	1,17	0,73	0,68
M3	0,57	0,72	1,12	0,93	1,03	0,73
M4	0,54	0,57	1,02	1,00	1,00	0,90
M5	0,50	0,61	1,01	1,06	0,96	0,89
M6	0,50	0,50	0,99	1,04	0,79	0,75
M7	0,36	0,43	1,04	1,06	0,84	0,75
Controle	0,79		1,12		0,84	
2022						
M1	1,11	0,99	0,48	0,34	0,70	0,60
M2	1,39	1,19	0,41	0,37	0,66	0,73
M3	1,62	1,69	0,40	0,45	0,67	0,80
M4	1,57	1,72	0,58	0,61	0,97	0,93
M5	1,16	1,34	0,57	0,41	0,77	0,74
M6	1,69	0,78	0,43	0,41	0,87	0,70
M7	0,20	0,28	0,42	0,50	1,12	0,98
Controle	1,24		0,51		0,94	

Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Apêndice E – Teores de boro (B), cobre (Cu) e ferro (Fe) na matéria seca nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e dose de duas doses de adubação potássica (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹), em 2021 e 2022.

Santa Juliana-MG

Fonte/ manejo	B (mg kg ⁻¹)		Cu (mg kg ⁻¹)		Fe (mg kg ⁻¹)	
	235	350	235	350	235	350
2021						
M1	11,45	10,44	3,60	3,00	36,11	53,06
M2	10,86	10,21	2,10	2,10	49,37	53,79
M3	4,33	6,83	24,90	10,50	78,11	48,63
M4	6,20	4,27	4,50	3,00	41,27	31,69
M5	5,91	7,25	20,40	4,80	85,48	103,16
M6	7,02	7,08	7,20	3,51	101,69	53,06
M7	14,39	5,73	5,10	4,80	25,79	53,79
Controle	10,38		2,40		66,32	
2022						
M1	8,48	9,12	1,52	2,54	150,88	202,22
M2	8,18	7,75	3,05	3,81	94,37	80,37
M3	7,48	7,77	1,52	1,02	105,26	81,92
M4	11,09	10,56	1,02	1,27	136,37	144,66
M5	8,79	9,68	1,27	1,02	90,22	104,22
M6	9,09	7,89	1,02	1,02	102,14	87,11
M7	8,48	8,50	1,35	1,02	58,07	110,96
Controle	8,30		1,52		129,63	

Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

Apêndice F – Teores de manganês (Mn), zinco (Zn) e cloro (Cl) na matéria seca nos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix) em função de fonte/manejo e de duas doses de adubação potássica (235 e 350 kg K₂O ha⁻¹), em 2021 e 2022.

Santa Juliana-MG

Fonte/ manejo	Mn (mg kg ⁻¹)		Zn (mg kg ⁻¹)		Cl (mg kg ⁻¹)	
	235	350	235	350	235	350
2021						
M1	7,34	7,60	22,12	20,92	11,25	13,44
M2	6,33	5,82	19,40	21,14	9,56	13,69
M3	6,58	5,57	20,38	20,27	9,13	11,69
M4	6,58	5,57	20,92	20,92	9,19	11,38
M5	6,08	6,08	21,58	24,85	7,63	11,31
M6	6,08	8,61	17,98	19,29	13,13	13,81
M7	5,82	6,84	16,56	19,18	11,00	12,44
Controle	5,57		20,49		5,25	
2022						
M1	4,24	2,70	9,45	4,81	14,69	14,81
M2	2,89	3,47	7,34	9,11	13,63	15,88
M3	2,50	2,50	8,10	8,52	13,69	14,38
M4	1,93	3,08	11,73	10,46	12,06	15,50
M5	4,62	1,93	8,86	10,12	12,25	12,31
M6	18,87	5,78	13,41	7,09	13,25	14,88
M7	4,11	5,78	6,75	15,19	12,75	13,06
Controle	3,08		8,77		7,50	

Fontes/manejos: Controle – sem aplicação de K; M1 – KCl aplicado no plantio; M2 – KCl parcelado; M3 - KCl + sulfato duplo de potássio e magnésio; M4 – KCl + polissulfato de potássio; M5 – KCl + K₂SO₄; M6 – mistura fonolito+KCl aplicado no plantio; M7 – KCl protegido aplicado no plantio.

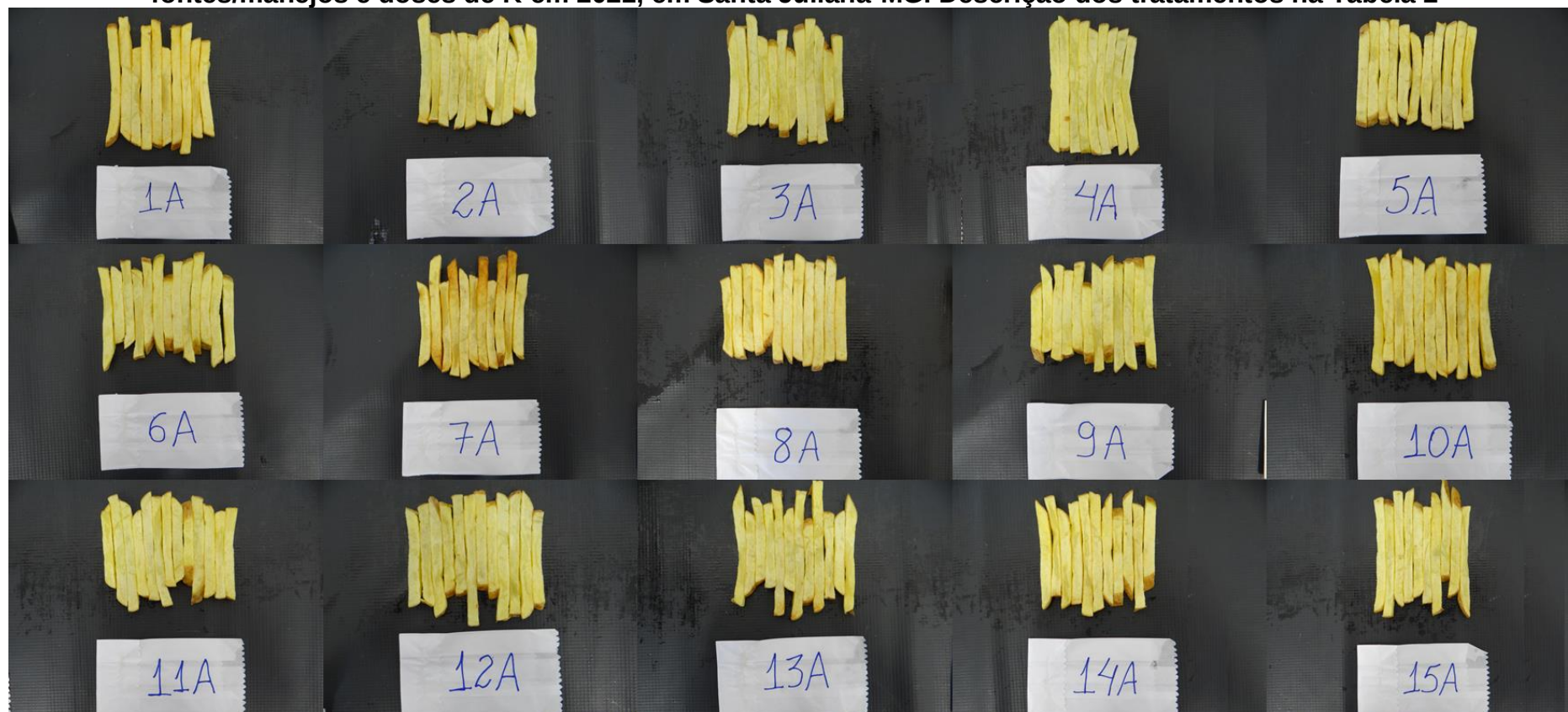
Apêndice G – Produtividade comercial e não comercial da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2021, em Santa Juliana-MG. Descrição dos tratamentos na Tabela 2

																			
Comercial		Outros		Comercial		Outros		Comercial		Outros		Comercial		Outros		Comercial		Outros	
T1				T2				T3				T4				T5			
																			
Comercial		Outros		Comercial		Outros		Comercial		Outros		Comercial		Outros		Comercial		Outros	
T6				T7				T8				T9				T10			
																			
Comercial		Outros		Comercial		Outros		Comercial		Outros		Comercial		Outros		Comercial		Outros	
T11				T12				T13				T14				T15			

Apêndice H – Produtividade comercial e não comercial da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K, nos anos de 2022, em Santa Juliana-MG. Descrição dos tratamentos na Tabela 2



Apêndice I – Colaração após a fritura na forma de palitos dos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K em 2021, em Santa Juliana-MG. Descrição dos tratamentos na Tabela 2



Apêndice J – Colaração após a fritura na forma de palitos dos tubérculos da cultura da batata (cv. Asterix), em resposta a fontes/manejos e doses de K em 2022, em Santa Juliana-MG. Descrição dos tratamentos na Tabela 2

