



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
PRÓ REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

**REPOSTA DA BATATA (*Solanum tuberosum* L.) SOB  
DOSES DE FÓSFORO E SILÍCIO**

Autora: Paula Gabriela Justino Marques  
Orientador: Prof. Dr. César Antônio da Silva

MORRINHOS - GOIÁS  
2023

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

**REPOSTA DA BATATA (*Solanum tuberosum* L.) SOB  
DOSES DE FÓSFORO E SILÍCIO**

Autora: Paula Gabriela Justino Marques  
Orientador: Prof. Dr. César Antônio da Silva

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, ao Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos - Área de Concentração: Olericultura.

MORRINHOS – GOIÁS  
2023

# FICHA CATALOGRÁFICA

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

MM357r MARQUES, PAULA GABRIELA JUSTINO  
REPOSTA DA BATATA (*Solanum tuberosum* L.) SOB  
DOSES DE FÓSFORO E SILÍCIO / PAULA GABRIELA JUSTINO  
MARQUES; orientador Dr. César Antônio da Silva. --  
Morrinhos, 2024.  
49 p.

Dissertação (Mestrado em 0433044 - [MO.POS]  
Mestrado Profissional em Olericultura - Morrinhos  
(Campus Morrinhos)) -- Instituto Federal Goiano,  
Campus Morrinhos, 2024.

1. Adubação foliar. 2. Tubérculo. 3. Fosfato. 4.  
Silício. 5. Pulverização. I. Silva, Dr. César Antônio  
da, orient. II. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)                  | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização)       | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação)                   | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

PAULA GABRIELA JUSTINO MARQUES

Matrícula:

2021104330410013

Título do trabalho:

REPOSTA DA BATATA (*Solanum tuberosum* L.) SOB DOSES DE FÓSFORO E SILÍCIO

### RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano:  /  /

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

TUMBIARA

Local

14 / 12 / 2023

Data

*Paula Gabriela f. Marques*

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

(Documento assinado digitalmente)

Ciente e de acordo:

gov.br

CESAR ANTONIO DA SILVA  
Data: 01/05/2024 07:23:54-0300  
Verifi que em <https://validar.it.gov.br>

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 31/2023 - CCEPTNM-MO/CEPTNM-MO/DE-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

ATA Nº 112

**BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Aos quatorze dias do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e três, às 13h:30 min , reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão aberta realizada por videoconferência: <https://meet.google.com/qzy-egre-uur>, para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, intitulada "RESPOSTA DA BATATA (*Solanum tuberosum* L.) SOB DOSES DE FÓSFORO E DE SILÍCIO" de autoria de **Paula Gabriela Justino Marques** discente do Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. César Antônio da Silva, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida a autora para, em 30 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca fez suas arguições, adotando-se o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Olericultura, e procedidas às correções recomendadas, a Dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM OLERICULTURA**, na linha de pesquisa em Sistema de Produção em Olerícolas, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGOL da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo científico oriundo dessa Dissertação em periódico após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.

Membros da Banca Examinadora

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. César Antônio da Silva	IF Goiano-Campus Morrinhos	Presidente
Prof. Dr. Túlio de Almeida Machado	IF Goiano-Campus Morrinhos	Membro interno
Prof. Dr. Ricardo Alexandre Lambert	ILES/ULBRA – Instituto Luterano de Educação Superior Itumbiara	Membro externo

Documento assinado eletronicamente por:

- Ricardo Alexandre Lambert, Ricardo Alexandre Lambert - Professor Avaliador de Banca - Aelbra Educação Superior Graduação e Pós-Graduação S. a (88332580002885), em 14/12/2023 15:27:23.
- Tulio de Almeida Machado, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 14/12/2023 15:26:50.
- Cesar Antonio da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 14/12/2023 15:25:06.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 14/12/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 558136  
Código de Autenticação: 33f434c1e5



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Morrinhos  
Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000  
(64) 3413-7900

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente toda minha gratidão a Deus, que desde a minha aprovação permitiu e capacitou-me em meio às adversidades, para concretizar a realização de mais um sonho pessoal e profissional.

Meu segundo agradecimento, porém, não menos importante a minha mãe Rosa e minha irmã Giovana, minhas maiores inspiração e exemplos, obrigada por todo apoio, incentivo, sempre me encorajarem nos momentos de desânimo para que chegasse ao final.

A minha amiga Lidiane Rosa, que foi extremamente importante no meu ingresso ao programa de Pós-graduação, junto a Ana Flávia que não mediram esforços para me auxiliarem nessa fase tão importante.

Ao Secretário de Ação Urbana, Tom de Oliveira pelo espaço cedido na Horta Comunitária da Escola Juca Andrade, e o apoio do Sr. João dos Reis de grande contribuição durante a condução do trabalho.

Ao meu orientador Dr. César Antônio por todas as instruções, mentorias, compreensão e paciência para que pudesse concretizar da melhor forma possível o desenvolvimento desse projeto. Agradeço também ao Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos-Goiás, pela oportunidade e a todo corpo docente pelo conhecimento partilhado que terá grande contribuição na minha trajetória profissional.

## BIOGRAFIA DA AUTORA

Paula Gabriela Justino Marques, nasceu na cidade de Rio Verde, estado de Goiás, em 25 de setembro de 1994, filha de Rosa Maria Justino e Jorge Paulo Marques Barcelos. Cresceu em Quirinópolis, Goiás, e concluiu o Ensino Médio no Colégio Estadual Independência. Em 2012, iniciou o Curso Técnico em Agropecuária na extensão do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, em Quirinópolis, concluindo-o em 2013. Posteriormente, iniciou a graduação no Curso de Agronomia no Instituto Luterano de Ensino Superior de Itumbiara, finalizando-o em 2018. Atuou na área de gestão operacional de processos agrícolas em usina processadora de cana-de-açúcar, e atualmente trabalha na assistência técnica no segmento de produtos biológicos.



## RESUMO

MARQUES, PAULA GABRIELA JUSTINO. Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, dezembro de 2023. **Resposta da batata (*Solanum tuberosum* L.) sob doses de fósforo e de silício.** Orientador: Prof. Dr. César Antônio da Silva.

A batata (*Solanum tuberosum* L.) apresenta significativa importância econômica, sendo uma das hortaliças mais consumida no Brasil e no mundo. Em virtude da demanda no mercado e de sua preferência na alimentação, é cultivada em várias regiões e nas mais diversas condições de fertilidade de solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a redução da dose de fósforo por meio da presença de silício, no desenvolvimento, produção e na qualidade física dos tubérculos de batata. O experimento foi conduzido no município de Itumbiara, sul de Goiás, na área da Horta Comunitária da Escola Municipal de Tempo Integral Juca Andrade. O estudo ocorreu na latitude 18°23'43.0" S, longitude 49°13'13.9" W, em altitude de 443 metros. O plantio foi realizado em sulcos espaçados de 0,8 m entre linhas e 0,30 m entre plantas. Cada parcela foi constituída por quatro linhas, sendo as duas linhas centrais consideradas como área útil. No total foram 48 parcelas, em esquema fatorial 2x6, com quatro repetições, sendo presença e ausência de silício e seis doses de fósforo: 0, 100, 200, 300, 400 e 500 kg ha<sup>-1</sup>. O fornecimento das doses foi parcelado, sendo 80% das doses fornecidas na implantação, e 20% quando realizada a amontoa. As aplicações de silício foram realizadas a cada 10 dias, com pulverizações, iniciando uma semana após a emergência das hastes até a fase final da tuberização. Foram avaliados número e comprimento de hastes; massa média de tubérculos; classificação, número total e comercial de tubérculos, teste de fritura, teor de sólidos solúveis (°brix), massa fresca de tubérculos e massa seca de tubérculos. A aplicação de fósforo propiciou aumento do comprimento e número de hastes, número de tubérculos e a massa média, contribuindo para maior produtividade. Observou-se efeitos positivos do P quando aplicados 400 kg ha<sup>-1</sup> para as características de número de tubérculos, massa média e quantidade de tubérculos comerciais ao nível de 5% de probabilidade. A aplicação conjunta de silício não foi eficiente para reduzir as doses de fósforo e quando aplicado sozinho, o silício não foi significativo.

**Palavras-chave:** Fosfato, Adubação foliar, Silicato, Tubércul

## ABSTRACT

MARQUES, PAULA GABRIELA JUSTINO. Instituto Federal Goiano (Goiano Federal Institute), Morrinhos Campus, Goiás State, Brazil. December 2023. **Potato (*Solanum tuberosum* L.) response under Phosphorus and Silicon doses.** Advisor: Prof. Dr. César Antônio da Silva.

The potato (*Solanum tuberosum* L.) holds significant economic importance, being one of the most consumed vegetables in Brazil and the world. Due to market demand and its preference in diets, it is cultivated in various regions and under diverse soil fertility conditions. The aim of this study was to evaluate the reduction of phosphorus dosage through the presence of silicon, in the, production and physical quality of potato tubers. The experiment was in the municipality of Itumbiara, southern Goiás, in the area of the Community Garden of the Juca Andrade Municipal Full-Time School. The study site was located at latitude 18°23'43.0" S, longitude 49°13'13.9" W, at an altitude of 443 meters. Planting was done in furrows spaced 0.8 m between rows and 0.30 m between plants. Each plot consisted of four rows, with the two central rows considered as the useful area. In total, there were 48 plots, in a 2x6 factorial scheme, with four repetitions, considering presence and absence of silicon and six phosphorus doses: 0, 100, 200, 300, 400, and 500 kg ha<sup>-1</sup>. The doses were applied in two stages, with 80% applied at planting and 20% during hilling. Silicon applications were made every 10 days through spraying, starting one week after emergence until the final tuberization phase. Parameters evaluated included number and length of stems, average tuber weight, classification, total and commercial tuber number, fry test, soluble solids content (°Brix), fresh tuber weight, and dry tuber weight. The phosphorus application increased the length and number of stems, tubers number and their average mass, contributing to productivity. Positive effects of phosphorus were observed when applied 400 kg ha<sup>-1</sup> for the characteristics of number of tubers, average mass and commercial tubers quantity, at a 5% probability level. The combined application of silicon was not efficient in reducing phosphorus doses and when applied alone, silicon was not significant.

**Keywords:** Phosphate, Foliar fertilizer, Silicate, Tuber

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Ilustração do experimento após implantação, etapa da colheita e de análises laboratoriais em batata. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 2: Número de Hastes, Comprimento de Hastes Principais, Massa Média de tubérculos, Número Total de Tubérculos, Número de Tubérculos Comerciais e Tubérculos com Defeitos Leves de batata, em função da aplicação de Silício e diferentes doses de Fósforo. Itumbiara (GO), 2023 .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 3: Sólidos Solúveis, Massa Fresca de tubérculos e Massa Seca de tubérculos de batata, em função da aplicação de Silício e diferentes doses de Fósforo. Itumbiara (GO), 2023 .....	<b>Erro! Indicador não definido.9</b>

## LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Resultado das análises químicas e físicas do solo. Laboratório Agropecuário Curitiba (Bom Jesus – GO)..... 32

Tabela 2. Resumo de análises de variância de características avaliadas em tubérculos de batata: Número de Hastes (NH), Comprimento de Hastes Principais (CH), Massa Média de tubérculos (MM), Número Total de Tubérculos (NT), Número de Tubérculos Comerciais (NTC), tubérculos com Defeitos Graves (DG), tubérculos com Defeitos Leves (DL), Teste de Fritura (TF), Sólidos Solúveis (SS), Massa Fresca de tubérculos (MF), Massa Seca de tubérculos (MS), em função da aplicação de Silício e diferentes doses de Fósforo. Itumbiara (GO), 2022 ..... 35

Tabela 3. Massa Média de tubérculos e Número Total de Tubérculos, em função da aplicação de Silício e diferentes doses de Fósforo. Itumbiara (GO), 2022 ..... 36

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
<b>2.1 Relevância econômica da cultura da batata.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 A cultura da Batata.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3 Exigências nutricionais da batata.....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Função do fósforo e resposta da cultura.....</b>	<b>19</b>
<b>2.5 O Silício.....</b>	<b>20</b>
<b>2.6 Referências.....</b>	<b>22</b>
3 CAPÍTULO I.....	28
<b>3.1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
<b>3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>35</b>
<b>3.4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>40</b>
<b>3.5 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>
4 CONCLUSÃO GERAL.....	46

# 1 INTRODUÇÃO GERAL

A batata (*Solanum tuberosum* L.) possui origem registrada na América do Sul, especialmente na Cordilheira dos Andes, e espalhou por várias nações ao redor do globo (WEEKS, 2017). É reconhecida como a quarta cultura no consumo alimentar no Brasil. Nos mercados de produtos hortigranjeiros, que representam uma das vias predominantes de distribuição no Brasil, a batata desempenha significativa importância econômica (CONAB, 2020).

No ano de 2018, a produção mundial de batatas atingiu aproximadamente 368 milhões de toneladas, sendo a Índia e a China os principais produtores em escala mundial.

Conforme a FAO, a área mundial de produção de batata supera os 17 milhões de hectares, sendo a China o maior produtor em área, superando 4,8 milhões de ha. O Brasil, por sua vez, ocupa a 21ª posição, estimada segundo o IBGE (2022), produção de 3,9 milhões de toneladas de batata inglesa, em área aproximada de 116 mil hectares (EMBRAPA, 2023). Em particular, o cultivo destaca no município de Cristalina - GO e na região do Distrito Federal, atingindo produtividades médias de 42 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2020).

Em virtude da demanda no mercado e da preferência na alimentação do brasileiro, a batata é cultivada em várias regiões, nas mais diversas condições de solo e fertilidade. Portanto, a suplementação nutricional é essencial para otimizar a produtividade, conforme indicado por Fernandes; Sorrato; Pilon (2015). Na sua produção, a adubação desempenha papel crucial na determinação da produtividade e qualidade dos tubérculos, conforme apontado por Filgueira (2013). É de extrema relevância que os nutrientes, ao serem incorporados, estejam prontamente disponíveis na solução do solo para serem absorvidos (FERNANDES, 2010).

O fósforo é essencial em diversos processos fisiológicos vitais das plantas, incluindo a fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular, desenvolvimento celular, metabolismo de carboidratos e é componente do DNA (MARSCHNER, 2012; TAIZ *et al.*, 2017). Apesar de não ser o nutriente mais demandado, desempenha papel significativo na produtividade dos tubérculos (MARTINS *et al.*, 2018). Estudos relatam que a aplicação de silício influencia na disponibilidade de fósforo no solo, resultando absorção mais eficiente pelas plantas e, conseqüentemente, em melhor qualidade de tubérculos comercializáveis, além do aumento do teor de matéria seca (PILON *et al.*, 2014; MARTINS, 2017; SORATTO *et al.*, 2019). Utilização de silício

na cultura da batata é considerada uma alternativa viável, capaz de otimizar a eficácia da adubação fosfatada e contribuir para melhores rendimentos (SORATTO *et al.*, 2019).

Sorato *et al.* (2012) estabeleceram ligação entre o uso de silício e a redução de incidências de doenças e defeitos graves na produção final dos tubérculos. Conseqüentemente, a aplicação pode influenciar positivamente no aumento do teor de matéria seca, na resistência mecânica das células e na resistência a plantas invasoras, insetos e doenças, ao mesmo tempo em que intensifica a absorção de nutrientes como o fósforo.

Este estudo representa valiosa contribuição para as práticas eficazes da aplicação de silício, que se posiciona como alternativa promissora para otimizar a eficácia da adubação fosfatada. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a redução da dose de fósforo por meio da presença de silício, no desenvolvimento, produção e qualidade de tubérculos de batata.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Relevância econômica da cultura da batata

A batata desempenha papel crucial como uma das principais fontes de alimento do planeta, classificando-se como a quarta cultura mais significativa em escala mundial, ao lado do milho, arroz e trigo. Cultivada em cerca de 157 países e ocupando a área de 19,2 milhões de hectares, a produção mundial atingiu aproximadamente 359 milhões de toneladas, em 2020 (DONGYU, 2022). A liderança nesse cenário pertence à China, seguida pela Rússia, Índia, Ucrânia e Estados Unidos, com o Brasil ocupando a 21ª posição no ranking de maiores produtores (FAOSTAT, 2018).

A batata é a hortaliça de maior importância ao agronegócio do Brasil, sendo a mais cultivada, em aproximadamente 116 mil hectares, respondendo por 3,7 milhões de toneladas produzidas. É uma das olerícolas mais consumidas no país, com consumo médio *per capita* anual de 16,6 kg por habitante (IGLESIAS, 2021).

Graças a novas técnicas de cultivo, como fertilização e controle de pragas e doenças, nas últimas cinco décadas, a produtividade de batata no Brasil saiu do patamar de menos de 10 t ha<sup>-1</sup> na década de 1970 para mais de 30 t ha<sup>-1</sup> nos últimos anos (EMBRAPA, 2023).

Cerca de 64% da produção nacional é comercializada *in natura*, processada na forma de batata pré-frita, 7% na forma de chips de batata e 4% de batata-palha. A indústria de batata pré-frita não supre a demanda do mercado e o país importa aproximadamente metade do que consome (EMBRAPA, 2023). Isso requer avanços em tecnologias de produção, como na fertilização das áreas cultivadas, introdução de nutrientes benéficos como o silício, visando obtenção de melhor qualidade ao consumidor.

A produção no Brasil aumentou 3,6% em 2021 em comparação com 2020, devido aos investimentos substanciais em cultivos de batata destinados à indústria (pré-fritas e chips), impulsionados pelo crescimento contínuo da demanda nesse setor. Durante a safra de clima seco, a área diminuiu falta de chuvas nos anos recentes, especialmente porque a maioria das áreas de produção destinadas a essa safra não conta com sistemas de irrigação, restringe a lucratividade, mesmo diante de preços elevados (CEPEA USP, 2021).

A área total de batata cresceu 6% em 2022 em relação a 2021. O aumento foi influenciado pelo cultivo destinado à indústria de pré-fritas. Por outro lado, a área



destinada ao mercado de mesa diminuiu 4,3%. Na safra das secas, a área recuou 2,6%, reflexo dos altos custos e dos baixos preços de comercialização. Já na safra de inverno, a área cresceu 12,2%, já que é nesse período que ocorre a concentração dos plantios voltados à indústria (CEPEA USP, 2023). A estimativa era de que a área total aumente 2,4% em 2022, impulsionada novamente pela indústria de pré-fritas, enquanto o segmento de mesa pode ficar estável ou mesmo registrar queda. Com as altas temperaturas neste ano, houve queda na a safra de 2023 (CEPEA USP, 2023).

## **2.2 A cultura da Batata**

Originária da região dos Andes, na América do Sul, a batata (*Solanum tuberosum* L.) tem história de cultivo que remonta à era pré-colombiana, sendo utilizada tanto como fonte alimentar quanto para fins medicinais. Sua introdução no país ocorreu por meio dos europeus durante o período de colonização, com a finalidade principal de fornecer alimento aos operários ingleses que trabalhavam na construção de ferrovias. Essa motivação justifica a designação popular de "batata inglesa". Por um longo período, o cultivo era predominantemente de natureza familiar e concentrado na região sul, onde as condições climáticas eram favoráveis para o desenvolvimento (EMBRAPA, 2015).

Pertencente à família Solanaceae, a batata é uma planta dicotiledônea herbácea, com caule subterrâneo modificado, que se desenvolve por meio do acúmulo de substâncias de reserva, resultando na formação de seus tubérculos (FILGUEIRA, 2013). O ciclo de crescimento da planta pode ser subdividido em quatro fases distintas, começando pela brotação dos tubérculos, seguida pela fase vegetativa, o período de tuberização e senescência, culminando na fase de maturação completa (EMBRAPA, 2015).

É uma cultura mais adaptada a climas amenos, com favorecimento da tuberização em temperaturas noturnas baixas, que assegura produtividade consistente, com melhor qualidade dos tubérculos (FAGUNDES *et al.*, 2010). Contudo, seu metabolismo pode ser negativamente impactado por temperaturas superiores às recomendações, resultando em queda na produtividade e na qualidade dos tubérculos. Isso propicia o surgimento de doenças, rachaduras e manchas internas, a redução gradual do crescimento dos tubérculos. Esse cenário é causado pelo aceleração do ciclo e diminuição do período de acumulação de reservas (SILVA; LOPES, 2016).

A batata assume papel de destaque entre as hortaliças de relevância comercial no Brasil, considerável potencial de rendimento, propriedades nutricionais e versatilidade de uso. Em escala global, classifica como a terceira commodity mais importante para consumo alimentar, sendo a principal não relacionada a grãos (EMBRAPA, 2015). O consumo médio anual é de 16,6 a 19,0 kg por habitante, enquanto a média mundial é de aproximadamente 35 kg per capita, abrangendo tanto batatas *in natura* quanto processadas (FAOSTAT, 2019; IGLESIAS, 2021).

Ao optar por variedades destinadas ao processamento industrial, é aconselhável escolher tubérculos com gemas na superfície e porcentagem de matéria seca superior a 20%, uma condição que aprimora tanto o rendimento quanto a textura final. A presença de açúcares redutores pode ter impacto negativo, causando o escurecimento do durante o processo de fritura reação com aminoácidos (FERNANDES *et al.*, 2010; RIBEIRO *et al.*, 2017).

### **2.3 Exigências nutricionais da batata**

A cultura da batata apresenta alta demanda de adubação, desenvolve rapidamente, com elevado acúmulo de matéria seca. Isso justifica necessidade por nutrientes. As quantidades de nutrientes extraídas e exportadas podem variar, dependendo do nível de produtividade. No entanto, não há relação direta entre esses fatores, uma vez que a eficiência na utilização dos nutrientes pode ser influenciada por diversos outros elementos, como a cultivar utilizada, a textura, porosidade e teor de água no solo, as variáveis meteorológicas, o espaçamento e a sanidade da lavoura (EMBRAPA; 2015).

Frequentemente, produtores de batata aplicam a fórmula NPK 04-14-08 em doses de cerca de 4.000 kg ha<sup>-1</sup> em único ciclo de plantio, no sulco de plantio. Essa prática é adotada sem considerar parâmetros essenciais, como a análise do solo, o histórico da área e as necessidades específicas da cultivar (SORATTO; FERNANDES; JOB, 2017).

E comum agricultores não seguirem as orientações técnicas de adubação específicas para a cultura batata, muitas vezes aplicando fertilizantes sem o laudo de análise química do solo. Os procedimentos de correção do solo e adubação, às vezes, não são apropriados à cultura, frequentemente ocorre o desbalanço de nutrientes essenciais no solo (SORATTO; FERNANDES, 2015; SORATTO; FERNANDES; JOB, 2017).

A amostragem do solo é a primeira etapa do manejo nutricional da cultura da batata. A partir deste momento, inicia-se o manejo nutricional com a definição das doses

dos corretivos agrícolas, condicionadores, fertilizantes de solo e foliares. A utilização de quantidade incerta de fertilizantes no momento do plantio, pode exceder a dose necessária, não atender às exigências nutricionais das plantas, resultando desequilíbrio de íons no solo, diminuição da produtividade e, em diversos casos, aumento desnecessário dos custos de produção (SORATTO; FERNANDES, 2015).

A batateira é uma planta que cresce e desenvolve rapidamente, apresentando alta demanda por nutrientes. A quantidade de nutrientes extraídos e exportados pela planta pode variar dependendo do nível de produtividade, mas não há relação direta entre esses fatores. Outros elementos, como a cultivar, o teor de água no solo, as condições do solo, o clima, o espaçamento e a sanidade podem influenciar na eficiência de utilização dos nutrientes (SORATTO *et al.*, 2017).

As exigências nutricionais da batata no seu metabolismo é aproximadamente 78% do fósforo (P), 68% do potássio (K), 65% do nitrogênio (N), 65% do enxofre (S), 33% do magnésio (Mg) e 9% do cálcio (Ca) absorvidos pela batateira são armazenados nos tubérculos. No que diz respeito aos micronutrientes, aproximadamente 49% do cobre (Cu), 45% do boro (B) e 41% do zinco (Zn) absorvidos ao longo do ciclo da cultura são acumulados nos tubérculos. Em contraste, a absorção de ferro (Fe) e manganês (Mn) representa 20% e 11%, respectivamente, do total absorvido pela planta de batata (PEREIRA, 2021).

Pesquisas realizadas pelo IAC obtiveram produção máxima da batata com a saturação de bases de 60 a 70%, pH em CaCl<sub>2</sub> próximo de 5,6 e teores trocáveis de Ca e Mg próximos de 3,6 e 1,2 cmolc/dm<sup>3</sup>, respectivamente. Baixos teores de Ca nos tubérculos também têm sido associados maior suscetibilidade à podridão-mole, causada por *Erwinia* e manchas internas marrons (ALEXANDRE; PASSOS, 2015).

A implementação de estratégias agronômicas para a gestão eficaz de nutrientes ao longo de todo o ciclo de crescimento da batata é essencial para alcançar produtos de alta qualidade. Devido às diversas funções que os nutrientes desempenham no metabolismo das plantas, o impacto na produção de batata é complexo. Fósforo aumenta o peso, teor de matéria seca, teor de amido e açúcares redutores. Doses excessivas alteram as características dos tubérculos da batata causando defeitos leves ou graves. O N (nitrogênio) e K (potássio) tendem a aumentar o tamanho e o peso dos tubérculos, aumentando a suscetibilidade dos tubérculos a danos mecânicos e perdas no armazenamento. Portanto, é relevante considerar as interações com fatores abióticos e bióticos nesse contexto (KOCH *et al.*, 2020).

À medida que se adquire entendimento mais profundo das necessidades nutricionais e adapta a variedade à região de cultivo, é possível realizar a redução significativa nos custos associados, prevenindo desperdícios e otimizando a eficiência no aproveitamento dos recursos disponíveis (PEREIRA, 2018).

## **2.4 Função do fósforo e resposta da cultura**

O fósforo (P) favorece o desenvolvimento do sistema radicular das hortaliças aumentando a absorção de água e de nutrientes e, conseqüentemente, aumenta a qualidade e o rendimento dos produtos colhidos. Nas hortaliças tuberosas é bastante significativo o fornecimento de nutrientes em quantidade ideais para promover o crescimento da parte aérea e do produto principal (a raiz), e para repor a fertilidade perdida uso intensivo do solo (BATISTA, 2011; FILGUEIRA, 2013).

O fósforo exerce papel importante em vários processos fisiológicos essenciais das plantas, envolvendo a fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular, desenvolvimento celular e metabolismo de carboidratos. Além disso, é um componente essencial de outras estruturas, como o ácido desoxirribonucleico (DNA), ácido ribonucleico (RNA), trifosfato de adenosina (ATP) e fosfolipídios das membranas (TAIZ *et al.*, 2017). Não é o nutriente mais absorvido pela cultura da batata, no entanto, é responsável pelos maiores avanços na produtividade de tubérculos, especialmente em solos com baixa disponibilidade de fosforo. (FERNANDES; SORATTO, 2016a; 2016b).

A chave para o desenvolvimento satisfatório da cultura da batata reside principalmente na aplicação adequada de fertilizantes, dada a alta exigência nutricional dessa planta. Portanto, é importante compreender a dinâmica interativa entre os nutrientes, uma vez que isso impactará diretamente na qualidade dos tubérculos obtidos (QUEIROZ *et al.*, 2014).

A demanda por quantidades significativas de fósforo, especialmente durante a semeadura, é influenciada pelos processos de adsorção e fixação desse elemento em solos ácidos, que são predominantes na maioria dos tipos de solos brasileiros. Essa fixação ocorre elevados teores de ferro (Fe) e alumínio (Al). Assim, entre os 50 e 60 dias após a emergência da planta, é evidente um sinergismo particular entre os nutrientes nitrogenados (N), fosfatados (P) e potássicos (K) quando aplicados em conjunto (HERRERA *et al.*, 2000). Devido à característica de baixa disponibilidade e à

significativa fixação do fósforo pelo solo, é necessário aplicá-lo em maiores quantidades (FERNANDES; SORATTO, 2012).

O fósforo é um nutriente essencial presente em diversos processos metabólicos das plantas. Desempenha papel essencial na tuberização e no desenvolvimento do tamanho dos tubérculos. Além disso, faz parte da composição do ATP e dos fosfolipídios das membranas celulares, contribuindo para as reações de transferência de energia e influenciando as propriedades funcionais do amido (FERREIRA, 2015).

Dada a grande demanda da planta por esse nutriente, a diminuição das reservas de fósforo e o alto custos dos fertilizantes, há necessidade premente de aprimorar e aumentar os estudos que demonstrem a eficiência da adubação com fósforo (GOMES *et al.*, 2019).

É de extrema importância compreender profundamente a influência que o fósforo pode exercer nas características de qualidade dos tubérculos, especialmente considerando o aumento expressivo no consumo de batata industrializada no Brasil nos últimos anos (EVANGELISTA *et al.*, 2011). De acordo com os resultados de Fernandes *et al.* (2015), doses mais elevadas de adubação fosfatada, quando aplicadas em solos com baixa e média disponibilidade desse nutriente, podem resultar em considerável aumento nos teores de amido, no tamanho e no peso dos tubérculos.

## **2.5 O Silício**

Na superfície terrestre, o silício ocupa a posição de segundo elemento mais abundante, representando 27,7% do total. Sua origem está relacionada a rochas carbonáceas, basaltos, calcários e ortoquartzitos. Na natureza, o silício é predominantemente encontrado na forma de óxido de silício (SiO<sub>2</sub>), apresentando-se como quartzo, opala (SiO<sub>2</sub>.nH<sub>2</sub>O) e outras formas não acessíveis às plantas (ATTA *et al.*, 2019; ADREES *et al.*, 2015; BAKHAT *et al.*, 2018).

O silício (Si) apresenta várias vantagens para o sistema solo-planta, embora ainda não seja reconhecido como elemento essencial. No entanto, exerce efeitos interativos benéficos no crescimento e na proteção contra estresses bióticos e abióticos. Um desses efeitos é a melhoria no controle e no aumento da resistência ao ataque de insetos-praga, influenciando a deposição do elemento nas paredes celulares vegetais e otimizando as condições hídricas. Além disso, tem o benefício de reduzir a toxicidade de alumínio e ferro (NERI *et al.*, 2009). Em tais circunstâncias, aceita-se que seu uso está

diretamente relacionado às respostas de defesa apresentadas pelas plantas (MENDES *et al.*, 2011).

O silício está associado a processos bioquímicos, fisiológicos e fotossintéticos (MBURU *et al.*, 2016), os quais estão intrinsecamente interligados. Isso ocorre porque a bioquímica, a fisiologia e a fotossíntese são processos naturais nas plantas que desempenham papéis fundamentais na sobrevivência, resistência a insetos e produtividade (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Na cultura da batata, a aplicação de silício tem sido empregada como fonte alternativa com potencial para aumentar a eficiência da adubação fosfatada. A aplicação de fertilizantes silicatados emerge como uma tecnologia promissora para a cultura da batata. O fornecimento de Si à cultura da batata, mediante a aplicação de silicato, proporcionou maior altura de plantas, menor acamamento das hastes e maior produção de tubérculos comercializáveis (PULZ *et al.*, 2008). Em pesquisa de Soratto *et al.* (2012), a aplicação de Si via foliar, na dose 2 L ha<sup>-1</sup> do produto comercial com 0,8% de Si solúvel, na forma de ácido silícico estabilizado, reduziu a severidade da requeima e a incidência de canela-preta, além de elevar a produtividade e o teor de matéria seca dos tubérculos.

Apesar dos benefícios evidenciados, a prática de adubação silicatada ainda não é amplamente adotada na agricultura brasileira, diferentemente de países como o Japão. Essa discrepância pode estar relacionada à escassez de dados experimentais no Brasil em comparação com outros locais, porém diversos autores citam seus benefícios (TUBANA; *et al.*, 2016).

O silício concentra-se na epiderme das folhas, formando uma barreira física que dificulta a invasão de fungos nas células, reduzindo os danos causados por insetos mastigadores e sugadores. Em condições de ataque de pragas, plantas com silício apresentam tecidos mais resistentes, desencorajando os insetos a preferirem plantas com baixos teores desse elemento. Esse princípio aplica a doenças, com o silício conferindo maior resistência ao acamamento (VENÂNCIO, 2021; NUNES *et al.*, 2020; GAUR *et al.*, 2020).

A proteção mecânica fornecida pelo silício é atribuída principalmente à deposição e acumulação na parede celular sob a forma de sílica amorfa. Outra hipótese relacionada ao controle de doenças envolve a formação de fenóis, facilitada pela absorção de silício (BAKHAT *et al.*, 2018). Compostos fenólicos e silício acumulam-se nos locais de infecção, cuja causa ainda não foi completamente elucidada. O silício pode formar complexos com os compostos fenólicos, aumentando a síntese e mobilidade desses

compostos na planta. A rápida deposição de compostos fenólicos ou lignina nos locais de infecção é possível mecanismo de defesa (ISLAM *et al.*, 2020; HUANG *et al.*, 2021)

Além disso, em aplicações foliares na forma de ácido silícico estabilizado, observou-se aumento nos teores de matéria seca na cultura da batata (SORATTO *et al.*, 2012). Sugerindo a possibilidade positiva de redução das doses de fósforo em conjunto com a aplicação de silício, resultando na redução dos custos de produção final (CRUSCIOL *et al.*, 2009).

## 2.6 Referências

ADREES, M., ALI, S., RIZWAN, M., ZIA-UR-REHMAN, M., IBRAHIM, M., ABBAS, F., FARID, M., QAYYUM, M. F.; IRSHAD, M. K. Mechanisms of silicon mediated alleviation of heavy metal toxicity in plants: a review. **Ecotoxicol. Environ. Saf.**, v.119, p. 186–197, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11356-014-3938-9>>. Acesso em: out. 2023.

ALEXANDRE, E.; PASSOS, R. Manejo nutricional na cultura da batata - parte I. Denutri Soluções em Nutrição Vegetal. Disponível em: <<https://www.denutri.com.br/noticia/manejo-nutricional-na-cultura-da-batata-parte-i>> Acesso em: 05 mar. 2024.

ATTA, B., RIZWAN, M., SABIR, A. M., GOGI, M. D.; AYUB, M. A. (). Silicon mediated induced resistance in plants for the management of agricultural insect pests: a review. **World J. Biol. Biotechnol.**, vol.4, p. 19–27, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.33865/wjb.004.01.0192>>. Acesso em: out. 2023.

BAKHAT, H. F., BIBI, N., ZIA, Z., ABBAS, S., HAMMAD, H. M., FAHAD, S., ASHRAF, M. R., SHAH, G. M., RABBANI, F.; SAEED, S. Silicon mitigates biotic stresses in crop plants: a review. *Crop Protection*, vol.104, p. 21-34, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.008>>. Acesso em: out. 2023.

BAKHAT, H. F., BIBI, N., ZIA, Z., ABBAS, S., HAMMAD, H. M., FAHAD, S., ASHRAF, M. R., SHAH, G. M., RABBANI, F.; SAEED, S. Silicon mitigates biotic stresses in crop plants: a review. *Crop Protection*, vol.104, p.21-34, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.008>>. Acesso em: 16 nov. 2023.

BATISTA, M. A. V. Adubação verde na produtividade, qualidade e rentabilidade de beterraba e rabanete. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.123 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). 2011.

CEPEA USP - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Universidade de São Paulo. Anuário 2022/2023 - retrospectiva 2022 e perspectiva 2023: Batata. **Revista HortiFruti Brasil**, Piracicaba: ESALQ/USP, 2023, p. 20-21. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/anuario-hf-brasil-retrospectiva-2022-perspectiva-2023.aspx>>. Acesso em: 16 nov. 2023.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – Conab. **Boletim Hortigranjeiro**. v. 6, n. 1, Brasília, jan. 2020.

DONGYU, Q. **Role and potential of potato in global food security**. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2022. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/cc0330en/cc0330en.pdf>>. Acesso em: 05 mar 2024.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Brasil em 50 alimentos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2023. 351 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1153294/1/BRASIL-50-ALIMENTOS.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2023.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de Produção da Batata**. Versão Eletrônica 2 ed., 2015. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132923/1/Sistema-de-Producao-daBatata.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2021.

EVANGELISTA, R. M; SILVA, B. L; SOUZASCHLICK, G. D. Produtividade e esverdeamento pós-colheita de tubérculos de cultivares de batata produzidos na safra de inverno. **Revista Ciência Agronômica** v. 42, p. 502-508, 2011.

FAGUNDES, J. D., PAULA, G. M. D., LAGO, I., STRECK, N. A.; BISOGNIN, D. A., Aquecimento global: efeitos no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade de batata. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1464-1472, 2010.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical database**. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/statistics/databases/en/>> Acesso em: 14 fev 2024.

FAOSTAT (2018) Food and Agricultura Organization of the United Nations Statistics Division. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/e>>. Acesso em: 10 out. 2022.

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

FERNANDES, A. M. Crescimento, produtividade, acúmulo e exportação de nutrientes em cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.). 158 f. Dissertação 25 (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas UNESP, Botucatu, 2010.

FERNANDES, A. M.; SORATTO R.P; MORENO, L.A.; EVANGELISTA R. M. Qualidade de tubérculos frescos de cultivares de batata em função da nutrição fosfatada. **Bragantia**, v. 74, n. 1, p. 102-109, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1678-4499.0330>>. Acesso em: 10 out. 2023.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Phosphorus fertilizer rate for fresh market potato cultivars grown in tropical soil with low phosphorus availability. **American Journal of Potato Research**, v. 93, p. 404-414, 2016a.



FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Response of potato cultivars to phosphate fertilization in tropical soils with different phosphorus availabilities. **Potato Research**, v. 59, n. 3, p. 259-278, 2016b.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; PILON, C. Soil phosphorus increases dry matter and nutrient accumulation and allocation in potato cultivars. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 92, n. 1, p. 117-127, 2015.

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

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FERREIRA, D. M. **Produção e qualidade de batata cultivar ágata sob adubação mineral e organomineral**. 2015. 95 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Vitória da Conquista, 2015.

FILGUEIRA, F.A.R. Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ª ed. Viçosa: **Rev. Viçosa**, 421p, 2013.

GARCIA, R. A.; MERLIN A.; TOLEDO, M. Z.; FERNANDES, D. M.; CRUSCIOL, C. A. C; BÜLL, L. T, Desenvolvimento da aveia e disponibilidade de fósforo em razão da aplicação de silicato de potássio. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.6, p.831-837, 2011.

GAUR, S., KUMAR, J., KUMAR, D., CHAUHAN, D. K., PRASAD, S. M.; SRIVASTAVA, P. K. Fascinating impact of silicon and silicon transporters in plants: A review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, vol. 202, 2020. 110885. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110885>>. Acesso em: 10 out. 2023.

GOMES, J. I. T.; SILVEIRA, A. C. D.; OLIVEIRA, G. P.; RODRIGUES, J. A.; SILVA, FILHO, B. D. O. Nível crítico de fósforo em batata-inglesa sob adubação mineral e organo-mineral. *In*: SIEPEX-IX, 9., 2019, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: UERGS, 2019. Disponível em: <<http://conferencia.uergs.edu.br/index.php/IXSIEPEX/IXSIEPEX/paper/viewFile/3573/743>>. Acesso em: 10 out. 2023.

HERRERA, C.; FIERRO, L.; MORENO, J. **Manejo integrado del cultivo de la papa**. CORPOICA. Bogotá. Colômbia. 2000. 196 p.

HUANG, H., LI, M., RIZWAN, M., DAI, Z., YUAN, Y., HOSSAIN, MD M., CAO, M., XIONG, S.; TU, S. Synergistic effect of silicon and selenium on the alleviation of cadmium toxicity in rice plants. **Journal of Hazardous Materials**, v. 401, 2021, Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123393>>. Acesso em: 16 nov. 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Agência IBGE notícias**. 2022. Disponível em <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/33717-em-abril-ibge-preve-safra-de-261-5-milhoes-de-toneladas-para-2022>>. Acesso em: 28 fev. 2024.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. SIDRA, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em: 28 dez. 2020.

IGLESIAS, R. Ingrediente essencial do prato do brasileiro, a batata enfrenta desafios no campo. Pelotas: **Revista Cultivar**, 2021. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/noticias/ingrediente-essencial-do-prato-do-brasileiro-a-batata-enfrenta-desafios-no-campo>>. Acesso em: 10 out. 2023.

ISLAM, W., TAYYAB, M., KHALIL, F., HUA, Z., HUANG, Z.; CHEN, H. Y. Silicon-mediated plant defense against pathogens and insect pests. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 168, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2020.104641>>. Acesso em: nov. 2023.

JOB, ANDRÉ LUIZ GOMES. Doses de fósforo e aplicação de silício via solo e foliar na cultura da batata (*Solanum tuberosum L.*). Botucatu: **Unesp**. 2019.

KOCH, M., NAUMANN, M., PAWELZIK, E., GRANSEE, A.; THIEL, H. (). The importance of nutrient management for potato production Part I: Plant nutrition and yield. **Potato research**, vol. 63, n.1, 97-119, 2020.

MARSCHNER, H. 2012. **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press. 3 ed. 672p.

MARTINS, J. D. L.; SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; DIAS, P. H. M. Phosphorus fertilization and soil texture affect potato yield. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN. v. 31, n. 3, p. 541-550, 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n302rc>>. Acesso em: out, 2023.

MBURU, K., ODUOR, R., MGUTU, A.; TRIPATHI, L. Silicon application enhances resistance to xanthomonas wilt disease in banana. *Plant Pathology*, vol.65, n.5, p. 807-818, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/ppa.12468>>. Acesso em: 16 nov. 2023.

MENDES, L. S.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J. Adubação com silício: influência sobre o solo, planta, pragas e patógenos. *Cerrado Agrociências - Revista do Centro Universitário de Patos de Minas*. ISSN 2178-7662 - Patos de Minas, UNIPAM, v.4, n.2, p. 51-63, 2011.

NERI, D. K. P.; GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; De GÓESI, G. B.; MARROCOS, S. T. P. Influência do silício na suscetibilidade de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) ao inseticida lufenuron e no desenvolvimento de plantas de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1633-1638, 2009.

NUNES, A. M. C., DE LIMA NUNES, L. R., RODRIGUES, A. J. O.; UCHÔA, K. S. A. (). Silício na tolerância ao estresse hídrico em tomateiro. **Revista Científica Rural**, vol. 21, n.2, p. 239-258, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.30945/rcr-v21i2.2658>>. Acesso em: out. 2023.

PEREIRA, A. S., A evolução da cultura da batata no Brasil. In: Embrapa Clima Temperado-Artigo em anais de congresso (ALICE). **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 2, 2011.

PEREIRA, GABRIEL EMILIANO PP436a Avaliação agrônômica e curva de crescimento de genótipos de batata para a região produtora do Centro-Oeste / Gabriel Emiliano Pereira; Brasília, 2018. 37 p. Monografia (Graduação - Agronomia) -- Universidade de Brasília, 2018.

PEREIRA, Gabriel Emiliano. Crescimento, produtividade e demandas nutricionais de cultivares de batata e avaliação econômica da adubação nitrogenada da cultivar Asterix. 2021. xiv, 67 f., il Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

PILON, C.; SORATTO, R.P.; BROETTO, F.; FERNANDES, A. M. Foliar or soil applications of silicon alleviate water-deficit stress of potato plants. **Agronomy Journal**, v. 106, n. 6, p. 2325-2334, 2014.

PULZ, A. L.; CRUSCIOL, C. A. C.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P. Influência de silicato e calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, 1651-1659, 2008.

QUEIROZ, A. A.; LUZ, J. M. Q.; OLIVEIRA, R. C.; FIGUEIREDO, F. C. Productivity and establishment of DRIS indices for tubers of the potato cultivar 'Ágata'. **Revista Ciência Agrônômica**. v. 45, p 351-360, 2014.

RIBEIRO, G.H.M.R.; SAMARTINI, C.Q.; SILVA, L.F.L.; VIEIRA, S.D.; RESENDE, L.V., Cultivares. In: NICK, C.; BORÉM, A. (Eds.). **Batata: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, p.77-93, 2017.

SILVA, G. O.; LOPES, C. A. Sistema de produção da batata. Brasília, DF: **Embrapa**, 2015. Disponível em:  
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132937/1/Sistema-de-Producao-da-Batata-Irrigacao.pdf>>. Acesso em: jun. 2021.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; SOUZA-SCHLICK, G. D. Produtividade, qualidade de tubérculos e incidência de doenças em batata, influenciados pela aplicação foliar de silício. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 1000-1006, 2012.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; JOB, A. L. G. Batata do plantio à colheita: Nutrição, calagem e adubação. Batata: do plantio à colheita. Viçosa: **Editora UFV**, 1 ed., v1, 2017. p.51-76.

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

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; PILON, C.; SOUZA, M.R. Phosphorus and silicon effects on growth, yield, and phosphorus forms in potato plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, p.218-233, 2019.

SORATTO R. P., PILON, C., ADALTON M. F.; MORENO, L.A. Phosphorus uptake, use efficiency, and response of potato cultivars to phosphorus levels. **Potato Research**, v. 58, n. 2, p. 121-134, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Plant Physiology**. Editora Artmed, 6 ed. 888 p., 2017.

TUBANA, B. S., BABU, T.; DATNOFF, L. E. A Review of silicon in soils and plants and its role in US agriculture: history and future perspectives. **Soil Science**, 181, 2016. p. 9-10. Disponível em: <393-411, 2016.10.1097/SS.000000000000179>. Acesso em: out. 2023.

VENÂNCIO, J. B. Produção, morfofisiologia e qualidade de cebola sob salinidade e aplicação de silício. 2021. 147p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2021. Disponível em: <<https://ppgfito.ufersa.edu.br/wpcontent/uploads/sites/222/2021/12/TESE-JEFFERSON-FITOTECNIA-versao-BIBLIOTECA.pdf>>. Acesso em: out. 2023.

WEEKS, D. P. Gene Editing in Polyploid Crops: Wheat, Camelina, Canola, Potato, Cotton, Peanut, Sugar Cane, and Citrus. 2017. In: GIRALDO, J.; CIRUELA, F. (ed tec) **Progress in Molecular Biology and Translational Science**. v.149, 1 ed., p.65-80, 2017.

### 3 CAPÍTULO I

(Normas de acordo com a revista Ciência Agronômica)

#### **Produção da batata sob aplicação de doses de fósforo e silício via foliar**

**Resumo:** No Brasil, o mercado de batata apresenta alta demanda, sendo a área destinada ao cultivo cerca de 130.000 hectares, com diversas condições de solo e fertilidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção e qualidade dos tubérculos de batata, cultivar Markies, em função de doses de fósforo, na ausência e presença de silício. O experimento foi conduzido no município de Itumbiara-GO. O plantio foi realizado em sulcos espaçados de 0,8 m e 0,30 m entre plantas. Cada parcela foi composta por quatro linhas, sendo que as duas linhas centrais constituíram a área útil. O delineamento foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições em esquema fatorial 2x6, sendo presença e ausência de silício e seis doses de fósforo: 0, 100, 200, 300, 400 e 500 kg ha<sup>-1</sup>, sendo 80% das doses fornecidas na implantação e 20% quando realizada a amontoa. As aplicações de silício foram realizadas a cada 10 dias, com pulverizações, iniciando uma semana após a emergência das hastes até a fase final de tuberização. As variáveis independentes avaliadas foram número de hastes, comprimento de hastes principais (mm); massa média de tubérculos (g) número total de tubérculos, número de tubérculos comerciais, classificação dos tubérculos conforme a quantidade de defeitos graves ou leves, teste de fritura, sólidos solúveis (°brix), massa fresca de tubérculos (g) e massa seca de tubérculos (g). Aplicação de Silício (Si) não foi significativa para nenhuma característica avaliada, porém em conjunto com o fósforo foi significativo para massa média e número de tubérculos. Os efeitos positivos do P quando aplicados 400 kg ha<sup>-1</sup>. A aplicação de silício, mesmo combinada ao fósforo mostrou-se inviabilizada.

**Palavras-chave:** Adubo foliar. Adubação fosfatada. Silicato. Tubérculo.

29

30 **Abstract:** In Brazil, the potato market is in high demand, with the area destined for cultivation  
31 being around 130,000 hectares, with different soil and fertility conditions. The objective of this  
32 study was to evaluate the production and potato tubers quality, cultivar Markies, in function of  
33 phosphorus doses, in the silicon absence and presence. The experiment was carried out in the  
34 municipality of Itumbiara, Goiás, Brazil. Planting was carried out in furrows spaced 0.8 m and  
35 0.30 m between plants. Each plot was composed of four lines, with the two central lines  
36 constituting the useful area. The design was randomized blocks, with four replications in a 2x6  
37 factorial scheme, considering silicon presence and absence and six phosphorus doses: 0, 100,  
38 200, 300, 400, and 500 kg ha<sup>-1</sup>, with 80% of the doses provided at planting and 20% during  
39 hilling. Silicon applications were made every 10 days through spraying, starting one week after  
40 stem emergence until the final tuberization phase. The independent variables evaluated  
41 included stem number, main stem length (mm), average tuber weight (g), total tuber number,  
42 commercial tuber number, tuber classification based on the quantity of severe or mild defects,  
43 fry test, soluble solids content (°Brix), fresh tuber weight (g), and dry tuber weight (g). Silicon  
44 (Si) application was not significant for any evaluated characteristic; however, in conjunction  
45 with phosphorus, it was significant for average weight and tuber number. Positive effects of  
46 phosphorus were observed when applied at 400 kg ha<sup>-1</sup>. Silicon application, even when  
47 combined with phosphorus, was found to be unfeasible.

48

49 **Keywords:** Leaf fertilizer. Phosphate fertilizer. Silicate. Tuber.

50

51

### 3.1 INTRODUÇÃO

52

53 No território brasileiro, a área destinada ao cultivo de batata abrange cerca de 130.000  
54 hectares. Nas últimas décadas, a produtividade média registrou aumento considerável,

55 atribuível, entre outros fatores, à adoção de cultivares de alto rendimento. No Brasil, o cultivo  
56 da batata ocorre em três períodos distintos: verão (1ª safra), outono (2ª safra) e inverno (3ª  
57 safra). Para garantir o sucesso das plantações, é necessário um clima adequado, disponibilidade  
58 suficiente de água ao longo do ciclo produtivo e um rigoroso controle de pragas e doenças. A  
59 produção total, considerando as três safras, está prevista para atingir 4,0 milhões de toneladas,  
60 registrando aumento de 1,8% em comparação com o mês anterior. Em relação a 2022, espera-  
61 se um crescimento modesto de 0,1% na produção brasileira de batata (IBGE, 2023).

62 A 1ª safra, que corresponde a 44,8% da produção anual estimada em 1,8 milhão de  
63 toneladas, apresenta a redução de 2,2% em relação ao mês anterior. No entanto, em comparação  
64 com a 1ª safra de 2022, observa-se aumento significativo de 6,4%, impulsionado pelo  
65 rendimento médio 6,6% maior. A 2ª safra, responsável por 30,3% da produção total, é estimada  
66 em 1,2 milhão de toneladas, representando o acréscimo de 1,6% em relação à estimativa de  
67 junho de 2023. Quanto a 3ª safra, a projeção da produção é de 1,0 milhão de toneladas,  
68 indicando aumento de 10,2% em relação ao mês anterior, mas a diminuição de 6,2% em  
69 comparação com a mesma safra de 2022 (IBGE, 2023).

70 No entanto, é importante observar que as práticas de adubação para essa cultura no Brasil  
71 apresentaram desenvolvimento limitado nos últimos anos. Dentre os cultivos comerciais  
72 extensivos no Brasil, a cultura da batata é a que requer a maior quantidade proporcional de  
73 fertilizantes por hectare (EMBRAPA, 2015), sobretudo os fosfatados, pela baixa solubilidade  
74 do fósforo adicionado ao solo, fixação, passando para formas não lábeis, pela precipitação do  
75 fósforo em solução com formas iônicas de Fe, Al e Ca, e de maneira mais significativa, pela  
76 sua adsorção pelos óxidos de Fe e Al (WEI *et al.*, 2014).

77 O fósforo desempenha papel vital, participando em diversos processos metabólicos na  
78 planta. Ele está envolvido na transferência de energia celular, respiração, fotossíntese, divisão  
79 celular e serve como componente estrutural de fosfolipídios, ácidos nucleicos, coenzimas e

80 fosfoproteínas (ROSEN *et al.*, 2014; TAIZ, L. *et al.*, 2017). Fornecer quantidade adequada de  
81 fósforo traz benefícios, como o rápido crescimento da parte aérea e o fechamento eficaz do  
82 dossel da plantação de batata, resultante do desenvolvimento das hastes e das folhas,  
83 propiciando maior crescimento e desenvolvimento dos tubérculos (VENÂNCIO, 2021).

84 Por sua vez, o silício não é um elemento essencial do ponto de vista fisiológico para o  
85 crescimento das plantas e ainda é pouco explorado na agricultura brasileira. Diversos estudos  
86 têm evidenciado os efeitos benéficos da sua aplicação em espécies acumuladoras como cana,  
87 arroz e milho (GONG; CHEN, 2012; VENÂNCIO, 2021; NUNES *et al.*, 2020). Plantas  
88 dicotiledôneas, geralmente classificadas como não acumuladoras, como batata (PULZ *et al.*,  
89 2008), também têm demonstrado respostas positivas à aplicação de silício (CRUSCIOL *et al.*,  
90 2009).

91 A ação positiva do silício tem promovido diversos benefícios, incluindo a maior  
92 capacidade fotossintética das plantas, o desenvolvimento de estruturas mais eretas, a  
93 diminuição da transpiração, maior resistência mecânica das células e defesa das plantas contra  
94 insetos e doenças. Quando o silício é absorvido na forma de ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ), ele  
95 é depositado e polimerizado abaixo da cutícula dos tecidos vegetais e forma dupla camada de  
96 sílica. (MORAES *et al.*, 2010; MORAES *et al.*, 2018). Além disso, atenua os efeitos tóxicos de  
97 metais pesados como manganês (Mn) e ferro (Fe), reduz os efeitos da salinidade (SHI *et al.*,  
98 2013) e melhora a absorção e o metabolismo de elementos como o fósforo (SOUSA *et al.*,  
99 2010).

100 A aplicação de silício por meio de pulverização foliar tem sido considerada uma  
101 alternativa eficaz para fornecer esse elemento às plantas, atendendo às demandas de silício e  
102 promovendo os efeitos benéficos associados (CARRÉ-MISSIO *et al.*, 2010; SOUSA *et al.*,  
103 2010; VENÂNCIO, 2021; NUNES *et al.*, 2020).



104 Há interação entre silício e fósforo no solo, estudos indicam que, mesmo em condições  
 105 de alta disponibilidade de fósforo, a aplicação de silício pode trazer benefícios para as plantas,  
 106 influenciando o metabolismo do fósforo dentro da planta (MORAES *et al.*, 2018; VENÂNCIO,  
 107 2021).

108 O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de batata (*Solanum tuberosum* L.) sob  
 109 diferentes doses de fósforo e aplicações foliares de silício.

110

### 111 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

112

113 O experimento foi conduzido no município de Itumbiara, sul de Goiás, na área da Horta  
 114 Comunitária da Escola Municipal de Tempo Integral Juca Andrade. A escola encontra-se na  
 115 latitude 18°23'43.0"S, longitude 49°13'13.9"W, e possui altitude de 443 metros.

116 O cultivo foi convencional, em campo aberto, no período de abril a setembro de 2022. A  
 117 recomendação de adubação foi realizada conforme análises de solo da área (Tabela 1),  
 118 utilizando o livro 5ª Aproximação - Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em  
 119 Minas Gerais (RIBEIRO *et al.*, 1999).

120

121 Tabela 1. Resultado das análises química e física do solo. Laboratório Agropecuário Curitiba  
 122 (Bom Jesus - GO).

Amostra 1	M.O	Ph	P	S	K	cmole dm <sup>-3</sup>						% de Saturação				Relação entre nutrientes			
	g/kg	CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC	Al	Ca	Mg	K	Bases	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K
	26,8	5,2	9,1	7,4	160,3	2,2	0,9	0	4,1	4	7,6	0	29	11,8	5,4	46,1	2	5	2
Amostra 1	mg/gm <sup>3</sup>					Calcário (t/ha) para V%			Areia		Silte		Argila		Classe Textural Simplificada				
															Argilosa				
	0,5	0,4	74	3,6	1,3	0	0,3	1,1	500	50	110	11	390	39					

123

124 Para a propagação, foram utilizados mini tubérculos-sementes, da cultivar Markies, com  
 125 aptidão para o processamento industrial. O plantio foi realizado em sulcos espaçados de 0,8 m  
 126 entrelinhas e 0,30 m entre plantas.

127 Cada parcela apresentava a área de 3,2 m x 1,2 m, formada por 12 plantas e constituída  
128 por quatro linhas, sendo as duas linhas centrais considerada área útil. No total foram 48 parcelas  
129 no delineamento em blocos ao acaso (DBC), em esquema fatorial 2x6, com quatro repetições,  
130 sendo os fatores formados pela presença e ausência de silício e seis doses de fósforo: 0, 100,  
131 200, 300, 400 e 500 kg ha<sup>-1</sup>. Foi utilizada a formulação de fosfato monoamônico (MAP) como  
132 fonte de P. O fornecimento das doses foi parcelado, sendo 80% das doses fornecidas na  
133 implantação, em 15 de maio de 2022 e 20% quando realizada a amontoa 60 dias após o plantio.  
134 As aplicações de silício foram realizadas a cada 10 dias, iniciando uma semana após a  
135 emergência das hastes até a fase final de tuberização. As pulverizações foram realizadas  
136 conforme recomendação do fabricante do produto Flex Silício®, um fertilizante foliar à base de  
137 silicato de potássio (165,6 g L<sup>-1</sup>). Utilizou-se um pulverizador costal de 20 L, diluindo a dose  
138 de 100 mL do produto comercial.

139 A amontoa foi realizada após 60 dias do plantio, conforme desenvolvimento da cultura.  
140 Os demais tratos culturais foram aplicados de acordo com a necessidade da cultura, de forma  
141 manual. A colheita foi realizada em 02 de setembro de 2022, quando as ramas apresentavam-  
142 se secas, naturalmente.

143 As variáveis independentes avaliadas foram: número médio de hastes por planta,  
144 comprimento de hastes principais (mm); massa média de tubérculos (g), número total de  
145 tubérculos, número de tubérculos comerciais, classificação dos tubérculos conforme a  
146 quantidade de defeitos graves ou leves, teste de fritura, sólidos solúveis (g), massa fresca de  
147 tubérculos e massa seca de tubérculos (g).

148 O número e comprimento de hastes principais foram avaliados em 06 de julho de 2022,  
149 na fase transitiva entre o fim da fase vegetativa e início da tuberização. A classificação de  
150 defeitos foi realizada conforme Portaria 69 (Brasil, 1995). O número de tubérculos foi  
151 contabilizado na colheita, e a massa de tubérculos comerciais obtida em balança de precisão.

152 Para a determinação de matéria seca dos tubérculos, foram retirados quatro tubérculos  
153 por parcela, fatiados e colocados em estufa de circulação de ar, para obtenção de peso constante  
154 e posteriormente pesados (AOAC, 2007). Em 29 de novembro de 2022, foram realizadas as  
155 avaliações de pós-colheita no Laboratório de Fisiologia Vegetal do IF Goiano - Campus  
156 Morrinhos. As batatas foram armazenadas 89 dias em geladeira numa temperatura média de  
157 4°C para indução de dormência e inibição de brotamento. O teste de fritura foi realizado para  
158 avaliar a cor pós-teste, que está diretamente relacionada com a qualidade dos tubérculos para  
159 processamento industrial. Para o teste de fritura, foram selecionados dois tubérculos de cada  
160 tratamento, fatiados em chips submetidos a fritura em óleo vegetal, utilizando fritadeira elétrica  
161 aquecida a 180° por 5 minutos. Para a determinação de massa seca foram utilizados chips  
162 fatiados, a massa fresca foi pesada e submetida à secagem em estufa, para determinar o  
163 percentual de massa seca. Para os sólidos solúveis (°Brix) foi extraído o suco de dois tubérculos  
164 por tratamento, e a medição realizada no refratômetro digital MA871 da Milwaukee®.  
165



166  
167 Figura 1: Ilustração do experimento após implantação, etapa da colheita e de análises laboratoriais em batata.  
168 Fonte: Elaborado pela autora  
169

170 Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de  
171 probabilidade. Apresentando diferenças significativas, as médias do fator ausência ou presença  
172 de silício foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% e, as médias das doses de fósforo foram

173 comparadas por meio de equações de regressão, utilizando o Software SISVAR (FERREIRA,  
174 2014).

175

### 176 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

177

178 A aplicação de silício não foi significativa para nenhuma característica avaliada, porém  
179 quando associado com o fósforo foi significativo ao nível de 5% de probabilidade para as  
180 variáveis de massa média de tubérculos e número de tubérculos. O fósforo aplicado teve  
181 impacto positivo em todas as características avaliadas, com exceção do número de defeitos  
182 graves e teste de fritura (Tabela 2).

183

184 Tabela 2. Resumo de análises de variância de características avaliadas em tubérculos de batata:  
185 Número de Hastes (NH), Comprimento de Hastes Principais (CH), Massa Média de chips de  
186 batata (MM), Número Total de Tubérculos (NT), Número de Tubérculos Comerciais (NTC),  
187 tubérculos com Defeitos Graves (DG), tubérculos com Defeitos Leves (DL), Teste de Fritura  
188 (TF), Sólidos Solúveis (SS), Massa Fresca de chips (MF), Massa Seca de chips (MS), em função  
189 da aplicação de Silício e diferentes doses de Fósforo. Itumbiara (GO), 2022.

Causas da Variação	GL	Quadrados Médios										
		NH	CH (mm)	MM (g tubérculo <sup>-1</sup> )	NT	NTC	DG	DL	TF	SS (°Brix)	MF (g)	MS (g)
Silício	1	1,333 <sup>NS</sup>	1,333 <sup>NS</sup>	0,000 <sup>NS</sup>	18,750 <sup>NS</sup>	4,687 <sup>NS</sup>	0,021 <sup>NS</sup>	28,521 <sup>NS</sup>	1,021 <sup>NS</sup>	0,110 <sup>NS</sup>	0,439 <sup>NS</sup>	0,028 <sup>NS</sup>
Fósforo	5	19,917**	51,350**	8,355**	447,483**	287,537**	9,287 <sup>NS</sup>	31,071**	1,637 <sup>NS</sup>	5,424**	11,214*	0,603*
Silício*Fósforo	5	5,417 <sup>NS</sup>	1,033 <sup>NS</sup>	3,284**	137,550**	41,337 <sup>NS</sup>	5,221 <sup>NS</sup>	18,871 <sup>NS</sup>	0,871 <sup>NS</sup>	0,587 <sup>NS</sup>	1,739 <sup>NS</sup>	0,147 <sup>NS</sup>
Bloco	3	0,500 <sup>NS</sup>	1,860 <sup>NS</sup>	0,086 <sup>NS</sup>	6,028 <sup>NS</sup>	17,854 <sup>NS</sup>	4,077 <sup>NS</sup>	5,410 <sup>NS</sup>	1,576 <sup>NS</sup>	0,420 <sup>NS</sup>	4,290 <sup>NS</sup>	0,144 <sup>NS</sup>
Resíduo	33	14,500	4,194	0,172	37,573	51,657	5,152	7,864	1,258	0,497	3,580	0,235
Coefficiente de Variação		14,46	4,69	11,11	10,89	23,33	117,15	89,14	46,02	11,66	17,15	18,40

190 GL – Graus de liberdade; <sup>NS</sup> – Não significativo pelo teste de F; \*\* - Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste de F

191 \* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F.

192

193 Apesar das espécies tuberosas não serem plantas acumuladoras de silício, já existem  
194 evidências de que o fornecimento em hortaliças tuberosas e de tubérculos, além de aumentar a  
195 tolerância a estresses abióticos, promove maior absorção de fósforo pela planta, e  
196 consequentemente, aumenta a produtividade comercial (CRUSCIOL *et al.*, 2013;  
197 FERNANDES, 2013).

198 A administração de quantidades crescentes de fósforo até 400 kg ha<sup>-1</sup> resultou em maior  
 199 produtividade, observada no aumento do número dos tubérculos. Mesmo o solo do experimento  
 200 apresentando baixa disponibilidade de fósforo, a resposta produtiva da cultura da batata foi  
 201 afetada quando se utilizam doses superiores a 400 kg ha<sup>-1</sup>; concordando com estudos de Sausen  
 202 *et al.*, (2020). Na presença de silício, aumento excessivo na dosagem de fósforo, de 400 a 500  
 203 kg ha<sup>-1</sup>, resultou em dificuldades na absorção de outros nutrientes e, conseqüentemente, obteve-  
 204 se nesses tratamentos menor massa de tubérculos (Tabela 2).

205

206 Tabela 3. Massa Média de chips de batata e Número Total de Tubérculos, em função da  
 207 aplicação de Silício e diferentes doses de Fósforo. Itumbiara (GO), 2022.

Característica avaliada	Silício	Dosagem de Fósforo (kg ha <sup>-1</sup> )						Média
		0	100	200	300	400	500	
Massa Média (g chips <sup>-1</sup> )	Ausência	1,916a	3,038a	3,314b	4,075a	6,578a	3,467a	3,731
	Presença	2,401a	3,623a	4,171a	3,999a	4,041b	1,140b	3,729
DMS: 0,243    CV: 11,11	Média:	2,159	3,331	3,743	4,037	5,309	3,804	3,729
Total de Tubérculos	Ausência	44,750a	60,250a	45,750b	58,500a	71,000a	61,250a	56,917
	Presença	48,750a	46,750b	56,250a	58,000a	64,500a	59,750a	55,667
DMS: 3,600    CV: 10,89	Média:	46,750	53,500	51,000	58,250	67,750	60,500	56,292

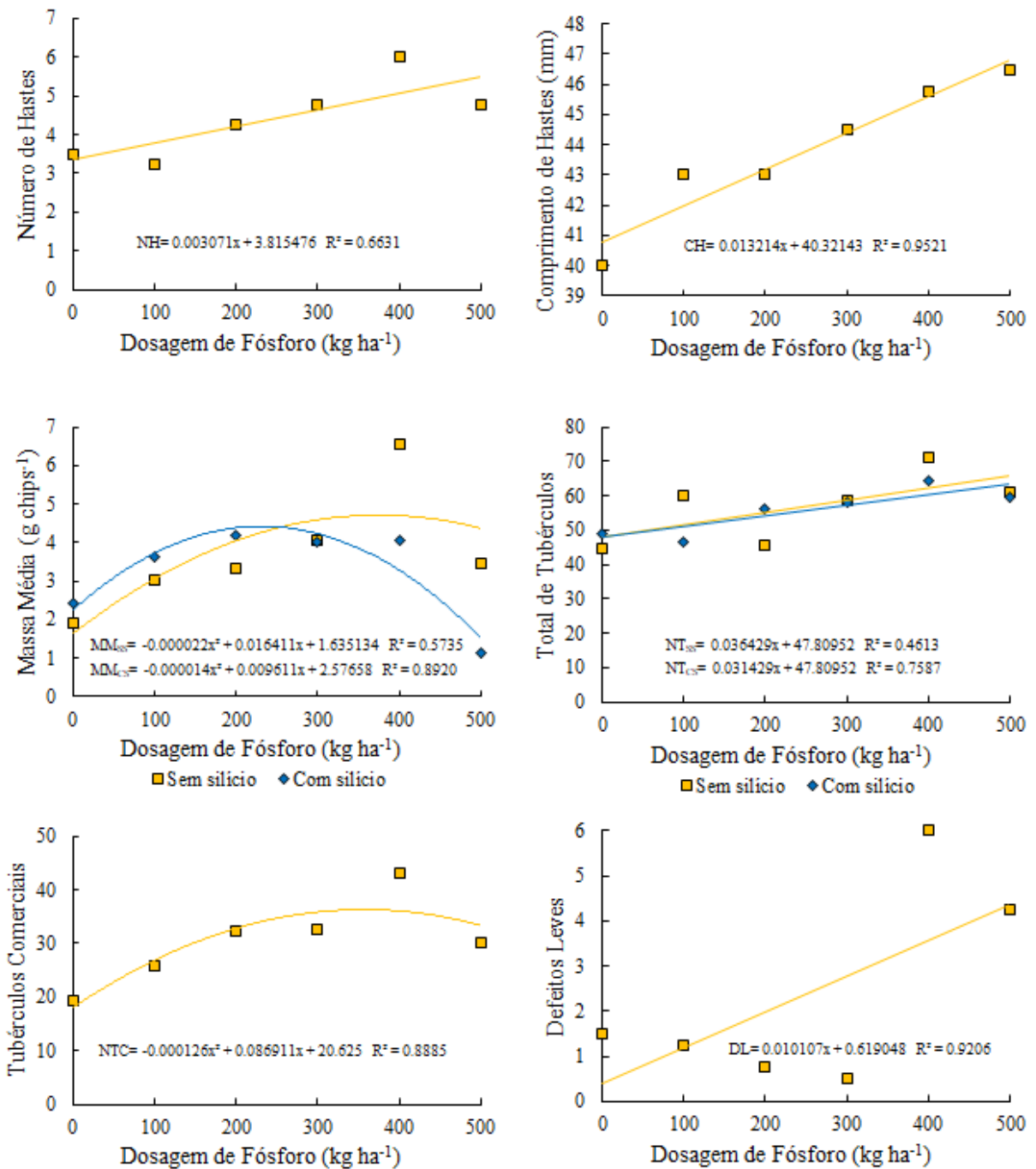
208 Para cada característica avaliada, médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a  
 209 0,05 de significância. DMS - Diferença Mínima Significativa; CV - Coeficiente de Variação.

210

211 O fósforo desempenha diversas funções relevantes na qualidade dos tubérculos de batata,  
 212 influenciando a divisão celular, a síntese de amido a partir da triose fosfato via frutose-1,6-  
 213 bifosfato que depende do fósforo, e seu armazenamento nos tubérculos (TAIZ *et al.*, 2017). Isso  
 214 pode resultar no aumento tanto do tamanho quanto da porcentagem de matéria seca dos  
 215 tubérculos (ROSEN *et al.*, 2014).

216 A presença de silício sem a influência do fósforo proporciona maior número de hastes,  
 217 saltando da média de 3,5 para 4,75 hastes, entretanto, analisando as demais variáveis, ficou  
 218 claro que a utilização do silício no cultivo não foi viável para aumento de produtividade,  
 219 estendendo essa afirmativa para o uso combinado de fósforo.

220 Desdobrando as interações com diferentes dosagens de fósforo, presença e ausência de  
 221 silício, verificou-se que a Massa Média de chips ajustou-se a equação de segundo grau, já o  
 222 número total de tubérculos foi mais significativo com a utilização da equação de primeiro grau  
 223 (Figura 2).



224 Figura 2: Número de Hastes, Comprimento de Hastes Principais, Massa Média de chips de batata, Número Total  
 225 de Tubérculos, Número de Tubérculos Comerciais e Tubérculos com Defeitos Leves de batata, em função da  
 226 aplicação de Silício e diferentes doses de Fósforo. Itumbiara (GO), 2023.

227

228 A adição de fósforo no solo, que apresentava teor inicial na análise química de 9,1 mg  
229  $\text{dm}^{-3}$ , mostrou-se indispensável para a cultura da batata, em virtude dos ganhos em termos de  
230 crescimento na dose de 400  $\text{kg ha}^{-1}$ : aumento de 2,5 hastes, 5,7 cm de comprimento, 4,6 g por  
231 chips na massa média e 26,2 tubérculos a mais em cada parcela, sendo destes, 23,7 selecionados  
232 como comerciais. Contudo, essa dosagem de fósforo também propiciou fragilidade ao  
233 considerar o aumento de 4,5 defeitos leves, sendo para essa variável, a melhor dose a de 300  $\text{kg}$   
234  $\text{ha}^{-1}$ , que resulta em 0,5 defeitos leves, com redução de 1,0, se comparado à testemunha, sem  
235 aplicação de P.

236 Balemi e Schenk (2009), ao avaliarem genótipos de batata quanto à eficiência de absorção  
237 de fósforo, observaram que plantas submetidas a baixas concentrações de fósforo no solo  
238 apresentaram crescimento limitado e folhas de menor tamanho, especialmente nos materiais  
239 menos eficientes na absorção e utilização deste nutriente. Esses resultados corroboram com os  
240 encontrados neste estudo. Quando cultivadas com uma disponibilidade adequada de fósforo, as  
241 batateiras apresentaram maior desenvolvimento.

242 Em pesquisa de Fernandes *et al.* (2015), a disponibilidade inicial de fósforo nos solos  
243 teve efeito significativo na produtividade comercial, e a menor disponibilidade influenciou o  
244 tamanho dos tubérculos. Portanto, a resposta da batateira à adubação fosfatada é limitada em  
245 solos com considerável disponibilidade de fósforo, tornando desnecessário o uso de doses  
246 elevadas de fertilizante fosfatado nessas condições de cultivo. Este estudo corrobora com  
247 Fernandes *et al.* (2015), uma vez que a adubação fosfatada em excesso (dose 500  $\text{kg ha}^{-1}$ ) não  
248 promoveu incremento na massa média de tubérculos, e não influenciou na qualidade da batata  
249 através do teste de fritura.

250 É possível realizar adubações fosfatadas criteriosas e equilibradas, aumentando a  
251 produtividade e alguns parâmetros de qualidade dos tubérculos, especialmente em solos com

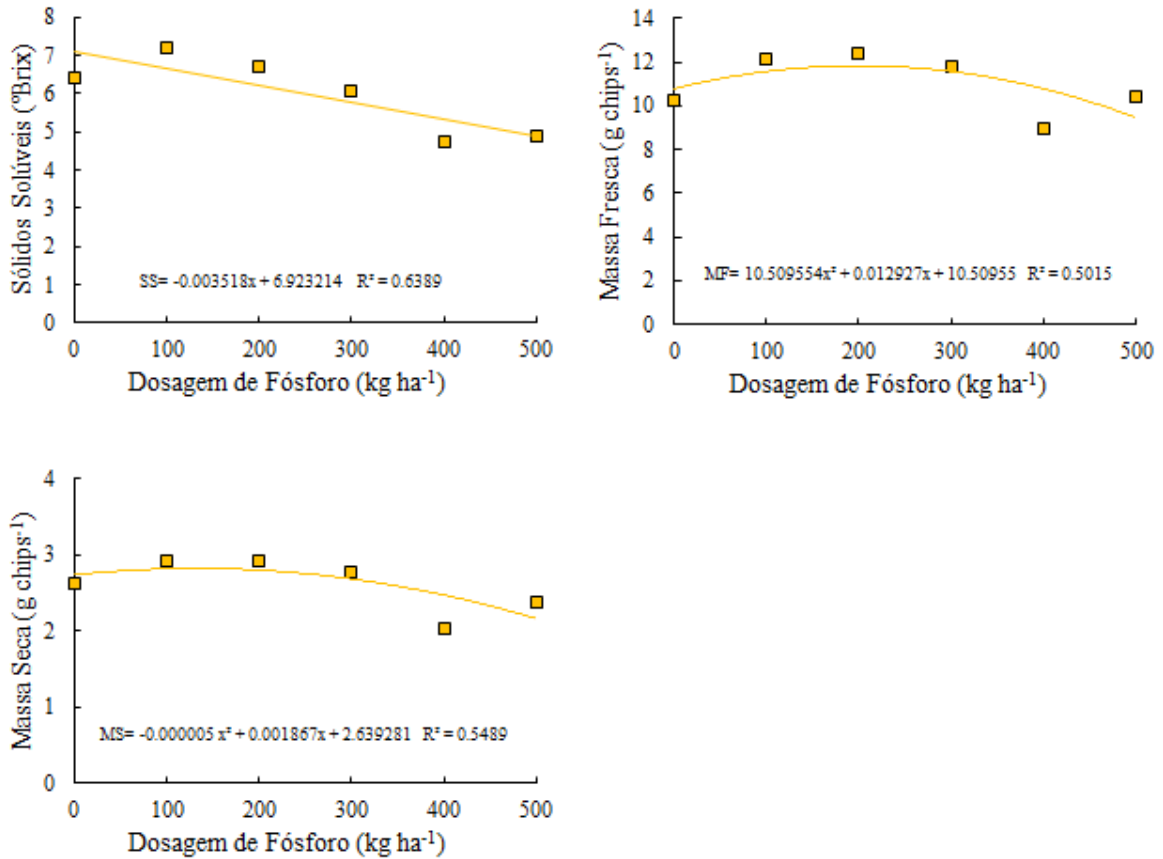
252 deficiência de fósforo. Isso não apenas reduz os custos de produção relacionados ao uso de  
253 fertilizantes, mas minimiza impactos ambientais decorrentes da aplicação de altas doses de  
254 fósforo.

255 Desalegn *et al.* (2016) destacaram que o aumento da disponibilidade de fósforo resulta  
256 em maior rendimento comercial e total de tubérculos de batata. Com suprimento adequado, as  
257 plantas melhoram a assimilação de CO<sub>2</sub>, a eficiência de carboxilação e o processo fotoquímico,  
258 apresentando maior ganho de biomassa (DOMINGUES *et al.*, 2010; WARREN, 2011). Estudos  
259 recentes indicam que alguns genótipos, como o clone de batata SMINIA 793101-3, não é  
260 eficiente na absorção de fósforo em baixa concentração, mas, responde eficientemente quando  
261 o nutriente é abundante (SAUSEN *et al.*, 2020). Outras pesquisas indicam que a adubação  
262 fosfatada pode aumentar principalmente o tamanho e os teores de amido dos tubérculos,  
263 resultando em melhorias na produtividade comercial (FERNANDES *et al.*, 2015, 2016a;  
264 FERNANDES *et al.*, 2016b).

265 Por outro lado, o excesso de fósforo pode prejudicar a produtividade. Sausen *et al.* (2020),  
266 em seus estudos concluíram que, mesmo em solos com baixa concentração de fósforo, a  
267 produtividade da cultura da batata foi impactada negativamente ao aplicar quantidades de  
268 fósforo superiores a 500 kg ha<sup>-1</sup>.

269 Conforme a Figura 3, o aumento das doses de fósforo reduziu o teor de sólidos solúveis,  
270 passando de 6,4, na ausência de fósforo, para 4,8 °Brix, na dose de 500 kg ha<sup>-1</sup>. Nessas  
271 condições, é recomendada a utilização de 100 kg ha<sup>-1</sup>, proporcionando a melhor condição de  
272 sólidos solúveis, com média de 7,2 °Brix.





273  
 274  
 275  
 276  
 277  
 278  
 279  
 280  
 281  
 282  
 283  
 284  
 285  
 286  
 287

Figura 3: Sólidos Solúveis, Massa Fresca de chips e Massa Seca de chips de batata, em função da aplicação de Silício e diferentes doses de Fósforo. Itumbiara (GO), 2023.

Apesar do aumento no número de tubérculos nas maiores doses de fósforo (Figura 2), constata-se a redução da massa fresca e da massa seca de chips de batata nas maiores doses (Figura 3). Isso indica que, sobretudo nas doses 400 e 500 kg ha<sup>-1</sup>, houve produção de tubérculos de menor massa, todavia não refletindo diretamente na produtividade.

### 3.4 CONCLUSÕES

Conforme o presente estudo, obteve-se maior quantidade de tubérculos comerciais com a aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, apesar da maior quantidade de defeitos leves.

A utilização do silício não se mostrou viável para a cultura da batata nas condições edafoclimáticas da pesquisa, em Itumbiara, Goiás

288 A dose ideal de fósforo para cultura da batata estabilizou-se em 400 kg ha<sup>-1</sup>, demonstrando  
289 maior desenvolvimento vegetativo do número de hastes e de tubérculos e massa média de chips,  
290 contribuindo assim, para maior produtividade.

291

### 292 **3.5 REFERÊNCIAS**

293

294 AOAC International. 2007. **AOAC - International**. 18 th edition – Gaithersburg,  
295 CurrentThroughRevision 2.

296

297 ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). Nutrição  
298 mineral de plantas. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 253-281, 2006.

299

300 BALEMI, T.; SCHENK, M. K. Genotypic variation of potato for phosphorus efficiency and  
301 quantification of phosphorus uptake with respect to root characteristics. **Journal of Plant**  
302 **Nutrition and Soil Science**, v.172, n.5, p.669-677, 2009.

303

304 BRASIL. **Portaria n. 69, de 21 de fevereiro de 1995**: norma de identidade, qualidade,  
305 acondicionamento, embalagem e apresentação da batata. Ministério da Agricultura, Pecuária e  
306 Abastecimento - MAPA: Brasília. Disponível em:

307 <[https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoP](https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=2039923201)  
308 [ortalMapa&chave=2039923201](https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=2039923201)>. Acesso em: 05 mar. 2024.

309

310 CARRÉ-MISSIO, V.; RODRIGUES, F.Á.; SCHURT, D.A.; REZENDE, D.C.; RIBEIRO,  
311 N.B.; ZAMBOLIM, L. Aplicação foliar de silicato de potássio, acibenzolar-S-metil e

312 fungicidas na redução da mancha de *Pestalotia* em morango. **Tropical Plant Pathology**, v.35,  
313 p.182-185, 2010.

314

315 CRUSCIOL, C.A.C.; PULZ, A.L.; LEMOS, L.B.; SORATTO, R.P.; LIMA, G.P.P. Effects of  
316 silicon and drought stress on tuber yield and leaf biochemical characteristics in potato. **Crop**  
317 **Science**, v.49, p.949-954, 2009.

318

319 CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; CASTRO, G. S. A.; COSTA, C. H. M.;  
320 FERRARINETO, J. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim.  
321 **Revista Ciência Agronômica**. v.44, n.2, p.404-410, 2013.

322

323 DESALEGN, R.; WAKENE, T.; DAWIT, M.; TOLESSA, T. Effects of Nitrogen and  
324 Phosphorus Fertilizer Levels on Yield and Yield Components of Irish Potato (*Solanum*  
325 *tuberosum*) at Bule Hora District, Eastern Guji Zone, Southern Ethiopia. **International**  
326 **Journal of Agricultural Economics**. v.1, p.71-77, 2016.

327

328 Domingues, T. F.; Meir, P.; Feldpausch, T. R.; Saiz, G.; Veenendaal, E. M.; Schrodte, F.; Bird,  
329 M.; Djagbletey, G.; Hien, F.; Compaore, H.; Diallo, H.; Grace, J.; Lloyd, J. Co-limitation of  
330 photosynthetic capacity by nitrogen and phosphorus in West capacity by nitrogen and  
331 phosphorus in West Africa Woodlands. **Plant, Cell and Environment**, v.33, p.959-980, 2010.  
332 10.1111/j.1365-3040.2010.02119.x

333

334 EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema de Produção da Batata.  
335 Versão Eletrônica 2ª edição, Nov/2015. 2015. Disponível em:

336 <[https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132923/1/Sistema-de-Producao-  
337 daBatata.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132923/1/Sistema-de-Producao-<br/>337 daBatata.pdf)>. Acesso em: jul de 2021.

338

339 FERNANDES, A. M. **Adubação fosfatada em cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.)**.  
340 145 f. 2013, Tese (doutorado) Universidade estadual Paulista, Faculdade de Ciências  
341 Agrônômica – Butucatu. 2013.

342

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

346

347 FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; PILON, C. Soil phosphorus increases dry matter and  
348 nutrient accumulation and allocation in potato cultivars. **American Journal of Potato  
349 Research**, Orono, v. 92, n. 1, p. 117-127, 2015.

350

351 FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Response of potato cultivars to phosphate fertilization  
352 in tropical soils with different phosphorus availabilities. **Potato Research**, v. 59, n. 3, p. 259-  
353 278, 2016a.

354

355 GONG, H.J.; CHEN, K.M. The regulatory role of silicon on water relations, photosynthetic gas  
356 exchange, and carboxylation activities of wheat leaves in field drought conditions. **Acta  
357 Physiologiae Plantarum**, v.33, p.1-6, 2012.

358

359 IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística econômica de 2023**. Rio de  
360 Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de->

361 imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/37607-em-julho-ibge-preve-safra-de-308-9-  
362 milhoes-de-toneladas-para-2023>. Acesso em out. 2023.  
363  
364 MORAES, E.R.; REIS, A.C.; SILVA, N.E.P.; FERREIRA, M.; MENEZES, F.G. Nutrientes  
365 no solo e produção de quiabo conforme doses de silicato de cálcio e magnésio. Revista de  
366 Agricultura Neotropical, v.5, n.1, p.60-65, 2018. <https://doi.org/10.32404/rean.v5i1.2097>  
367  
368 NUNES, A. M. C., de Lima Nunes, L. R., Rodrigues, A. J. O.; Uchôa, K. S. A. Silício na  
369 tolerância ao estresse hídrico em tomateiro. Revista Científica Rural, 21, n. 2, p. 239-258,  
370 2019. <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i2.2658>  
371  
372 PULZ, A.L.; CRUSCIOL, C.A.C.; LEMOS, L.B.; SORATTO, R.P. Influência de silicato e  
373 calcário na nutrição, produtividade e qualidade da batata sob deficiência hídrica. **Revista**  
374 **Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1651-1659, 2008.  
375  
376 RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para**  
377 **o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão  
378 de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 143-168.  
379  
380 ROSEN, C. J.; KELLING, K. A.; STARK, J. C.; PORTER, G. A. Optimizing phosphorus  
381 fertilizer management in potato production. **American Journal of Potato Research**, v. 91, p.  
382 145-160, 2014.  
383  
384 SHI, Y.; WANG, Y.; FLORES, T. J.; GONG, H. O silício diminui o transporte de cloreto em  
385 arroz (*Oryza sativa* L.) em condições salinas. **J. Plant Physiology**. v. 170, p. 847-853, 2013.  
386 <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.01.018>

387

388 SOUSA, J.V. de; RODRIGUES, C.R.; LUZ, J.M.Q.; SOUSA, V.B.F.; CARVALHO, P.C. de;

389 RODRIGUES, T.M.; BRITO, C.H. de. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese,

390 crescimento e produtividade. **Bioscience Journal**, v.26, p.502-513, 2010.

391

392 TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**,

393 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

394

395 WARREN, C. R. How does P affect photosynthesis and metabolite profiles of *Eucalyptus*

396 *globulus*? **Tree Physiology**, v.31, p.727–739, 2011. 10.1093/tre e phys/tpr 064

397

398 WEI, S. Y. et al. Surface properties and phosphate adsorption of binary systems containing

399 goethite and kaolinite. *Geoderma*, [S.l.], **Editora Artmed**. 6 ed., v. 213, p. 478-484, 2014

## **4 CONCLUSÃO GERAL**

O uso da adubação fosfatada no cultivo da cultura da batata proporcionou maior crescimento de planta, refletindo na produtividade, sendo indispensável no manejo.

A utilização do silício combinado ao fósforo na adubação promoveu maior número de tubérculos e aumento na massa média de chips de batata, contudo, mesmo havendo interação, sua aplicação não foi eficiente para reduzir as doses de fósforo. Quando aplicado sozinho, o silício não foi significativo, sendo, portanto, inviabilizado.