

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PRODUTIVIDADE, QUALIDADE PÓS-COLHEITA E NUTRICIONAL  
DA BATATA EM FUNÇÃO DE SUPRESSÃO DA IRRIGAÇÃO E  
FERTIRRIGAÇÃO EM CLIMA TROPICAL**

**Jonathan dos Santos Viana  
Engenheiro Agrônomo  
Mestre em Agronomia – Ciência do Solo**

**2023**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PRODUTIVIDADE, QUALIDADE PÓS-COLHEITA E NUTRICIONAL DE  
BATATA EM FUNÇÃO DE SUPRESSÃO DA IRRIGAÇÃO E  
FERTIRRIGAÇÃO EM CLIMA TROPICAL**

Jonathan dos Santos Viana

**Orientador:** Prof. Dr. Luiz Fabiano Palaretti

**Coorientador:** Prof. Dr. Rogério Teixeira de Faria

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência de Solo).

**2023**

V614p

Viana, Jonathan dos Santos

Produtividade, qualidade pós-colheita e nutricional de batata em função de supressão da irrigação e fertirrigação em clima tropical / Jonathan dos Santos Viana. -- Jaboticabal, 2023  
83 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Luiz Fabiano Palaretti

Coorientador: Rogério Teixeira de Faria

1. Solanum tuberosum L.. 2. Manejo hídrico. 3. Nutrição. 4.  
Qualidade físico-química. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo  
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

## **REGISTRO DE IMPACTO**

A presente tese destaca a crescente preocupação da sociedade em relação às questões ambientais, especialmente em face dos eventos climáticos adversos e da distribuição irregular de precipitações ao longo do ano.

Os resultados obtidos têm implicações significativas no setor de produção de batata, fornecendo insights importantes para o desenvolvimento de estratégias eficazes de manejo da irrigação e fertilização. Essas práticas sustentáveis têm o potencial de contribuir para a segurança alimentar, a preservação dos recursos naturais e a satisfação das demandas globais de energia e carboidratos, tanto no presente quanto no futuro.

## **IMPACT RECORD**

This thesis highlights the growing concern of society in relation to environmental issues, especially in the face of adverse climatic events and the irregular distribution of precipitation throughout the year.

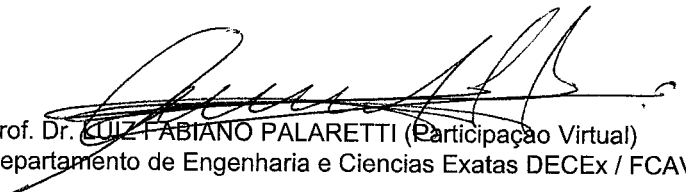
The results obtained have significant implications for the potato production sector, providing important insights for the development of effective irrigation and fertilization management strategies. These sustainable practices have the potential to contribute to food security, the preservation of natural resources, and the satisfaction of global energy and carbohydrate demands, both now and in the future.

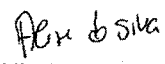
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

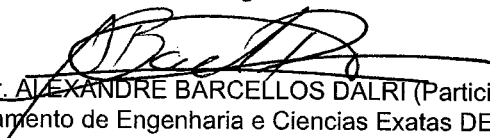
TÍTULO DA TESE: PRODUTIVIDADE, QUALIDADE PÓS-COLHEITA E NUTRICIONAL DA BATATA EM FUNÇÃO DE SUPRESSÃO DA IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO EM CLIMA TROPICAL

**AUTOR: JONATHAN DOS SANTOS VIANA**  
**ORIENTADOR: LUIZ FABIANO PALARETTI**  
**COORIENTADOR: ROGÉRIO TEIXEIRA DE FARIA**

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

  
Prof. Dr. LUIZ FABIANO PALARETTI (Participação Virtual)  
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas DECEX / FCAV UNESP Jaboticabal

  
Profa. Dra. ALINNE DA SILVA (Participação Virtual)  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão UEMASUL / Imperatriz/MA

  
Prof. Dr. ALEXANDRE BARCELLOS DALRI (Participação Virtual)  
Departamento de Engenharia e Ciências Exatas DECEX / FCAV UNESP Jaboticabal

Prof. Dr. WILSON ARAÚJO DA SILVA (Participação Virtual)  
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão UEMASUL / Imperatriz

Documento assinado digitalmente  
WILSON ARAUJO DA SILVA  
Data: 26/04/2023 10:50:04-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

  
Prof. Dr. CÉSAR MARTORELLA DA SILVEIRA (Participação Virtual)  
Colégio Técnico Agrícola José Bonifácio / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 03 de março de 2023

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**JONATHAN DOS SANTOS VIANA**, nascido em São Luís – MA, Brasil, 26 de janeiro de 1992, filho de Vangelina Rocha dos Santos e Raimundo Nonato dos Santos Viana. Possui título de Técnico em Agropecuária (2012), Engenheiro Agrônomo (2018), Especialização em Docência Ensino Superior (2018), Especialização em Gestão de Projetos (2021), Especialização em Ensino de Biologia (2023), Especialização em Ensino de Ciências (2023) e Especialização no Ensino de Letras e Literatura. Foi bolsista de Iniciação Científica e Extensão de 2012 a 2017 na Universidade Estadual do Maranhão – Campus São Luís. Em agosto de 2019, obteve o título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Estadual Paulista – Campus Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Luiz Fabiano Palaretti. Durante o mestrado, participei de co-orientações de Trabalhos de Conclusão de Curso e de projetos de pesquisa na área de irrigação. Ainda em agosto de 2019, iniciou o curso de Doutorado pelo mesmo programa de Pós-graduação na UNESP/FCAV, desenvolvendo pesquisas sobre manejo da irrigação e fertirrigação em batata tipo chips, com ênfase na eficiência do uso da água, qualidade pós-colheita e nutricional. Durante o Doutorado também participou de diversas bancas de defesa de trabalhos de conclusão de curso, como também participou na elaboração de três projetos da FAPESP que foram aprovados com êxito. Atualmente é professor substituto do curso de Engenharia Agrônoma da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL/CCA, ministrando disciplinas na área de Fitotecnia.

“Há verdadeiramente duas coisas diferentes: saber e crer que se sabe. A ciência consiste em saber; em crer que se sabe reside a ignorância.”

Hipócrates

Aos meus pais, pelo exemplo de coragem e simplicidade em suas metas, e com muito carinho me ensinaram o caminho da justiça. Serei eternamente grato.

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por todos os sonhos até aqui realizados, e por todo cuidado durante meu percurso na Unesp/FCAV.

Também gostaria de expressar minha profunda gratidão a toda minha família, que me apoiou e incentivou ao longo de toda minha trajetória acadêmica. Sem o apoio de vocês, nada disso teria sido possível. Gostaria de agradecer especialmente a minha mãe, uma mulher guerreira que sempre fez o impossível para nos dar condições para estudar e crescer. Suas orações e esforços incansáveis nos levaram além do que poderíamos imaginar. Muito obrigado, mãe!

Feliz pela pessoa que me tornei. Aprendi muito na estrada da vida, sempre buscando aperfeiçoamento e saindo da zona de conforto. O doutorado foi uma fase de muita dificuldade, mas também de muito crescimento pessoal e profissional. Essa trajetória foi marcada pela grande oportunidade de ser orientado pelo Prof. Dr. Luiz Fabiano Palaretti que sempre esteve preocupado com meu aprendizado e disponível para me ensinar. Professor Fabiano, saiba que tenho grande respeito para com sua pessoa, aprendi bastante com o senhor. Eu sempre falava com os meus amigos, que além de um orientador eu tive um amigo, uma pessoa sempre disposta a ajudar. Tenho a pura convicção de que não irei sair da UNESP/FCAV com os mesmos aprendizados e com as mesmas oportunidades sem a sua colaboração.

Tenho grande apreço pelos meus professores da Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo), por todo aprendizado compartilhado e pela amizade criada durante minha estadia em Jaboticabal – SP.

Também agradeço aos meus orientadores de Iniciação Científica da graduação, Prof<sup>a</sup> Dra. Maria do Socorro Nahuz Lourenço, Prof<sup>o</sup> Dr. Emanuel Gomes de Moura, Prof<sup>a</sup> Dra. Marlen Barros e Silva, Prof<sup>a</sup> Dra. Josilda Junqueira Ayres Gomes e ao Prof<sup>o</sup> Dr. Claudio Belmino Maia, a oportunidade de tê-los como orientadores na graduação. Vocês deram grandes contribuições na minha jornada acadêmica, sou fruto dos seus ensinamentos.

Dessa forma, tenho muito orgulho de citá-los como uns dos responsáveis pela minha formação profissional. Agradeço pela confiança, amizade, conselhos e paciência. Vocês são exemplos de simplicidade, compreensão e competência.

Agradeço aos amigos que tive a oportunidade de conhecer e trocar experiências através da UNESP, como: Michael, José de Arruda, Thayane, Marcilene, Wanessa, Natan, Anderson, Bianca, Raphael, Guilherme, Julia e João que de maneira direta ou indireta me ajudaram nessa fase.

Tenho grande apreço pelo Departamento de Engenharia e Ciências Exatas - DECEX e por todos os funcionários que me ajudaram, em especial ao Luiz Cláudio que sempre esteve disponível para me ajudar nas atividades de campo, serei eternamente grato.

Foram muitas as pessoas que estiveram ao meu lado durante essa caminhada. Talvez eu não consiga expressar toda a minha gratidão por meio de palavras.

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

## SUMÁRIO

RESUMO -----	iii
ABSTRACT -----	iv
<b>CAPÍTULO 1- Considerações gerais-----</b>	<b>1</b>
1 INTRODUÇÃO -----	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO-----	3
2.1 Aspectos básicos da cultura da batata -----	3
2.2 Batateira cultivada em sistema irrigado -----	6
2.3 Fertilização no cultivo da batateira-----	7
2.4 Qualidade pós-colheita da batata -----	9
3 REFERÊNCIAS -----	11
<b>CAPÍTULO 2 - Supressão da irrigação e fertirrigação afetam a produtividade da batateira?-----</b>	<b>18</b>
RESUMO-----	18
ABSTRACT -----	19
2.1 INTRODUÇÃO-----	20
2.2 MATERIAL E MÉTODOS-----	21
2.2.1 Descrição da área, clima e solo-----	21
2.2.2 Tratamentos e delineamento experimental -----	23
2.2.3 Gestão da safra -----	23
2.2.4 Gestão da irrigação-----	25
2.2.5 Variáveis analisadas -----	27
2.2.6 Análise estatística-----	29
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	29
4 CONCLUSÕES -----	34
3 REFERÊNCIAS -----	35
<b>CAPÍTULO 3 Qualidade físico-química de batata tipo chips em função de supressão da irrigação e fertirrigação -----</b>	<b>39</b>
RESUMO-----	39
ABSTRACT -----	40
1 INTRODUÇÃO -----	41
2 MATERIAL E MÉTODOS -----	42

2.1 Descrição da área e solo-----	42
2.2 Tratamentos e delineamento experimental-----	43
2.3 Condução da cultura -----	43
2.4 Variáveis analisadas-----	45
2.5 Análise estatística-----	46
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	46
4 CONCLUSÕES -----	51
5 REFERÊNCIAS-----	52
<b>CAPÍTULO 4- Teor de macro e micronutrientes em batata em função de supressão da irrigação e fertirrigação-----</b>	<b>56</b>
RESUMO-----	56
ABSTRACT-----	57
1 INTRODUÇÃO -----	58
2 MATERIAL E MÉTODOS -----	59
2.1 Descrição da área, clima e solo-----	59
2.2 Tratamentos e delineamento experimental -----	61
2.3 Gestão da safra-----	61
2.4 Variáveis analisadas -----	63
2.5 Análise estatística-----	63
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	64
4 CONCLUSÕES -----	70
5 REFERENCIAS-----	71

## PRODUTIVIDADE, QUALIDADE PÓS-COLHEITA E NUTRICIONAL DA BATATA EM FUNÇÃO DE SUPRESSÃO DA IRRIGAÇÃO E FERTIRRIGAÇÃO EM CLIMA TROPICAL

**RESUMO:** Nas últimas décadas, houve um aumento da preocupação da sociedade com as questões ambientais. No mundo atual, é cada vez mais recorrente a ocorrência de eventos climáticos adversos, no qual se destaca a má distribuição de chuvas ao longo do ano. Dessa forma, a ocorrência de deficiência hídrica durante o ciclo da batateira, poderá refletir negativamente em sua produção. Arelado a isso, a baixa disponibilidade de água poderá afetar a absorção dos nutrientes presentes e/ou aplicados no solo. Essa pesquisa foi realizada objetivando avaliar o efeito da fertirrigação via irrigação por gotejamento associada a supressão na irrigação em determinados estádios fenológicos da cultura, e sua influência nos parâmetros morfológicos, fisiológicos, qualidade pós-colheita e nutricional da batata friteleica. Foram realizados três experimentos em condições de campo e laboratório. Inicialmente, (I) foi avaliado o efeito de supressão da irrigação e fertirrigação na morfofisiologia e produtividade em plantas de batateira. Posteriormente, avaliou-se o efeito de supressão da irrigação sobre a qualidade pós-colheita (II) e nutricional (III) de tubérculos batata. O delineamento experimental utilizado no ensaio foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 2, com 6 repetições, sendo os tratamentos constituídos de: três supressões da irrigação aos 80, 90 e 100 dias após plantio; e dois níveis de fertirrigação, fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura e fertirrigação equivalente. A supressão da irrigação associada a fertirrigação equivalente reduziu a eficiência quântica do fotossistema dois, induzindo em baixa atividade fotossintética. O efeito da fertirrigação segundo a marcha de absorção da cultura foi eficiente no incremento em altura de plantas e permitiu efeitos benéficos quando se fez o uso do parcelamento do nitrogênio em cobertura. A interação da supressão da irrigação aos 100 dias após plantio associada à fertirrigação segundo a marcha de absorção da cultura, promoveu incremento suficiente na produtividade, porém maior eficiência do uso da água foi percebida para lâmina reduzida de irrigação, aos 80 dias após o plantio e fertirrigação segundo a marcha de absorção e equivalente. O manejo hídrico de irrigação e fertilização, causaram efeitos benéficos na qualidade físico-química de batata, aliviando os estresses ambientais e inerentes a própria cultura, além de favorecer a otimização da atividade fisiológica, minimizando as perdas de qualidade pós-colheita. A supressão da irrigação e fertirrigação segundo a marcha de absorção da cultura incrementaram os teores de macro e micronutrientes em tubérculos de batata, melhorando a qualidade nutricional pós-colheita. Espera-se que supressão da irrigação aos 100 dias após plantio e fertirrigação segundo a marcha de absorção da cultura sejam amplamente utilizadas nos sistemas de produção de batata para manter o suprimento global das necessidades de energia, carboidratos, presentes e futuras, mas com respeito a sustentabilidade aos recursos naturais.

**Palavras-chave:** *Solanum tuberosum* L., manejo hídrico, nutrição, qualidade físico-química.

## PRODUCTIVITY, POST-HARVEST QUALITY AND POTATO NUTRITIONAL AS A FUNCTION OF IRRIGATION SUPPRESSION AND FERTIGATION IN TROPICAL CLIMATE

**ABSTRACT:** In recent decades, there has been an increase in society's concern about environmental issues. In today's world, the occurrence of adverse climatic events is increasingly recurrent, in which the poor distribution of rainfall throughout the year stands out. Thus, the occurrence of water deficiency during the potato cycle may reflect negatively on its production. Linked to this, the low availability of water may affect the absorption of nutrients present and/or applied in the soil. This research was carried out in order to evaluate the effect of fertigation via drip irrigation associated with suppression in irrigation at certain phenological stages of the crop, and its influence on the morphological, physiological, post-harvest and nutritional quality of the fries. Three experiments were carried out under field and laboratory conditions. Initially, (I) the effect of irrigation and fertigation suppression on morphophysiology and productivity in potato plants was evaluated. Subsequently, the effect of irrigation suppression on the post-harvest (II) and nutritional (III) quality of potato tubers was evaluated. The experimental design used in the assay was randomized blocks in a 3 x 2 factorial scheme, with 6 replications, and the treatments consisted of: three irrigation suppressions at 80, 90 and 100 days after planting; and two levels of fertigation, fertigation following the march of crop absorption and equivalent fertigation. Irrigation suppression associated with equivalent fertigation reduced the quantum efficiency of photosystem two, inducing low photosynthetic activity. The effect of fertigation according to the rate of absorption of the crop was efficient in increasing the height of plants and allowed beneficial effects when using nitrogen splitting in cover. The interaction of irrigation suppression at 100 days after planting associated with fertigation according to the crop absorption march promoted a sufficient increase in productivity, but greater efficiency of water use was perceived for reduced irrigation depth, at 80 days after planting and fertigation according to the absorption gait and equivalent. The water management of irrigation and fertilization caused beneficial effects on the physicochemical quality of potatoes, relieving environmental stresses and inherent to the crop itself, in addition to favoring the optimization of physiological activity, minimizing post-harvest quality losses. The suppression of irrigation and fertigation according to the crop absorption march increased the macro and micronutrient contents in potato tubers, improving the post-harvest nutritional quality. It is expected that suppression of irrigation at 100 days after planting and fertigation according to the crop absorption march will be widely used in potato production systems to maintain the overall supply of energy, carbohydrate, present and future needs, but with respect to sustainability to natural resources.

**Keywords:** *Solanum tuberosum* L., water management, nutrition, physical-chemical quality.

## **CAPÍTULO 1 – Considerações gerais**

### **1. INTRODUÇÃO**

A batata é uma Solanaceae de grande importância mundial. Originária da Cordilheira dos Andes, ocupa o quarto lugar em produção mundial de alimentos, superada apenas pelo trigo, arroz e milho. No ano de 2021, foram cultivados 115.925 ha de batata no Brasil, nos quais foram produzidos 3,7 milhões de toneladas de tubérculos (IBGE, 2022), abrangendo cultivos realizados em sequeiro e irrigado.

No Brasil, devido a extensão continental e variabilidade climática, a batateira é cultivada no Brasil durante o ano todo, em três safras: verão (1ª safra), outono (2ª safra) e inverno (3ª safra), apresentando ciclo de 90 a 110 dias (IBGE, 2021). Essa diversidade de safras possibilita uma produção contínua e garante o abastecimento do mercado interno e a exportação do produto. No entanto, cada região e época do ano apresenta desafios distintos em relação a variações de temperatura, umidade, pragas e doenças, o que demanda a adoção de práticas de manejo adequadas para obter uma produção de qualidade e alta produtividade.

O tubérculo de batata é apreciado por ser constituído de 78% de água, 20% de carboidratos e 2% de proteínas, além de aminoácidos essenciais e não essenciais (EMBRAPA, 2017). Embora, a maioria da produção seja destinada para o consumo *in natura*, nos últimos anos o processamento de batata tem aumentado, uma vez que facilita o preparo pelos consumidores do tubérculo. Dessa maneira, a batata processada e pré-cozida obteve o segundo maior crescimento na indústria brasileira de alimentos (SILVA et al., 2016).

A obtenção de características produtivas desejáveis é afetada, principalmente, pela disponibilidade hídrica. Neste sentido, a expansão do cultivo da batateira para novas regiões tem esbarrado na deficiência hídrica, que causa danos e têm se agravado devido às mudanças climáticas (BESHARAT et al., 2020).

Diante dessa prerrogativa, torna-se essencial o uso da irrigação, principalmente de sistemas localizados, que permitem a aplicação de água com maior eficiência. Neste contexto, a irrigação por gotejamento tem refletido em altas produtividades e melhor desenvolvimento da batateira irrigada por gotejamento (JANAGRAD et al. 2009; KRUPEK et al., 2021), inclusive com inferências a melhorias na qualidade da batata pós-colheita.

A associação da irrigação à estratégia de manejo de água e nutricional foi estudado e adotado em diversas culturas, porém, na cultura da batata as informações são ainda incipientes. Um estudo realizado na Mongólia por Jia et al. (2018) revelou que o uso eficiente de água e nitrogênio no cultivo da batata pode resultar em um aumento significativo na proporção de tubérculos comerciais, sem comprometer a produção total.

Nesse estudo, foi obtida uma melhoria de 1,4 a 2,0 vezes na eficiência do uso da água e de 20% a 35% na eficiência do uso do nitrogênio. Além disso, houve um aumento de aproximadamente 28% na proporção de tubérculos comerciais, o que pode levar a um maior retorno econômico para o produtor. Feng et al. (2018) encontraram maior produtividade de batata na China quando se utilizou de 35-50% da dose recomendada do fertilizante via fertirrigação por gotejamento com controle de perdas de nutrientes em solo arenoso.

Posto as respostas benéficas da batateira frente a reposição hídrica e nutricional adequada, é preciso garantir a disponibilidade perene dos insumos agrícolas. Contudo, a disponibilidade hídrica, em decorrência das mudanças climáticas, e o fornecimento de fertilizantes, que sofre influência dos altos preços internacionais, tendem a contrariar a essa expectativa.

Para compatibilizar a oferta e a demanda de água e nutrientes na cultura da batateira é válida a busca de sistemas de produção que aumentem a eficiência do uso de insumos, principalmente água e fertilizantes.

Dessa maneira, a realização deste trabalho pretendeu validar as seguintes hipóteses: (i) inicialmente, a associação da supressão da irrigação à fertirrigação implica em melhor aproveitamento de água e fertilizante pela cultura da batata; (ii) supressão da irrigação associada à fertirrigação resulta em melhor aproveitamento de água e nutrientes pela batateira alterando a qualidade físico-química dos tubérculos após a colheita; (iii) a compilação do manejo hídrico ao manejo nutricional influencia no aproveitamento dos nutrientes aplicados via fertirrigação alterando a qualidade nutricional das batatas após as colheitas para cada época de supressão da irrigação.

Aceitas as hipóteses, será indicada a melhor época de supressão da irrigação e fertirrigação e se, a redução na lâmina de água aplicada no final do ciclo da batateira, poderá aumentar a eficiência do uso da água e de nutrientes. Espera-se que essas

técnicas sejam utilizadas pelos agentes envolvidos na cadeia produtiva de batata, tendo ampla implicação devido à importância dessa cultura para indústria, para suprimento das necessidades presentes e futuras de fonte de energia (carboidratos) com sustentabilidade hídrica e nutricional.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a produtividade da batateira associando-se supressão da irrigação nos estádios fenológicos IV e V e fertirrigação em cobertura, bem como elucidar os mecanismos morfológicos, fisiológicos, pós-colheita e nutricionais envolvidos.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Aspectos básicos da cultura da batata**

A batateira é um arbusto pequeno com folhas simples, alternadas, com inflorescência cimosa vistosa e bissexuada (LORENZO; SOUZA, 2012), no máximo com 0,60 m de comprimento da parte aérea, e bastante ramificada, podendo ocorrer reprodução sexuada e assexuada. Na reprodução assexuada, as raízes oriundas dos tubérculos são de origem adventícia, enquanto nas plantas oriundas da germinação das sementes, as raízes têm origem na radícula (MACHADO; MORAIS, 1976).

O tubérculo de batata é um tipo de caule modificado, curto e bastante espesso devido a seus plastídios conterem abundância de amido acumulado (KERBAU, 2004). O ciclo de desenvolvimento da batata é dividido em cinco fases: Estádio I: do plantio à emergência; Estádio II: da emergência ao início da tuberização; Estádio III: do início da tuberização ao máximo desenvolvimento vegetativo; Estádio IV: do máximo desenvolvimento vegetativo ao máximo crescimento dos tubérculos, e Estádio V: do máximo crescimento e enchimento dos tubérculos até a senescência da planta (PAULA et al., 2005).

O plantio geralmente é feito em sulcos, de 10 a 15 cm de profundidade e espaçados de 70 a 90 cm, conforme a finalidade do empreendimento. Quando a produção é destinada ao consumo, os sulcos podem distar 80 a 90 cm, dependendo da época e do cultivar (SILVA et al., 2007).

O cultivo da batata é influenciado por diversos fatores, desde o espaçamento entre sulcos até as condições climáticas durante o ciclo da cultura. Segundo Nick e Borém (2017), quando a finalidade é produzir batata semente, é recomendado um

espaçamento entre sulcos de 70 a 75 cm, o que resultará em um maior número de tubérculos menores. Além disso, o acúmulo de graus dias durante os estádios fenológicos II e III da cultivar também afeta o comportamento da batateira, conforme apontado por Paula et al. (2005).

Todavia, é importante destacar que as mudanças climáticas podem ter um impacto significativo na produtividade da cultura. Em estudo simulado por Fagundes et al. (2010), foi verificado que o aumento da temperatura do ar praticamente não afeta a produtividade de tubérculos no outono, mas a antecipação da data de plantio na primavera e o atraso no outono podem minimizar o impacto negativo do aumento da temperatura sobre as plantas de batata.

Após a colheita, é fundamental garantir a qualidade da batata, tanto no campo quanto na pós-colheita. Além de ser uma fonte importante de carboidratos, sais, vitaminas e proteínas com propriedades antioxidantes e antialérgicas, como destacado por Hussain et al. (2021), a batata é um alimento de alto valor biológico. No Brasil, a produtividade média de batata é de 32,83 t ha<sup>-1</sup>, de acordo com dados do IBGE (2021).

Em relação à nutrição, 100 g de batata suprem aproximadamente 10% das necessidades recomendadas de proteínas para uma criança, ou 10% da demanda de tiamina, niacina, vitamina B6, ácido fólico e 50% da vitamina C para adultos (PEREIRA; DANIELS, 2003).

**Tabela 1.** Composição química de tubérculos de batata (g 100 g de tubérculo<sup>-1</sup>).

Umidade	74-76
Carboidratos	17-19
Proteínas	1-2,5
Gorduras	0,1
Sais minerais	0,7-0,9
Vitamina B1	0,0006
Vitamina B2	0,0011
Vitamina B3	0,0105
Vitamina E	0,0001

Fonte: Quadros et al. (2009).

A baixa disponibilidade de nitrogênio na camada do solo arável, além da alta demanda do nutriente pelas plantas, faz com que este nutriente essencial seja um dos

fatores mais limitantes na produtividade da batateira (BRAUN et al., 2013). Assim, o fornecimento de N altera sinergicamente ou antagonicamente a absorção e o uso de outros nutrientes presentes no solo, com a absorção geneticamente controlada de nutrientes afetada pela interação genótipo-ambiente-manejo (MALTAS; DUPUIS; SINAJ, 2018).

A otimização do uso de N, o aumento da produtividade da batata e a redução da perda de nutrientes dependem da correta seleção da fonte de N, dose e época de aplicação (SOUZA et al., 2019; MILROY; WANG; SADRAS, 2019) com a interação com o genótipo, umidade e tipo de solo (SARAVIA et al., 2016).

Já o potássio (K) é elemento essencial para crescimento, desenvolvimento e maturação de grãos, tubérculos e frutos (FERNANDES, 2006). Para Malavolta (2006), esse nutriente é necessário para formação dos açúcares e do amido e para o seu transporte até os outros órgãos de reserva. Por outro lado, é indispensável para formação das proteínas. O potássio ainda tem importante função no estado energético da planta e na manutenção de água nos tecidos vegetais. Ele não faz parte de nenhuma estrutura ou moléculas orgânicas da planta e é facilmente translocado pelos tecidos (FERNANDES, 2006).

O potássio é requerido pelos tubérculos em grande quantidade em relação a outros macronutrientes e a sua exportação é de cerca de uma vez maior que o nitrogênio (YONORI, 2003).

Para Fernandes e Soratto (2013), maior produtividade de tubérculos obtida nas cultivares Mondial e Asterix deve-se a maior absorção de macro e micronutrientes e produção de matéria seca. Reis Junior e Monnerat (2001) também relataram que a máxima produtividade foi obtida quando as eficiências de absorção de nutrientes pelos tubérculos de N, P, K, Ca, Mg, S e Zn foram de 49,5%, 6,0%, 40,4%, 0,3%, 36,1%, 1,2% e 3,4%, respectivamente. Silva et al. (2020) constataram que maior extração de N, P e K pelas variedades Asterix e Atlantic favoreceram em maior produtividade, enquanto, as variedades Taurus e Ágata extraíram menores quantidades de nutrientes e apresentaram menores produtividades.

## 2.2 Batateira cultivada em sistema irrigado

O adequado suprimento de água à cultura da batateira, desde o plantio até a colheita, é um dos fatores mais importantes para altos rendimentos e qualidade de tubérculos. O consumo hídrico da batateira é influenciado pela cultivar, idade da planta, clima, solo e manejo de água. Embora, o déficit hídrico seja mais danoso nas fases de formação de botões florais – floração; formação de tubérculos (tuberização) e maturação (acúmulo de massa de tubérculos) (ZLATEC et al., 2012; ROLBIECKI et al., 2015).

Milic et al. (2010) afirmaram que para a batateira, a umidade ótima do solo de textura média deve ficar próxima a 70% da capacidade de campo. Assim, a umidade do solo deve estar adequada, principalmente, durante a formação dos estolões e o desenvolvimento inicial dos tubérculos (BEGUM et al. 2018). Dessa forma, a reposição de água deve ser ajustada às especificidades da variedade, para se evitar estresse hídrico (KUMARI et al., 2011; SALIH et al., 2018).

A batateira é muito sensível ao déficit hídrico, mesmo em curtos períodos de estiagem. Assim sendo, a irrigação é recomendada em regiões com distribuição irregular de chuvas. Por outro lado, o excesso de água também afeta negativamente a produção, já que ao reduzir a aeração do solo, favorece maior incidência de doenças. Vale ressaltar que a lixiviação para as camadas mais profundas do perfil do solo, além de gerar perdas econômicas têm alto potencial poluidor de recursos hídricos subterrâneos.

No Brasil, a aspersão é muito utilizada na irrigação da batateira. Porém, a necessidade de sistemas de irrigação localizada, têm sido preconizados por serem mais eficientes no uso da água e de fertilizantes, além de favorecer melhores condições para o desenvolvimento da cultura da batata.

Nesse aspecto, a irrigação por gotejamento tem sido avaliada e adotada com êxito no cultivo da batateira. O gotejamento, em relação à aspersão, possui maior custo de implantação, no entanto, apresenta como vantagens: maior eficiência no uso da água, menor consumo de energia, controle fitossanitário facilitado e favorecido, fertirrigação viabilizada e favorável (CUNHA et al., 2014). Outros exemplos também são vistos, como Jha et al. (2017), em experimento com batateira encontraram maior

produtividade quando se utilizou irrigação por gotejamento (26,21 t ha<sup>-1</sup>) em relação à irrigação em sulcos (20,0 t ha<sup>-1</sup>). Rodzenska et al. (2021) analisando a produtividade de tubérculos de batata, utilizando dois sistemas de irrigação, linha de gotejamento superficial e subsuperficial, encontraram máximo rendimento total de 40 t ha<sup>-1</sup> para irrigação localizada por gotejamento superficial.

A estratégia de reduzir a relação entre a produção e o volume de água aportado tem sido investigada para várias culturas (KANG; ZHANG, 2004). Alguns trabalhos evidenciam que a redução da lâmina total aplicada resultou em queda na produção de tubérculos grandes, em contrapartida, a eficiência em utilizar água, pela planta, aumentou expressivamente (CARLI et al., 2019; CAMARGO et al., 2015).

Nesse horizonte, e diante da constante escassez hídrica presenciada na atualidade, a supressão da irrigação em determinados momentos do ciclo fenológico da cultura da batateira torna-se uma boa estratégia na produção da batateira em clima tropical.

Estudos relacionados às épocas de colheita associadas ao manejo hídrico têm sido realizados principalmente com as culturas como a soja (KAPPES et al., 2012), trigo (JASKUSKI; JASKUSKI, 2012), arroz (HE et al., 2015), feijões (MCAUGHTON et al., 2015; TAVARES et al., 2016), cana de açúcar (VIEIRA et al., 2013) e café (FERNANDES et al., 2014).

Entretanto, a literatura é deficiente sobre informações de supressão da irrigação em batateira na fase fenológica IV e V. Essa técnica aplicada em determinada época do ciclo de cultivo da batateira se faz necessária como de antecipação da colheita, o que reduz o tempo de permanência dos tubérculos no campo e conseqüentemente exposição às condições edafoclimáticas, preservando a qualidade, melhorando a utilização da lâmina de água aplicada, além de viabilizar a colheita.

### **2.3 Fertilização no cultivo da batateira**

A elevada taxa de crescimento da batateira, em um curto ciclo, exige a presença de nutrientes prontamente disponíveis no solo. E, mesmo tendo um sistema radicular restrito, a batateira é altamente responsiva à adubação com macronutrientes (CARDOSO et al., 2007).

A dose de nitrogênio impacta diretamente no desenvolvimento e produtividade da batateira (MAHAMUD et al., 2015; NURMANOV, KUZDANOVA, 2017), principalmente na fase de vegetação, quando o crescimento é intenso (NURMANOV; ELESHEV, 2017). Uma vez que, o N contribui para a rápida formação de partes vegetativas, fotossíntese e permite utilizar as reservas de umidade do solo de forma mais significativa durante a formação da cultura (ISLAM et al., 2007; KUMAR et al., 2007).

A deficiência de nitrogênio resulta em desenvolvimento raquítico, clorose foliar e além da redução na produtividade, o teor de amido nos tubérculos diminui (GOFFART et al., 2008). Por outro lado, o excesso de N causa crescimento desordenado da planta e dos tubérculos. Além disso, o período de vegetação será maior e a planta será menos resistente a ambientes desfavoráveis (IERNA et al., 2011).

O alto rendimento de tubérculos e o acúmulo de amido exigem aportes de potássio (WESTERMANN et al., 2005), que em subdoses limita o rendimento e qualidade dos tubérculos (BANSAL; TREHAN, 2011). As funções fisiológicas do potássio em plantas foram amplamente descritas (PETTIGREW, 2008; ZÖRB et al., 2014), mas suas funções de produção em batata ainda são controversas.

A oferta insuficiente de K afeta negativamente a taxa de crescimento das plantas de batata durante a fase vegetativa e interrompe a partição da matéria seca entre a parte aérea e os tubérculos (JENKINS; MAHMOOD, 2003).

Elevadas doses de N, concomitante escassez de K, levam a distúrbios no crescimento da planta, provocando enraizamento insuficiente dos tubérculos, teor elevado de nitrato nos tubérculos e aumento da suscetibilidade a patógenos (CIEŚLIK; SIKORA, 1998). Outra desvantagem do desequilíbrio N/K é a alta concentração de açúcares redutores nos tubérculos, afetando negativamente a qualidade da batata frita (BANSAL; TREHAN, 2011).

Já o fósforo desempenha papel-chave no metabolismo celular, absorvido e utilizado na forma oxidada, e sem redução na planta, como ocorre com nitrato ou sulfato.

Na célula, o P permanece como fosfato inorgânico (Pi) ou é esterificado em compostos carbonatos (açúcar fosfato) ou em outros fosfatos importantes no

metabolismo energético da célula (ATP, GTP) (MARENCO; LOPES, 2013). Da mesma forma, Wubengeda et al. (2016) relataram que proporcionalidade, dos incrementos na dose de N e P, e o rendimento da batateira. Desalegn et al. (2016) também relataram que o aumento da taxa de N e P pode incrementar a produção de tubérculos em 361 e 358% em comparação com o tratamento não fertilizado.

A extração de macro e micronutrientes do solo é variável de acordo com o estágio fenológico da cultura, cultivares, produção esperada, tubérculos-sementes, temperatura, umidade, época de plantio, tratos culturais, adubação, etc. Em média, as plantas absorvem aproximadamente: 4,3; 0,6; 7,2; 1,4; 0,5; e 0,6 kg de N, P, K, Ca, Mg e S e 3,4 g de B; 1,6 g de Cu; 71,6 g de Fe; 7,0 g de Mn e 4,3 g de Zn para cada tonelada de tubérculo produzido (FERNANDES, 2012).

#### **2.4 Qualidade pós-colheita de batata**

A batata é um alimento rico em amido, e possui quase todos os nutrientes essenciais para humanos. Tem grandes aptidões, podendo ser usada na composição de uma variedade de pratos culinários. Mais recentemente, o consumo de batata processada tem crescido em comparação as batatas destinadas para fritura industrial (EMBRAPA, 2016).

Por sua significativa importância na alimentação humana, vale ressaltar que a composição química dos tubérculos pode variar em função da cultivar, das condições climáticas, das práticas culturais, das condições de solo, dos estádios de maturação, das condições de armazenamento, e sobretudo, do manejo nutricional (HAYES, THILL, 2003; EVANGELISTA et al., 2011; FERNANDES et al., 2015).

Diante disso, a aptidão para o uso (fritura, cozimento ou massa) depende das características bromatológicas dos tubérculos, como o teor de sólidos totais, ou seja, a massa seca (VIRMOND et al, 2014). Um maior teor de sólidos totais proporciona maior rendimento na produção de “chips” de batata, pois há menor retenção de óleo na fritura, melhorando a textura, a cor e o sabor do produto (FERNANDES, 2010).

Outros fatores como pH da polpa, firmeza, cinzas e acidez total titulável podem afetar direta ou indiretamente a qualidade dos tubérculos (GÓMEZ-CASTILLO et al., 2013).

O excesso de fertilização pode ocasionar o desenvolvimento anormal da planta, seja devido à toxidez, salinidade, inibição da absorção de determinado nutriente pela presença excessiva de outro nutriente, ou mesmo crescimento excessivo das hastes. Nesse sentido, a utilização indiscriminada de fertilizações ainda é muito presente nos cultivos de batata no Brasil, refletindo nos custos de produção e na qualidade do produto final.

Pauletti e Menarim (2004) constataram que em adubações excessivas de potássio, ocorre maior absorção e acúmulo desse nutriente pela planta, reduzindo o potencial osmótico e aumentando a absorção de água, o que causa diluição do amido devido ao aumento da umidade dos tubérculos.

Evangelista et al (2011) afirmaram que as cultivares Atlantic, Fortane e Innovator apresentaram polpa firme (9,14 a 9,55 N) e elevados teores de matéria seca (19,68 a 21,63%), carboidratos (14,49 a 15,90%) e amido (14,29 a 15,74%) adequados para fritura. Cardoso et al (2017) evidenciaram que quase todos os fracionamentos de N e K conduziram a diminuição do teor em açúcares redutores dos tubérculos da variedade Ágata.

O momento da supressão da irrigação também pode influenciar na qualidade pós-colheita das batatas, uma vez que não é comumente usado na produção de hortaliças. No entanto, devido à significativa importância do uso eficiente da água na agricultura, é necessário estudar seus efeitos.

A época em que se realiza a supressão da irrigação poderá afetar diretamente no teor de umidade do tubérculo. A utilização de lâmina reduzida de irrigação tem sido uma forma de manejo da água de irrigação que visa otimizar o uso da água, mas pode implicar muitas vezes em menor produtividade de tubérculos (MEDEIROS et al., 2007; SALDANHA, 2004). Enquanto, as lâminas altas, embora possam aumentar a produtividade, conduzem ao aparecimento de tubérculos rachados e com menor teor de sólidos solúveis.

Muchalak et al (2015) relatam que o aumento da lâmina da irrigação, dentre outros parâmetros, não afetou as características de qualidade pós-colheita de batata, podendo-se recomendar, então, a aplicação de 50% da ETc (evapotranspiração da cultura) já que não trouxe reduções significativas na produtividade e possibilitou economia no uso da água.

### 3. REFERÊNCIAS

- BEGUM, M.; SAIKIA, M.; SARMAH, A.; OJAH, N.J.; DEKA, P.; DUTTA, P.K; OJAH, I. Water Management for Higher Potato Production: A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v.7, n.5, p. 24-33, 2018.
- BESHARAT, S.; BARÃO, L.; CRUZ, C. New strategies to overcome water limitation in cultivated maize: Results from sub-surface irrigation and silicon fertilization. **Journal of Environmental Management**, v. 263, p.1-9, 2020.
- BRAUN, H.; COELHO, F.; SILVA, M.C.C.; FONTES, P.C.R. Absorção, metabolismo e diagnóstico do estado de nitrogênio em plantas de batata. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, p. 185-195, 2013.
- BANSAL, S.K.; TREHAN, S.P. Effect of K on yield and processing quality of potato Karnataka. **J. Agric. Sci.**, v. 24, n. 1, p. 48-54, 2011.
- 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**, Lavras, v.31, n.6, p. 1729-1736, 2007.
- CARDOSO, A.D.; ALVARENGA, M.A.R.; DUTRA, F.V.; MELO, T.L.M; VIANA, A.E.S. Características físico-químicas de batata em função de doses e fracionamentos de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 567-575, 2017.
- CUNHA, F.F.; GODOY, A.R.; MUCHALAK, S.M.; LIMA, S.F.; LEAL, A.J.F.; BAIQ, H.R.; GUAZINA, R.A. Production of potato cultivars in different irrigation systems. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 55-64, 2014.
- CAMARGO, D.C.; MONTOYA, F.; CORCOLES, J.I. Modeling the impacts of irrigation treatments on potato growth and development. **Agricultural water management**, v. 150, n.1, 2015.
- CARLI, C.; YULDASHAVE, F.; KHALIKOV, D.; CONDORI, B.; MARES, V.; MONNEVEUX, P. Effect of different irrigation regimes on yield, water use efficiency and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) in the lowlands of Tashkent, Uzbekistan: a field and modeling perspective. **Field crops research**, v. 163, n.1, p. 90-99, 2019.
- CIESLIK, E.; SIKORA, E. Correlation between the levels of nitrates and nitrites and contents of potassium, calcium and magnesium in potato tubers. **Food Chemistry**, v.63, n.4, p.525-528, 1998.
- DESALEGN, R.; WAKENE, T.; DAWIT, M.; TOLESSA, T. Effects of nitrogen and phosphorus fertilizer levels on yield and yield components of Irish potato (*Solanum tuberosum*) at Bule Hora District, Eastern Guji Zone, southern Ethiopia. **Int J Agric Econ**, v. 1, p. 71–77, 2016.

EMBRAPA. **Sistema de produção da batata**. Sistemas de produção Embrapa, Brasília, v. 2, 2016. Disponível em: <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/>> Acesso em: 12 jan. 2022.

EMBRAPA. **A cultura da batata**. Sistema de produção, Embrapa, v.2, 2017. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/hortalicas/batata/composicao-nutricional>> Acesso em: 25 abril. 2022.

EVANGELISTA, R.M.; NARDIN, I.; FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P. Qualidade nutricional e esverdeamento pós colheita de tubérculos de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 46, n. 8, p. 953-960, 2011.

FENG, Z.; KANG, Y.; WAN, S.; LIU, S. Effect of drip fertigation on potato productivity with basal application of loss control fertilizer in sandy soil. **Irrigation and drainage**, v. 67, n.1, p. 210-221, 2018.

FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de batata. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 91-100, 2013.

FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p. 432.

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**, Brasília, v. 28, p. 299-304, 2015.

FERNANDES, A.M. **Crescimento, produtividade, acúmulo e exportação de nutrientes em cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 2010. 144 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010.

FERNANDES, A.Z.; SORATTO, R.P. **Nutrição mineral, calagem e adubação da batateira**. Botucatu: FEPAF, p. 15-21, 2012.

FERNANDES, A.L.T.; PARTELLI, F.L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v.42, n.2, p.231-240, 2014.

FAGUNDES, J.D.; STRECK, N.A.; BISOGNIN, D.A.; SCHWANTES, A. Potato tuber simulated yield in climate change scenarios. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n.4, p. 351-360, 2010.

GÓMES-CASTILLHO, D.; CRUZ, E.; IGUAZ, A.; ARROQUI, C.; VÍRSEDA, P. Effects of essential oils on sprout suppression and quality of potato cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 82, p. 15-21, 2013.

GOFFART, J.P.; OLIVIER, M.; FRANKINET, M. Potato crop N status assessment to improve N fertilization management and efficiency: past - present – future. **Potato Res.**, v. 51, p. 355-383, 2008.

HAYES, R.J.; THILL, C.A. Selection for potato genotypes from diverse progenies that combine 4°C chipping white acceptable yields, specific gravity and tuber appearance. **Crop science**, Madison, v.12, p. 1342-1347, 2003.

HE, Y.Q.; CHENG, J.P.; LIU, L.F.; LI, X.D.; YANG, B.; ZHANG, H.S. Efeitos de aplicação de produtos químicos pré-colheita na dessecação do arroz e na qualidade das sementes. **J. Zhejiang Univ Sci B**, v. 16, n. 10, p. 813-823, 2015.

HUSSAIN, M., QAYUM, A., XIUXIU, Z., LIU, L., HUSSAIN, K., YUE, P., YUE, S., KOKO, M.Y.F., HUSSAIN, A., LI, X. Potato protein: An emerging source of high quality and allergy free protein, and its possible future based products. **Food Research International**, v. 148, p. 110583, 2021.

IERNA, A.; PANDINO, G.; LOMBARDO, S.; MAUROMICALE, G. Tuber yield, water and fertilizer productivity in early potato as affected by a combination of irrigation and fertilization. **Agr. Water Manag**, v. 101, p. 35-41, 2011.

ISLAM, M.A.; BASET, M.A.; MIAAND, M.A. Influence of N fertilizer on biochemical attributes of potato (*Solanum tuberosum* L.) in relation to yield potential **Agriculturists**, v. 5, n.12, p. 120-130, 2007.

IBGE- **Levantamento sistemático da produção agrícola**. 2021. Disponível: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-epecuaria/9201-levantamento-sistemico-daproducao-agricola.html?=&t=downloads>> Acesso em: 12 fev. 2022.

IBGE- **Levantamento sistemático da produção agrícola**. 2022. Disponível: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-epecuaria/9201-levantamento-sistemico-daproducao-agricola.html?=&t=downloads>> Acesso em: 12 março. 2023.

JASKUSKI, D.; JASKUSKI, I. O efeito da aplicação de glifosato pré-colheita na qualidade de grãos e trigo de inverno voluntário. **Romênia Agric Rese**, v. 42, p. 9-18, 2012.

JANAGRAD, M.S.; TOBEH, A.; HOKMALIPOUR, S.; SOMARIN, S.J., ABBASI, A.; SHAHBAZI, K. Batata (*Solanum tuberosum* L.) Resposta a regimes de irrigação por gotejamento e arranjos de plantas durante os períodos de crescimento. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.8, p. 390-399, 2009.

JENKINS, P.D.; MAHMOOD, S. Dry matter production and partitioning in potato plants subjected to combined deficiencies of nitrogen, phosphorus and K. **Ann App Biol.**, v. 143, p. 215-229, 2003.

JHA, G.; CHOUDHARY, O.P.; SHARDA, R.; MORAL, M.T. Comparative effects of saline water on yield and quality of potato under drip and furrow irrigation. **Food & Agriculture**, v. 3, p. 1369345, 2017.

JIA, L.; QIN, Y.; CHEN, Y.; FAN, M. Fertigation improves potato production in Inner Mongolia (China). **Journal of Crop Improvement**, v.32, p. 648-656, 2018.

KAPPES, C.; ARF, O.; FERREIRA, J.P.; PORTUGUAL, J.R.; ALCADE, A.M.; ARF, M.V. Qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de feijoeiro em função de Paraquat em pré-colheita. **Tropa Pesq Agropec.**, v. 42, p. 9-18, 2012.

KRUPEK, H.S., DITTMAR, P.J.; SARGENT, S.A., ZOTARELLI, L.; ROWLAND, D. Impact of Early Potato Desiccation Method on Crop Growth, Skinning Injury, and Storage Quality Maintenance. **American Journal of Potato Research**, v. 98, p. 218–231, 2021.

KUMAR, P.; PANDEY, S.K.; SINGH, B.P.; SINGH, S.V.; KUMAR, D. Effect of N rate on growth, yield, economics and crisps quality of Indian potato processing cultivars **Potato Res.**, v. 50, pp. 143-155, 2007.

KUMARI, S. Influence of drip irrigation and mulch on leaf area maximization, water use efficiency and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.). **J. Agric. Sci.**, v. 4, n.1, p. 71–80, 2011.

KANG, S.; ZHANG, J. Irrigação parcial controlada da zona radicular alternada: suas consequências fisiológicas e impacto na eficiência do uso da água. **Journal of Experimental Botany**, 55(407), 2437 – 2446, 2004.

KERBAUY, K. **Fisiologia vegetal**. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan S.A. 2004. 452 p.

LORENZI, H.; SOUZA, C.V. **Botânica Sistemática**. 3ª ed. Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA. Nova Odessa, SP, 2012.

MACHADO, M.M.P; MORAES, Z. **Tecnologia e produção de batata semente** (1 ED.) Agiplan, Brasília, 1976.

MILROY, S.P.; WANG, P.; SADRAS, V.O. Definindo limites superiores de absorção de nitrogênio e eficiência de uso de nitrogênio da batata em resposta ao fornecimento de N pela cultura. **Pesquisa de Campo**, v. 239, p. 38-46, 2019.

MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agr. Ceres, 2006, p.631. MUCHALAK, S.M.; CUNHA, F.F.; GUAZINA, R.A; LIMA, S.F.; GODOY, A.R. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v.23, n.5, 2015.

MEDEIROS, J.F.; SANTOS, S.C.L.; CÂMARA, M.J.T.; NEGREIROS, M.Z. Produção de melão Cantaloupe influenciado por coberturas do solo, agrotêxtil e lâminas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 538-543, 2007.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 3ª ed. Viçosa: UFV, 2012, p. 274-278.

MAHUMUD, M.A.; CHOWDHURY, M.A.H.; RAHIM, M.A.; MOHIUDDIN, K.M. Mineral nutrient contents of some potato accessions of USA and Bangladesh. *J. Bangladesh Agric. Univ.*, v. 13, n.2, p. 207-214, 2015.

MILIC, S. Potato yield and yield structure depending on irrigation. *AGRIS*, v. 47, p. 257–265, 2010.

MCNAUGHTON, K.E.; BLACKSHAW, R.E.; WADDELL, K.A.; GULDEN, R.H.; SIKKEMA, P.H.; GILLARD, C.L. Efeito do tempo de aplicação de glifosato e saflufenacil como dessecantes em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Can J Plant Sci*, v. 95, n. 2; p. 369-375, 2015.

MALTAS, A.; DUPUIS, B.; SINAJ, S. Resposta de produtividade e qualidade de duas cultivares de batata à adubação nitrogenada. *Batata Research*, v.61, p. 97-114, 2018.  
NURMANOV, E.T.; KUZDANOVA, R.S. The effect of nitrogen fertilizers on Nevskiy potato productivity and quality under settings of Karaganda Region. *A Econ.: Econ. Agric.*, v. 11, n.23, 2017.

NICK, C., BORÉM, A. **Batata**: do plantio à colheita. Viçosa-MG, Ed. UFV, 2017, 51p.

PAULETTI, V., MENARIN, E. Época de aplicação, fontes e doses de potássio na cultura da batata. *Scientia Agraria*, v. 5, p. 15-20, 2004.

PAULA, F.L.M; STRECK, N.A; HELDWEIN, A.B.; BISOGNIN, D.A.; PAULA, A.L; DELLAI, J. Thermal time of some developmental phases in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Ciência Rural*, v.35, n 5, p. 1034-1042, 2005.

PETTIGREW, W.T. Potassium influence on crop yield and quality. *Phys. Plantarum*, v. 133, n.4; p. 70-681, 2008.

PEREIRA, E.M.S; DANIELS, J. **A batata e seus benefícios nutricionais**. Uberlândia: EDUFU, v. 1, p. 58, 2005.

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

ROLBIECKI, S.; ROLBIECKI, R.; KUŚMIEREK-TOMASZEWSKA, R. Requirements and effects of drip irrigation of mid-early potato on a very light soil in moderate climate **Fresenius Ambiente**, v. 24, n.11, p. 3895-3902, 2015.

RODZENSKA, A.J.; JANIK, G.; WALCZAK, A.; SOWINSKA, K.A.; SOWINSKA, J. Tuber yield and water efficiency of early potato varieties (*Solanum tuberosum* L.) cultivated under various irrigation levels. **Scientific reports**, v.11, p. 19121, 2021.

SILVA, C.D.; SOARES, M.E.P.; FERREIRA, M.H.F.; CAVALCANTE, A.C.P.; ANDRADE, G.A.V.; AQUINO, L.A. Dry matter and macronutrient extraction curves of potato varieties in the Alto Paranaíba region, Brazil. **Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental**, v. 24, n. 3, p. 176-186, 2020.

SOUZA, E.F.C.; SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M.; ROSEN, C.J. Nitrogen Source and Rate Effects on Irrigated Potato in Tropical Sandy Soils. **Agronomy Journal**, v.111, n. 1, p. 378-389, 2019.

SARAVIA, D.; FARFAIN-VIGNOLO, E.R.; GUTIERREZ, R.; DE MENDIBURU, F. Yield and Physiological Response of Potatoes Indicate Different Strategies to Cope with Drought Stress and Nitrogen Fertilization. **American Journal of Potato Research**, v. 93, p. 288-295, 2016.

SILVA, J.A.; PIRES, R.C.M.; SAKAI, E.; SILVA, T.J.A.; ANDRADE, J.E.; ARRUDA, F.B.; CALHEIROS, R.O. Desenvolvimento e produtividade da batata irrigada por dois sistemas de cultivo. **Engenharia de Água e Solo**, v.27, n.2, 354-362, 2007.

SALDANHA, T.R.F.C. **Produção e qualidade de melão cantaloupe cultivado sob condições de diferentes tipos de cobertura e lâminas de irrigação**. 2004. 105f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia), Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2004.

SILVA, J.G.; ARAÚJO, A.P.; VIEIRA, S.M.; FRANÇA, M.G.C. Tuber Chemical Composition and Acrylamide Formation Potential in three Potato Cultivars Supplied with two Nitrogen Sources. **American Journal of Potato Research**. v.93, p.572–580, 2016.

SALIH, S.A.; ABDULRAHMAN, F.A.; MAHMOOD, Y.A. The effect of different irrigation interval on tuber yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Kurdistan J. Appl. Res.**, v. 3, n.2, p. 21–37, 2018.

TAVARES, C.J.; FERREIRA, P.C.; JAKELAITIS, A.; SALES, J.F.; RESENDE, O. Qualidade fisiológica de sementes de feijão azuki dessecadas e armazenadas. **Revista Caatinga**, n. 29, p. 66-75, 2016.

QUADROS, D.A.; LUNG, M.C.; FERREIRA, S.M.R.; FREITAS, R.J.S. Chemical composition of potato tubers for processing, grown in different levels and sources of potassium. **Food Science Technology**, v. 29, n.2, p. 316 – 323, 2009.

VIRMOND, E.P.; KAWAKAMI, J.; VONCIK, K.S.; CÓRDOVA, K.R.V.; SLOMPO, P.J.H. Características físico-químicas de cultivares de batata sob cultivo orgânico. **Ambiência Guarapuava**, v.10, n.1, p. 31 – 42, 2014.

VIEIRA, G.H.S.; MANTOVANI, E.C.; SEDIYAMA, G.C.; CECON, P.R.; DELAZARI, F.T. Época de interrupção da irrigação na cultura da cana de açúcar. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 3, p. 426-441, 2013.

WESTERMANN, D.T. Nutritional requirements of potatoes. **Am. J. Potato Res.**, v. 82, p. 301-307, 2005.

WUBENGEDA, A.; KASSU, T.; TILAHUN, H.; YONASE, D.; DAWIT, H. Determining of optimal irrigation regimes and Np fertilizer rate for potato (*Solanum tuberosum* L.) at Kulumsa, Arsi Zone, Ethiopia. **Acad J Agric Res.**, v. 4, p. 326–332, 2016.

YONORI, G.T. **Curva de crescimento e acúmulo de nutrientes pela cultura da batata cv. Atlantic**. 2003. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ZORB, C.; SENBAYRAM, M.; PEITER, E. Potassium in agriculture – status and perspectives. *J. Plant Physiol.*, v. 171; p. 656-669, 2014.

ZLATEV, Z.; LIDON, F.C. Uma visão geral das mudanças induzidas pela seca no crescimento das plantas, relações hídricas e fotossíntese. *Emirates J. Food Agric.*, v. 24, n.1, p. 57-72, 2012.

## **CAPÍTULO 2 - Supressão da irrigação e fertirrigação afetam a produtividade da batateira?**

Jonathan dos Santos Viana<sup>1</sup> <http://orcid.org/0000-0003-4734-9843>, Luiz Fabiano Palaretti<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-5107-6038>, Rogério Teixeira de Faria<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1696-7940>, Alexandre Barcellos Dalri<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3122-1899>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista/FCAV, Departamento de Engenharia e Ciências Exatas/DECEX, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

### **RESUMO**

Com a limitação na disponibilidade de água para a agricultura e os altos custos de fertilizantes, torna-se necessário a adoção de estratégias de manejo hídrico e nutricional da batateira. O objetivo neste estudo foi avaliar as características morfológicas, fisiológicas e a produtividade da batateira sob influência de supressão da irrigação e fertirrigação em Jaboticabal, SP, Brasil. Foi realizado experimento em blocos casualizados conduzido em campo, usando esquema fatorial 3 x 2 com supressões da irrigação aos 80, 90 e 100 dias após o plantio e formas de fertirrigação, marcha de absorção da cultura e equivalente. Os resultados indicam que a interação dos fatores teve efeito significativo para massa fresca de raiz, produtividade e eficiência do uso da água. A produtividade máxima de 47,82 t ha<sup>-1</sup> foi obtida com a supressão da irrigação aos 100 dias após o plantio e a fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura. Isso sugere que a aplicação de fertilizantes em sincronia com as necessidades da cultura pode melhorar a eficiência do uso da água e aumentar a produtividade. Além disso, os resultados mostraram que a supressão da irrigação aos 80 dias após o plantio para ambas as fertirrigações, resultaram em eficiência do uso da água de 10,56 e 10,53 kg de tubérculos por metro cúbico de solo. Esses resultados sugerem que o uso de técnicas de manejo hídrico e nutricional pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a produtividade da batateira em condições de escassez de água e altos custos de fertilizantes.

**Termos para indexação:** *Solanum tuberosum*, escassez de água, irrigação por gotejamento, nutrição.

## ABSTRACT

With the limitation in the availability of water for agriculture and the high costs of fertilizers, it is necessary to adopt strategies for water and nutritional management of potato trees. The objective of this study was to evaluate the morphological and physiological characteristics and productivity of potato under the influence of irrigation suppression and fertigation in Jaboticabal, SP, Brazil. A randomized block experiment was carried out in the field, using a 3 x 2 factorial scheme with irrigation suppressions at 80, 90 and 100 days after planting and forms of fertigation, crop absorption gait and equivalent. The results indicate that the interaction of factors had a significant effect on fresh root mass, productivity and water use efficiency. The maximum yield of 47.82 t ha<sup>-1</sup> was obtained with the suppression of irrigation at 100 days after planting and fertigation following the culture absorption march. This suggests that applying fertilizers in sync with crop needs can improve water use efficiency and increase productivity. In addition, the results showed that irrigation suppression at 80 days after planting for both fertigations resulted in water use efficiency of 10.56 and 10.53 kg of tubers per cubic meter of soil. These results suggest that the use of water and nutritional management techniques may be an effective strategy to improve potato productivity in conditions of water scarcity and high fertilizer costs.

**Index terms:** *Solanum tuberosum*, water scarcity, drip irrigation, nutrition.

## INTRODUÇÃO

Do total de 3.853.464 toneladas de batata produzidas no Brasil (FAO, 2021), Minas Gerais contribui com 1259,8 mil t ano<sup>-1</sup>, seguido pelo Paraná, com 667,5 mil t ano<sup>-1</sup> e São Paulo, com 510,6 mil t ano<sup>-1</sup>, este correspondendo a 69,4% da participação nacional (IBGE, 2021).

Essa hortaliça responde bem a fertilização (Silva et al., 2011), tem baixa adaptação às condições adversas de solo e clima e grande sensibilidade ao estresse hídrico. Essa sensibilidade ao déficit hídrico é mais pronunciada nos estádios III (estolonização/tuberização) e IV (crescimento de tubérculos), afetando negativamente a produtividade e antecipando a maturação (Ierna; Mauromicale, 2012). Portanto, desde o início da formação do tubérculo até próximo do ponto de maturidade fisiológica, o abastecimento regular de água é necessário para potencializar o rendimento, e se obter batatas graúdas e de qualidade (Ierna; Mauromicale, 2006).

Nesse sentido, entender como a batateira responde à restrição hídrica e à fertilização pode ajudar os produtores a ajustar as práticas de manejo de acordo com as condições climáticas e do solo. Essas informações também podem contribuir para o desenvolvimento de novas tecnologias e práticas de manejo que possam melhorar a eficiência no uso da água e dos fertilizantes.

Há indicativos de que o déficit de água no solo poderá afetar drasticamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas em mais de 50% das terras agrícolas até 2050, reduzindo o rendimento das safras em todo o mundo (Hasanuzzaman et al., 2019).

Nessa abordagem, a supressão da irrigação é considerada uma estratégia viável na produção de batatas, especialmente diante da escassez de água durante o ciclo de desenvolvimento da cultura. Essa técnica é resultado de períodos de seca, que podem afetar negativamente o crescimento das plantas, especialmente quando ocorrem durante a fase mais sensível ao estresse hídrico (Martin-Vertedor et al., 2011).

Há poucos estudos que avaliaram os efeitos da supressão da irrigação nos estágios fenológicos IV e V da cultura da batateira. Portanto, é importante que sejam realizadas mais pesquisas para entender melhor como essa técnica pode ser aplicada com segurança e eficácia na produção de batatas.

Verifica-se que em cana de açúcar (Vieira et al., 2013), tomate (Lopez et al., 2009; Koetz et al, 2010; Moreira et al., 2012), e café (Mera et al., 2011) os estudos já foram realizados para o embasamento das práticas agronômicas, nesse sistema de manejo de água.

A supressão da irrigação pode ser ajustada para cada cultura, possibilitando distribuir melhor os nutrientes durante o ano da safra da cultura, reduzindo o intervalo entre as adubações e maximizando o aproveitamento dos nutrientes pelas plantas através da técnica de fertirrigação.

O uso da fertirrigação via gotejamento tem se mostrado uma técnica promissora para o cultivo da batateira, pois permite o controle preciso da quantidade de fertilizantes aplicada. Essa técnica permite que a água e os nutrientes sejam aplicados diretamente na raiz das plantas, aumentando a eficiência na absorção dos nutrientes e reduzindo a perda de água e nutrientes para o solo.

Nessa perspectiva, Viana et al. (2020) em estudo desenvolvido em Jaboticabal – SP, alcançaram produtividade de 48,48 t ha<sup>-1</sup> de tubérculos com a associação da irrigação por gotejamento e fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura. Zhou et al. (2018), em um estudo na Dinamarca usando fertirrigação por gotejamento, obtiveram rendimentos de 48, 43 e 40 t ha<sup>-1</sup> em 2013, 2014 e 2015, respectivamente.

Baseado neste conceito de sistemas eficientes, fica evidente que resultados do comportamento da batata irrigada e fertirrigada por sistema de irrigação localizada são importantes para nortear a adoção do programa integrado de batata (PIB).

Portanto, a hipótese para o presente estudo é que associar supressão da irrigação à fertirrigação resulta em melhor aproveitamento de água e fertilizante pela cultura da batata. Devido à crescente preocupação com os recursos hídricos e fertilizantes, este trabalho teve como objetivo avaliar a morfologia, fisiologia e a produtividade batateira sob influência de supressão da irrigação e fertirrigação em Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

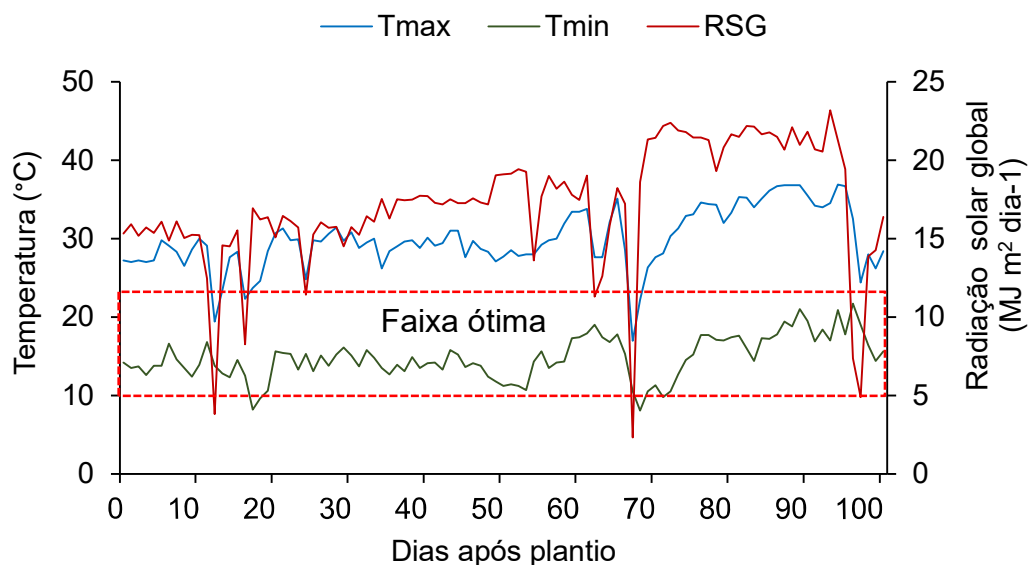
### **Descrição da área, clima e solo**

O experimento foi conduzido no período de junho a setembro de 2020, em condições de campo, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da

Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, SP, Região Sudeste do Brasil (latitude 21°15'22", longitude 48°18'58" e altitude 570 m).

Conforme a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, caracterizado por precipitação anual média de 1.425 mm, com precipitação média para o mês mais chuvoso de 255 mm (dezembro) e de 25 mm para o mês mais seco (julho) (Magalhães et al., 2021).

Os dados climáticos foram obtidos por meio da estação agrometeorológica automática. Os registros diários de temperatura e radiação são mostrados na Figura 1. A temperatura máxima e mínima para o período experimental foi de 29,8 e 14,7 °C, respectivamente. A radiação média diária para o período foi de 17,2 MJ m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup>. A temperatura média registrada no período experimental foi de 21,9 °C, considerada adequada para a faixa ótima de desenvolvimento da batateira que é entre 10 a 22 °C (Marouelli; Guimarães, 2006). Verificou-se que em alguns períodos, as temperaturas máximas e mínimas estiveram acima ou abaixo do limite crítico para o crescimento da batateira.



**Figura 1.** Valores diários de temperatura mínima (Tmin), máxima (Tmax) e radiação solar global (RSG) ao longo do período experimental. Jaboticabal, SP, Brasil, 2020.

O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (Santos et al., 2006) de textura argilosa (Tabela 1). Conforme o índice de saturação por base (Tabela 2) e seguindo recomendações de Raij et al. (1997), não houve necessidade de aplicar calcário para correção do solo.

**Tabela 1.** Características físicas do solo da área experimental. UNESP, Jaboticabal - SP, 2020.

Prof. (m)	Ds (g cm <sup>-3</sup> )	Areia total (g kg <sup>-1</sup> )	Argila (g kg <sup>-1</sup> )	Silte (g kg <sup>-1</sup> )	Textura do solo
0 - 0,2	1,29	220	580	200	Argilosa
0,2 - 0,4	1,20	190	600	210	Argilosa

Ds: Densidade do solo.

**Tabela 2.** Características químicas do solo da área experimental. UNESP, Jaboticabal - SP, 2020.

Camadas (m)	pH	MO	P	S	Ca	Mg	K	Al	H+Al SMP	SB	CTC	V
	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----								%
0 - 0,2	5,9	18	51	6	28	11	3,1	0	18	42,1	59,8	70
0,2 - 0,4	5,9	20	27	8	31	12	2,7	0	20	45,8	65,4	70

### Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado no ensaio foi o blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 2, com 6 repetições, sendo os tratamentos constituídos de: três supressões da irrigação [(S1:80 dias após plantio, DAP), (S2:90 DAP) e (S3:100 DAP)]; e dois níveis de fertirrigação [(F1: fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura) e (F2: fertirrigação equivalente: aplicando-se 50% no início e 50% no meio de cada estágio fenológico da cultura da dose dos fertilizantes estabelecidos para F1)].

### Gestão da safra

A área é historicamente cultivada com grãos, bastante uniforme em relação a cor de solo e topografia, além disso não há registros de manchas de solo. O preparo foi iniciado desfragmentação mecânica dos restos culturais, seguido de escarificação, subsolagem e duas gradagens niveladoras.

A planta teste utilizada foi a batata, variedade JB 2601, com elevados teores de matéria seca e adequada para fritura e chips. Os tubérculos sementes foram plantadas no dia 15 de junho de 2020, com espaçamento entre sulcos de 0,80 m e espaçamento entre plantas de 0,30 m, na profundidade de 0,15 m.

A parcela tinha 9,6 m de comprimento (fileira simples de cultivo) e 0,8 m de largura, perfazendo uma área total de 7,68 m<sup>2</sup>. A área útil para coleta de dados correspondeu a 2,4 m<sup>2</sup> (10 plantas).

De posse dos resultados da análise química (Tabela 2), a fertilidade foi corrigida seguindo Boletim 100 (Raij et al., 1997), com aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em todos os tratamentos. A emergência dos tubérculos aconteceu aos 17 dias após o plantio (DAP).

Os fertilizantes aplicados em cobertura foram realizados via fertirrigação iniciando-se no sétimo dia após a emergência dos tubérculos, em que os tratamentos sob nível F1 e F2 receberam 487,57 kg ha<sup>-1</sup> de nitrato de cálcio + RNA e 117,65 kg ha<sup>-1</sup> de krista SOP (Viana et al., 2020) (Tabela 3 e 4).

**Tabela 3.** Percentuais de fertilizantes aplicados segundo a marcha de absorção para batateira var. JB 2601. UNESP, Jaboticabal - SP, 2020.

Estádio fenológico	DAE	Fertirrigação Equivalente	
		Nitrato de Cálcio + RNA <sup>a</sup> (%)	Krista SOP <sup>b</sup> (%)
Crescimento vegetativo	7	1,20	0,83
	14	1,21	0,84
	21	4,39	4,07
	28	6,40	6,10
Tuberização	35	8	11,87
	42	11,20	15,60
	49	20,40	30,52
Enchimento de tubérculos	56	11,60	11,87
	63	10,80	6,11
	70	9,20	5,08
	77	7,60	4,06
	84	6,40	3,05
Maturação	87	1,60	0
	90	0	0

<sup>a</sup> Nitrato de Cálcio + RNA (fonte de N 14,0%, Ca 18,5% e RNA 2%); <sup>b</sup> Krista SOP (fonte de K 51% e S 18%). DAE= Dias após emergência. RNA = Aditivo de liberação de nutrientes baseados em aminoácidos. Viana et al. (2020).

**Tabela 4.** Percentuais de fertilizantes aplicados segundo a Fertirrigação Equivalente da batateira var. JB 2601. UNESP, Jaboticabal - SP, 2020.

Estádio fenológico	DAE	Fertirrigação (Marcha de absorção)	
		Nitrato de Cálcio + RNA <sup>a</sup> (%)	Krista SOP <sup>b</sup> (%)
Crescimento vegetativo	7	6,60	5,92
	19	6,60	5,92
Tuberização	29	4,00	5,94
	35	4,00	5,94
Enchimento de tubérculos	42	21,60	28,99
	52	21,60	28,99
	63	17,00	9,15
	77	17,00	9,15
Maturação	91	0,80	0
	95	0,80	0

<sup>a</sup> Nitrato de Cálcio + RNA (fonte de N 14,0%, Ca 18,5% e RNA 2%); <sup>b</sup> Krista SOP (fonte de K 51% e S 18%). DAE= Dias após emergência. RNA = Aditivo de liberação de nutrientes baseados em aminoácidos. Viana et al. (2020).

Os tratos culturais e fitossanitários foram feitos com herbicida pré-emergente Metribuzin, 1,0 L ha<sup>-1</sup> e 400 L ha<sup>-1</sup> de calda, capinas manuais, amontoa aos 35 dias após o plantio, e aplicação de fungicidas e inseticidas semanalmente.

### Gestão de irrigação

Na irrigação foi utilizado o sistema de gotejamento com emissores autocompensantes, com vazão 1,0 L h<sup>-1</sup> e pressão de serviço 1,20 kgf cm<sup>-2</sup>. Conforme teste realizado, o coeficiente de Christiansen (Christiansen, 1942) foi igual a 98,6%, seguindo metodologia proposta por Denículi et al. (1980).

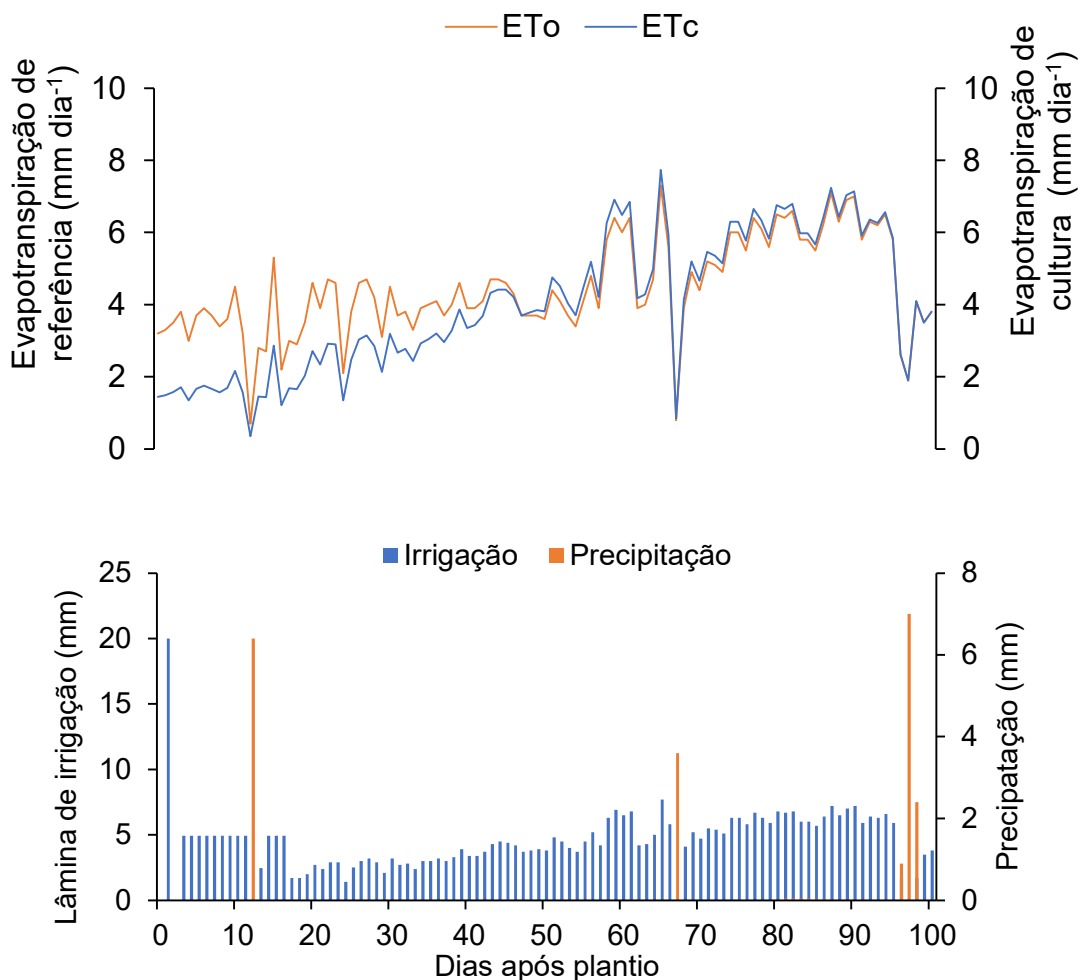
A determinação da irrigação total necessária (ITN) foi estimada seguindo metodologia proposta por Mantovani et al. (2009), que define a reposição da lâmina de água perdida em função da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), calculada pelo produto entre a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), o coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) e o fator de correção (K<sub>L</sub>=0,85), dividido pela eficiência do sistema de irrigação.

Os dados climatológicos utilizados durante a pesquisa foram coletados em estação meteorológica automática, e subsidiaram os cálculos de balanço hídrico. Este utiliza o método Penman-Montheit, parametrizada pela FAO (Allen et al., 1998) na estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>).

A estimativa dos coeficientes da cultura (K<sub>c</sub>) foi obtido pela interpolação em função dos estádios fenológicos da batateira, sendo: Estádio I (inicial) – k<sub>c</sub> = 0,45-0,55

(0 a 17 dias de duração); Estádio II (vegetativo) -  $k_c = 0,45-0,55$  (18 a 35 dias de duração); Estádio III (estolonização / tuberização) -  $k_c = 0,75-0,85$  (36 a 53 dias de duração); Estádio IV (crescimento dos tubérculos) -  $k_c = 1,00-1,10$  (54 a 87 dias de duração) e Estádio V (maturação) –  $k_c = 0,65-0,75$  com duração do estágio fenológico de 87 a 100 dias após plantio (Marouelli; Guimarães, 2006).

A evapotranspiração média da cultura (ETc) foi de  $4,0 \text{ mm dia}^{-1}$  (Figura 2A), com médias de  $1,6 \text{ mm dia}^{-1}$  no estágio inicial;  $2,6 \text{ mm dia}^{-1}$  no vegetativo;  $3,8 \text{ mm dia}^{-1}$  na estolonização e início de tuberização;  $5,6 \text{ mm dia}^{-1}$  no de crescimento de tubérculos e  $5,1 \text{ mm dia}^{-1}$  no estágio de maturação. A evapotranspiração de referência média (ETo) observada para o período experimental foi de  $4,5 \text{ mm dia}^{-1}$ .



**Figura 2.** Evapotranspiração de referência (ETo) e de cultura (ETc), irrigação e precipitação para o período experimental. Jaboticabal, SP, Brasil, 2020.

As plantas foram submetidas a um único regime hídrico de 100% ETc, recebendo 345,25 mm (S1); 410,75 mm (S2) e 452,55 mm (S3). Dessa forma, as

lâminas totais (irrigação + precipitação) foram 355,25 mm (S1), 421,05 mm (S2) e 473,15 mm (S3).

### Variáveis analisadas

As variáveis analisadas foram altura de plantas (AP), número de hastes (NH) e estolões (NE), comprimento de estolões (CE), massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR) e massa fresca de tubérculos (MFT), avaliadas aos 45 dias após a emergência (DAE), em cinco plantas por tratamento. A AP foi medida considerando a base até a última gema do meristema apical da haste principal, com auxílio de régua graduada. As variáveis NH e NE foram determinadas por meio de contagem por planta. O CE foi mensurado a partir da base do estolão até a formação do tubérculo, utilizando-se régua graduada. Os valores de MFA, MFR e MFT foram obtidos com auxílio de uma balança de precisão de duas casas decimais, sendo esta medida realizada na área experimental.

A aferição de temperatura do dossel foi realizada diariamente entre 12h e 14h com uso de termômetro infravermelho portátil de ângulo de visada de 30°, para cálculo do grau de estresse hídrico (Gardner et al., 1981) (equação 01):

$$\text{GDEH} = T_c - T_A \quad \text{eq. 01}$$

em que:

GDEH - Grau diário de estresse hídrico, ° C;

T<sub>c</sub> - Temperatura diária do dossel da batateira, ° C;

T<sub>A</sub> - Temperatura diária do ar, ° C.

A eficiência fotoquímica do fotossistema 2 (PSII) foi mensurada aos 57 DAP, entre 10:00 e 11:00h, utilizando-se fluorômetro modulado modelo FMS-2, Hansatech, King's Lynn, UK, na folha mais jovem e completamente expandida do segundo nó abaixo da gema apical. Os parâmetros de adaptação ambiental avaliados foram F<sub>0</sub> (fluorescência inicial), F<sub>M</sub> (fluorescência máxima) e F<sub>v</sub>/F<sub>M</sub> (eficiência fotoquímica máxima).

As medidas de clorofila total foram realizadas antes das colheitas, aos 45 e 75 dias após a emergência (DAE), com uso de aparelho clorofilômetro, portátil da marca ClorofiLOG®, modelo CFL 1030 (Falker Automação Agrícola®), que por meio de

sensores, analisa duas faixas de frequência de luz e pelas relações de absorção de diferentes frequências, fornece medições do teor de clorofila total, expressas em unidades dimensionais chamadas ICF (Índice de Clorofila Foliar), consideradas na pesquisa como CT (clorofila total) (FALKER, 2008).

O teor relativo de água nas folhas (TRA) foi obtido conforme metodologia proposta por Klar (1984) (equação 02), em que amostras de 8 discos foliares com 0,6 cm de diâmetro foram retiradas do centro do limbo foliar, sendo imediatamente pesadas em balança analítica para a aferição da massa fresca do tecido (MF). Após, as amostras foram reidratadas em água deionizada por 12 horas, para a obtenção da massa túrgida (MT), fazendo-se uso de papel toalha para extrair o excesso de água. A massa seca (MS) foi obtida após os discos permanecerem em estufa de circulação de ar forçada a 80°C, por 24 horas até a massa constante.

$$TRA = \left[ \frac{(MF-MS)}{MT-} \right] \times 100 \quad \text{eq. 02}$$

As supressões da irrigação foram realizadas, aos 80 dias após plantio (DAP), 90 DAP e 100 DAP. As colheitas foram realizadas aos 94 (S1), 104 (S2) e 114 (S3) DAP, catorze dias após cada supressão, sendo o período necessário para fixação da pele ao tubérculo, evitando assim a “esfoladura”, sendo colhidos os tubérculos de cada parcela e avaliados os caracteres: produtividade total, índice de formato de tubérculos e eficiência do uso da água (EUA).

A produtividade foi estimada com base na massa fresca de tubérculos obtidas de 10 plantas em 2,4 m<sup>2</sup> imediatamente após as colheitas entre 7h e 11h.

O índice de formato de tubérculos (IFT) foi calculado utilizando-se medidas do comprimento longitudinal e transversal dos tubérculos, com o uso de paquímetro digital (Ortiz et al., 1994) (equação 03).

$$IFT = \left( \frac{C}{L} \right) \times 100 \quad \text{eq. 03}$$

em que,

C - comprimento longitudinal do tubérculo, em mm;

L - comprimento transversal do tubérculo, em mm.

O IFT classifica os tubérculos em: < 125 mm (redondo); 125 a 150 mm (oval) e > 150 mm (longo). A eficiência do uso da água (EUA), em  $\text{kg m}^{-3}$ , foi calculada pela relação entre a produção de massa de tubérculos, em kg, e o volume de água aplicado em cada supressão de irrigação (Mantovani et al., 2014).

### Análise estatística

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância aplicando o teste F, e quando significantes para as variáveis qualitativas, ao teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os fatores, SI x F, foi significativa para massa fresca de raiz ( $p < 0,01$ ), produtividade ( $p < 0,01$ ) e Eficiência do Uso da Água ( $p < 0,01$ ). Os parâmetros de altura de planta ( $p < 0,05$ ), número de estolões ( $p < 0,05$ ) e FV/FM ( $p < 0,05$ ) foram influenciados apenas pelo fator F (Tabela 5).

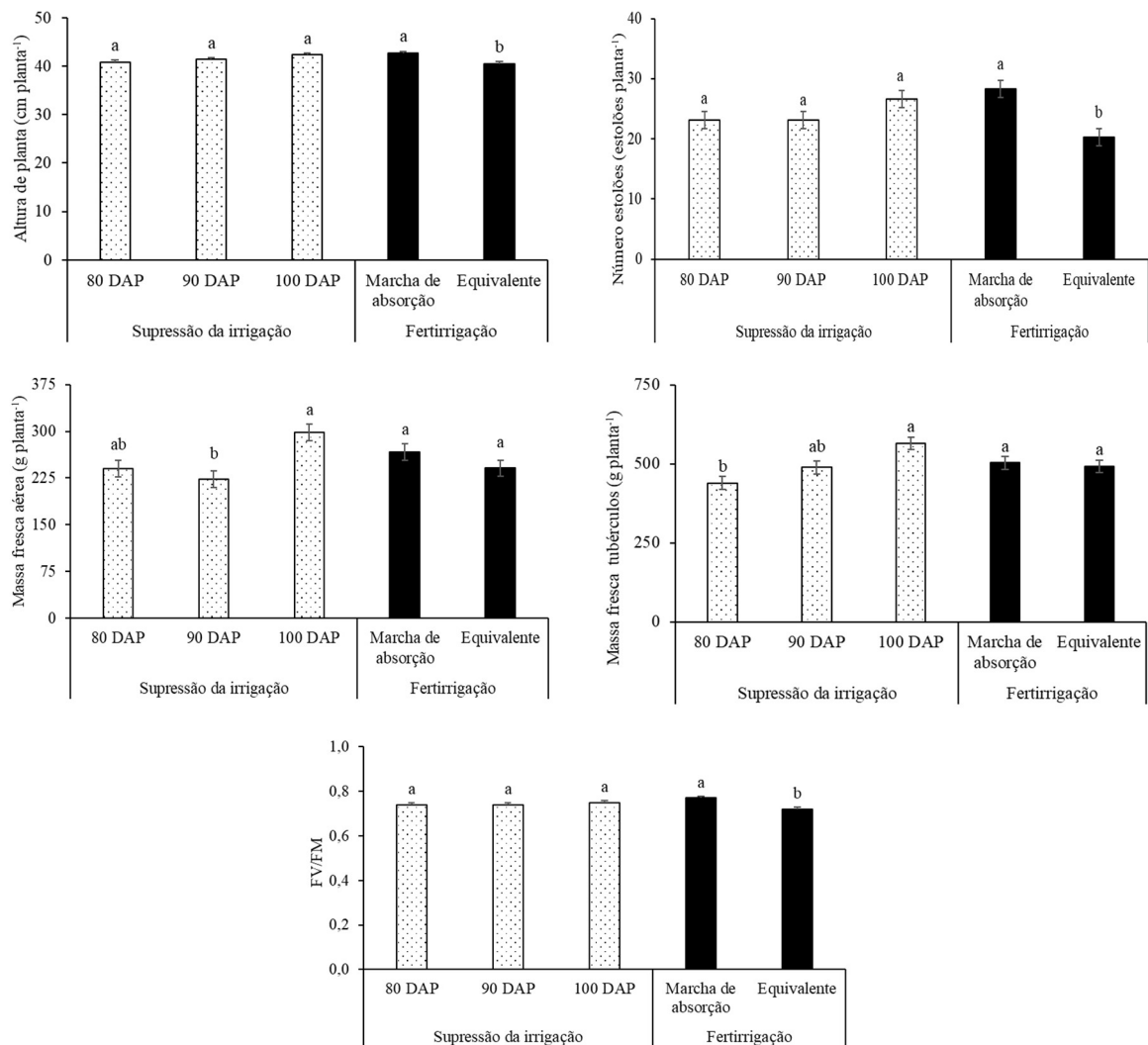
**Tabela 5.** Resumo da análise de variância para as variáveis, altura de planta (AP), número de hastes (NH), número de estolões (NE), comprimento de estolões (CE), massa fresca parte aérea (MFA), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca de tubérculos (MFT), clorofila total aos 45 DAP (CT 45) e aos 75 DAP (CT 75), F0, FM, FV/FM, teor relativo de água na folha (TRA), produtividade total (PT), índice de formato de tubérculos (IFT) e eficiência do uso da água (EUA) para batateira em função de supressão da irrigação (SI) e fertirrigação (F).

Fontes de variação	Quadrado médio							
	AP	NH	NE	CE	MFA	MFR	MFT	CT 45
SI	0,85 <sup>ns</sup>	2,58 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	2,55 <sup>ns</sup>	13,52 <sup>**</sup>	2,47 <sup>ns</sup>	16,98 <sup>**</sup>	1,14 <sup>ns</sup>
F	4,25 <sup>*</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	5,21 <sup>*</sup>	1,40 <sup>ns</sup>	2,46 <sup>ns</sup>	4,34 <sup>*</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>
SI x F	0,36 <sup>ns</sup>	2,84 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	3,06 <sup>ns</sup>	10,13 <sup>**</sup>	1,60 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>
CV (%)	3,33	23,34	23,88	13,76	14,59	10,08	29,34	5,18
Fontes de variação	Quadrado médio							
	CT 75	F0	FM	FV/FM	TRA	PT	IFT	EUA
SI	0,52 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	2,50 <sup>ns</sup>	32,61 <sup>**</sup>	1,59 <sup>ns</sup>	18,39 <sup>**</sup>
F	1,80 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	7,81 <sup>**</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	9,82 <sup>**</sup>	1,54 <sup>ns</sup>	4,52 <sup>*</sup>
SI x F	0,33 <sup>ns</sup>	1,31 <sup>ns</sup>	1,31 <sup>ns</sup>	1,86 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	16,00 <sup>**</sup>	2,72 <sup>ns</sup>	10,05 <sup>**</sup>
CV (%)	1,82	3,30	0,60	50,74	0,42	17,08	0,77	12,45

\*\* e \* significativos para 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo.

Na batateira, apenas o fator isolado F teve efeito significativo para altura de planta ( $p < 0,01$ ), sendo a interação entre os fatores, SI x F, não significativa ( $p > 0,05$ ).

A aplicação de fertilizantes seguindo F1 aumentou a altura de planta, 46,67 cm, (Figura 3A). Estes resultados devem-se à disponibilidade hídrica durante o ciclo nos tratamentos que apresentaram quantidade adequadas de nitrogênio e suprimento das exigências desse macronutriente em cada estágio fenológico pela cultura, que além de favorecer a transpiração, favoreceu a evaporação do solo que é acentuada em culturas plantadas em linha (Scalopi; Scardua, 1975), elevando-se assim a evapotranspiração da cultura. Esses resultados corroboram os relatos de Oliveira (2000), em que batateira quando exposta ao aumento de doses de N no desenvolvimento da cultura, resulta em incremento de altura de plantas.



**Figura 3.** Valores médios de altura de planta, número de estolões, massa fresca aérea, massa fresca de tubérculos e indução da fluorescência de clorofilas (FV/FM) em plantas de batateira var. JB 2601 em função de supressão da irrigação e fertirrigação. Jaboticabal – SP, 2020. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas para supressão da irrigação e fertirrigação não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). As barras representam erro padrão da média.

O número de estolões teve efeito significativo apenas do fator isolado F ( $p < 0,01$ ). Na presença de F3, o número de estolões foi menor em 39,76%, 20,27 estolões planta<sup>-1</sup>, comparado a F1, de 28,33 estolões planta<sup>-1</sup>, respectivamente. Desta forma, entende-se que o maior número de estolões das plantas para F1 (Figura 3B), foi devido a maior quantidade de gemas axilares (crescimento horizontal), sendo que o número de estolões é proporcional aos números de gemas (ABBA, 2016), como também a otimização do uso de fertilizantes pela aplicação das quantidades exigidas dos nutrientes, N e K, nas diferentes fases fenológicas da batateira.

A batata variedade JB 2601 apresentou maior valor de massa fresca aérea para S3, 298,34 g planta<sup>-1</sup> (Figura 3), o que refletiu em maior massa fresca de tubérculos, uma vez que a área fotossintética da parte aérea tem relação direta com aumento da produção de fotoassimilados que culminam no incremento de tubérculos. Isso significa que à medida que se aumenta a disponibilidade de água, a batateira expressa melhor o potencial produtivo pelo aumento da capacidade fotossintética. Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores (Mantovani et al., 2013; Muchalack et al., 2014; Eid et al., 2017), corroborando a informação de que supressão da irrigação tardia tem efeito positivo no aumento da matéria fresca aérea da planta de batata.

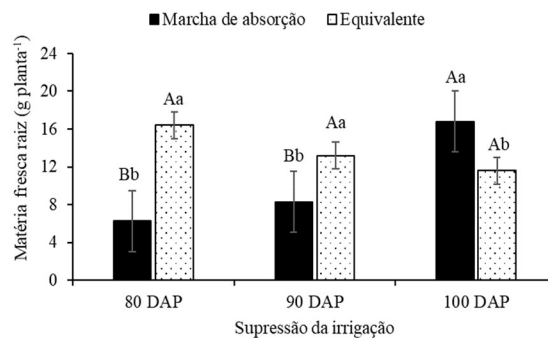
A massa de tubérculos da variedade JB 2601 foi significativamente superior, 28,57%, para S3 (565,07 g planta<sup>-1</sup>) em relação à S1 (439,47 g planta<sup>-1</sup>) (Figura 4B). Para esta característica, pode-se verificar que a batateira, atingiu seu máximo potencial aos 45 dias após emergência (DAE), indicando que o prolongamento do ciclo desta variedade de batata possibilita maior rendimento de tubérculos, contrapondo tratamento S1. Devido a importância no desenvolvimento da batateira, a otimização desse parâmetro irá incrementar a produtividade da batateira (Mathan et al., 2016).

O uso da fertirrigação contribuiu no rendimento quântico máximo do PSII, estimado pela razão FV/FM (Figura 3). A relação FV/FM foi maior em F1 (0,77) em comparação a F2(0,72). Esse fato ocorreu, pois, em condições de alta temperatura e

baixa umidade há diminuição da atividade fotossintética do PSII (Ojeda-Pérez et al., 2017). Esse resultado poderia indicar dano menos severo ao PSII para a batateira sob F1, enquanto a batateira sob influência da fertirrigação equivalente teve queda mais acentuada na razão FV/FM, com redução de 7%.

A análise de variância interação significativa ( $p < 0,01$ ) entre SI e F para a variável massa fresca de raiz (Figura 4), indicando que o desenvolvimento da raiz já havia atingido seu ápice aos 45 DAE.

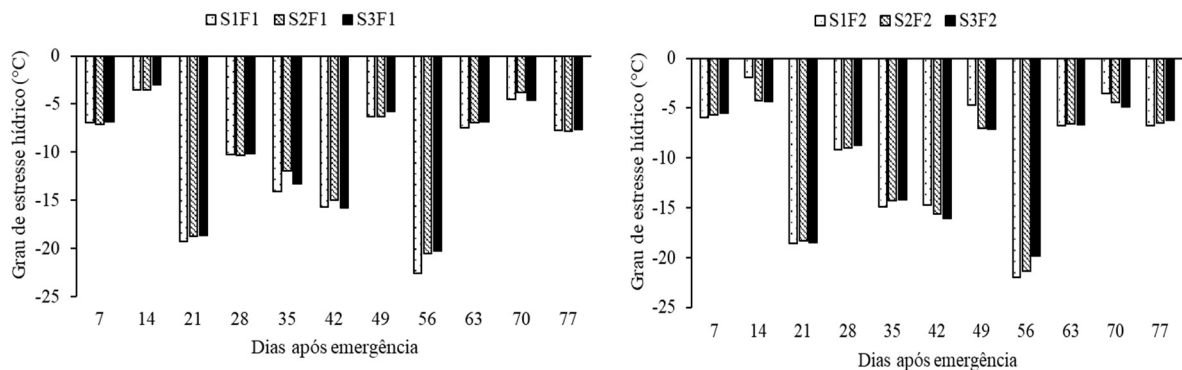
Sabe-se que a fase de formação dos tubérculos ocorre normalmente até 40 dias após o plantio, e tem relação direta com o desenvolvimento do sistema radicular, pois nessa fase a planta prioriza a translocação e acúmulo de nutrientes, direcionando os fotoassimilados produzidos na parte aérea e investindo no crescimento de raízes e tubérculos (Tavares, 2002).



**Figura 4.** Valores médios de massa fresca de raiz para plantas de batateira var. JB 2601 em função de supressão da irrigação e fertirrigação. Jaboticabal – SP, 2020. Letras minúsculas demonstram diferenças em relação as fertirrigações, e maiúsculas, em relação as supressões da irrigação. As barras representam erro padrão da média.

Pelos resultados obtidos, a diferença de temperatura entre a planta e o ar é um indicador confiável de ausência de déficit hídrico durante ciclo de desenvolvimento da batata, no qual refletiu em variação do grau de estresse hídrico de  $-1,90^{\circ}\text{C}$  a  $-22^{\circ}\text{C}$  (Figura 5). Tal comportamento é explicado pelo manejo da irrigação que oportunizou água na quantidade e no momento correto, permitindo a manutenção da dotação hídrica da planta que se converte em maior produção de fotoassimilados. Tais resultados corroboram os apresentados por Wang et al. (2010), nos quais a batateira sob déficit hídrico tende a aumentar a temperatura foliar, indicando o nível de estresse

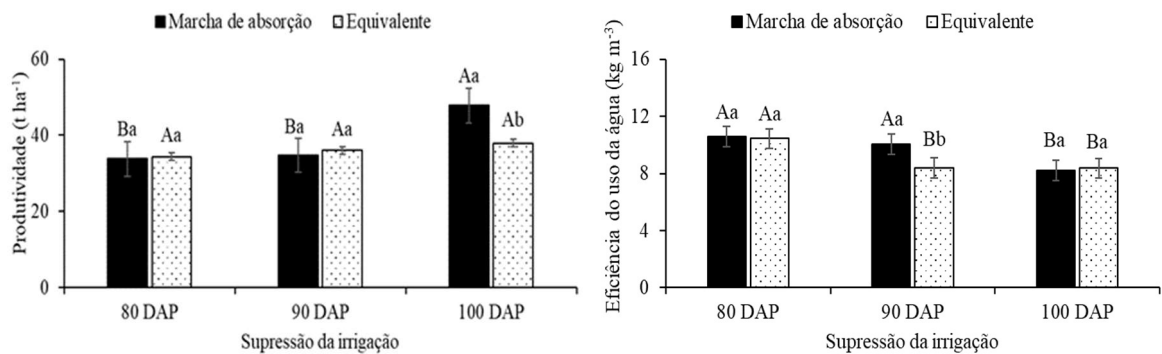
da planta que, correlacionado a outras características, pode auxiliar na tomada de decisão da irrigação.



**Figura 5.** Valores médios de grau de estresse hídrico para plantas de batateira var. JB 2601 em função de supressão da irrigação e fertirrigação. Jaboticabal – SP, 2020. S1F1: supressão da irrigação aos 80 dias após plantio e fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura; S2F1: supressão da irrigação aos 90 dias após plantio e fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura; S3F1: supressão da irrigação aos 100 dias após plantio e fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura. S1F2: supressão da irrigação aos 80 dias após plantio e fertirrigação equivalente; S2F2: supressão da irrigação aos 90 dias após plantio e fertirrigação equivalente; S3F2: supressão da irrigação aos 100 dias após plantio e fertirrigação equivalente.

A produtividade de tubérculos da batateira variedade JB 2601 foi significativamente afetada pela interação dos fatores SI x F ( $p < 0,01$ ) (Figura 6).

Comparando os tratamentos na SI, o rendimento médio de tubérculos foi superior 41,47%, em S3F1 (47,82 t ha<sup>-1</sup>) em relação a mesma fertirrigação em S1 (33,80 t ha<sup>-1</sup>) (Figura 6). Essa baixa produtividade na supressão da irrigação aos 80 DAP pode estar relacionada a menor lâmina de irrigação aplicada de 355,25 mm, variação da quantidade de fertilizantes, combinada à alta temperatura e baixa precipitação, que afetaram no rendimento final de tubérculos. No entanto, o rendimento não continuaria a aumentar ou mesmo diminuir se a fertilização ultrapassasse um limite de 160 kg ha<sup>-1</sup> de N e 350 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Song et al., 2013; Wan et al., 2016; Yang et al., 2017; Zhou et al., 2018).



**Figura 6.** Valores médios de produtividade e eficiência do uso da água para batateira var. JB 2601 em função de supressão da irrigação e fertirrigação. Jaboticabal – SP, 2020. Letras minúsculas demonstram diferenças em relação as fertirrigações, e maiúsculas, em relação as supressões da irrigação. As barras representam erro padrão da média.

Houve tendência de redução nos valores de eficiência no uso da água (EUA) com o aumento da SI (Figura 6). A S3 foi a que proporcionou menor EUA para fertirrigação F1 (8,38 kg m<sup>-3</sup>) e F2 (8,33 kg m<sup>-3</sup>), corroborando os resultados obtidos por Song et al. (2013), Gao (2017) e Yang et al. (2017), que indicam menor EUA de batateira em função da maior oferta de água no solo.

A redução da EUA, neste estudo, está relacionada a maior produtividade e lâmina de irrigação aplicada, vinculada a precipitação de 20,6 mm ocorrida durante os 100 dias de cultivo. Maiores valores médios de EUA, observados para S1 para ambas F, são justificados porque as plantas cultivadas com menor volume de água requerido para suas funções metabólicas, desenvolvem sistemas radiculares mais profundos e densos para explorar a água subterrânea, tornando-se mais adaptadas às condições de escassez de água (Thaiz et al., 2019). O mesmo comportamento foi observado por Fernádes (2008) e Muchalack et al. (2014) ao analisarem a EUA da batata para lâminas de irrigação por gotejamento em Santa Maria – RS e Chapadão do Sul – MS, respectivamente.

## CONCLUSÕES

Nas condições edafoclimáticas do presente estudo, a supressão da irrigação aos 100 DAP e fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura propiciaram a obtenção de 47,82 t ha<sup>-1</sup> de tubérculos da variedade JB 2601, na região de Jaboticabal, SP. As plantas do tratamento supressão da irrigação aos 80 DAP e

fertirrigadas segundo a marcha de absorção da cultura, houve melhora quanto à máxima Eficiência do Uso da água, 10,56 e 10,53 kg m<sup>-3</sup>, quando realizada supressão da irrigação aos 100 dias após plantio.

## CONTRIBUIÇÃO DO AUTOR

Ideia conceitual: Viana, JS; Palaretti, LF; Desenho da metodologia: Viana, JS; Palaretti, LF; Coleta de dados: Viana, JS; Palaretti, LF; Análise e interpretação dos dados: Viana, JS; Palaretti, LF; Faria, RT; Dalri, AB; Redação e edição: Viana, JS; Palaretti, LF; Faria, RT; Dalri, AB.

## AGRADECIMENTOS

Este estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código Financeiro 001. Os autores também agradecem à empresa NaanDanJain pelo fornecimento do sistema de irrigação, à empresa Yara pelo fornecimento dos fertilizantes usados na fertirrigação e a FMC Agro pelo fornecimento de batatas-sementes.

## REFERÊNCIAS

ALLEN RG et al. 1998. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO. 328p. (Irrigation and Drainage Papers, 56).

ABBA – Associação brasileira de batata. **Batata show**. São Paulo: A revista da batata, 2 (5): 1-40, 2016.

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling** Berkley: University of California, 1942. 124 p.

DENÍCULI, W et al. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres.**, 27: 155-162, 1980.

EID, SFM et al. Irrigation Scheduling of Potato to Increase the Water Productivity under Drip Irrigation System on Sandy Soil. **J.Soil Sci. and Agric. Eng**, 8 (12): 779-785, 2017.

FAO - **Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO)**. 2021. Disponível em:<<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 22 de agosto de 2021.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. **Manual do medidor eletrônico de clorofila ClorofiLOG CFL 1030**, Porto Alegre, 2008. 4p.

FERNÁNDES, S.C. 2008. **Morfologia da cultura da batata submetida a diferentes regimes hídricos**. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, pp 112.

GAO. **Effects of Water and Fertilization Coupling on Growth and Nutrient Use of Potato in Sandy Area of Yulin**. Northwest A&F University, Yangling, 2017.

GARDNER, B et al. Relationships between crop temperature, grain yield, evapotranspiration and phenological development in two hybrids of moisture stressed sorghum. **Irrigation Science**, 2: 213-224, 1981.

HASANUZZAMAN, M et al. **Plant tolerance to environmental stress: Role of phytoprotectants**. CRC Press, Boca Raton, USA, 2019, 468p.

IERNA, A; MAUROMICALE, G. Tuber yield and irrigation water productivity in early potatoes as affected by irrigation regime. **Agriculture water management**, 115:276 – 284, 2012.

IERNA, A; MAUROMICALE, G. Physiological and growth response to moderate water deficit of off-season potatoes in a Mediterranean environment. **Agriculture water management**, 82: 193 – 209, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA)** - Estatística da produção agrícola. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag\\_2021\\_jan.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2021_jan.pdf)>. Acesso em: 15 de novembro de 2021.

KLAR, AE. **Água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo, Nobel, 1984. 408p.  
KOETZ, M et al. Característica agrônômica e °brix em frutos de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no sudeste de Goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, 4: 14-22, 2010.

LOPEZ, RL et al. Índice de estres hídrico como un indicador de momento de riego em cultivos agrícolas. **Agricultura Técnica em México**, 35: 97-111, 2009.

MARQUELLI, WA.; GUIMARÃES, TG. **Irrigação na cultura da batata**. Publicação técnica. ABBA - Associação Brasileira da Batata. Itapetininga-SP, 2006. 66p.

MANTOVANI, EC et al. Produtividade da batata irrigada por gotejamento no sul do estado de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, 32: 63-68, 2014.

MANTOVANI, EC et al. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata sob diferentes regimes de irrigação por aspersão convencional. **Horticultura Brasileira**, 31: 528-533, 2013.

MANTOVANI, EC et al. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa, 3ª ed, 2009. 349p.

MATHAN, J et al. Enhancing crop yield by optimizing plant developmental features. **Development**, 143: 3283 – 3294, 2016.

MERA, AC et al. Regimes hídricos e doses de fósforo em cafeeiro. **Bragantia**, 70(2): 302-311, 2011.

MAGALHÃES, YR et al. Irrigação por gotejamento subsuperficial em cultivares de cana-de-açúcar impactam a agregação do solo? **Revista Irriga**, 1(3): 431-445, 2021.

MOREIRA, JAA et al. Manejo da irrigação para otimização da produtividade e qualidade de frutos de tomateiro em sistema de plantio direto. **Revista Irriga**, 17(4): 408-417, 2012.

MUCHALACK, SM et al. Agronomic characteristics of potato cv. Atlantic under different irrigation depth. **Revista Agrarian**, 7(23), 89-100, 2014.

MARTIN-VERTEDOR, AJ. Interactive responses to water deficits and crop load in olive (*Olea europaea* L., cv. Morisca). Water use, fruit and oil yield. **Agricultural Water Management**, 1(98): 950-958, 2011.

ORTIZ, R et al. Inheritance of morphological and tuber characteristics. **Potato genetics**, Cambridge: CAB International, 1: 263-283, 1994.

OJEDA-PÉREZ, ZZ et al. Continuous high and low temperature induced a decrease of photosynthetic activity and changes in the diurnal fluctuations of organic acids in *Opuntia streptacantha*. **Plos One**, 12(10): e0186540, 2017.

OLIVEIRA, CAS. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35:939-950, 2000.

RAIJ, B et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Boletim Técnico do Instituto Agrônomo, Campinas, 2ª ed, n.100, 1997. 285p.

SONG, N et al. Coupling effects of water and nitrogen on yield, quality and water use of potato with drip irrigation under plastic film mulch. **Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.**, 29 (13): 98-105, 2013.

SCALOPI, J.E., SCARDUA, R. Variação do regime de umidade do solo durante o ciclo fenológico de plantas de batata. **Anais da ESALQ/USP**, v. 32. p. 33-46, 1975.

SANTOS, H.G et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

TAVARES, S. Tuberização. **Batata Show**, 5: 18, 2002.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, I.M., MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VIANA, JS et al. Potato production affected by fertilization methods, masses of seed tubers and water regimes. **Horticultura Brasileira**, 38: 166-174, 2020.

VIEIRA, GHS et al. Época de interrupção da irrigação na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Irriga**, 18(3): 426-441, 2013.

WANG, X et al. Automated canopy temperature estimation via infrared thermography: a first step towards automated plant water stress monitoring. **Computers and Electronics in Agriculture**, 73 (1):74- 83, 2010.

WAN, F et al. Effects of drip fertigation with saline water on potato growth and water and fertilizer use efficiencies. **J. Irrig. Drain.**, 35 (7): 1-7, 2016.

YANG, K et al. Potato performance as influenced by the proportion of wetted soil volume and nitrogen under drip irrigation with plastic mulch. **Agric. Water Manag.**, 179: 260-270, 2017.

ZHOU, Z et al. Yield and crop growth of table potato affected by different split-N fertigation regimes in sandy soil. **Eur. J. Agron.**, 92: 41-50, 2018.

### **CAPÍTULO 3 - Qualidade físico-química de batata tipo chips em função de supressão da irrigação e fertirrigação**

Jonathan dos Santos Viana<sup>1</sup> <http://orcid.org/0000-0003-4734-9843>, Luiz Fabiano Palaretti<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5107-6038>, Rogério Teixeira de Faria<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1696-7940>, Alexandre Barcellos Dalri<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3122-1899>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista/FCAV, Departamento de Engenharia e Ciências Exatas/DECEX, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

#### **RESUMO**

Com o aumento do consumo de batata processada na forma de fritura e chips, torna-se essencial a identificação dos parâmetros de qualidade dos tubérculos. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a composição físico-química de tubérculos de batata variedade JB 2601 em função de supressão da irrigação e fertirrigação. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, esquema fatorial 3 × 2, em seis repetições. Foram utilizadas três supressões de irrigação, aos 80, 90 e 100 dias após plantio, e duas fertirrigações, fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura e equivalente. Os resultados indicam que a interação dos fatores teve efeito significativo para sólidos solúveis, acidez total, índice de maturação de tubérculos e produtividade. A produtividade aumentou com a época da supressão da irrigação, 100 dias após plantio, alcançando 47,82 t ha<sup>-1</sup>, quando fertirrigada segundo a marcha de absorção da cultura. A variedade JB 2601 também apresentou elevada qualidade nutricional, com elevados teores de sólidos solúveis totais (6%), gravidade específica (4,95 g cm<sup>-2</sup>), cinzas (11,51%) e índice de maturação de tubérculos (31,29) quando submetida a supressão da irrigação aos 100 dias após plantio e fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura. Isso implica que, um bom manejo da irrigação e adequada nutrição das plantas contribuem para aumento de produtividade e redução de perdas da qualidade pós-colheita para batata tipo chips.

**Palavras-chave:** *Solanum tuberosum* L., produtividade, manejo da irrigação, nutrição, qualidade pós-colheita.

## ABSTRACT

With the increase in the consumption of processed potatoes in the form of frying and chips, it becomes essential to identify the quality parameters of the tubers. In this context, the objective was to evaluate the physicochemical composition of JB 2601 potato tubers as a function of irrigation suppression and fertigation. The experimental design was randomized blocks, factorial scheme  $3 \times 2$ , in six replications. Three irrigation suppressions were used, at 80, 90 and 100 days after planting, and two fertigations, fertigation following the culture absorption gait and equivalent. The results indicate that the interaction of factors had a significant effect for soluble solids, total acidity, tuber maturation index and productivity. The productivity increased with the time of irrigation suppression, 100 days after planting, reaching  $47.82 \text{ t ha}^{-1}$ , when fertigated according to the rate of absorption of the crop. The JB 2601 variety also presented high nutritional quality, with high contents of total soluble solids (6%), specific gravity ( $4.95 \text{ g cm}^{-2}$ ), ash (11.51%) and tuber maturation index (31.29) when submitted to irrigation suppression at 100 days after planting and fertigation following the culture absorption march. This implies that good irrigation management and adequate plant nutrition contribute to increased productivity and reduced post-harvest quality losses for chip-type potatoes.

**Keywords:** *Solanum tuberosum* L., yield, irrigation management, nutrition, postharvest quality.

## INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.), a mais importante cultura alimentar não-grão, desempenha função importante em todo o mundo para a segurança alimentar e nutricional (Kawochar et al., 2022). A demanda por batatas continua a crescer à medida que os hábitos de consumo mudam (Duarte-Delgado et al., 2016).

No Brasil, a produtividade média da batata é de 30,4 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2020), o que confere ao país a 20ª posição, representando 1% da produção, no ranking mundial (Camargo et al., 2021).

Com ciclo fenológico curto e alto rendimento por unidade de área elevam a exigência de nutrientes e água, pela batateira (Fernandes et al., 2011; Almeida et al., 2018). No entanto, o uso intensivo de fertilizantes e água promovem efeitos adversos a longo prazo nos ecossistemas e na saúde do solo, o que leva a problemas ambientais, aumento dos custos de produção e alterações na qualidade pós-colheita de tubérculos.

A qualidade da batata é determinada por uma combinação de propriedades nutricionais e físico-químicas, fortemente influenciadas pelas condições bióticas e abióticas de armazenamento (Santos et al., 2020). Dentre essas características destacam-se o manejo nutricional e de irrigação, afetando diretamente na qualidade pós-colheita dos tubérculos.

Os nutrientes mais utilizados no cultivo de batata, destacam-se o nitrogênio e potássio. O nitrogênio é o nutriente determinante na produtividade e qualidade de tubérculo e sua falta ou excesso gera uma série de distúrbios morfológicos e fisiológicos (Baggio et al., 2009). O excesso de nitrogênio estimula maior crescimento da parte aérea, reduz a massa seca e o amido nos tubérculos, além de causar aumento dos açúcares redutores, promovendo o escurecimento após o processo de fritura (Braun et al., 2010).

O potássio é o elemento mais exigido e extraído pela cultura da batateira (Fernandes, 2010), e tem como função de melhorar a qualidade das batatas (tamanho, peso, coloração, sabor e propriedades culinárias), acelerando o fluxo e a translocação dos fotoassimilados das folhas para os tubérculos (Cardoso et al., 2017). No entanto, o excesso desse nutriente proporciona menor produção de fotoassimilados, influenciando na produtividade e qualidade físico-química (Pereira et al., 2014).

A supressão da irrigação é considerada uma estratégia importante de economia de água, além de favorecer melhor qualidade das batatas. Contudo, o uso incorreto dessa técnica pode favorecer aumento do teor de água nos tubérculos, o que afetará o tempo de prateleira e a qualidade nutricional pelo processo de deterioração, ocasionado pelo aumento da atividade enzimática (Porte; Maia, 2001).

Compreender o comportamento da qualidade físico-química da batateira em função de supressão da irrigação e fertirrigação é de grande relevância para adequado manejo e planejamento desses processos, bem como para evitar perdas de qualidade que influenciam em prejuízos econômicos. Diante disso, a hipótese do estudo é que associar supressão da irrigação à fertirrigação melhora o aproveitamento de água e nutrientes pela batateira que alteram a qualidade físico-química dos tubérculos pós-colheita.

Assim, o objetivo do estudo foi avaliar alterações físico-químicas da batata var. JB 2601 tipo chips em função de supressão da irrigação e fertirrigação em Jaboticabal, SP, Brasil.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Descrição da área e solo**

O experimento foi instalado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), localizada na Universidade Estadual Paulista – UNESP, no município de Jaboticabal, região de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil a 21°15'22" Latitude Sul, 48°18'58" Longitude Oeste de Greenwiche, com altitude média de 570 m.

O solo foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (Santos et al., 2006) de textura argilosa, o qual apresentou os seguintes resultados de análise química para a camada de 0-20 m de profundidade: pH em CaCl = 5,9; MO = 18 g dm<sup>-3</sup>; P = 51 mg dm<sup>-3</sup>; K = 3,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 28 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 11 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al<sup>3+</sup> = 18 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB (soma de bases) = 42,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC (capacidade de troca catiônica) = 59,8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V (saturação por bases) = 70%; B = 0,28 mg dm<sup>-3</sup>; Cu = 3,5 mg dm<sup>-3</sup>; Fe = 6 mg dm<sup>-3</sup>; Mn = 15,7 mg dm<sup>-3</sup> e Zn = 2,2 mg dm<sup>-3</sup>.

## Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado no ensaio foi o blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 2, com 6 repetições, sendo os tratamentos constituídos de: três supressões da irrigação [(S1: 80 dias após plantio, DAP), (S2: 90 DAP) e (S3: 100 DAP)]; e dois níveis de fertirrigação [(F1: fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura) e (F2: fertirrigação equivalente: aplicando-se 50% no início e 50% no meio de cada estágio fenológico da cultura da dose dos fertilizantes estabelecidos para F1)].

## Condução da cultura

A área é historicamente cultivada com grãos, bastante uniforme em relação a cor de solo e topografia, além disso não há registros de manchas de solo. O preparo foi iniciado desfragmentação mecânica dos restos culturais, seguido de escarificação, subsolagem e duas gradagens niveladoras.

No campo, o plantio foi realizado manualmente, em 15/06/2020, no espaçamento de 0,80 m entre fileiras e 0,30 m entre plantas na profundidade de plantio de 0,15 m. De posse dos resultados da análise química, a fertilidade foi corrigida seguindo Boletim 100 (Raij et al., 1997), com aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em todos os tratamentos. A emergência dos tubérculos aconteceu aos 17 dias após o plantio (DAP).

Os fertilizantes aplicados em cobertura foram realizados via fertirrigação iniciando-se no sétimo dia após a emergência dos tubérculos, em que os tratamentos sob nível F1 e F2 receberam 487,57 kg ha<sup>-1</sup> de nitrato de cálcio + RNA e 117,65 kg ha<sup>-1</sup> de kista SOP (Viana et al., 2020) (Tabela 1 e 2).

**Tabela 1.** Percentuais de fertilizantes aplicados segundo a marcha de absorção para batateira var. JB 2601. UNESP, Jaboticabal - SP, 2020.

Estádio fenológico	DAE	Fertirrigação Equivalente	
		Nitrato de Cálcio + RNA <sup>a</sup> (%)	Krista SOP <sup>b</sup> (%)
Crescimento vegetativo	7	1,20	0,83
	14	1,21	0,84
	21	4,39	4,07
	28	6,40	6,10
Tuberização	35	8	11,87
	42	11,20	15,60
Enchimento de tubérculos	49	20,40	30,52
	56	11,60	11,87
	63	10,80	6,11
	70	9,20	5,08
	77	7,60	4,06
	84	6,40	3,05
Maturação	87	1,60	0
	90	0	0

<sup>a</sup> Nitrato de Cálcio + RNA (fonte de N 14,0%, Ca 18,5% e RNA 2%); <sup>b</sup> Krista SOP (fonte de K 51% e S 18%). DAE= Dias após emergência. RNA = Aditivo de liberação de nutrientes baseados em aminoácidos. Viana et al. (2020).

**Tabela 2.** Percentuais de fertilizantes aplicados segundo a Fertirrigação Equivalente da batateira var. JB 2601. UNESP, Jaboticabal - SP, 2020.

Estádio fenológico	DAE	Fertirrigação (Marcha de absorção)	
		Nitrato de Cálcio + RNA <sup>a</sup> (%)	Krista SOP <sup>b</sup> (%)
Crescimento vegetativo	7	6,60	5,92
	19	6,60	5,92
Tuberização	29	4,00	5,94
	35	4,00	5,94
Enchimento de tubérculos	42	21,60	28,99
	52	21,60	28,99
	63	17,00	9,15
	77	17,00	9,15
Maturação	91	0,80	0
	95	0,80	0

<sup>a</sup> Nitrato de Cálcio + RNA (fonte de N 14,0%, Ca 18,5% e RNA 2%); <sup>b</sup> Krista SOP (fonte de K 51% e S 18%). DAE= Dias após emergência. RNA = Aditivo de liberação de nutrientes baseados em aminoácidos. Viana et al. (2020).

O manejo da irrigação foi realizado via clima visando atender as necessidades hídricas da cultura, por meio do sistema de irrigação por gotejamento com emissores autocompensantes, vazão de  $1,0 \text{ L h}^{-1}$ , operando a uma pressão de  $1,20 \text{ kgf cm}^{-2}$ . De acordo com o teste realizado, o coeficiente de Christiansen (1942) foi igual a 98,6%, seguindo metodologia proposta por Denículi et al. (1980).

As plantas submetidas ao regime hídrico de 100% ETc receberam 345,25 mm (S1); 410,75 mm (S2) e 452,55 mm (S3). Dessa forma, as lâminas totais (irrigação + precipitação) foram 355,25 mm (S1), 421,05 mm (S2) e 473,15 mm (S3).

### **Variáveis analisadas**

Aos 80, 90 e 100 dias após o plantio (DAP), correspondente aos estádios IV e V, realizou-se supressão da irrigação para cada tratamento. Os tubérculos das linhas centrais de cada parcela foram colhidos 14 dias após supressão da irrigação [94 (S1), 104 (S2) e 114 DAP (S3)], para determinação da produtividade e qualidade físico-química.

A produtividade foi estimada com base na massa fresca de tubérculos obtidas de 10 plantas em  $2,4 \text{ m}^2$  imediatamente após as colheitas entre 7h e 11h, e extrapolada para 1,0 hectare.

Para avaliações físico-químicas foram utilizados cinco tubérculos da classe graúda proveniente de cada unidade experimental de campo. Foram avaliados: pH, firmeza, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, gravidade específica, cinzas, proteínas, umidade, matéria seca de tubérculos e índice de maturação.

Para determinação do potencial de hidrogênio (pH), 50 g de polpa de batata foram trituradas em 100 mL de água, e nestas fez-se a leitura do pH no conteúdo triturado usando um peagâmetro digital calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 (AOAC, 2010).

A firmeza de tubérculos foi determinada em três pontos diferentes nos dois lados opostos dos frutos com casca de cada unidade experimental, em cada repetição, utilizando-se penetrômetro analógico de Dupla Escala para Frutas (AKSO, modelo FT327) com profundidade de penetração de 20 mm e 1 ponteiro em aço inoxidável.

Para a quantificação dos sólidos solúveis totais, 2 g de batata foram macerados e duas gotas do suco foram colocadas no prisma do refratômetro de bancada Optech Germany. Após um minuto, fez-se a leitura direta dos graus Brix, à temperatura média de  $19 \pm 1,50$  °C (Virmond et al, 2014).

Para a determinação da acidez total foram triturados 50 g de polpa da batata com 100 mL de água destilada e a mistura foi filtrada e adicionada de três gotas do indicador fenolftaleína; após foi titulada com solução de hidróxido de sódio a 0,1 N (IAL, 2008), e a gravidade específica foi determinada pelo quociente entre massa seca ao ar/ (massa seca ao ar – massa seca em água) (Bisognin; Douches, 2002).

O teor de cinzas foi determinado pela calcinação de 10 gramas de tubérculos em mufla a 550 °C por 4 horas (IAL, 2008). As proteínas foram determinadas pelo nitrogênio total, empregando-se a técnica de Kjeldahl e utilizando o fator de 6,25 para conversão em proteína bruta (Quadros et al., 2009).

A umidade e a matéria seca dos tubérculos foram determinadas por gravimetria a 105 °C em estufa com circulação de ar, até peso constante. O índice de maturação foi determinado dividindo-se os valores de sólidos solúveis pela acidez total titulável. Conhecer a maturação dos tubérculos é importante, pois esse índice indica seu sabor (AOAC, 2010).

### **Análise estatística**

A análise estatística foi realizada procedendo-se à análise de variância e, posteriormente, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Tabela 1, observa-se o resumo da análise de variância, no qual constata-se efeito significativo da interação SI x F sobre a produtividade, teor de sólidos solúveis, acidez total titulável e índice de maturação de tubérculos ( $p < 0,01$ ). Não houve interação entre os fatores, SI x F, para os caracteres: pH, firmeza, gravidade específica e cinzas, sendo influenciados pelos efeitos dos fatores isolados.

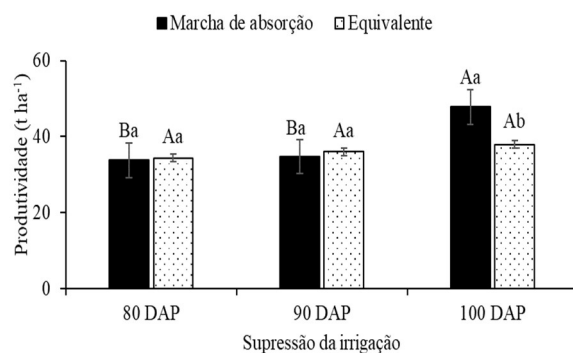
**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para as variáveis produtividade total (PT), pH (pH), firmeza (FZ), sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), gravidade específica (GE), cinzas (CZ), proteínas (PR), umidade de tubérculos (UT), massa seca de tubérculos (MST) e índice de maturação de tubérculos (IMT) para batateira em função de supressão da irrigação (SI) e fertirrigação (F).

Fontes de variação	Quadrado médio										
	PT	pH	FZ	SST	ATT	GE	CZ	PR	UT	MST	IMT
SI	32,61**	1522**	3,59*	1,95 <sup>ns</sup>	268,80**	9,18**	335,37**	0,02 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	105,53**
F	9,82**	32,68**	0,01 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	49,33**	0,06 <sup>ns</sup>	2,36 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	5,77*
SI x F	16,00**	1,74 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	9,53**	85,53**	2,21 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	27,04**
CV (%)	17,08	2,50	4,11	9,92	2,64	96,10	25,25	0,79	3,55	1,19	3,91

\*\* e \* significativos para 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo.

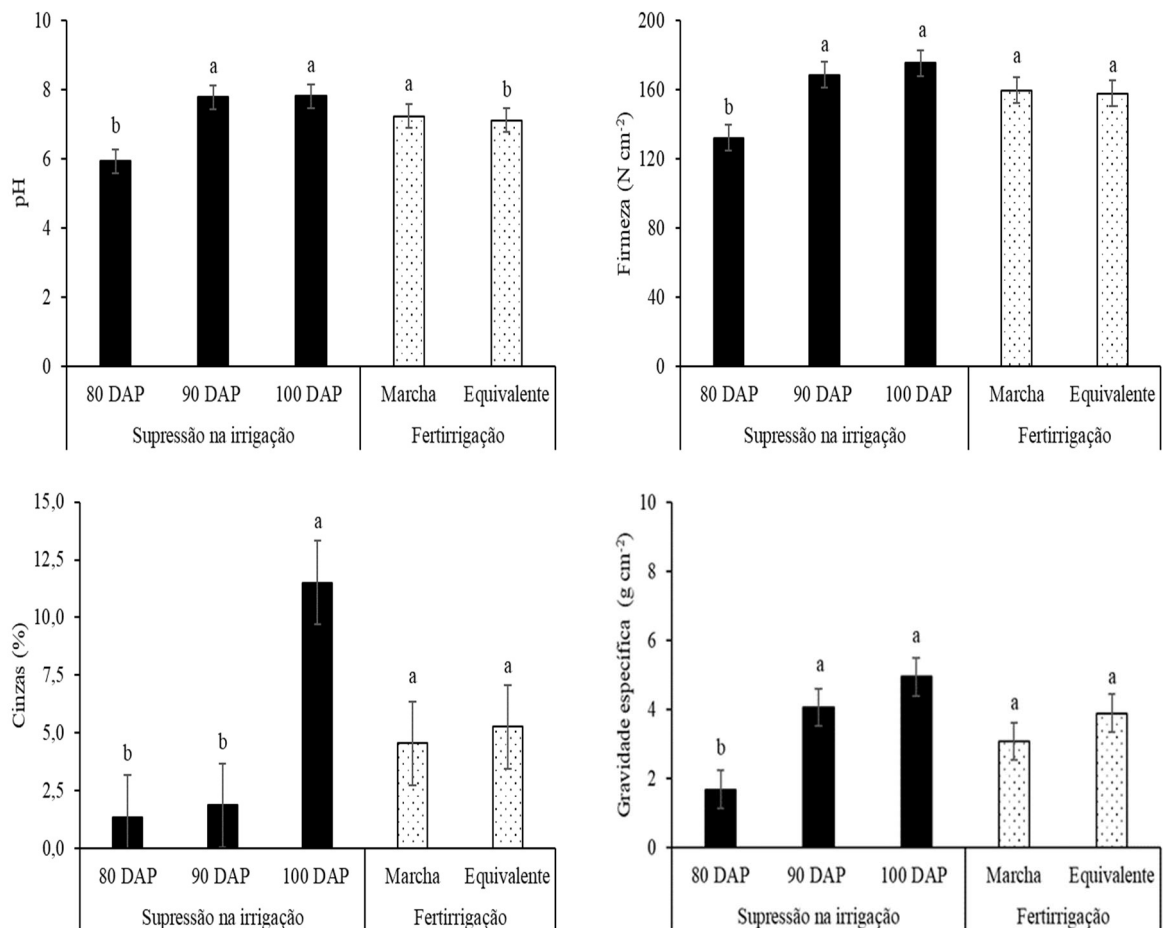
A produtividade de tubérculos de batata fresca não diferiu entre F1 na supressão da irrigação S1 (33,8 t ha<sup>-1</sup>) e S2 (34,78 t ha<sup>-1</sup>), bem como para S1F2 (34,41 t ha<sup>-1</sup>), S2F2 (34,78 t ha<sup>-1</sup>) e S3F2 (37,99 t ha<sup>-1</sup>) (Figura 1).

Baixas produtividades observadas para S1 foi devido à secagem precoce do solo e ao efeito de estresse hídrico moderado no crescimento dos tubérculos (Liu et al., 2005; Li et al., 2006), já que a fertirrigação seguiu a mesma quantidade de nutrientes aplicados antes da supressão da irrigação. Monroy et al (2020) obtiveram produtividade inferiores aos obtidos nesse trabalho para os cultivares de batata Rosita (24,38 t ha<sup>-1</sup>) e Ágata (23,85 t ha<sup>-1</sup>) no México, quando se fez a colheita das batatas mais tardiamente.



**Figura 1.** Valores médios de produtividade da batateira var. JB 2601 em função de supressão da irrigação e fertirrigação. Jaboticabal – SP, 2020. Letras minúsculas demonstram diferenças em relação as fertirrigações, e maiúsculas, em relação as supressões da irrigação. As barras representam erro padrão da média.

Na resposta à SI, o pH aumentou 30,31% e 30,82%, para os tratamentos S2 (7,81) e S3 (7,78), respectivamente, em relação a supressão S1 (5,97) (Figura 2). Este comportamento, é explicado pela exposição dos tubérculos ao ambiente com o passar da época de supressão da irrigação ocasionando alta taxa respiratória, e elevado consumo de ácidos orgânicos (Soares et al., 2019). Já o aumento de pH (7,23) para F1 indica que dependendo da disponibilidade de N e K no solo e na cultivar, a adubação pode melhorar a qualidade físico-química, pois ela aumenta o pH da polpa dos tubérculos, o que é importante para preservação da qualidade pós-colheita, pois as enzimas que degradam o amido, apresentam alta atividade em valores de pH mais baixos (Evangelista et al., 2011).



**Figura 2.** Valores médios de pH, firmeza, cinzas e gravidade específica de batata JB 2601 em função de supressão da irrigação e fertirrigação. Jaboticabal – SP, 2020. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas para supressão da irrigação e fertirrigação não diferem pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ). Barras representam erro padrão da média.

A firmeza de tubérculos teve aumento ao longo do período da SI (Figura 3). As batatas sob efeito dos tratamentos S2 e S3 obtiveram firmeza de 168,67 N e 175,28 N, respectivamente. Esse comportamento está relacionado com o teor de matéria seca e amido do tubérculo (Fernandes et al., 2015), quando se realizou a supressão da irrigação mais tardiamente. Evangelista et al. (2011) também observaram que cultivares com tubérculos de polpa mais firme apresentaram maior teor de matéria seca e amido.

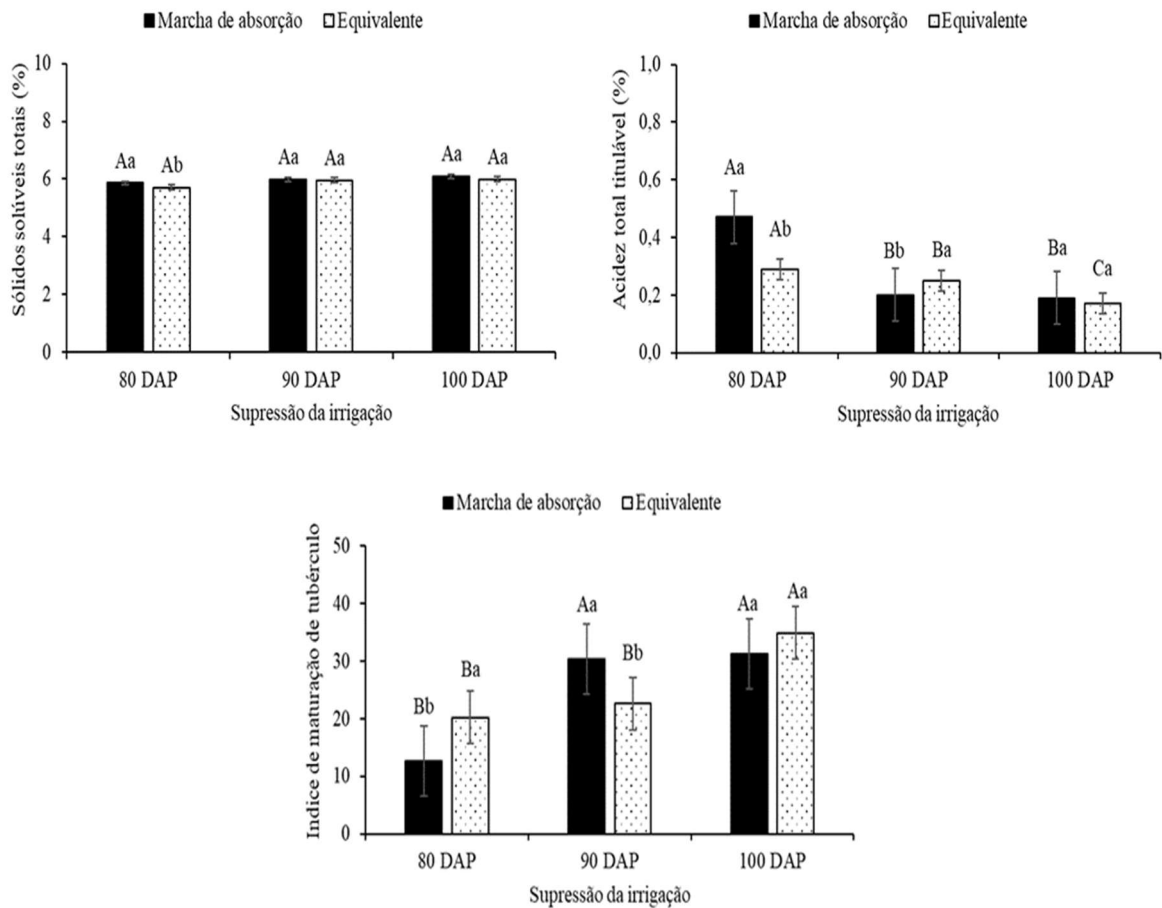
Na batateira, apenas o fator SI teve efeito significativo para o teor de cinzas ( $p < 0,01$ ), sendo as interações entre os fatores (SI x F) não significativa ( $p > 0,05$ ). A variação foi de 1,36 a 11,51%, indicando um maior teor de sais minerais para a variedade JB 2601 quando realizada a S3 (11,51%). O teor de cinzas em tubérculos de batata é afetado pela quantidade de nutrientes disponíveis no solo, especialmente nitrogênio e potássio. Nessa conjuntura, os teores obtidos neste estudo foram superiores ao registrado por TACO-UNICAMP (2006) que encontrou média de cinzas de 0,6% e Stertz et al. (2005) que encontraram média de 0,67%. Porém, Fernandes et al. (2010) relata, que os teores aceitáveis de resíduo mineral fixo, cinzas, para batatas, varia entorno de 0,44 a 1,90%, inferindo que os valores obtidos neste estudo foram superiores.

A gravidade específica variou de 1,46 a 4,95 g cm<sup>-2</sup> no fator supressão da irrigação (Figura 3). De acordo com Oliveira et al. (2006), a gravidade específica de batatas destinadas ao processamento na forma de chips, deve ser de 1,081 g cm<sup>-2</sup>, dessa forma, os valores encontrados neste estudo são superiores ao citado pelos autores.

Por outro lado, os resultados do presente estudo evidenciam que a gravidade específica da variedade JB 2601 tem relação com a qualidade ou do teor de sólidos solúveis dos tubérculos, matéria seca, explicitando que quanto mais tardio ocorrer a supressão da irrigação, maior será a gravidade específica.

Para os teores de sólidos solúveis totais, foi verificada interação entre os fatores, SI x F ( $p < 0,01$ ) (Figura 4). Nessa variedade, os valores de sólidos solúveis totais foram de 5,70 e 5,86%, 5,96 e 5,98% e 5,98 e 6,00%, nas supressões S1, S2 e S3, respectivamente, para F1 e F2, respectivamente (Figura 5).

É possível observar que o momento em que ocorre a SI em relação a F, percebe-se um aumento do teor de sólidos solúveis, pois nos tubérculos colhidos aos 14 dias após S1 variou de 5,70 e 5,86% para 5,98 e 6,00% (S3), correspondendo a um aumento de 4,91% e 2,38%, respectivamente. O maior indicativo do conteúdo de sacarose nos tubérculos de batata var. JB 2601, está atrelado ao elevado teor de açúcares, principalmente sacarose (Virmond et al. 2014). Chitarra e Chitarra (2005) relataram que o teor de sólidos solúveis totais é utilizado como uma medida indireta do teor de açúcares totais, com variação de 2% a 25%, a depender da cultivar/variedade, do clima e dos estágios de maturação, sendo que os valores obtidos neste estudo corroboram ao desenvolvido nesse trabalho.



**Figura 3.** Valores médios de sólidos solúveis totais, acidez total titulável e índice de maturação de tubérculos de batata JB 2601 em função de supressão da irrigação e fertirrigação. Jaboticabal – SP, 2020. Letras minúsculas demonstram diferenças em relação as fertirrigações, e maiúsculas, em relação as supressões da irrigação. As barras representam erro padrão da média.

A acidez total titulável teve efeito significativo da interação entre os fatores (SI x F) ( $p < 0,01$ ). Portanto, SI e F contribuíram com essa característica. A acidez total foi de 0,47 (S1), 0,20 (S2) e 0,19 % (S3) para F1 e de 0,29 (S1), 0,25 (S2) e 0,17 (S3) para F2 (Figura 3). Esse decréscimo ao longo da supressão da irrigação é comum, uma vez que os ácidos orgânicos presentes nos tubérculos apresentam tendência de redução de acidez devido à conversão em açúcares ou pelo uso da acidez como substrato no processo de respiração (Suchoronczek et al., 2016).

Os dados de acidez total referente a todos os tratamentos corroboram com os valores de pH, em que a redução na acidez influenciou no aumento de pH. Avaliando o efeito de épocas de colheita de tubérculos de batata sobre características de qualidade físico-química pós-colheita, Suchoronczek et al. (2016) encontraram valores médios de acidez de 0,09 e 0,088% para Ágata e Atlantic, respectivamente. Isso indica que há variação na acidez total titulável conforme a cultivar/variedade de batata e as condições pós-colheita no qual são impostas.

O índice de maturação de tubérculos após as colheitas aumentou conforme as épocas de SI. No estágio determinado em S1, o processo de maturação da batata estava iniciando, por isso os valores foram considerados baixos para S1F1 (2,68) em relação a S2F1(30,41) e S3F1(31,29). Houve algumas diferenças significativas e tendência a valores maiores com o aumento da maturidade de tubérculos, o que confirma que supressão da irrigação aos 100 DAP e fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura e equivalente definiram o estágio de maturação dos tubérculos.

## **CONCLUSÕES**

A adoção de supressão da irrigação aos 100 dias após plantio associada à fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura foi mais expressiva no aumento da produtividade de tubérculos de batata var. JB 2601, 47,82 t ha<sup>-1</sup>, contribuindo para o consumo sustentável de água e nutrientes nos tubérculos de batata tipo chips.

A variedade JB 2601 apresentou elevados teores de sólidos solúveis totais (6%), gravidade específica (4,95 g cm<sup>-2</sup>), cinzas (11,51%) e índice de maturação de tubérculos (31,29) quando submetida a supressão da irrigação aos 100 dias após plantio e fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura. Isso implica que, um

bom manejo da irrigação e nutrição adequada de plantas contribuem para aumento de produtividade e redução de perdas pós-colheita para batata tipo chips.

### **CONTRIBUIÇÃO DO AUTOR**

Ideia conceitual: Viana, JS; Palaretti, LF; Desenho da metodologia: Viana, JS; Palaretti, LF; Coleta de dados: Viana, JS; Palaretti, LF; Análise e interpretação dos dados: Viana, JS; Palaretti, LF; Faria, RT; Dalri, AB; Redação e edição: Viana, JS; Palaretti, LF; Faria, RT; Dalri, AB.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo) (Jaboticabal, São Paulo, Brasil) e à Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, por fornecer a infraestrutura para realizar o experimento.

Este estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código Financeiro 001. Os autores também agradecem à empresa NaanDanJain pelo fornecimento do sistema de irrigação, à empresa Yara pelo fornecimento dos fertilizantes usados na fertirrigação e a FMC Agro pelo fornecimento de batatas-sementes.

### **REFERÊNCIAS**

ALMEIDA, LS. Acúmulo e exportação de micronutrientes em batata Adubada com fertilizante orgânico-mineral. **Bioscience Journal**, 34:71-80, 2018.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Métodos oficiais da Associação dos Químicos Agrícolas**. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, 2010.

BISOGNIN, DA; DOUCHES, DS. Early generation selection for potato tuber quality in progenies of late blight resistant parents. **Euphytica**, 127: 1-9, 2002.

BAGGIO, CA et al. Efeito de doses de nitrogênio no crescimento de plantas de batata em Guarapuava. **Horticultura Brasileira**, 27: S3219-S3223, 2009.

BRAUN, H. Carboidratos e matéria seca de tubérculos de cultivares de batata influenciados por doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, 34(2): 285-293, 2010.

CHRISTIANSEN, JE. **Irrigation by sprinkling**. Berkley: University of California, 1942. 124 p.

CHITARRA, MIF; CHITARRA, AB. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. UFLA, Lavras., 2005, 785p.

CARDOSO, AD. Características físico-químicas de batata em função de doses e fracionamentos de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, 40(3): 567-575, 2017.

CAMARGO, FP et al. **Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas do Estado de São Paulo**, Ano Agrícola 2020/21. 2021. Disponível em :<<http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=14908>>. Acesso em: 18 de janeiro de 2022.

DENÍCULI, W et al. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres.**, 27: 155-162, 1980.

DUARTE-DELGADO, D et al. Variação natural dos teores de sacarose, glicose e frutose em genótipos colombianos de *Solanum tuberosum* Grupo Phureja na colheita. **J. Sci. Alimentos Agrícolas**, 96 (12): 4288 – 4294, 2016.

EVANGELISTA, RM. Qualidade nutricional e esverdeamento pós-colheita de tubérculos de cultivares de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46: 953-960, 2011.

FERNANDES, AM. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I - Macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35: 2039–2056, 2011.

FERNANDES, AM. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, 28(3): 299-304, 2010.

FERNANDES, AM. Qualidade de tubérculos frescos de cultivares de batata em função da nutrição fosfatada. **Bragantia**, 74: 102-109, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. (2020). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 18 de janeiro de 2022.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 4. ed., 1. ed. digital. Brasília: Ministério da Saúde, 2008.

KAWOCHAR, M et al. Suppression of the tonoplast sugar transporter *StTST3.2* improves quality of potato chips. **Journal of Plant Physiology**, 269: 153603, 2022.

- LIU, F et al. ABA regulated stomatal control and photosynthetic water use efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L.) during progressive soil drying. **Plant Sci.**, 168: 831-836, 2005.
- LI, F et al. Effects of deficit irrigation (DI) and partial root drying (PRD) on gas exchange, biomass partitioning, and water use efficiency in potato. **Sci. Hortic.**, 109: 113-117, 2006.
- MONROY, JP et al. Fertilización orgánica con tres niveles de gallinaza en cuatro cultivares de papa. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, 10(5): 1139-1149, 2020.
- OLIVEIRA, VR et al. Qualidade de processamento de tubérculos de batata produzidos sob diferentes disponibilidades de nitrogênio. **Revista Ciência Rural**, 36 (2): 660-663, 2006.
- PEREIRA, EAC. **Potássio em batata é o nutriente da qualidade**. Revista Campo & Negócios Hortifruti. Disponível em: <<http://www.revistacampoenegocios.com.br/potassio-em-batata-e-o-nutriente-da-qualidade/> Pinelli, L.L.O.; Moretti, C.L.; Almeida, G.C>. Acesso em: 23 de janeiro de 2021.
- PORTE, A.; MAIA, L.H. **Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas de alimentos minimamente processados**. Curitiba: B.CEPPA, 19 (1): 105-118, 2001.
- QUADROS, DA et al. Composição química de tubérculos de batata para processamento, cultivados sob diferentes doses e fontes de potássio. **Ciência e Tecnologia em Alimentos**, 29 (2):316- 323, 2009.
- RAIJ, B et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Boletim Técnico do Instituto Agrônômico, Campinas, 2<sup>a</sup> ed, n.100, 1997. 285p.
- SANTOS, MNS et al. Activity of polyphenoloxidase and peroxidase in non-dormant potato tubers treated with sprout suppressors. **Food Sci. Technol**, 40: 222-227, 2020.
- SANTOS, H.G. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- SOARES, PPS. Qualidade pós-colheita de tubérculos de batata 'Ágata' embalados armazenados em diferentes condições. **Rev. Cienc. Agrar.**, 62:1-10, 2019.
- SUCHORONCZEK, A. Efeito de épocas de colheita e tempo de armazenamento de tubérculos de batata sobre características de qualidade pós-colheita. **Applied Research & Agrotechnology**, 9: 45-53, 2016.
- STERTZ, SC et al. Qualidade nutricional e contaminantes da batata (*Solanum tuberosum* L.) convencional e orgânica na Região Metropolitana de Curitiba – Paraná. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, 23 (2): 383-396, 2005.

VIRMOND, EP et al. Características físico- -químicas de cultivares de batata sob cultivo orgânico. **Ambiência**, 10: 31-42, 2014.

VIANA, JS et al. Potato production affected by fertilization methods, masses of seed tubers and water regimes. **Horticultura Brasileira**, 38: 166-174, 2020.

TACO/UNICAMP. **Tabela Brasileira de composição de alimentos**. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Campinas, 2 ed, 2006. 113p.

## **CAPÍTULO 4 - Teor de macro e micronutrientes em batata em função de supressão da irrigação e fertirrigação**

Jonathan dos Santos Viana<sup>1</sup> <http://orcid.org/0000-0003-4734-9843>, Luiz Fabiano Palaretti<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-5107-6038>, Rogério Teixeira de Faria<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1696-7940>, Alexandre Barcellos Dalri<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3122-1899>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista/FCAV, Departamento de Engenharia e Ciências Exatas/DECEX, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

### **RESUMO**

O efeito do manejo da irrigação aos fertilizantes em cobertura tem demonstrado êxito na composição nutricional das culturas. Este trabalho teve como objetivo avaliar os teores de macro, micronutrientes e produtividade da batata pela associação da supressão da irrigação e fertirrigação. O experimento foi conduzido na estação outono e inverno, em solo LATOSSOLO VERMELHO-Eutroférico, de textura argilosa. No campo foram avaliadas três supressões da irrigação, aos 80, 90 e 100 dias após plantio, e duas formas de fertirrigação: fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura e equivalente. Após as colheitas, foram determinados os teores de macro e micronutrientes, além da produtividade e classificação de tubérculos. A supressão da irrigação aos 100 DAP e fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura aumentaram os teores máximos de enxofre ( $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ ), cobre ( $6,4 \text{ g kg}^{-1}$ ), ferro ( $7,0 \text{ g kg}^{-1}$ ), manganês ( $46,0 \text{ g kg}^{-1}$ ), produtividade ( $47,82 \text{ g kg}^{-1}$ ) e batata graúda ( $35,21 \text{ g kg}^{-1}$ ). O teor de cálcio foi influenciado apenas pela supressão da irrigação aos 100 DAP,  $0,40 \text{ g kg}^{-1}$ . O uso da lâmina de 117,9 mm a mais no tratamento supressão da irrigação aos 100 DAP na fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura proporcionou maior produtividade, tubérculos de maior tamanho e teores adequados de macro e micronutrientes na var. de tubérculos de batata JB 2601.

**Termos para indexação:** *Solanum tuberosum*, manejo da irrigação, fertilização, qualidade nutricional.

## ABSTRACT

The effect of irrigation management on cover fertilizers has demonstrated success in the nutritional composition of crops. This study aimed to evaluate the contents of macro, micronutrients and potato yield by the association of irrigation suppression and fertigation. The experiment was conducted in the autumn and winter season, in LATOSOL RED-Eutroferic, clayey texture. In the field, three irrigation suppressions were evaluated, at 80, 90 and 100 days after planting, and two forms of fertigation: fertigation following the culture absorption march and equivalent. After harvesting, macro and micronutrient contents were determined, as well as tuber yield and classification. The suppression of irrigation at 100 DAP and fertigation following the culture absorption march increased the maximum levels of sulfur (3.0 g kg<sup>-1</sup>), copper (6.4 g kg<sup>-1</sup>), iron (7.0 g kg<sup>-1</sup>), manganese (46.0 g kg<sup>-1</sup>), yield (47.82 g kg<sup>-1</sup>) and coarse potato (35.21 g kg<sup>-1</sup>). The calcium content was influenced only by irrigation suppression at 100 DAP, 0.40 g kg<sup>-1</sup>. The use of the 117.9 mm more depth in the treatment suppression of irrigation at 100 DAP in fertigation following the absorption gear of the crop provided higher productivity, tubers of greater size and adequate contents of macro and micronutrients in the var. of potato tubers JB 2601.

**Indexing terms:** *Solanum tuberosum*, irrigation management, fertilization, nutritional quality.

## INTRODUÇÃO

A batata é uma cultura importante para a produção de alimentos de mesa e amido, e a quarta cultura mais cultivada no mundo (FAOSTAT, 2017). No entanto, questões-chave em sua produção são o fornecimento de água e fertilizantes.

Em regiões tropicais, a irrigação total ou suplementar à batata cultivada em solo argiloso é necessária para maioria das estações. No entanto, há um elevado risco de perda de produtividade e valor nutricional, especialmente em sistema de cultivo em que há negligência da necessidade hídrica da cultura.

Tal fato pode ser parcialmente evitado cultivando batata com irrigação localizada por gotejamento atrelada a supressão da irrigação em diferentes momentos do ciclo fenológico da cultura, como também aplicação fracionada de nitrogênio e potássio, dissolvidos na água de irrigação, fertirrigação (Zhou et al., 2018).

Nesse seguimento, diversas são as dúvidas sobre o momento e a quantidade da lâmina de irrigação e de nutrientes via fertirrigação a serem aplicados em cobertura no cultivo de batata. Além disso, essas questões são essenciais atualmente, pois o próprio aumento da população mundial indica a necessidade do cultivo de espécies agrícolas de alto rendimento e elevado teor nutricional para combater a fome e a desnutrição emergentes (Tan et al., 2005). Devido a essa negligência na exploração agrícola, há um declínio de 5% a 40% no conteúdo mineral de hortaliças e frutas nos últimos 50 a 50 anos (Davis, 2009).

O aumento da demanda por batata, conjuntamente a pressão econômica forçaram os produtores de batata a migrarem por sistemas de produção mais intensivos e eficientes, com uso de irrigação e fertilizantes, ações que levantam preocupações ambientais e aumento dos custos de produção. Portanto, uso de estratégias de manejo da irrigação via gotejamento (supressão da irrigação) e fertirrigação, tornam-se atrativas para otimização dos insumos.

Nos tubérculos de batata há variações na quantidade de nutrientes acumulados, influenciados principalmente por fatores ligados à produção e partição de matéria seca (Braun et al., 2011). Em estudo, White et al. (2009) evidenciaram que em 200 g de amostra de tubérculos frescos de batata é suficiente para fornecer aproximadamente 26% dos valores diários de referência alimentar de Cu; 17% a 18%

de K, P e Fe; e 5% a 13% de Zn, Mg e Mn, o que torna o produto de alta qualidade para a alimentação humana.

Entender o comportamento dos teores de macro e micronutrientes em tubérculos de batata tipo chips em função de supressão da irrigação e fertirrigação é de grande importância para adequado manejo, bem como para evitar perdas da qualidade nutricional pós-colheita.

Diante disso, a hipótese do estudo é que a compilação da supressão da irrigação às formas de fertirrigação influencia em melhor aproveitamento dos nutrientes aplicados via fertirrigação alterando a qualidade nutricional das batatas pós-colheita em cada supressão da irrigação.

Considerando que são escassos os trabalhos de pesquisa que relacionam época de suprimir a irrigação e formas de fertirrigação no teor de macro e micronutrientes em tubérculos de batata, objetivou-se, com o presente estudo, avaliar o efeito de supressão da irrigação e fertirrigação via gotejamento nos tubérculos da batata variedade JB 2601, de uso generalizado no Brasil para produção de batata chips.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Descrição da área, clima e solo**

O experimento foi realizado em Jaboticabal, São Paulo, Região de Ribeirão Preto, Brasil, na estação outono e inverno (junho-setembro), em solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (Santos et al., 2006). O solo possui textura argilosa, com 220, 580 e 200 g kg<sup>-1</sup> de areia, argila e silte, respectivamente.

As características do solo na camada de 0-20 cm de profundidade, amostrada antes da instalação do experimento, continha pH em CaCl = 5,9; MO = 18 g dm<sup>-3</sup>; P = 51 mg dm<sup>-3</sup>; K = 3,1 mmolc dm<sup>-3</sup>; Ca = 28 mmolc dm<sup>-3</sup>; Mg = 11 mmolc dm<sup>-3</sup>; H + Al<sup>3+</sup> = 18 mmolc dm<sup>-3</sup>; SB (soma de bases) = 42,1 mmolc dm<sup>-3</sup>; CTC (capacidade de troca catiônica) = 59,8 mmolc dm<sup>-3</sup>; V (saturação por bases) = 70%; B = 0,28 mg dm<sup>-3</sup>; Cu = 3,5 mg dm<sup>-3</sup>; Fe = 6 mg dm<sup>-3</sup>; Mn = 15,7 mg dm<sup>-3</sup> e Zn = 2,2 mg dm<sup>-3</sup>.

Durante o experimento, os valores médios mensais de temperaturas máxima e mínima do ar, umidade relativa e precipitação pluvial foram de 29,9 °C; 14,8 °C; 50,3% e 20,6 mm, respectivamente.

De posse dos resultados da análise química, a fertilidade foi corrigida seguindo Boletim 100 (Raj et al., 1997), com aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em todos os tratamentos. A emergência dos tubérculos aconteceu aos 17 dias após o plantio (DAP).

Os fertilizantes aplicados em cobertura foram realizados via fertirrigação iniciando-se no sétimo dia após a emergência dos tubérculos, em que os tratamentos sob nível F1 e F2 receberam 487,57 kg ha<sup>-1</sup> de nitrato de cálcio + RNA e 117,65 kg ha<sup>-1</sup> de kista SOP (Viana et al., 2020) (Tabela 3 e 4).

**Tabela 3.** Percentuais de fertilizantes aplicados segundo a marcha de absorção para batateira var. JB 2601. UNESP, Jaboticabal - SP, 2020.

Estádio fenológico	DAE	Fertirrigação Equivalente	
		Nitrato de Cálcio + RNA <sup>a</sup> (%)	Krista SOP <sup>b</sup> (%)
Crescimento vegetativo	7	1,20	0,83
	14	1,21	0,84
	21	4,39	4,07
	28	6,40	6,10
Tuberização	35	8	11,87
	42	11,20	15,60
Enchimento de tubérculos	49	20,40	30,52
	56	11,60	11,87
	63	10,80	6,11
	70	9,20	5,08
	77	7,60	4,06
	84	6,40	3,05
Maturação	87	1,60	0
	90	0	0

<sup>a</sup> Nitrato de Cálcio + RNA (fonte de N 14,0%, Ca 18,5% e RNA 2%); <sup>b</sup> Krista SOP (fonte de K 51% e S 18%). DAE= Dias após emergência. RNA = Aditivo de liberação de nutrientes baseados em aminoácidos. Viana et al. (2020).

**Tabela 4.** Percentuais de fertilizantes aplicados segundo a Fertirrigação Equivalente da batateira var. JB 2601. UNESP, Jaboticabal - SP, 2020.

Estádio fenológico	DAE	Fertirrigação (Marcha de absorção)	
		Nitrato de Cálcio + RNA <sup>a</sup> (%)	Krista SOP <sup>b</sup> (%)
Crescimento vegetativo	7	6,60	5,92
	19	6,60	5,92
Tuberização	29	4,00	5,94
	35	4,00	5,94
Enchimento de tubérculos	42	21,60	28,99
	52	21,60	28,99
	63	17,00	9,15
	77	17,00	9,15
Maturação	91	0,80	0
	95	0,80	0

<sup>a</sup> Nitrato de Cálcio + RNA (fonte de N 14,0%, Ca 18,5% e RNA 2%); <sup>b</sup> Krista SOP (fonte de K 51% e S 18%). DAE= Dias após emergência. RNA = Aditivo de liberação de nutrientes baseados em aminoácidos. Viana et al. (2020).

### Tratamentos e desenho experimental

Foi instalado experimento em campo, com a variedade de batata JB 2601 tubérculos de primeira geração. O delineamento adotado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 3x2, com seis repetições, sendo os tratamentos constituídos de: três supressões da irrigação (S1: 80, S2: 90 e S3: 100 dias após plantio) e duas formas de fertirrigação [(F1: fertirrigação segundo a marcha de absorção da cultura (Viana et al., 2020) e F2: fertirrigação equivalente, aplicando-se 50% no início e 50% no meio de cada estágio fenológico da cultura da dose dos fertilizantes estabelecidos para F1)].

### Gestão da safra

A área é historicamente cultivada com grãos, bastante uniforme em relação a cor do solo e topografia, além disso não há registros de manchas de solo. Anteriormente à instalação do experimento, a área foi submetida a desfragmentação mecânica dos restos culturais, seguido de escarificação, subsolagem e duas gradagens niveladoras.

Cada parcela experimental foi constituída de 32 plantas, em fileiras simples de cultivo, espaçados 0,80 m entre fileiras e 0,30 m entre plantas. As dez plantas centrais serviram como plantas úteis da parcela e onze plantas de cada extremidade como bordadura.

O plantio dos tubérculos da batata variedade JB 2601 foi realizado em sulcos na profundidade de 0,15 m, em 15 de junho de 2020. Foram utilizadas batatas-semente adquiridas de empresa idônea, com massa média de 70 g, previamente brotadas, com brotos de aproximadamente 2 cm.

Não houve tratamento para quebra de dormência dos tubérculos-sementes. Aos 35 dias após o plantio (DAP) efetuou-se a amontoa e durante o período experimental, foi realizado o manejo fitossanitário para controle de pragas e doenças, segundo a necessidade e utilizando-se produtos registrados para cultura da batateira.

O manejo da irrigação foi realizado via clima visando atender as necessidades hídricas da cultura, por meio do sistema de irrigação por gotejamento com emissores autocompensantes, vazão de  $1,0 \text{ L h}^{-1}$ , operando a uma pressão de  $1,20 \text{ kgf cm}^{-2}$ . De acordo com o teste realizado, o coeficiente de Christiansen (CUC) foi igual a 98,6%, seguindo metodologia proposta por Denículi et al. (1980).

O solo foi mantido próximo da capacidade de campo, onde a determinação da irrigação total necessária (ITN) foi estimada seguindo metodologia proposta por Mantovani et al. (2009), que define a reposição da lâmina de água perdida em função da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), calculada pelo produto entre a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), o coeficiente da cultura ( $K_c$ ) e o fator de correção ( $KL=0,85$ ), dividido pela eficiência do sistema de irrigação.

A estimativa dos coeficientes da cultura ( $K_c$ ) foram obtidos pela interpolação em função dos estádios fenológicos da batateira, sendo: Estádio I (inicial) –  $k_c = 0,45-0,55$  (0 a 17 dias de duração); Estádio II (vegetativo) -  $k_c = 0,45-0,55$  (18 a 35 dias de duração); Estádio III (estolonização / tuberização) -  $k_c = 0,75-0,85$  (36 a 53 dias de duração); Estádio IV (crescimento dos tubérculos) -  $k_c = 1,00-1,10$  (54 a 87 dias de duração) e Estádio V (maturação) –  $k_c = 0,65-0,75$  com duração do estágio fenológico de 87 a 100 dias após plantio (Marouelli; Guimarães, 2006).

As plantas foram submetidas a um único regime hídrico, 100%  $ET_c$ , os quais receberam: 345,25 mm (S1); 410,75 mm (S2) e 452,55 mm (S3). Dessa forma, as lâminas totais (irrigação + precipitação) foram 355,25 mm (S1), 421,05 mm (S2) e 473,15 mm (S3).

## Variáveis analisadas

Aos 80, 90 e 100 dias após o plantio (DAP), realizou-se supressão da irrigação das batateiras para cada tratamento estabelecido. Catorze dias após supressão da irrigação, período necessário para fixação da pele ao tubérculo, evitando assim a “esfoladura”, foram realizadas colheitas aos 94 (S1), 104 (S2) e 114 (S3) DAP para cada tratamento.

A produtividade, expressa em  $t\ ha^{-1}$ , foi estimada com base na massa fresca de tubérculos obtidas de 10 plantas em  $2,4\ m^2$  imediatamente após as colheitas entre 7h e 11h, e extrapolada para 1,0 hectare. Os tubérculos foram analisados quanto ao diâmetro transversal com paquímetro digital (316119 mtx; Nakao, São Paulo-SP, Brasil) e classificados em batatas graúdas ( $\geq 45\ mm$ , classes I e II, batatas comerciais) e batatas miúdas ( $< 45\ mm$ , classes III - V) (IBQH, 2003).

Amostras de tubérculos classificadas como comerciais foram cortadas e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar, a  $65^\circ\ C$ , até atingirem peso constante.

Após secagem, procedeu-se à moagem das amostras em moinho tipo Willey. Uma subamostra do material moído foi digerida em ácido sulfúrico concentrado. Após digestão, a amostra foi analisada quanto ao teor de N pelo método Kjadal (Embrapa, 2013). Outra subamostra da matéria seca de tubérculo foi submetida à digestão nítrico-perclórica para determinação de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), ferro (Fe), cobre (Cu) e zinco (Zn). O K foi dosado em espectrofotômetro de chama; o P em resina por espectrofotômetro, a  $725\ nm$  (Braga; Defelipo, 1974); o S em turbidimetria e Ca, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn em espectrometria de absorção atômica (Blanhar et al., 1965). Já o B foi determinado por azometina H (Van Raij, 1997).

## Análise estatística

A análise de variância foi realizada e para isso a normalidade e homogeneidade dos resíduos foram verificadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, a 5% de probabilidade. Quando significativa, utilizando o teste F a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

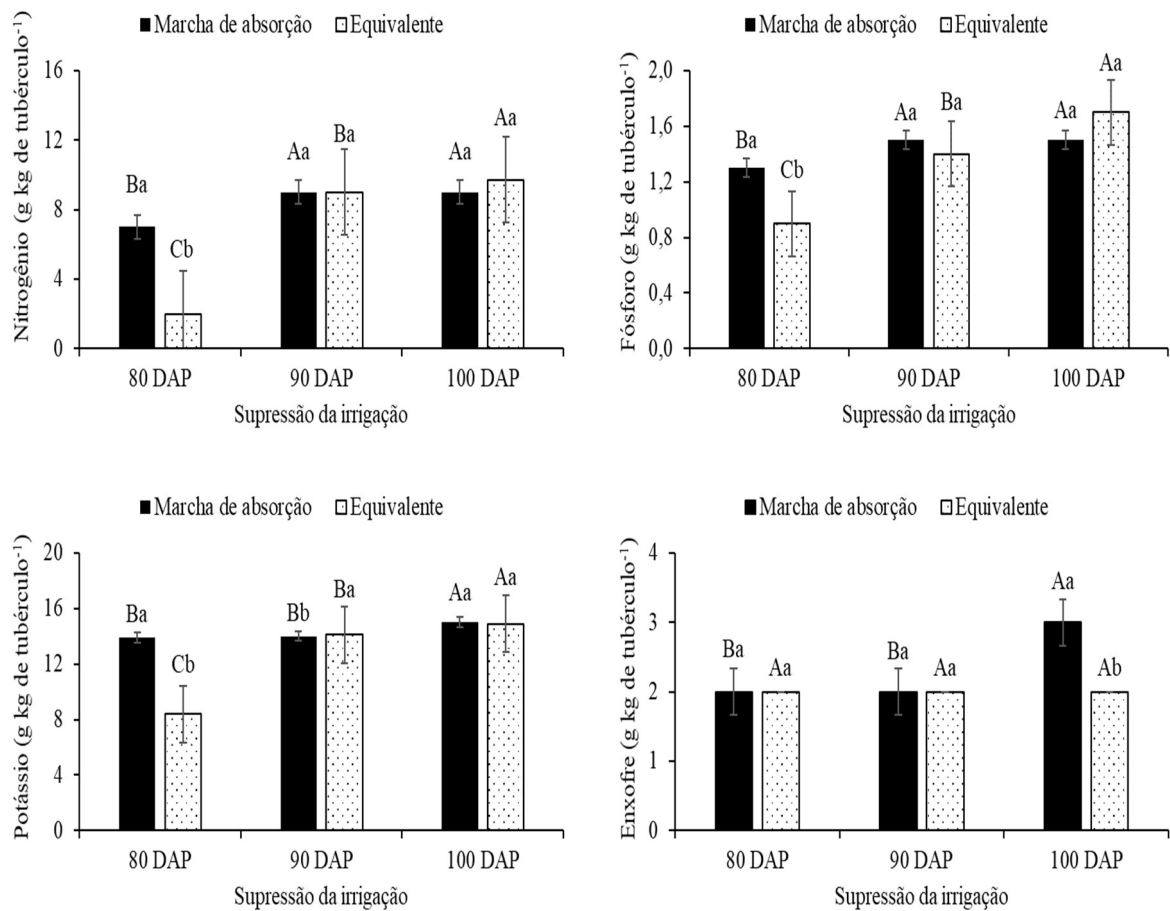
A interação dos fatores (SI x F) foi significativa para teor de nutrientes nitrogênio (N), cálcio (Ca), potássio (K), fósforo (P), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) e para os teores de produtividade total (PT) e batata graúda (Bg) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância para as variáveis nitrogênio (N), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), fósforo (P), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), produtividade total (PT), batata graúda (Bg) e batata miúda (Bm) em tubérculos de batata sob supressão da irrigação (SI) e fertirrigação (F).

Fontes de variação	Quadrado médio						
	N	Ca	Mg	K	P	S	B
SI	12,43**	12,18**	0,28 <sup>ns</sup>	17,79**	12,79**	157,46**	363,21**
F	493,75**	47,23**	1,15 <sup>ns</sup>	4426,5**	41,52**	53,87**	444,70**
SI x F	937,12**	12,56**	0,42 <sup>ns</sup>	6990,1**	34,82**	50,94**	399,85**
CV (%)	1,90	12,87	28,39	0,16	17,99	12,88	1,06
Fontes de variação	Quadrado médio						
	Cu	Fe	Mn	Zn	PT	Bg	Bm
SI	44,69**	3,52**	29308**	255,09**	32,61**	0,06 <sup>ns</sup>	1,55 <sup>ns</sup>
F	1131,1*	61,47**	896,61*	135,50**	9,82**	3,65 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
SI x F	95,23**	6,77**	2733,7*	152,64**	16,00**	5,85*	1,60 <sup>ns</sup>
CV (%)	3,62	0,37	0,36	0,89	17,08	5,03	23,77

\*\* e \* significativos para 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo.

Os valores de N total nos tubérculos variaram entre 7 a 9 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos, para F1; e entre 2 a 9,7 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos na supressão S1, S2 e S3(Figura 1). O teor de N nos tubérculos aumentou com a época em que se realizou a SI. Os valores de N totais nos tubérculos do presente estudo estão próximos aos 12 a 23 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos seco, obtidos por Srek et al. (2010). O comportamento observado neste estudo pode ser resultado da translocação de N nas folhas para os tubérculos, além da senescência das folhas observada após esse período, conforme descrito por Fernandes et al. (2011).



**Figura 1.** Teor de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C) e enxofre (D) em tubérculos da batata var. JB 2601 em função de supressão da irrigação e fertirrigação. Jaboticabal – SP, 2020. Letras minúsculas demonstram diferenças em relação as fertirrigações, e maiúsculas, em relação as supressões da irrigação. As barras representam erro padrão da média.

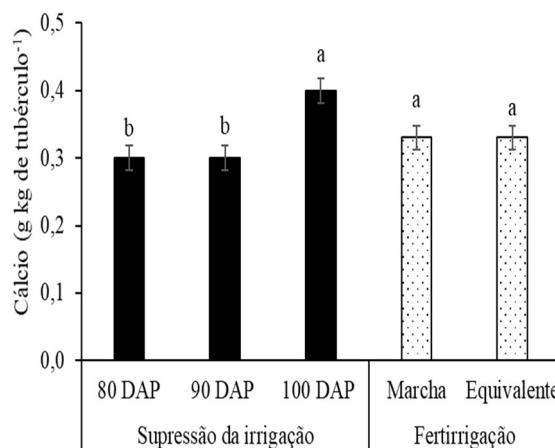
Os máximos teores de P foram de 1,5 e 1,7 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos, para as fertirrigações F1 e F2, respectivamente, aos 100 DAP. A aplicação de P no plantio aumentou o acúmulo de P nos tubérculos para 15,4% (F1) e 88,9% (F2) no final do ciclo, 100 DAP. Contudo, há diminuição do acúmulo de fósforo nas folhas até certo ponto crítico, proporcionado pela translocação e senescência natural desses órgãos, favorecendo no acúmulo desse nutriente nos tubérculos, observados pelos acúmulos máximos nos tubérculos aos 100 DAP.

Os tratamentos F1 e F2 atingiram máximos teores de K de 15 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos e 14,9 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos, respectivamente, ambos aos 100 DAP. O acúmulo seguiu uma tendência para ambos os tratamentos, atingindo 13,9 g e 8,4 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos para as fertirrigações F1 e F2, respectivamente, aos 80 DAP. No

entanto, na literatura observa-se que o K em excesso no solo pode prejudicar a produção de tubérculos, aumentando a razão  $K^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$  devido principalmente ao antagonismo entre os nutrientes (Mugo et al., 2021). Araújo et al. (2021) constataram o mesmo comportamento para aumento de teor de K em tubérculos de batata quando realizadas colheitas em épocas distintas.

Para acumulações de S em tubérculos de batata var. JB 2601, foi notada interação entre os fatores, SI x F, ( $p < 0,01$ ) (Figura 1). Valor máximo foi obtido no tratamento S3F1,  $3,0 \text{ g kg}^{-1}$  de tubérculos. Em estudo, Fernandes et al. (2011) constataram máximo acúmulo de S em cinco cultivares de batata de  $0,04$  a  $0,07 \text{ g kg}^{-1}$  de tubérculos. Neste estudo, os resultados foram superiores, provavelmente devido ao manejo hídrico atrelado ao fornecimento de nutrientes via F1 que culminaram no acúmulo de matéria seca e de amido nas batatas.

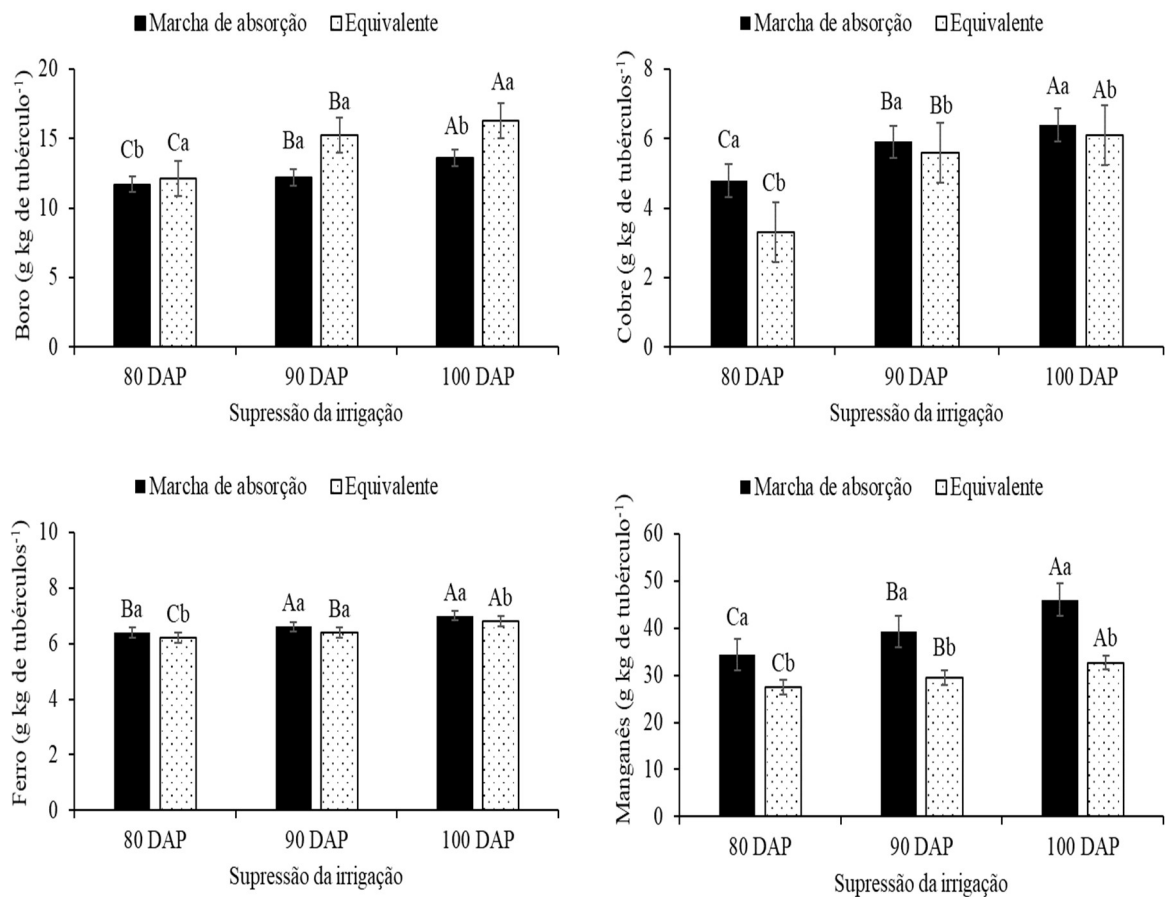
O teor de Ca em tubérculos de batata, teve efeito significativo apenas do fator isolado, SI ( $p < 0,01$ ), onde obteve-se teor máximo desse nutriente no tratamento S3( $0,40 \text{ g kg}^{-1}$  de tubérculos) (Figura 2). Nos tubérculos, os teores de Ca geralmente são baixos. Esse comportamento para SI tem inteira relação com a forma com que esse nutriente se move no solo, fluxo de massa, favorecendo a absorção do cálcio na solução do solo pelas raízes, mesmo esse macronutriente tendo baixa mobilidade na planta (Braun et al., 2011), e o conteúdo de água presente no solo favoreceu em maior absorção quando conduziu-se a cultura até os 100 DAP.

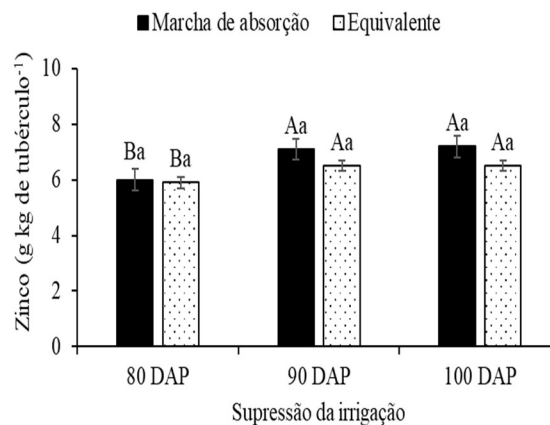


**Figura 2.** Teor de cálcio em tubérculos da batata var. JB 2601 em função de supressão da irrigação e fertirrigação. Jaboticabal – SP, 2020. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas para supressão da irrigação e fertirrigação não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). As barras representam erro padrão da média.

Na safra das águas, o máximo acúmulo de B total foi de 16,3 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos, aos 100 DAP para F3 (Figura 3). Esse acúmulo máximo de B ocorreu no estágio de enchimento de tubérculos.

Nesse caso, esse micronutriente é essencial, pois pode afetar as características de qualidade dos tubérculos. No entanto, o excesso de B no cultivo de batata poderá afetar a absorção de cálcio, afetando dessa forma menor resistência coesiva para o tecido foliar, porém, no presente estudo o suprimento de B e Ca não afetaram negativamente na qualidade das batatas. O comportamento observado para o máximo acúmulo de B aos 100 DAP, é em razão de que o desenvolvimento dos tubérculos ser antecedido de intenso processo de divisão celular e alongamento celular na região subapical do estolão (Struik et al., 1999).





**Figura 3.** Teor de boro, cobre, ferro, manganês e zinco em tubérculos da batata var. JB 2601 em função de supressão da irrigação e fertirrigação. Jaboticabal – SP, 2020. Letras minúsculas demonstram diferenças em relação as fertirrigações, e maiúsculas, em relação as supressões da irrigação. As barras representam erro padrão da média.

O efeito da SI sobre os teores de Cu nos tubérculos variou com a forma de F (Figura 3). Houve aumento dos teores com a época de SI, onde maior valor foi obtido no tratamento S3F1 (6,4 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos). Srek et al. (2010) constataram variação nos teores de Cu de 0,0035 a 0,0057 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos, sendo que neste presente estudo foram obtidos valores superiores, devido principalmente as diferentes formas de fertirrigação e manejo hídrico. White et al. (2009) também relatam que os teores de Cu presentes nos tubérculos são influenciados por fatores genéticos e ambientais.

O teor de Fe teve efeito significativo da interação entre os fatores SI x F ( $p < 0,01$ ) (Figura 3), onde foi notado aumento do teor desse micronutriente com o prolongamento da época de supressão da irrigação e fertirrigação. Maior valor foi obtido em S3F1 (7,0 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos). Isso demonstra que, em solos com fertilidade adequada, esse nutriente que estava mais disponível no solo foi suficiente para promover o acúmulo nos tubérculos de batata aos 100 DAP.

Do Fe total absorvido pela batateira, 20% está contido nos tubérculos, o que geralmente ocorre aos 45 aos 65 DAP (Embrapa, 2017). Atrelado ao teor de Fe presente no solo, a lâmina de irrigação de 107,3 mm a mais aplicada na supressão aos 100 DAP em comparação a supressão aos 80 DAP, favoreceu em maior absorção do ferro pela planta de batata, já que sua principal forma de absorção é por fluxo de massa.

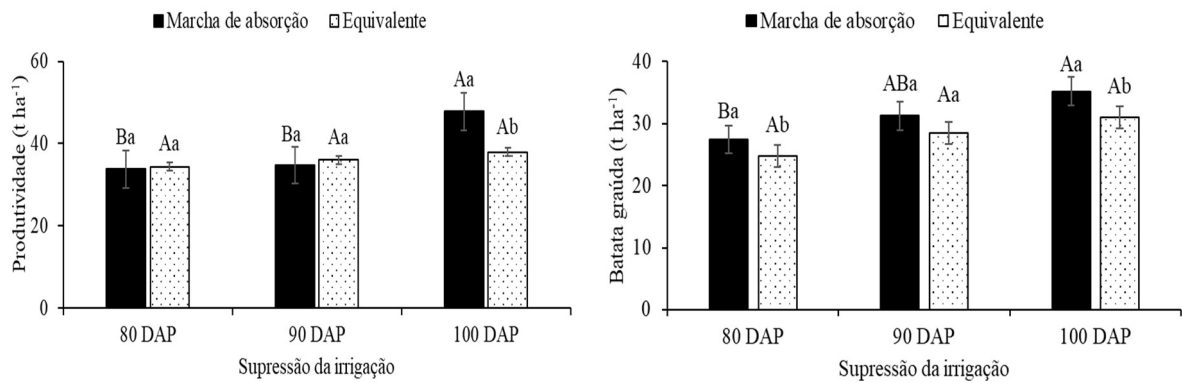
Foi constatada significância para interação entre os fatores SI x F ( $p < 0,01$ ) no teor de Mn em tubérculos de batata var. JB 2601. O teor do micronutriente variou de 27,4 a 46,0 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos. Srek et al. (2010) relataram que os teores de Mn variam de 0,0058 a 0,0093 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos. O menor valor médio de Mn foi de 27,4 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos aos 80 DAP. Diminuição do teor de Mn pode ocorrer em razão da baixa umidade no solo que reduz a disponibilidade deste nutriente as plantas, pois menor teor foi constatado pela antecipação da supressão associada a fertirrigação equivalente.

Os teores de Zn foram elevados, variando de 5,9 a 7,2 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos. Maiores valores médios foram encontrados para S3F1 (7,2 g kg<sup>-1</sup>) e S3F2 (6,5 g kg<sup>-1</sup>). Tem sido reportado que os teores de Zn na matéria seca de tubérculos, amostrados na colheita, estão na faixa de 0,0017 a 0,0018 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos.

Ao comparar esses valores com os teores obtidos para Zn na máxima produtividade, constata-se que o teor de Zn esteve superior aos teores encontrados na literatura. Esse incremento entre a época de supressão da irrigação e fertirrigação para os teores de Zn em tubérculos, podem ser explicadas pelos teores de Ca e P serem adequados, favorecendo dessa forma em melhor absorção de Zn.

Quanto à produtividade de tubérculos, observou-se que os teores de macro e micronutrientes influenciaram nessa variável (Figura 4), e a maior produtividade, de 47,82 t ha<sup>-1</sup>, foi obtida para S3F1. Isso indica que, dependendo da condição, a aplicação de N e K em cobertura associado ao manejo hídrico, pode aumentar o teor de nutrientes dos tubérculos.

Os benefícios obtidos para aumento da produtividade resultam do melhor enchimento de tubérculos, provavelmente em consequência do maior volume de água aplicada e maior produção de fotoassimilados e repartição destes. Soratto et al. (2012) e Ferreira et al. (2022) constataram produtividade de 33,79 e 46,00 t ha<sup>-1</sup>, valores esses similares aos encontrados neste trabalho.



**Figura 4.** Produtividade e classificação de tubérculos da batata var. JB 2601 em função de supressão da irrigação e fertirrigação. Jaboticabal – SP, 2020. Letras minúsculas demonstram diferenças em relação as fertirrigações, e maiúsculas, em relação as supressões da irrigação. As barras representam erro padrão da média.

No que se refere a classificação de tubérculos, a quantidade de batatas graúdas foi influenciada significativamente pela interação dos fatores SI x F ( $p < 0,05$ ) (Figura 4).

O uso de fertilizantes em cobertura, aplicados via S3F1, resultou em 35,21 t ha<sup>-1</sup> em relação aos demais tratamentos, superando em 28,55% a quantidade produzida pelo tratamento em que a irrigação foi suprimida aos 80 DAP para mesma fertirrigação. Esse resultado se apresenta significativo, visto que o propósito a ser atingido ao se utilizar batata destinada à indústria é a obtenção de maiores quantidades de tubérculos graúdos.

## CONCLUSÕES

Os máximos teores de S (3,0 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos), Cu (6,4 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos), Fe (7,0 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos), Mn (46,0 g kg<sup>-1</sup> de tubérculos) estão associados à ação combinada de supressão da irrigação aos 100 DAP e a forma de fertirrigação seguindo a marcha de absorção da cultura que implicou em maior produtividade (47,82 t ha<sup>-1</sup>) e classificação de tubérculos como graúdos (32,35 t ha<sup>-1</sup>).

Portanto, a adoção de um bom manejo hídrico e nutricional na produção de batata impacta diretamente no aumento da produtividade e qualidade nutricional, porém estudos mais aprofundados devem ser realizados afim de elencar mais estratégias do manejo da batateira nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

## CONTRIBUIÇÃO DO AUTOR

Ideia conceitual: Viana, JS; Palaretti, LF; Desenho da metodologia: Viana, JS; Palaretti, LF; Coleta de dados: Viana, JS; Palaretti, LF; Análise e interpretação dos dados: Viana, JS; Palaretti, LF; Faria, RT; Dalri, AB; Redação e edição: Viana, JS; Palaretti, LF; Faria, RT; Dalri, AB.

## AGRADECIMENTOS

Este estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código Financeiro 001.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, LP. Accumulation of macronutrients and productivity of potato with foliar application of biofertilizer. **Int. J. Agric. Nat. Resour** 48(2): 70-82, 2021.

BRAUN, H et al. Teor e exportação de macro e micronutrientes nos tubérculos de cultivares de batata em função do nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, 70: 50-57, 2011.

BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, 21: 73-85, 1974.

BLANHAR, CM et al. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. Proceedings of the Soil. **Science Society of America**, v.29, p.71-72, 1965.

DAVIS, DR. Declining Fruit and Vegetable Nutrient Composition: What Is the Evidence? **Hort. Science**, 44(1): 15-19, 2009.

DENÍCULI, W et al. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres.**, 27: 155-162, 1980.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **A cultura da batata: Adubação.** 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/hortalias/batata/adubacao>>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2022.

FERREIRA et al. Organomineral fertilizer as an alternative for increasing potato yield and quality. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, 26(4): 306-312, 2022.

FAOSTAT - **Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO).** 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2022.

FERNANDES, AM et al. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I - Macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35 (6): 2039-2056, 2011.

IBQH - Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura. 2003. **Programa brasileiro para modernização da horticultura**. Normas de classificação do tomate. Centro de qualidade em horticultura. CQH/CEAGESP. Documento nº 26. Disponível em: <<http://www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/folders/tomate.pdf>> Acesso em: 28 de março de 2022.

MUGO, NJ et al. Response of potato crop to selected nutrients in Central and Eastern highlands of Kenya. **Cogent Food & Agriculture**, 7:1898762, 2021.

MARQUELLI, WA.; GUIMARÃES, TG. **Irrigação na cultura da batata**. Publicação técnica. ABBA - Associação Brasileira da Batata. Itapetininga-SP, 2006. 66p.

MANTOVANI, EC et al. **Irrigação**: princípios e métodos. Viçosa, 3ª ed, 2009. 349p. SREK, P et al. Multivariate analysis of relationship between potato (*Solanum tuberosum* L.) yield, amount of applied elements, their concentrations in tubers and uptake in a long-term fertilizer experiment. **Field Crops Research**, 118: 183-193, 2010.

STRUIK, PC et al. Physiological and genetic control of tuber formation. **Potato Res.**, 42:313-331, 1999.

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

SORATTO et al. Produtividade, qualidade de tubérculos e incidência de doenças em batata, influenciados pela aplicação foliar de silício. **Pesq. agropec. bras.**, 47(7), n.7: 1000-1006, 2012.

SANTOS, H.G et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

TAN, ZX et al. Global soil nutrient depletion and yield reduction. **J. Sust. Agric.**, 26: 123-146, 2005.

VAN RAIJ, B et al. **Boletim 100**: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo / Fundação IAC, p.173, 1997.

VIANA, JS et al. Potato production affected by fertilization methods, masses of seed tubers and water regimes. **Horticultura Brasileira**, 38: 166-174, 2020.

WHITE, PJ et al. Relationships between yield and mineral concentrations in potato tubers. **Hort. Science**, 44: 6-11, 2009.

ZHOU, Z et al. Yield and crop growth of table potato affected by different split-N fertigation regimes in sandy soil. **Eur. J. Agron.**, 92: 41-50, 2018.