

GUSTAVO FONSECA NUNES

EFEITO DE FERTILIZANTE FOLIAR A BASE DE EXTRATO DE ALGAS E ESTRESSE
HÍDRICO NA CULTURA DA BATATA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Informações Geospaciais da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como parte das exigências para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Renata Castoldi

MONTE CARMELO
MINAS GERAIS - BRASIL
2023

GUSTAVO FONSECA NUNES

EFEITO DE FERTILIZANTE FOLIAR A BASE DE EXTRATO DE ALGAS E ESTRESSE
HÍDRICO NA CULTURA DA BATATA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Informações Geoespaciais da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como parte das exigências para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 30 de 11 de 2023

Banca examinadora

Prof^a. Dr^a. Renata Castoldi - Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo - UFU

Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Júnior – Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo - UFU

Prof. Dr. Guilherme Lopes – Universidade Federal de Lavras - UFLA

Prof^a. Dr^a. Renata Castoldi
ICIAG-UFU

MONTE CARMELO
MINAS GERAIS - BRASIL
2023

ATA DE DEFESA

29/01/2024, 13:58

SEI/UFU - 5120610 - Ata



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Informações
Geoespaciais
Rodovia LMG 746, Km 01, s/nº, Bloco 1AMC, Sala 1A202, Monte Carmelo-MG, CEP 38.500-000
Telefone: (34) 3830-1033 - ppgalg@iclag.ufu.br



ATA

Programa de Pós-Graduação em:	Agricultura e Informações Geoespaciais				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico				
Data:	30/11/2023	Hora de início:	8h00	Hora de encerramento:	11h00
Matrícula do Discente:	32122AIG013				
Nome do Discente:	Gustavo Fonseca Nunes				
Título do Trabalho:	Efeito de fertilizante foliar a base de extrato de algas e estresse hídrico na cultura da batata				
Área de concentração:	Informações geoespaciais e tecnologias aplicadas à produção agrícola				
Linha de pesquisa:	Sistemas integrados de produção vegetal				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Caracterização de genótipos, manejo de hortaliças e detecção de resistência através de imagens multiespectrais				

Reuniu-se na sala virtual a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agricultura e Informações Geoespaciais, assim composta: Profa. Dra. Renata Castoldi (Presidente - Universidade Federal de Uberlândia, Campus de Monte Carmelo), Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Júnior (Universidade Federal de Uberlândia, Campus de Monte Carmelo) e Prof. Dr. Guilherme Lopes (Universidade Federal de Lavras). Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dra. Renata Castoldi, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir a senhora presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

Aprovado

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por Eusímio Felisbino Fraga Junior, Professor(a) do Magistério Superior, em 22/01/2024, às 10:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.339, de 8 de outubro de 2013](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renata Castoldi, Professor(a) do Magistério Superior**, em 22/01/2024, às 11:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.739, de 8 de outubro de 2013](#).



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme Lopes, Usuário Externo**, em 23/01/2024, às 13:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.739, de 8 de outubro de 2013](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 5120610 e o código CRC 0B407947.

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

N972e
2023 Nunes, Gustavo Fonseca, 1988-
 Efeito de fertilizante foliar a base de extrato de algas e estresse
 hídrico na cultura da batata [recurso eletrônico] / Gustavo Fonseca
 Nunes. - 2023.

Orientadora: Renata Castoldi.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-graduação em Agricultura e Informações Geoespaciais.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.5021>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Agricultura. I. Castoldi, Renata, 1982-, (Orient.). II. Universidade
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-graduação em Agricultura e
Informações Geoespaciais. III. Título.

CDU: 631

André Carlos Francisco
Bibliotecário Documentalista - CRB-6/3408

AGRADECIMENTOS

À Deus por tornar isso possível.

À Profª Drª Renata Castoldi pela orientação e dedicação.

Aos membros da banca: Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Júnior e Prof. Dr. Guilherme Lopes, pelas excelentes correções realizadas no trabalho.

À Universidade Federal de Uberlândia, em especial ao Núcleo de Pesquisa em Olericultura (NUPOL).

À Yara Brasil Fertilizantes pelo apoio e condições para a realização dos trabalhos.

À todos os meus amigos e funcionários do campus que tiveram participação direta ou indireta na minha formação e realização do experimento

Sumário

RESUMO	I
ABSTRACT	II
1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 CULTURA DA BATATA	9
2.2 CULTIVARES DE BATATA.....	11
2.3 DEFICIÊNCIA HÍDRICA	12
2.4 BIOESTIMULANTES.....	13
2.5 FERTILIZANTES FOLIARES X ESTRESSE HÍDRICO	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5 CONCLUSÕES	39
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

RESUMO

NUNES, GUSTAVO FONSECA. Efeito de fertilizante foliar a base de extrato de algas e estresse hídrico na cultura da batata. 2023. 43p. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Informações Geoespaciais) – Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil¹.

O estresse hídrico é considerado um dos principais desafios para a produção de batata, para garantir alta produtividade. A fim de mitigar os efeitos do estresse nas plantas vem sendo aplicado fertilizantes foliares a base de extrato de algas. O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas na cultura da batata com diferentes lâminas de água. O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Universidade Federal de Uberlândia no Campus de Monte Carmelo no ano de 2022. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 4. Os tratamentos resultaram da combinação de quatro doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas (0 L ha⁻¹, 0,5 L ha⁻¹; 1,0 L ha⁻¹; 4,0 L ha⁻¹) e quatro lâminas de irrigação [50%, 75%, 100% e 125% da Evapotranspiração da cultura (ETc)], com três repetições. Foram utilizados duas cultivares de batata-inglesa (Ágata e Markies). Aos 67 DAE foram coletas folhas para análises nutricionais de macro e micronutrientes e realizou-se a colheita, onde foram avaliados parâmetros produtivos. Após a obtenção dos dados, foram realizados testes de pressuposições da ANOVA. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F (p<0,05), as médias dos parâmetros qualitativos foram comparadas pelo teste Tukey (p<0,05). Todas as análises foram realizadas com auxílio do software R. Os teores foliares de P, K, Mg e Ca para a cv. Ágata ficaram abaixo do recomendado para a cultura independente das lâminas de irrigação e dose de fertilizante foliar a base de extrato de algas. O teor de B ficou acima do recomendado e o Cu e Zn na faixa adequada para as duas cultivares de batata. O teor de Mg para a cultivar Markies ficou adequado até a lâminas de irrigação de 75% da ETc. O fertilizante foliar a base de extrato de algas promove redução dos efeitos do estresse hídrico das plantas através da maior quantidade de absorção de fótons pelas plantas de batata Markies. As maiores lâminas de irrigação provoca aumento no número e peso dos tubérculos das classes especial para as cvs Ágata e Markies.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L.; Reguladores vegetais; Nutrição; Lâminas de irrigação.

¹ Orientadora: Renata Castoldi – UFU

ABSTRACT

NUNES, GUSTAVO FONSECA. **Effect of foliar fertilizer based on seaweed extract and water stress in potato crop.** 2023. 43p. Dissertation (Master Program Agriculture and Geoespacial Information) – Federal University of Uberlândia, Monte Carmelo, Minas Gerais, Brazil¹.

Water stress is considered one of the main challenges for potato production, to ensure high productivity. In order to mitigate the effects of stress on plants, foliar fertilizers based on algae extract have been applied. The objective of this work was to evaluate the effects of different doses of foliar fertilizer based on seaweed extract in the potato crop with different water depths. The experiment was conducted in a greenhouse located at the Federal University of Uberlândia on the Campus of Monte Carmelo in the year 2022. The design used was randomized blocks, in a 4 x 4 factorial scheme. The treatments resulted from the combination of four doses of foliar fertilizer based on seaweed extract (0 L ha⁻¹, 0.5 L ha⁻¹; 1.0 L ha⁻¹; 4.0 L ha⁻¹) and four irrigation depths (50%, 75%, 100% and 125% ETc), with three repetitions. Two potato cultivars were used (Ágata and Markies). At 67 DAE, leaves were collected for nutritional analysis of macro and micronutrients and harvesting took place, where productive parameters were evaluated.. After obtaining the data, ANOVA presupposition tests were performed. The data were submitted to analysis of variance by the F test (p<0.05), the means of the qualitative parameters were compared by the Tukey test (p<0.05). All analyzes were performed with the aid of the R software. Leaf contents of P, K, Mg and Ca for cv. Agate were below the recommended for the crop, regardless of irrigation depths and dose of foliar fertilizer based on seaweed extract. The B content was above the recommended and the Cu and Zn in the appropriate range for the two potato cultivars. The Mg content for the Markies cultivar was adequate up to irrigation depths of 75% of ETc. The foliar fertilizer based on seaweed extract promotes a reduction in the effects of water stress on plants through the greater amount of photon absorption by the Markies potato plants. Higher irrigation depths cause an increase in the number and weight of tubercles in the special classes for cvs Ágata and Markies.

Key-words: *Solanum tuberosum* L.; plant regulators; Nutrition; Irrigation blades.

² Orientadora: Renata Castoldi – UFU

1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma das principais espécies cultivadas e consumidas no mundo (ZHOU et al. 2019), devido, principalmente, as suas propriedades nutricionais, sendo fonte de carboidratos, fósforo e vitaminas do complexo B, que caracterizam o seu potencial na segurança alimentar (CIP, 2019).

O Brasil ocupa a 20ª posição no ranking mundial de volume produzido e na América do Sul está em 2º lugar, depois do Peru e muito próximo da Colômbia (REVISTA CAMPO & NEGÓCIOS, 2021). O estado de Minas Gerais é o maior produtor de batata, com área plantada de 37,2 mil hectares e produtividade média de 33,5 t ha⁻¹ em 2020 (IBGE, 2022).

As batatas podem ser utilizadas de diversas formas cozidas, assadas ou fritas e usadas em uma variedade impressionante de receitas como purê de batatas, panquecas de batata, batatas fritas, batatas assadas, sopa de batata, salada de batata e batata gratinada (CIP, 2019). Cerca de 50% das batatas cultivadas em todo o mundo são consumidas frescas, o restante é processada (CIP, 2019).

A batateira pode ser cultivada em sistema de sequeiro e cultivos irrigados. Para garantir alta produtividade, a cultura depende de suplemento regular de água (SHI et al., 2015), de 300 a 800 mm durante todo o ciclo, dependendo principalmente, das condições meteorológicas predominantes (SILVA et al., 2013). Devido ao sistema radicular superficial e pouco ramificado, as plantas da batateira são susceptíveis ao déficit hídrico e, para se obter sucesso na produção da cultura e qualidade dos tubérculos, a irrigação se torna necessária (MAROUELLI; GUIMARÃES, 2006; MARCOMINI, 2020).

O déficit hídrico na cultura da batata pode ocasionar modificações morfológicas que influenciam na eficiência fotossintética e, conseqüentemente, no rendimento de tubérculos, induz o desenvolvimento de tubérculos com formato de pera, por diferença de crescimento, ou, ainda, ocasionam tubérculos com o centro oco (VAYDA, 1994). No estágio fenológico conhecido por tuberização, a duração e a severidade do estresse hídrico é um fator relevante para o desenvolvimento e produção. Quando o estresse hídrico ocorre na emergência e/ou na tuberização, períodos mais críticos, ocasiona redução do crescimento da planta e de produtividade, encurtamento do ciclo e redução do número e tamanho dos tubérculos (MONNEVEUX et al., 2013).

Nos últimos anos o emprego de tecnologias na agricultura vem apresentando ganhos expressivos na produtividade, e na cultura da batata deve-se, principalmente, ao uso de

cultivares adaptadas, aplicação adequada de fertilizantes e corretivos, controle eficiente de pragas e doenças e a adoção de bioestimulantes e/ou fertilizantes foliares (BACKES et al., 2017).

Os fertilizantes foliares a base de extrato de algas têm em sua composição presença de hormônios e aminoácidos que atuam na divisão celular, metabolismo foliar e crescimento vegetativo (SILVA et al., 2012). A alga *Ascophyllum nodosum* é a mais estudada para fins comerciais (SHUKLA et al., 2019). A sua aplicação via foliar ou via solo aumentam o teor de clorofila, melhoram a fotossíntese e a absorção de nutrientes (BLUNDEN et al. 1997), aumentam a capacidade de retenção de água e geralmente melhoram os estresses bióticos e abióticos das plantas (SUBRAMANIAN et al., 2011).

A utilização dos fertilizantes foliares a base de extrato de algas vem se destacando como alternativa aos agroquímicos e, na maioria dos casos, podem reduzir as taxas de aplicação de fertilizantes e defensivos sintéticos (VAN OOSTEN et al., 2017; YAKHIN et al., 2017). Pesquisas conduzidas com a utilização de fertilizantes foliares a base de extratos de algas mostraram que as moléculas presentes neles são facilmente reconhecidas pelas células das plantas, regulando seu crescimento e desenvolvimento (FRANCESCHINI et al, 2010) e os efeitos positivos na tolerância das plantas aos estresses (SHUKLA et al., 2019).

Os efeitos benéficos da aplicação do extrato de algas já foram comprovados em algumas culturas, como na batata - *Solanum tuberosum* L. (FABEIRO et al., 2001); na oliveira - *Olea europaea* (CHOULIARAS et al., 2009); na laranja - *Citrus sinensis* L. (SPANN; LITTLE, 2011); no espinafre - *Spinacia oleracea* (XU; LESKOVAR, 2015), entre outros.

Porém na literatura são poucos os trabalhos mostrando os efeitos da aplicação dos fertilizantes foliares a base de extrato de algas em cultivo de batata sob estresse hídrico. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas e lâminas de irrigação em duas cultivares de batata.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura da batata

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é originária da Cordilheira dos Andes (América do Sul), e possui mais de 4.000 variedades comestíveis cultivadas, em mais de 100 países (CIP, 2019). No Brasil o cultivo da batata foi implantada no final do século XIX, na Região Sul do

país, onde haviam condições edafoclimáticas favoráveis para a sua produção (SILVA; LOPES, 2016).

É uma das quatro principais espécies mais cultivadas e consumidas no mundo, ficando atrás do arroz, trigo e milho (ZHOU et al. 2019), devido ao seu alto teor energético e nutricional (SHEN et al., 2019), sendo rica em carboidratos, fósforo e vitaminas do complexo B, que caracterizam o seu potencial na segurança alimentar (CIP, 2019). No Brasil, vem se tornando uma das principais hortaliças cultivadas (PEREIRA, 2011), tendo importância social na geração de 160 mil empregos diretos e indiretos, do cultivo até a sua comercialização, contribuindo com 1,06% do valor bruto na produção agropecuária do país (SILVA et al., 2011; IBGE, 2018).

No ano de 2021 no Brasil, foram plantados 116 mil hectares, com produção de aproximadamente 3,8 milhões de toneladas de tubérculos, com produtividade de 32 toneladas por hectare (IBGE, 2022). Os três maiores produtores nacionais são Minas Gerais, São Paulo e Paraná, que juntos concentram 74% da produção nacional. O estado de Minas Gerais é o maior produtor de batata com área plantada de 37,2 mil hectares, com produção de 1.291,6 milhões de toneladas e produtividade média de 33,5 t ha⁻¹ (IBGE, 2022).

No ano de 2017 o mercado brasileiro consumiu 3,963 milhões de toneladas, com um consumo per capita de 15,22 kg no ano (FAOSTAT, 2020). A produção de batata no Brasil é destinada, principalmente, para o mercado atacadista e varejista, que comercializam o produto *in natura* (ABBA, 2014) e para a indústria de chips, batata palha e batata pré-frita congelada, possuindo cada segmento suas particularidades e preferências (PINTO et al., 2010).

É uma planta anual, com caules aéreos e herbáceos e caules subterrâneos modificados, cuja o intumescimento da ponta, ocasionado pelo acúmulo de substâncias de reserva, formam o que denominamos de tubérculos. Seu sistema radicular é delicado e superficial, com raízes concentradas até 30 cm de profundidade. As suas folhas são compostas por folíolos arredondados. As flores são do tipo hermafroditas, reunidas em inflorescência no topo da planta (FILGUEIRA, 2008). De acordo com o metabolismo, são plantas do tipo C3, podendo ser agrupadas de acordo com o ciclo vegetativo em: precoce (90 dias), médio (90-110 dias) ou longo (110 dias) (FORTES; PEREIRA, 2003).

A batata é uma olerícola de clima temperado, na qual tem o seu desenvolvimento em regiões com maiores altitudes, tendo produção significativa nas regiões Sudeste, Sul, Nordeste e Centro-Oeste (LIMA-SILVA et al, 2016). A produção de batata ocorre em três safras anuais no Brasil: safra das águas, cujo cultivo dos tubérculos é realizado entre agosto e dezembro e a colheita entre novembro e fevereiro; safra das secas, cujo plantio ocorre entre janeiro e março,

com colheita entre abril e julho; e safra do inverno, cujo plantio é realizado entre abril e julho, com colheita realizada entre julho e outubro. Das três safras de batata, as maiores produções são adquiridas na safra das águas (ABBA, 2014).

2.2 Cultivares de batata

No Brasil as cultivares mais plantadas de batata são Ágata, Cupido, Asterix, Atlantic e Markies, que juntas correspondem a aproximadamente 50%, 20%, 12%, 7% e 2%, respectivamente da área plantada no Brasil (RIBEIRO et al., 2017). A cultivar Ágata é destinada ao mercado de consumo *in natura*. Já para o mercado de batata palito e batata palha, destaca-se a cultivar Atlantic e; para o mercado de batata pré-frita congelada, destaca-se a cultivar Markies (LUZ et al., 2022).

As plantas da cultivar Ágata apresentam hastes finas, de coloração verde e com pouca floração; aproximadamente 60 cm de altura; ciclo precoce, tubérculos grandes, ovais, com película amarela e predominantemente lisa e; tuberização precoce, iniciando aos 35 dias após o plantio (RIBEIRO et al., 2017).

A cultivar Markies possui ciclo tardio, alto potencial produtivo, com pele amarela, formato oval alongada, tubérculos grandes e elevado teor de matéria seca. As plantas são vigorosas e apresentam porte ereto, o que facilita a realização das práticas culturais (MARGOSSIAN SEMENTES, 2017). Possui a característica de dupla aptidão: consumo *in natura* e processamento industrial (ARAÚJO et al., 2016).

Cada cultivar apresenta particularidades nas suas características físicas e químicas, que influenciam no modo de preparo para o consumo. Para o preparo de frituras, as batatas devem possuir alto teor de matéria seca e baixo teor de açúcares redutores, pois altos teores de açúcares redutores resultam em produtos de coloração escura e, o baixo teor de matéria seca ocasiona maior absorção de óleo durante o processo de fritura (FERNANDES et al., 2010).

Tartaro et al. (2021) avaliando a interação entre duas cultivares de batata-inglesa (Ágata e Asterix) e dois tamanhos de tubérculo-semente (Tipo I e IV) nos índices agronômicos da batata-semente, constataram que a cultivar Ágata apresentou maiores índices de massa média e diâmetro por tubérculo, entretanto expressaram menor número de hastes e de tubérculos por planta.

Muchalak et al. (2016) avaliando três cultivares de batata-inglesa com e sem o uso de bioestimulante, relataram que a utilização de Stimulate® não beneficia as características agronômicas da batata cultivada no nordeste de Mato Grosso do Sul.

Silva (2017) alegam que diferentes cultivares apresentam respostas distintas sob condições edafoclimáticas adversas, sendo que, cultivares nacionais, como BRS Ana e BRS F63 Camila, são sempre mais produtivas e apresentam tubérculos maiores, comparativamente as cultivares introduzidas, como Ágata e Asterix.

De acordo com Cardoso et al. (2017), devido as produtividades das diferentes cultivares de batata-inglesa serem mais elevadas do que antigamente, possivelmente as necessidades nutricionais também foram alteradas, tornando-se necessário estabelecer aplicações equilibradas de nutrientes, bem como definir a melhor(es) época(s) de aplicação de cada cultivar, podendo esses nutrientes serem fornecidos de diversas formas, como por exemplo, através de fertilizantes foliares.

2.3 Deficiência hídrica

As plantas quando expostas a deficiência hídrica, apresentam alterações fisiológicas, como fechamento estomático, o que reduz drasticamente a assimilação de CO₂, e deprime, portanto, o aparato fotossintético das plantas (ARAÚJO et al., 2019). O estresse abiótico provocado pelo déficit hídrico afeta negativamente o crescimento e a produção das plantas, alterando as características morfológicas, bioquímicas e moleculares (BALESTRINI et al., 2018).

O estágio fenológico de desenvolvimento, a duração e a severidade do estresse hídrico é um fator relevante para o desenvolvimento e produção da batata. Quando o estresse ocorre na emergência e na tuberização, que são períodos críticos onde mais afeta a produção final do tubérculo, ocasiona a diminuição do crescimento da planta, encurtamento do ciclo e redução do número e do tamanho dos tubérculos (MONNEVEUX et al., 2013).

Alguns trabalhos desenvolvidos com a cultura da batata demonstram o efeito do déficit hídrico sobre a cultura. Pode-se citar o conduzido por Fabeiro et al. (2001) que estudaram o manejo da irrigação através da aplicação de lâminas de irrigação nas plantas e observaram consumo total de 520 a 570 mm de lâmina de água, com produções superiores a 40 t ha⁻¹. No trabalho de Ahmadi et al. (2017) o déficit hídrico provocou distúrbios fisiológicos nos tubérculos, tais como: coração oco, má formações e lenticelas aumentadas, além de redução na produtividade da cultura. Jadoski et al. (2017) avaliaram o efeito da deficiência hídrica em diferentes fases fenológicas e concluíram que a restrição hídrica no início do desenvolvimento vegetativo (até 30 dias após a emergência) provocou danos a cultura, com redução no crescimento vegetativo e na produtividade da batata cv. Ágata.

A deficiência hídrica pode ocasionar perdas na produtividade da batata, como demonstra o trabalho conduzido por Bezerra et al. (1998), que comparando 50 e 100% da lâmina de irrigação aplicada em diferentes estádios de desenvolvimento da batata, obtiveram redução de produtividade de 48,7% em relação à testemunha, quando o déficit foi aplicado no estádio de tuberização. Já quando a deficiência hídrica foi aplicada nos estádios de tuberização e enchimento de tubérculos, ocasionou redução na produção de 65,4% e quando aplicada nos estádios vegetativo, tuberização e enchimento de tubérculos, reduziu a produtividade em 70,5% em relação à testemunha (sem déficit).

Para a cultura da batata estudo para apoiar o manejo mais econômico e eficaz da irrigação e a quantidade de água a ser aplicada mais precisa sobre a cultura se torna importante, pois a falta de conhecimento da necessidade hídrica e da lâmina de irrigação pode afetar economicamente o cultivo da batata, principalmente para cultivares menos tolerantes ao estresse hídrico (MANTOVANI et al., 2014; GEISENHOFF et al., 2016).

2.4 Bioestimulantes

O termo “bioestimulantes agrícolas” abrange um grupo diverso de tecnologias de produto, que pode incluir inoculantes bacterianos ou microbianos, materiais bioquímicos, aminoácidos, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, extratos de algas marinhas, dentre outros (EBIC, 2011). Os bioestimulantes não são fertilizantes, porém eles contribuem na promoção do crescimento, resistência ao estresse e facilitam a absorção de nutrientes pelas plantas (BROWN; SAA, 2015). São potencializadores metabólicos, utilizados para aumentar a resistência das culturas a estresses e ataque de patógenos, ao mesmo tempo que melhoram o crescimento e o desempenho das plantas (JANNIN et al., 2013).

No Brasil, a legislação não contempla o termo bioestimulante, mas sim biofertilizantes ou fertilizantes foliares, porém os trabalhos encontrados na literatura se referem aos biofertilizantes ou fertilizantes foliares, como bioestimulantes. Os biofertilizantes são definidos pela legislação de fertilizantes, no Decreto 4.954 de 14 de janeiro de 2004, como produtos contendo componentes bioativos com efeitos estimulantes, que promovam crescimento, desenvolvimento, aumento de produtividade e qualidade, e aumento da tolerância aos estresses bióticos ou abióticos, não sendo defensivos agrícolas ou exclusivamente fontes de nutrientes (BRASIL, 2004).

As algas são organismos macroscópicos multicelulares encontrados em ecossistemas marinhos costeiros, são fontes de polissacarídeos, ácidos graxos poliinsaturados, enzimas e

peptídeos bioativos (SHUKLA et al., 2016; OKOLIE et al., 2018). A alga marinha mais estudada e pesquisada para fins de bioestimulantes comerciais, é a alga marrom *Ascophyllum nodosum* (SHUKLA et al., 2019).

Os fertilizantes foliares produzidos a partir de extratos de algas contém moléculas bioativas complexas que apresentam funcionalidades variadas, de acordo com o método de extração e modo de aplicação (SHUKLA et al., 2019). Seu extrato é fonte de hormônios (auxinas, citocininas, ácido abscísico, etileno e giberelinas), aminoácidos (alanina, ácido aspártico e glutâmico, glicina, lisina, leucina, metionina, prolina, tirosina, triptofano e valina) e nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Cu e Zn) que atuam na divisão celular, metabolismo foliar e crescimento vegetativo (SILVA et al., 2012).

São registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) na classe dos aditivos, sendo aprovado para ser utilizado como fertilizante, podendo ser aplicados via foliar e via solo (ARRAIS et al., 2016). A sua aplicação vem se destacando a cada ano, devido a finalidade de regular os principais processos fisiológicos nas plantas, para que ocorra otimização da produtividade (EL BOUKHARI et al., 2020).

A aplicação dos fertilizantes foliares a base de extrato de algas vem sendo utilizado em todas as fases da produção agrícola (do tratamento de sementes até a colheita), devido aos seus benefícios na ativação do metabolismo do nitrogênio ou disponibilização de fósforo dos solos, estimulando a atividade microbiana do solo ou o crescimento radicular e melhorando o estabelecimento da planta (YAKHIN et al., 2017).

Sua utilização se destaca como uma alternativa aos agroquímicos, e na maioria dos casos, podem reduzir as taxas de aplicação de fertilizantes e pesticidas sintéticos (VAN OOSTEN et al., 2017; YAKHIN et al., 2017).

De acordo com Franceschini et al. , (2010) pesquisas conduzidas desde do ano de 1990 com a utilização de extratos de algas mostraram que as moléculas presentes nelas são facilmente reconhecidas pelas células das plantas, regulando seu crescimento, desenvolvimento e resistência a patógenos.

Atualmente, cerca de 47 empresas estão envolvidas na produção comerciais de extratos de algas com *Ascophyllum nodosum* para fins de aplicações agrícolas (VAN OOSTEN et al., 2017). Seu extrato é fonte de vários compostos fenólicos bioativos, como florotaninos e polissacarídeos únicos, ou seja, ácido algínico (28%), fucoidanos (11,6%), manitol (7,5%) e laminarina (4,5%) (MOREIRA et al., 2017). Sua utilização está sendo realizada em uma ampla

variedade de plantas, destacando-se cereais, frutas, hortaliças e espécies ornamentais (BULGARI et al. 2015 ; ABBOTT et al. 2018).

Dentre os benefícios da aplicação de fertilizante foliar a base de extrato de *Ascophyllum nodosum*, têm-se: melhoria das características dos frutos, aumento da taxa de amadurecimento da uva, aumento no teor de nutrientes e aumento no acúmulo de antocianinas e compostos fenólicos (FRIONI et al., 2018) Na cultura da oliveira - *Olea europaea*, proporcionou aumento do teor de óleo e da consistência da maturação dos frutos, além da maior absorção de potássio, ferro e cobre (CHOULIARAS et al., 2009). Já em frutos de tomateiro, incrementou teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, enxofre, magnésio, zinco, manganês e ferro (DI STASIO et al., 2018).

Nas hortaliças folhosas a aplicação do extrato de *Ascophyllum nodosum* aumentou o crescimento vegetativo do espinafre (*Spinacia oleracea*) e da alface (*Lactuca sativa*) (FAN et al., 2013; CHRYSARGYRIS et al., 2018). Para a beterraba (*Beta vulgaris* L.), a aplicação na dosagem de 20 ml L⁻¹, proporcionou incrementos na área fotossintética e no diâmetro das raízes (9,20 cm) (FRIEDRICH et al., 2020). Apesar dessas evidências em algumas hortaliças, a utilização de bioestimulantes comerciais ainda é uma realidade restrita a um grupo menor de produtores.

2.5 Fertilizantes foliares x estresse hídrico

Para se adaptarem à situações de estresse, como o hídrico, as plantas possuem respostas adaptativas, com expressões de genes e modificações fisiológicas, morfológicas e bioquímicas (SHUKLA et al., 2017). Porém, muitas vezes, estresse oriundos de fatores abióticos, não podem ser controlados. Dessa forma, para minimizar danos causados por alterações climáticas, por exemplo, faz-se o uso de técnicas, tal como aplicações de fertilizantes foliares, os quais atuam nas respostas das plantas à condições de estresse (MARIANI et al., 2017).

A adaptabilidade das plantas à condições de estresse hídrico, com a aplicação de fertilizantes foliares a base de *Ascophyllum nodosum*, deve-se ao aumento do mecanismo de defesa das plantas as espécies reativas de oxigênio (ROS), tais como: aumento da atividade fotossintética, do teor de clorofila e da absorção de nutrientes e; redução da fotoinibição do PSII, da peroxidação lipídica e dos danos oxidativos aos tecidos, o que retarda a senescência das folhas e melhora a condutância estomática da folha (MARTYNENKO et al., 2016; SHUKLA et al., 2017).

Vários trabalhos vem demonstrando o efeito positivo da aplicação de extrato de algas de *A. nodosum* sobre a mitigação do estresse hídrico nas plantas. Com destaque para os conduzidos por Elansary et al. (2016) em plantas ornamentais (*Spiraea nipponica* e *Pittosporum eugenoides*), na qual as plantas tratadas apresentaram maior teor de fenólicos, prolina e flavonoides, ao mesmo tempo em que demonstraram melhora da fisiologia quando submetidas à condições de estresse hídrico moderado. Em laranjeiras (*Citrus sinensis* L.), plantas com aplicação do fertilizante foliar obtiveram melhores relações hídricas e maior eficiência de uso da água, sob irrigação com 50% de restituição da água evapotranspirada (SPANN; LITTLE, 2011).

Em hortaliças sob estresse hídrico, a aplicação de *A. nodosum* tem demonstrado benefícios. No trabalho de Xu; Leskovar (2015) na cultura do espinafre (*Spinacia oleracea*), a aplicação do bioestimulante nos tratamentos com estresse hídrico aumentou o crescimento da área foliar, devido a manutenção da pressão do turgor celular e a redução da limitação estomática. Já na cultura do tomate (*Solanum lycopersicum*), o uso do fertilizante foliar na recuperação do estresse hídrico, proporcionou redução dos danos nos frutos e, conseqüentemente, aumento do tempo de prateleira (PERIPOLLI, 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos, simultaneamente, sendo um deles com a cultivar de batata Ágata e outro com a cultivar de batata Markies, em casa de vegetação na Universidade Federal de Uberlândia - Campus Monte Carmelo, MG, Brasil, localizada na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, cujas coordenadas geográficas são 18° 43' 36" latitude Sul, 47° 31' 31" longitude Oeste e altitude de 900 metros. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é temperado úmido, caracterizado por verões quentes e invernos secos.

Em ambos os experimentos foi adotado o delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 4, com 3 repetições. Os tratamentos resultaram da combinação de quatro doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas (0 L ha⁻¹; 0,5 L ha⁻¹; 1,0 L ha⁻¹; 4,0 L ha⁻¹) e quatro lâminas de irrigação (50%; 75%; 100% e 125% da Evapotranspiração da cultura (ETc)). Cada parcela experimental foi constituída por três vasos espaçados de 1,0 m entrelinhas e 0,30 m entre vasos. Cada vaso continha duas plantas, sendo todas as plantas dos três vasos consideradas para avaliação.

Os tubérculos-sementes utilizados da cultivar Ágata eram de segunda geração e a da cultivar Markies eram de terceira geração, porém ambos pertenciam a tipificação III, ou seja, tubérculos-sementes entre 30 e 40 mm de diâmetro. Os tubérculos foram doados pela empresa Agro Soczek agrícola LTDA.

O plantio foi realizado em 24 de junho de 2022, em vasos plásticos com capacidade de 8,5 litros, contendo solo de barranco. Anteriormente ao plantio, o solo foi amostrado e submetido a análises química e física, cujos resultados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados das análises química e física do solo antes do plantio da batata.

pH CaCl ₂	pH Água (1:2,5)	Pme h	K ⁺	H ⁺ +Al ³⁺ +	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	T	T
		m ³	mg/d	-	-----cmol _c /dm ³ -----					
4,8	5,7	0,7	32	2,50	0,30	0,16	0,04	0,28	2,78	0,58
V	M.O.			Micronutrientes				Análise física		
				Cu	Fe	Mn	Zn	Areia Total	Silte	Argila
%	Dag kg ⁻¹			-----mg/dm ³ -----				----- g kg ⁻¹ -----		
10	2,6		0,08	0,6	24	8,2	0,6	130	125	745

Fonte: LABRAS

Trinta dias antes do plantio, foram aplicados 5,34 gramas de calcário por vaso, para elevar a saturação por bases a 60% (RIBEIRO et al., 1999). Para a adubação de plantio utilizou-se o fertilizante YaraBasa Absoluto 04-28-08 na dosagem de 7 gramas por vaso, que corresponde a 1650 kg ha⁻¹, o qual contém em sua formulação: 4% de nitrogênio, 28% de fósforo, 8% de potássio, 10% de cálcio, 7,2% de enxofre, 0,03% de boro, 0,05% de manganês e 0,1% de zinco.

Para as adubações de cobertura, utilizou-se o fertilizante YaraLiva NKalcio 12-00-12, o qual contém 12% de nitrogênio, 12% de potássio, 14% de cálcio e 0,2% de boro. As mesmas foram realizadas aos 33 e 54 dias após o plantio, respectivamente na dosagem de 3,3 gramas por vaso (520 kg ha⁻¹) e 2,2 gramas por vaso (340 kg ha⁻¹) (Ribeiro et al., 1999).

O fertilizante foliar a base de extrato de algas utilizado foi o YaraVita Biotrac[®], da empresa Yara Fertilizantes do Brasil, o qual é composto por 5,6% de nitrogênio, na forma de ureia; 2,3% de potássio, na forma de citrato de potássio; 1,1% de zinco, na forma de sulfato de

zinco; 1,1% de boro, na forma de boro monoetanolamina; 10% de carbono orgânico total; 2,7% de extrato de algas, 9,4% de estabilizante e 0,4% de tensoativo e água. Foi realizada uma única aplicação foliar deste fertilizante, aos 19 dias após a emergência (DAE), no período da manhã com o auxílio de um pulverizador manual, com capacidade para dois litros de calda, sendo utilizado o volume de 0,8 litros de calda para cada doze parcelas e 150 L ha⁻¹.

O sistema de irrigação utilizado foi o NetBow (arco gotejador) (Figura 1A), sendo a lâmina estabelecida de acordo com cada tratamento. Para o controle da irrigação utilizaram-se tensiômetros (Figura 1B), os quais medem a umidade presente no solo. Para tanto, fazia-se a medida diária do potencial ou conteúdo de água no solo, em seis pontos representativos na área, onde os mesmos foram posicionados na zona de máxima atividade radicular. O potencial matricial para a cultura da batata é de -30 a -50 kPa (DE ALBUQUERQUE, 2010).



Figura 1. Sistema de irrigação NetBow (A) e uso de tensiômetros para leitura diária (B).

Os tratamentos fitossanitários foram realizados ao longo do ciclo da cultura, conforme incidência de pragas e doenças, com produtos registrados para a cultura. Foram realizadas capinas de forma manual para eliminar plantas daninhas.

Aos 26 dias após a aplicação do fertilizante foliar a base de extrato de algas (45 dias após o plantio) realizou-se a coleta da terceira folha do tufo apical na quantidade de seis folhas

por parcela. As amostras foram limpas, de acordo com a metodologia de Bataglia (1983), secas em estufa ($65 \pm 5^\circ\text{C}$) e, em seguida, determinados os teores de macronutrientes [nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S)] e micronutrientes [boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn)] (EMBRAPA, 2017).

No mesmo dia da coleta das folhas para análise foliar também avaliaram-se variáveis fisiológicas através da fluorescência transiente OJIP da clorofila a, incluindo a fluorescência inicial (F_0), fluorescência variável (F_v), fluorescência máxima (F_m), rendimento quântico máximo (F_v/F_m), quantidade de fótons absorvida pelo complexo da antena (ABS/RC), quantidade de energia que flui através do complexo da antena e capturada pelo centro de reação PSII (TRo/RC) e quantidade de energia dissipada por dissipação não fotoquímica (DIO/RC). Tais variáveis foram medidas por meio do Fluorômetro PSI (Photon Systems Instruments) modelo FP100, realizando leituras na segunda folha verdadeira de cinco plantas em cada parcela entre 00:00 e 03:00 da manhã para que as plantas estivessem adaptadas ao escuro. O índice de clorofila a foi avaliado no mesmo dia usando o modelo Falker's CFL1030 Clorofilog, fazendo cinco leituras por parcela na segunda folha verdadeira das 11h00 às 15h00.

Aos 67 DAE foi realizada a colheita. Após a colheita foram avaliados, no Laboratório de Fitotecnia: número de tubérculos por planta e massa fresca dos tubérculos. Os tubérculos colhidos também foram classificados e pesados separadamente em cada classe, sendo: Florão (maior que 70 mm), Especial (42-70 mm), Primeira (33-42 mm), Segunda (28-33 mm), Diversas (até 28 mm) e Descarte (tecidos com danos e sem valor comercial).

Após a obtenção dos dados, foram realizados testes de pressuposições da análise de variância, referente à normalidade dos resíduos, homogeneidade das variâncias e aditividade a 5% de significância. Quando as pressuposições não foram atendidas, realizou-se a transformação logarítmica dos dados. Atendidas as pressuposições, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de significância e, quando houve diferença significativa, realizou-se análise de regressão. Todas as análises foram realizadas com auxílio do software R (R Core Team, 2023).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se verificou interação significativa entre doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas e lâminas de irrigação ao nível de 5% de significância para nenhum dos teores foliares nutricionais avaliados, exceto para o teor de Ca na cultivar Ágata entre doses de fertilizante

foliar a base de extrato de algas dentro da lâmina de 100% Etc (Figura 1a) e das lâminas de irrigação dentro da dose de 1 L ha⁻¹ de fertilizante foliar a base de extrato de algas (Figura 1b) e para o teor de Cu na cultivar Markies entre doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas dentro da lâmina de 75% Etc (Figura 2A) e das lâminas de irrigação dentro da dose de 4 L ha⁻¹ de fertilizante foliar a base de extrato de algas (Figura 2B).

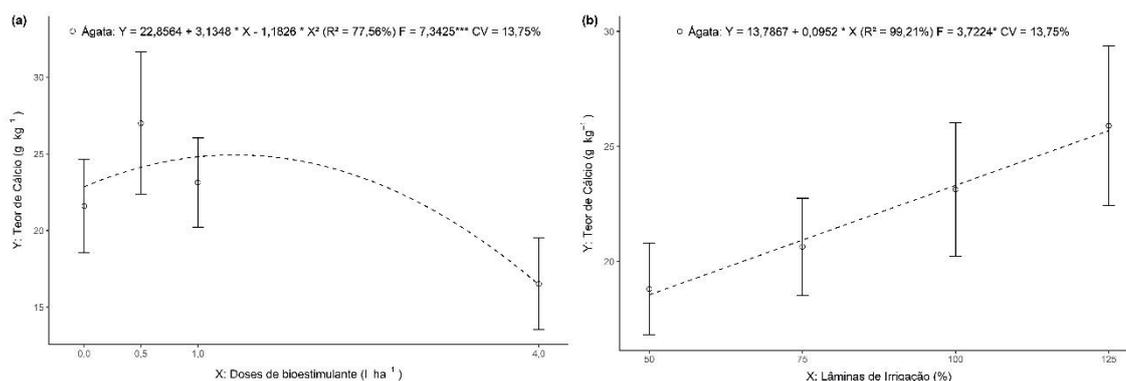


Figura 1. Desdobramento da interação das doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas dentro da lâmina de 100% Etc (A) e das lâminas de irrigação dentro da dose de 1 L ha⁻¹ de fertilizante foliar a base de extrato de algas (B) para teores de cálcio em folhas de batata da cultivar Ágata.

Na cultivar Ágata, para as doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas houve efeito quadrático, com queda nos teores de Ca a partir da dose de 1,33 L ha⁻¹ (Figura 1A). Entretanto, na cultivar Markies não houve diferença ao nível de 5% de significância no teor foliar de Ca para nenhum dos fatores avaliados isoladamente.

Apesar do fertilizante foliar a base de extrato de algas ter contribuído com o incremento no teor de Ca para a cultivar Ágata, os valores obtidos estão abaixo dos recomendados para a cultura, de acordo com Ribeiro et al. (1999). Para as lâminas de irrigação embora tenha ocorrido incremento de 2,38 g kg⁻¹ de Ca, com o aumento da disponibilidade de água no substrato (Figura 1a), o teor do nutriente na cultivar Ágata, também ficou abaixo da faixa considerada adequada para a cultura (76 a 100 g kg⁻¹) de acordo com Ribeiro et al. (1999). Mesmo com a realização da calagem e das adubações, as quais continham em suas formulações Ca, estas não foram suficientes para atender a necessidade da cultivar, tendo em vista a quantidade inicial no solo, era muito baixa.

Além disso, tal nutriente pode ter ficado abaixo do ideal, devido ao fato da análise foliar do experimento ter sido realizada antecipadamente ao recomendado para o Estado de Minas

Gerais, que é na época da amontoa, ou seja, cerca de 45 dias após o plantio (FAQUIN, 2002). No entanto, a coleta foliar antecipada do atual experimento se justifica, pois foi realizada com o intuito de verificar se o fertilizante foliar a base de extrato de algas poderia ocasionar maior absorção de nutrientes pela planta.

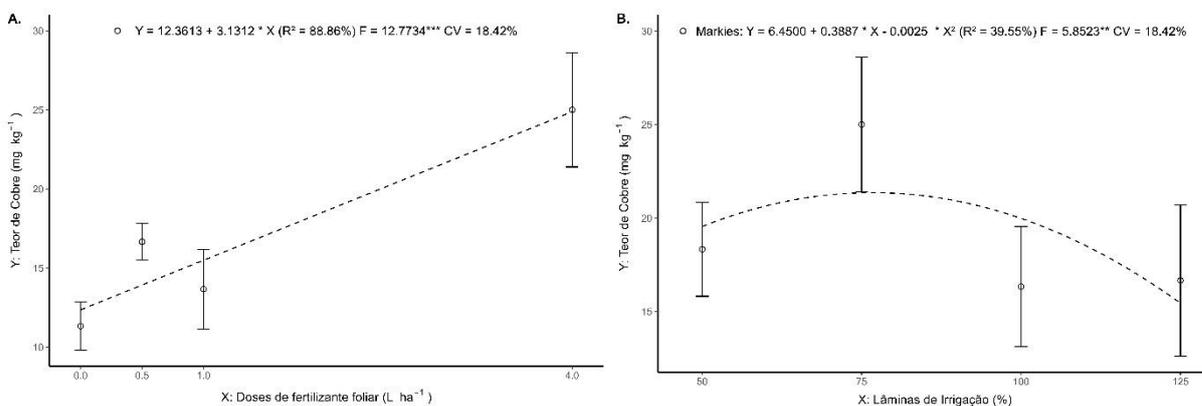


Figura 2. Desdobramento da interação das doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas dentro da lâmina de 75% Etc (A) e das lâminas de irrigação dentro da dose de 4 L ha⁻¹ de fertilizante foliar a base de extrato de algas (B) para teores médios de cobre em folhas de batata da cultivar Markies.

Na cultivar Markies, somente verificou-se diferença no teor de Cu, ao nível de 5% de significância, para doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas dentro da lâmina de 75% ETC (Figura 2A) e das lâminas de irrigação dentro da dose de 4 L ha⁻¹ de fertilizante foliar a base de extrato de algas (Figura 2b). Para as doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas dentro da lâmina de 75% Etc, houve aumento linear crescente (Figura 2A), sendo que para cada acréscimo de 1 L ha⁻¹ do fertilizante foliar, houve aumento de 3,13 mg kg⁻¹ de Cu, ficando os teores na faixa adequada para a cultura da batata. Já as lâminas de irrigação dentro da dose de 4 L ha⁻¹ de fertilizante foliar a base de extrato de algas influenciaram positivamente os teores foliares de Cu até a lâmina de 77,74% da ETC, ocorrendo a partir desse ponto decréscimo (Figura 2B). Entretanto, independentemente da lâmina de irrigação utilizada, os teores de Cu ficaram dentro da faixa considerada adequada para a cultura. Segundo Soratto et al. (2011) o Cu é um micronutriente absorvido em maior proporção dos 64 dias após o plantio até o final do ciclo da cultura da batata.

Para a cultivar Ágata, houve comportamento crescente do teor de Cu com o aumento das doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas, ficando na faixa de suficiência em todas as doses aplicadas. Na dose de 0 L ha⁻¹, o teor foi de 12,06 mg kg⁻¹ e na dose de 4 L ha⁻¹,

o teor foi de 16,44 mg kg⁻¹. Da dose de 0 L ha⁻¹ para 0,5 L ha⁻¹, houve aumento de 0,59 mg kg⁻¹ de Cobre, já da dose de 1,0 L ha⁻¹ para 4 L ha⁻¹, houve aumento de 3,19 mg kg⁻¹ (Figura 3). Apesar de não conter Cu na composição do fertilizante foliar a base de extrato de algas, os produtos utilizados no manejo fitossanitário podem ter influenciado nos teores foliares desse micronutriente.

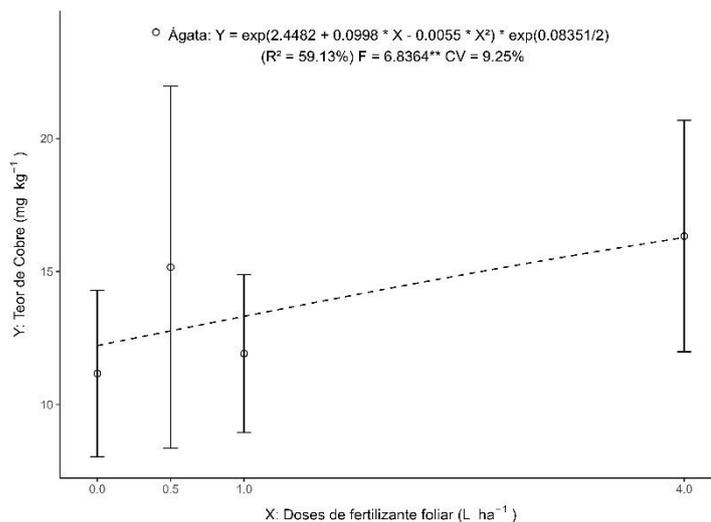


Figura 3. Teores médios de cobre em folhas de batata da cultivar Ágata em função de diferentes doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas.

Independentemente da cultivar, para os teores de N, S e Fe não houve diferença significativa ao nível de 5% de significância para nenhum dos fatores avaliados isoladamente. O mesmo ocorreu para os teores de P (Figura 4) e K (Figura 5) na cultivar Markies. Já na cultivar Ágata, para os teores de P e K, o aumento das lâminas de irrigação até 125% ETC proporcionou aumento dos teores desses nutrientes (Figuras 4 e 5). Entretanto, tais teores se encontram abaixo da faixa de suficiência para a cultura, de acordo com Ribeiro et al. (1999), o qual estabelece de 2,9 a 5,0 g kg⁻¹ para P e de 93 a 115 g kg⁻¹ para o K.

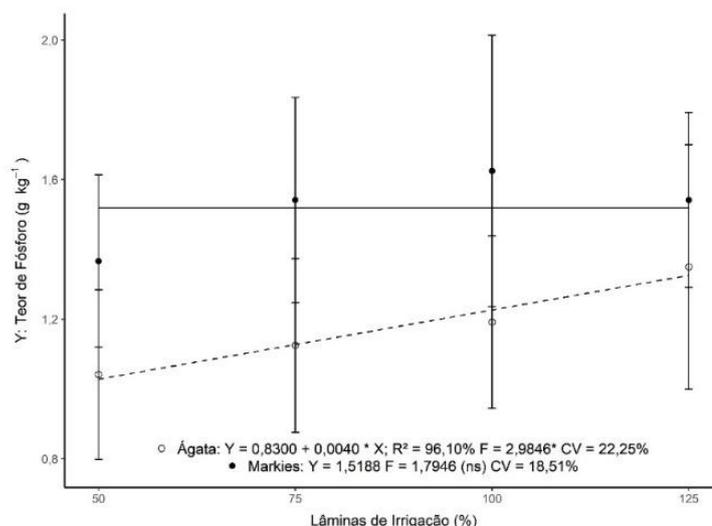


Figura 4. Teor médio de fósforo em folhas de batata das cultivares Ágata e Markies em função de diferentes lâminas de irrigação.

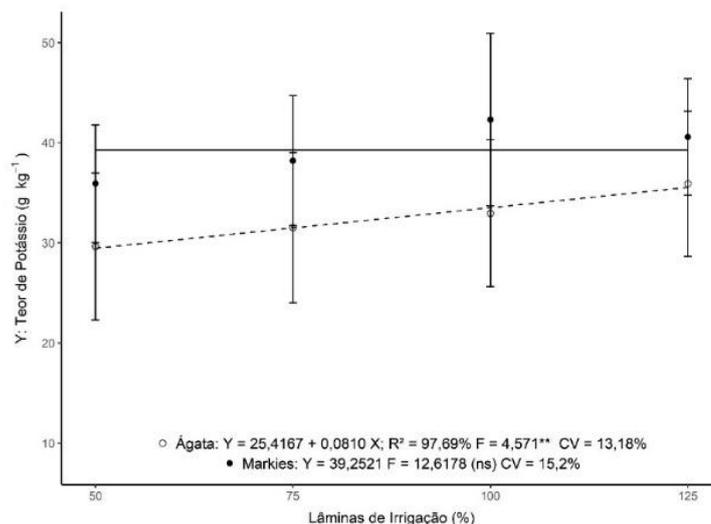


Figura 5. Teor médio de potássio em folhas de batata das cultivares Ágata e Markies em função de diferentes lâminas de irrigação.

Resultados semelhantes foram obtidos por Pilon (2011) que, ao avaliar o efeito da deficiência hídrica na batata, observou que o teor de K foi superior nas plantas submetidas à disponibilidade hídrica adequada, comparado as plantas do tratamento testemunha.

Os baixos teores de P nas plantas de batata cv. Ágata podem estar relacionados ao seu poder de adsorção. Segundo Klein; Agne (2012) o fertilizante adicionado ao solo tem baixa solubilidade em água e grande interação com partículas do solo. Tendo sua movimentação principal por difusão, o processo torna-se lento e dependente de umidade no solo (RAIJ, 1991).

O K é o nutriente mais absorvido pela batata, promovendo altas produtividades e melhoria na qualidade dos tubérculos (SINGH; LAL, 2012). A disponibilidade adequada do P

e K são fundamentais para o máximo rendimento da cultura, tendo em vista que a batata absorve aproximadamente 78% do fósforo e 68% do potássio do solo, sendo esses nutrientes acumulados nos tubérculos da planta (FERNANDES; SORATTO, 2012).

Para o teor de Mg, houve efeito quadrático das doses do fertilizante foliar a base de extrato de algas, com queda nos teores a partir da dose de 1,88 L ha⁻¹ para a cultivar Ágata, porém não houve efeito para a cultivar Markies (Figura 6A). O aumento das lâminas de irrigação exerceu efeito linear crescente, em ambas as cultivares, para os teores de Mg (Figura 6b), porém para a cultivar Markies a partir de uma lâmina de 56,90% da ETc, os valores ficaram acima do recomendado para a cultura. Já para a cultivar Ágata os valores obtidos estão abaixo do recomendado para a cultura, de acordo com Ribeiro et al. (1999), ou seja, abaixo de 1,0 a 1,2 g kg⁻¹.

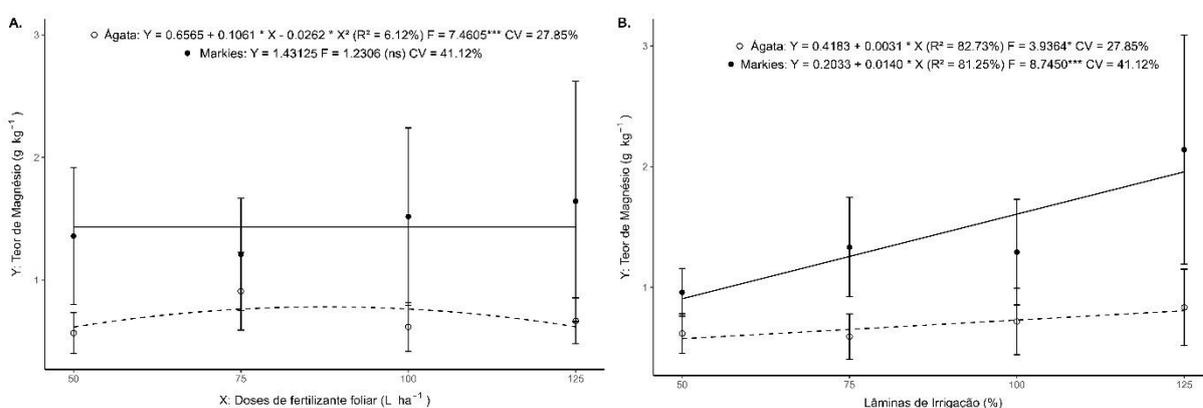


Figura 6. Teor médio de magnésio em folhas de batata das cultivares Ágata e Markies em função de diferentes doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas (A) e lâminas de irrigação (B).

O Mg atua na modulação da enzima Rubisco e a interação entre nutriente e enzima, gerada pela disponibilidade adequada deste nutriente na planta, gera maior estabilidade na ligação e, assim, aumenta a afinidade pelo CO₂ (RODRIGUES et al., 2022).

Para os teores foliares de B e Zn, houve diferença significativa somente entre doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas, ao nível de 5% de significância, tanto para a cultivar Ágata quanto para a cultivar Markies (Figura 7A e B).

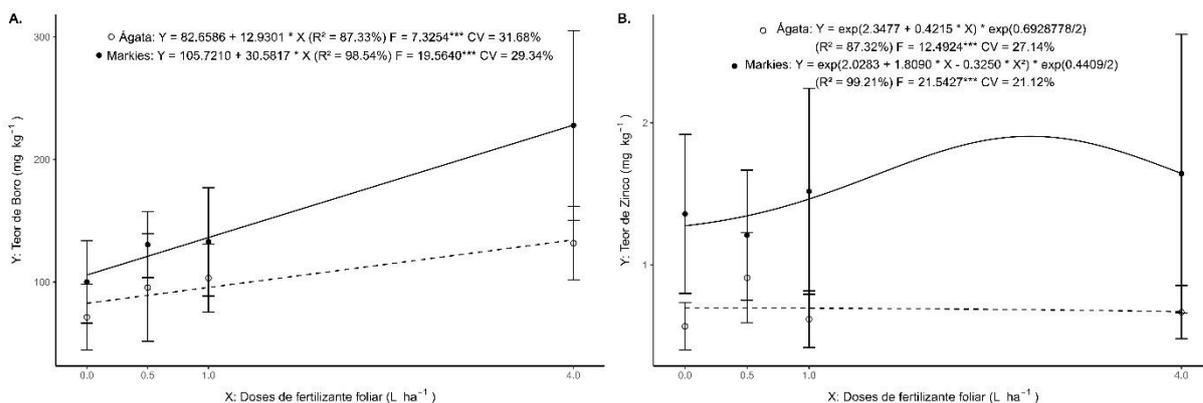


Figura 7. Teores médio de boro (A) e zinco (B) em folhas de batata das cultivares Ágata e Markies em função de diferentes doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas.

O teor foliar de B foi crescente com o aumento das doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas aplicados nas plantas da batateira para ambas as cultivares (Figura 7A), com teores superiores ao considerado adequado por Ribeiro et al. (1999) (de 25 a 50 mg kg⁻¹).

Este resultado pode ser justificado pela concentração de boro no fertilizante foliar a base de extrato de algas aplicado, que em doses crescentes contribuiu para maior absorção pelas plantas. Além disso, as adubações de plantio e cobertura podem ter alterado o equilíbrio nutricional da planta, caracterizando excesso de nutrientes. Outro motivo, segundo Carvalho et al. (2018) pode ser que, a aplicação do fertilizante foliar a base de extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*), tenha atuado como agente quelatizante do B, e influenciado na absorção do nutriente de forma linear.

Vale ressaltar ainda que, de acordo com a análise do solo, antes do plantio, os teores de B encontravam-se muito baixos. O nutriente B tem grande importância na cultura da batata, principalmente no início da formação dos tubérculos, participando do crescimento e da divisão celular dos tecidos meristemáticos, da formação de paredes celulares e atuando na translocação de amido da parte aérea para os tubérculos (CABALCETA et al., 2005).

Observa-se que as doses de 0; 0,5; 1,0 e 4 L ha⁻¹ de fertilizante foliar a base de extrato de algas, apresentaram teores foliares de Zn, para a cultivar Markies, de 9,47; 21,58; 41,79 e 72,58 mg kg⁻¹, respectivamente (Figura 7B). Entretanto, para a cultivar Ágata todos os tratamentos apresentaram teores de Zn na faixa adequada para a cultura (Figura 7B). Provavelmente, esses teores de Zn tenham ocorrido pois o fertilizante foliar a base de extrato de algas aplicado contém 1,1% de Zn, além disso, o teor de Zn no solo estava na faixa do médio, o que pode ter contribuído para o incremento desse nutriente na parte aérea das plantas.

Para o teor de Mn, verifica-se diferença ao nível de 5% de significância apenas para o fator lâminas de irrigação, para ambas as cultivares. Na cultivar Ágata ocorreu redução dos teores foliares de Mn até a lâmina de 82,5% ETC, o que corresponde ao teor foliar de Mn de 51,44 mg kg⁻¹, com posterior aumento (Figura 8). Já na cultivar Markies houve efeito linear crescente com o aumento das lâminas de irrigação (Figura 8), entretanto, independentemente da lâmina de irrigação utilizada, os teores do nutriente se mantiveram na faixa considerada adequada para a cultura que é de 30 a 250 mg ha⁻¹ (RIBEIRO et al., 1999).

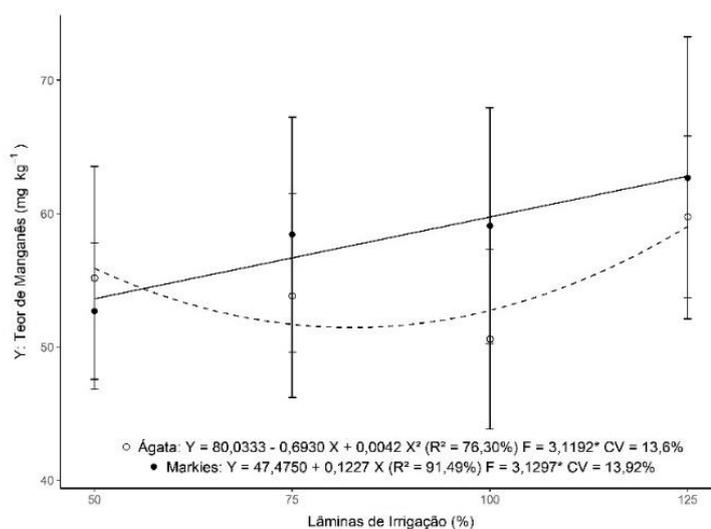


Figura 8. Teor médio de manganês em folhas de batata das cultivares Ágata e Markies em função de diferentes lâminas de irrigação.

Os resultados obtidos corroboram com o trabalho de Soratto et al. (2011), os quais citam que o Mn foi um dos micronutrientes acumulados em maior quantidade nas folhas e hastes das plantas de batata, devido suas funções no metabolismo, tais como: ativador enzimático no processo de respiração e fotólise da água durante a fotossíntese (CABALCETA et al., 2005). Além disso, o seu alto acúmulo pode ser devido a sua baixa mobilidade nos tecidos das plantas (Malavolta, 2006).

Para as características fisiológicas não se verificou interação significativa entre doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas e lâminas de irrigação ao nível de 5% de significância e nem diferença estatística entre os níveis dos fatores isolados para a cultivar Ágata. Já para a cultivar Markies, não se verificou interação significativa entre doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas e lâminas de irrigação ao nível de 5% de significância e nem diferença estatística entre os níveis dos fatores isolados apenas para as

características fisiológicas de fluorescência inicial (F_0), fluorescência variável (F_v), fluorescência máxima (F_m) e rendimento quântico máximo (F_v/F_m).

Com relação a quantidade de fótons absorvida pelo complexo da antena (ABS/RC), quantidade de energia dissipada por dissipação não fotoquímica (DIO/RC) e, quantidade de energia que flui através do complexo da antena e é capturada pelo centro de reação PSII (TRo/RC), observaram-se interações significativas entre doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas e lâminas de irrigação ao nível de 5% de significância para a cultivar Markies. Após o desdobramento da interação, verificou-se diferença significativa entre doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas dentro da lâmina de irrigação de 100% Etc e de lâminas de irrigação dentro da dose de 0 L ha⁻¹ de fertilizante foliar a base de extrato de algas para as variáveis quantidade de fótons absorvida pelo complexo da antena (ABS/RC) (Figura 9), fluxo de energia dissipada por centro de reação (DIO/RC) (Figura 10) e fluxo de captura de energia por centro de reação ativa (TRo/RC) (Figura 11).

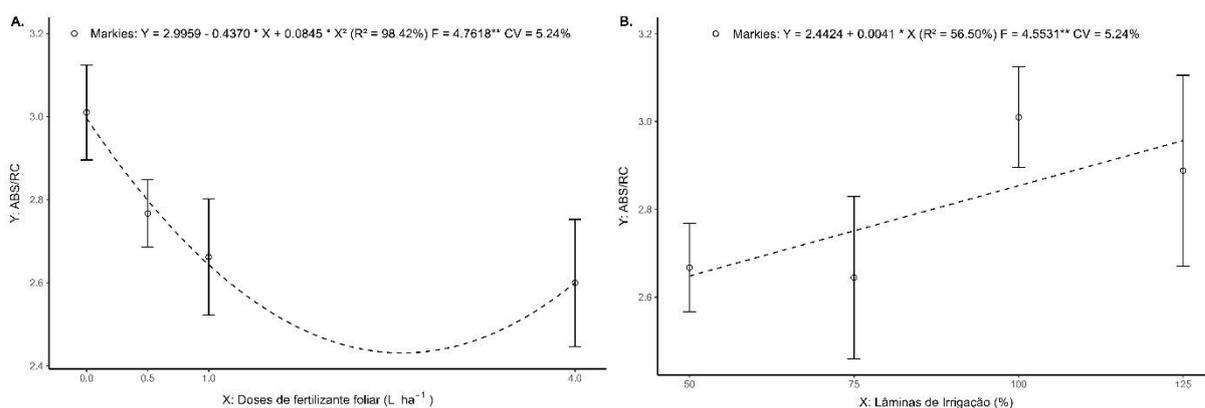


Figura 9. Desdobramento da interação das doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas dentro da lâmina de 100% Etc (A) e das lâminas de irrigação dentro da dose de 4 L ha⁻¹ de fertilizante foliar a base de extrato de algas (B) para quantidade de fótons absorvida pelo complexo da antena (ABS/RC) em plantas de batata da cultivar Markies.

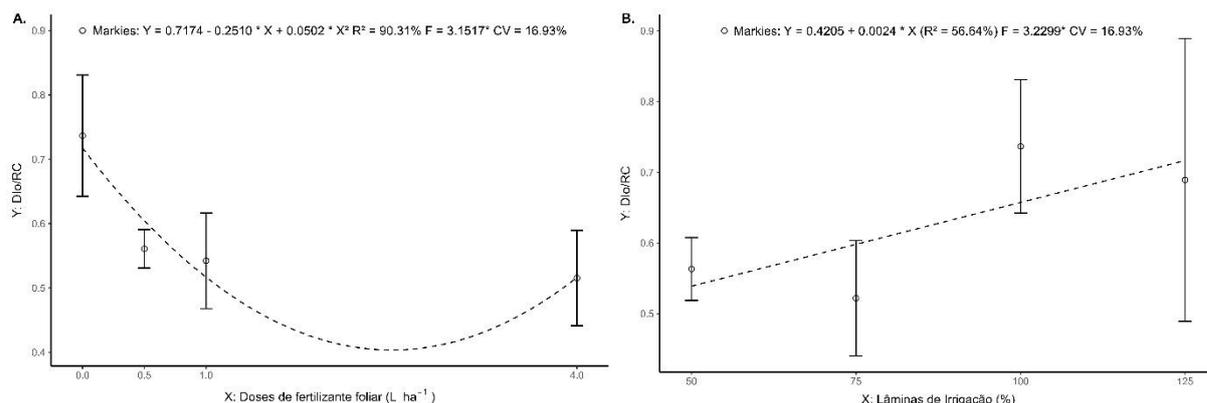


Figura 10. Desdobramento da interação das doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas dentro da lâmina de 100% Etc (A) e das lâminas de irrigação dentro da dose de 4 L ha⁻¹ de fertilizante foliar a base de extrato de algas (B) para o fluxo de energia dissipada por centro de reação (Dlo/RC) em plantas de batata da cultivar Markies.

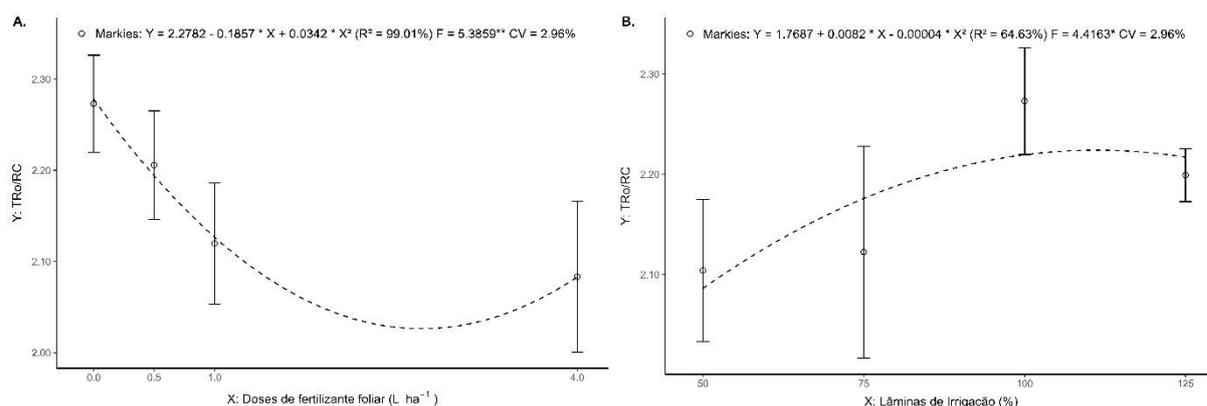


Figura 11. Desdobramento da interação das doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas dentro da lâmina de 100% Etc (A) e das lâminas de irrigação dentro da dose de 4 L ha⁻¹ de fertilizante foliar a base de extrato de algas (B) para o fluxo de captura de energia por centro de reação ativa (TRo/RC) em plantas de batata da cultivar Markies.

O modelo quadrático foi o que melhor representou a quantidade de fótons absorvida pelo complexo da antena (ABS/RC) na interação entre doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas dentro da lâmina de irrigação de 100% Etc, sendo decrescente até a dose de 2,58 L ha⁻¹, com posterior aumento (Figura 9A). Já as lâminas de irrigação dentro da dose de 0 L ha⁻¹ de fertilizante foliar a base de extrato de algas influenciaram positivamente no ABS/RC (Figura 9B) de forma crescente.

O alto valor ABS/RC absorvida pelas plantas de batata da cultivar Markies na dose de 4 L ha⁻¹ do fertilizante foliar a base de extrato de algas e o aumento da quantidade de fótons

absorvida com o aumento das lâminas de irrigação indicam que o fotossistema não está sofrendo danos ocasionados pela fotoinibição. Quando as plantas estão passando por estresse ocorre o aumento do sistema antena, responsável por captar energia da luz que chega à planta, como forma de compensar a perda de energia que normalmente ocorre em situações de estresse devido a desordens no fotossistema II (MARTINAZZO et al., 2013; SANTOS JÚNIOR et al., 2015).

Para o fluxo de energia dissipada por centro de reação (D_{Io}/RC) houve decréscimo de dissipação do fluxo de energia com a aplicação de fertilizante foliar a base de extrato de algas, sendo que a dose de 2,5 L ha⁻¹ foi a responsável pela menor dissipação de energia (Figura 10a), normalizando o PSII das plantas. De acordo com Kissi et al. (2020) quando se tem elevado valor de D_{Io}/RC, grande parte da energia absorvida está sendo dissipada em forma de calor ou de fluorescência, o que podemos observar nas plantas de batata da cultivar Markies quando submetidas ao tratamento sem aplicação de fertilizante foliar a base de extrato de algas (Figura 10A).

Desta forma verifica-se que a aplicação de fertilizante foliar a base de extrato de algas minimizou os danos ao FSII das plantas de batata da cultivar Markies. As plantas que não apresentaram danos nos fluxos de absorção não terão dissipação na forma de calor aumentadas, visto que, este aumento estaria associado a inativação do FSII e queda da conversão fotoquímica da energia (GUIDI et al., 2019).

Quando se observa o efeito das lâminas de irrigação sobre o D_{Io}/RC, verifica-se que as plantas apresentaram maior dissipação de energia na lâmina de irrigação de 125% da ETc (Figura 10B). Isso porque, provavelmente as plantas nesta condição estavam sofrendo estresse por excesso de água no solo.

O D_{Io}/RC é um dos parâmetros que esclarece sobre a integridade do PSII, pois a energia não transportada para a fase fotoquímica da fotossíntese precisa ser dissipada, sob risco de proporcionar aumento nos elétrons livres a formarem espécies reativas ao oxigênio, potencializando o estresse oxidativo (TAIZ et al., 2017).

O TR_o/RC apresentou efeito semelhante ao do D_{Io}/RC, em que as doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas diminuiu os efeitos do estresse hídrico nas plantas (Figura 11A). Entretanto, houve crescimento quadrático do TR_o/RC até a lâmina de irrigação de 102,5% da ETc (Figura 11b), representando o valor de 2,18 de TR_o/RC. Martinazzo et al. (2013) avaliando o estresse hídrico em plantas de ameixeira (*Prunus salicina*), observaram aumento nas variáveis de D_{Io}/RC e TR_o/RC. Segundo tais autores, o aumento em TR_o/RC indica elevação do fluxo de energia capturado pelo RC (centro de reação), em plantas submetidas a condições de

restrição hídrica. Para os mesmos autores o aumento justifica-se pelo também aumento da energia dissipada (DIO /RC).

A adaptabilidade das plantas as condições de estresse hídrico com a aplicação de fertilizante foliar a base de *Ascophyllum nodosum* ocorre devido ao aumento do mecanismos de defesa das plantas as espécies reativas de oxigênio (ROS), atividade fotossintética, teor de clorofila, absorção de nutrientes, redução da fotoinibição do PSII, peroxidação lipídica e danos oxidativos aos tecidos, favorecendo o retardamento da senescência das folhas e melhorando a condutância estomática da folha (MARTYNENKO et al., 2016; SHUKLA et al., 2017).

Para a variável rendimento quântico efetivo, verifica-se que ocorreu diferença significativa entre lâminas de irrigação apenas para a cultivar Markies, não ocorrendo para a cultivar Ágata, com acréscimo dos valores, a medida que aumentaram-se as lâminas de irrigação (Figura 12).

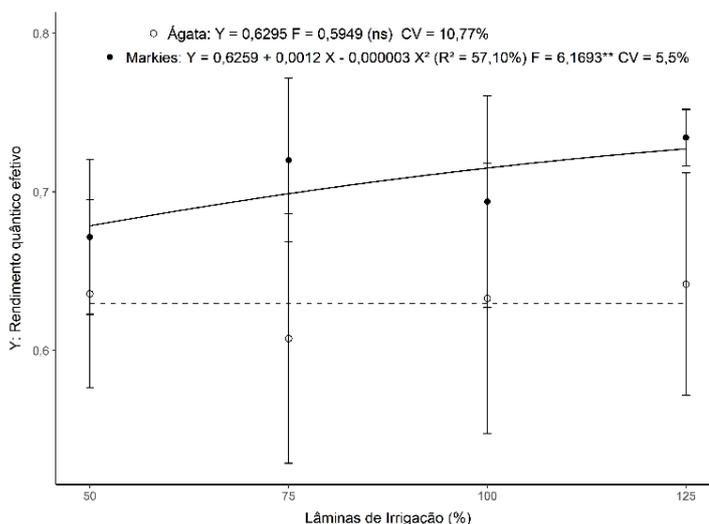


Figura 12. Valores médios de rendimento quântico efetivo em plantas de batata das cultivares Ágata e Markies em função de diferentes lâminas de irrigação.

Os valores de rendimento quântico efetivo são próximos aos valores encontrados na literatura nas maiores lâminas de água aplicada. De acordo com Maxwell & Johnson (2000), em condições normais, as plantas apresentam valores entre 0,75 e 0,85 para o rendimento quântico efetivo, e decréscimos são indicativos de plantas sob estresse. De acordo com a Figura 12, as lâminas de irrigação de 50 e 75% da ETC, proporcionaram maior estresse nas plantas, resultado que se justifica pelos valores obtidos para DIO/Rc e TRO/RC. Como pode ser observado, as menores lâminas de irrigação utilizadas, apresentaram menores valores de

rendimento quântico do FSII, sendo isso justificável, pois as plantas estão mais sensíveis devido a deficiência hídrica.

Os danos ao FSII dependem do tempo de exposição das plantas ao estresse hídrico, podendo causar danos severos as plantas, limitando o potencial fotossintético das mesmas (Pieruschka et al., 2012). A exposição ao estresse hídrico segundo Liu et al. (2011), pode provocar um possível efeito fotoinibitório, o que poderá ocasionar distúrbios nos centros de reações do FSII, com decréscimo da eficiência fotoquímica do PSII, já que a água é doadora de elétrons para fixação de CO₂ atmosférico.

Não se verificou interação significativa entre doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas e lâminas de irrigação ao nível de 5% de significância para as variáveis de número e peso de tubérculos de nenhuma das classes de batata. Entretanto, houve interação significativa entre os fatores avaliados para número de hastes na cultivar Markies.

No desdobramento da interação, verifica-se diferença ao nível de 5% de significância para as doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas dentro das lâminas de irrigação de 50% (Figura 13A), 75% (Figura 13B), 100% (Figura 13C) e 125% da ETc (Figura 13D) e das lâminas de irrigação dentro da dose de 1 L ha⁻¹ de fertilizante foliar a base de extrato de algas (Figura 13E).

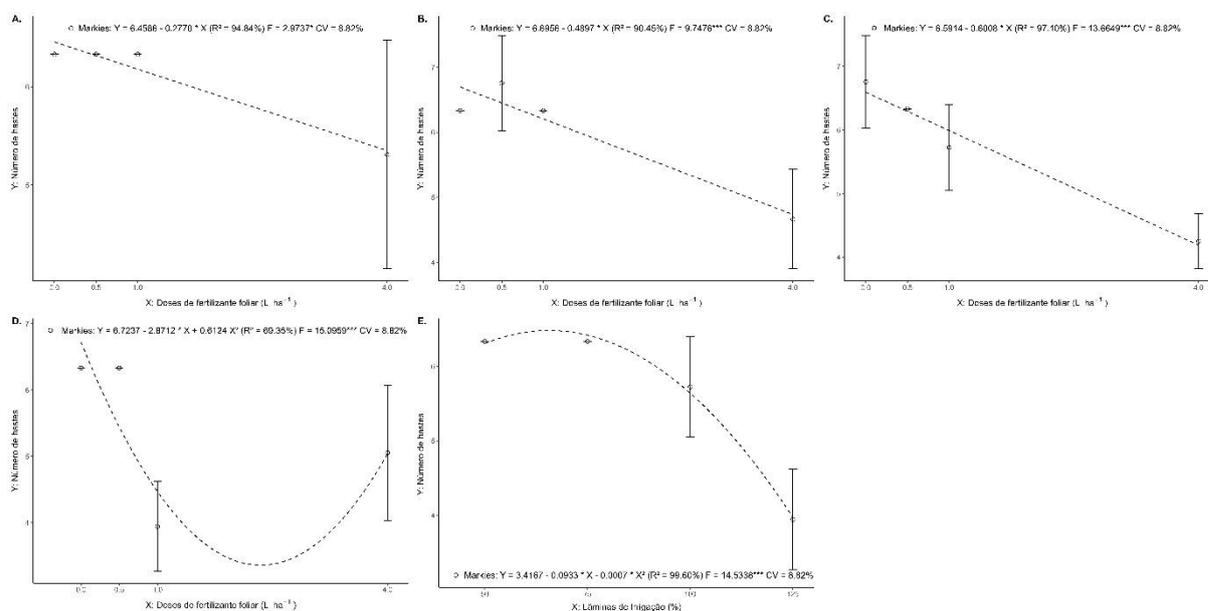


Figura 13. Desdobramento da interação das doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas dentro das lâminas de 50% ETc (A), de 75% ETc (B), de 100% ETc (C) e de 125% ETc (D) e das lâminas de irrigação dentro da dose de 1 L ha⁻¹ de fertilizante foliar a base de extrato de algas (E) para número de hastes por planta de batata da cultivar Markies.

As lâminas de irrigação de 50%, 75% e 100% da ETc, proporcionaram efeito decrescente no número de hastes da cultivar Markies com o aumento das doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas (Figura 13A, B e C).

Já para a lâmina de irrigação de 125% da ETc dentro das doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas, houve ajuste ao modelo quadrático, sendo decrescente até a dose de 2,34 L ha⁻¹, com posterior aumento (Figura 13D).

Na dose de 1 L ha⁻¹ de fertilizante foliar a base de extrato de algas verifica-se decréscimo do número de hastes até a lâmina de 66,64% da ETc, com posterior aumento (Figura 13E). Para a cultivar Ágata, apesar de não ter ocorrido interação entre os fatores para número de hastes, verificou-se diferença a 5% de significância entre doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas (Figura 14).

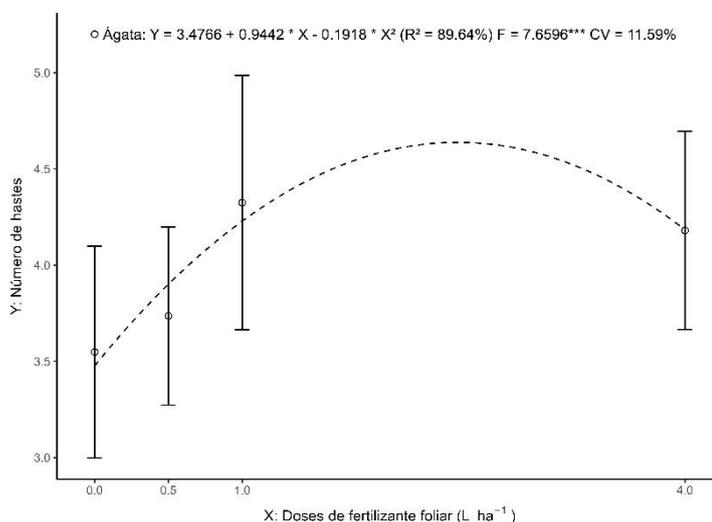


Figura 14. Valores médios de número de hastes em plantas de batata da cultivar Ágata em função de diferentes lâminas de irrigação.

Houve efeito quadrático crescente no número de hastes para a cultivar Ágata até a dose de 2,46 L ha⁻¹ do fertilizante foliar a base de extrato de algas com número médio de hastes de 4,6, com posterior queda (Figura 14).

O aumento no número de hastes por planta pode ser devido ao efeito dos compostos presentes no fertilizante foliar utilizado (citocininas). De acordo com Oliveira et al. (2011) mesmo quando o fertilizante foliar a base de extrato de algas é aplicado em pequenas quantidades, as plantas respondem de forma satisfatória, com incremento na divisão celular e, conseqüentemente, no desenvolvimento da parte aérea.

No trabalho de Friedrich et al. (2020), avaliando a influência do uso de bioestimulante na produção de mudas de beterraba, verificaram que a utilização do bioestimulante proporcionou aumento do comprimento da maior folha nas mudas. Os bioestimulantes a base de extrato de algas também nutrem as plantas, pois estão relacionados com a atuação de algumas proteínas das membranas, como as bombas de cálcio e potássio, que facilitam o transporte de solutos dentro das células, aumentando assim o transporte iônico e, conseqüentemente, a absorção de mais nutrientes (TAIZ et al., 2017).

Não houve diferença significativa entre doses do fertilizante foliar a base de extrato de algas nem para a variável número de tubérculos nem para peso de tubérculos de nenhuma das classes. O mesmo não foi verificado para lâminas de irrigação, ocorrendo diferença significativa para as variáveis número de tubérculos das classes diversa e especial para as cultivares Ágata e Markies (Figura 15) e; número de tubérculos da classe florão para a cultivar Markies (Figura 16). Para o número de tubérculos das demais classes (primeira, segunda e diversas) não se observaram diferença significativa entre as lâminas de irrigação aplicadas.

Houve incremento do número de tubérculos da classe especial (42-70 mm) com o aumento das lâminas de irrigação aplicada (Figura 15A), ao contrário do que ocorreu na classe diversa (até 28 mm), ou seja, com o aumento das lâminas de irrigação, houve redução gradativa do número de tubérculos dessa classe (Figura 15B), independentemente da cultivar avaliada.

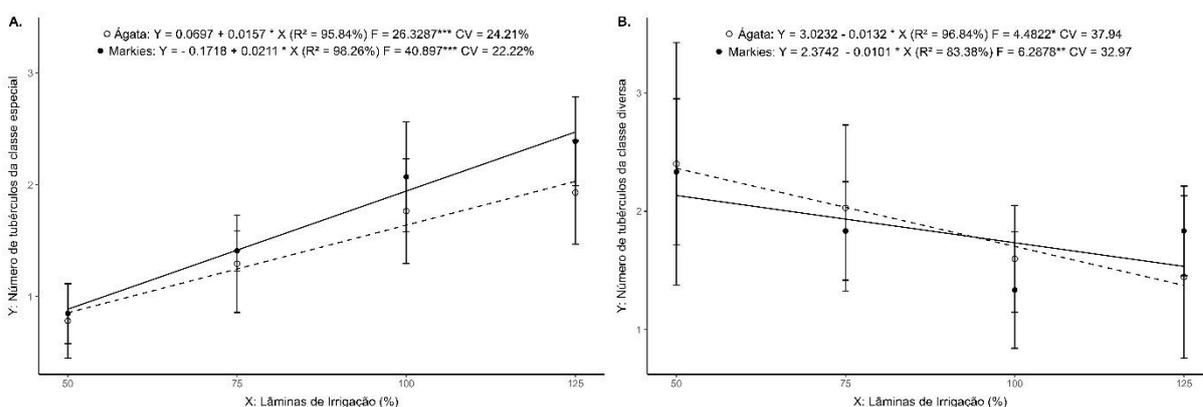


Figura 15. Valores médios de número de tubérculos da classe especial (A) e número de tubérculos da classe diversa (B) em plantas de batata das cultivares Ágata e Markies em função de diferentes lâminas de irrigação.

A batata é pouco tolerante ao estresse hídrico, em virtude do seu sistema radicular superficial e pouco ramificado, reduzindo o transporte de fotoassimilados quando a planta se encontra sob estresse hídrico (50% ETc). À medida que há aumento da lâmina de irrigação,

verifica-se redução no número de tubérculos da classe diversa (classe de baixo valor comercial), pois aumenta o transporte de fotoassimilados na planta, devido a abertura dos estômatos e, conseqüentemente, aumenta a qualidade dos tubérculos nas demais classe de interesse comercial (MARCOMINI, 2020).

A quantidade de tubérculos da classe florão (>70 mm), obteve incremento com o aumento das lâminas de irrigação aplicadas (Figura 16). Essa é uma das classes de maior valor comercial no mercado e que garante maior rentabilidade ao produtor, sendo, portanto, interessante a obtenção de grande quantidade.

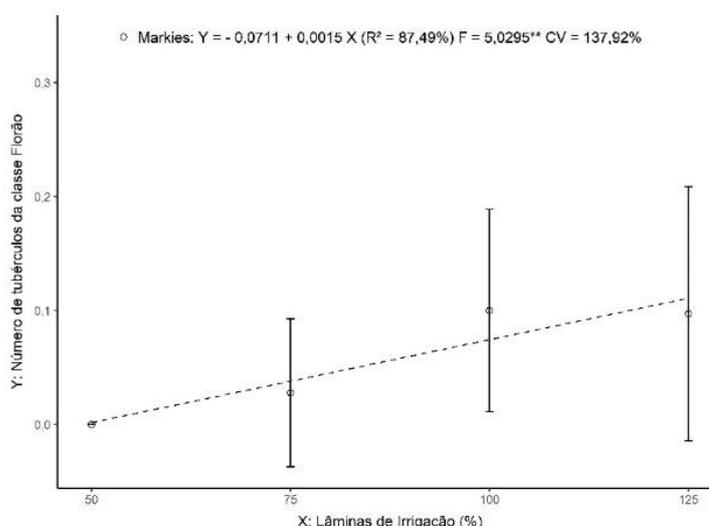


Figura 16. Valores médios de número de tubérculos da classe florão em plantas de batata da cultivar Markies em função de diferentes lâminas de irrigação.

Jadoski et al. (2017), avaliando deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos da cultura da batata, obtiveram resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo, na qual a ocorrência de déficit hídrico em período inicial do ciclo é mais prejudicial para o rendimento produtivo da cultura, por afetar a tuberização, limitando o potencial produtivo, e também o desenvolvimento vegetativo.

As doses de bioestimulante não promoveram efeito no peso dos tubérculos em nenhuma das cultivares avaliadas. Já entre lâminas de irrigação pode-se verificar diferença ao nível de 5% de significância para o peso dos tubérculos da classe florão na cultivar Markies (Figura 17A), peso dos tubérculos da classe especial na cultivar Ágata e Markies (Figura 17B) e peso dos tubérculos da classe segunda na cultivar Markies (Figura 17C).

Observa efeito linear crescente no número de tubérculos da classe florão na cultivar Markies (Figura 17A) e no número de tubérculos da classe especial em ambas as cultivares

(Figura 17B), com o aumento das lâminas de irrigação. Estes resultados reforçam a importância da disponibilidade de água no solo na influência do desenvolvimento e nos parâmetros produtivos da cultura.

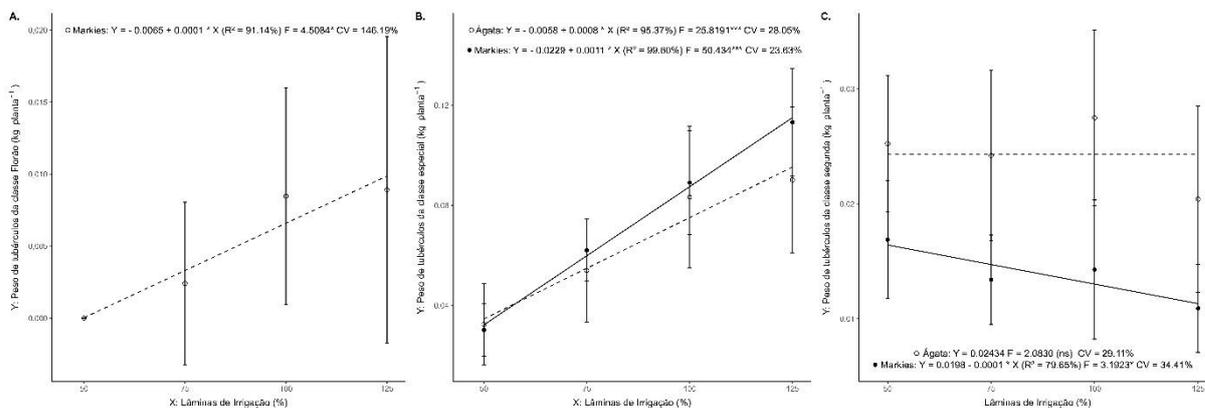


Figura 17. Valores médios para peso de tubérculo da classe florão (A), peso de tubérculo da classe especial (B) e peso de tuberculos da classe segunda (C) em plantas de batata das cultivares Ágata e Markies em função de diferentes lâminas de irrigação.

Apesar do aumento do número e do peso dos tubérculos da classe especial com o aumento das lâminas de irrigação, os valores se encontram abaixo dos encontrados para a cultura. De acordo com a análise de solo realizada antes do plantio os nutrientes estavam com valores baixos e provavelmente a adição dos nutrientes através das adubações e da aplicação do fertilizante foliar a base de extrato de algas não supriram a necessidade da planta, influenciando nos teores nutricionais e consequentemente nos parâmetros produtivos da batata.

Para a variável peso de tubérculos da classe florão, houve efeito de forma isolada para a cultivar Markies, no qual pode-se observar que apenas as lâminas de irrigação exerceram efeito de forma linear crescente até a lâmina de 125% ETc (Figura 17C). Ao testarem diferentes lâminas de irrigação em duas cultivares de batata-doce, Mantovani et al. (2013) utilizando sistema de irrigação tipo gotejamento concluíram que a produtividade das cultivares de batata-doce foi expressivamente dependente da lâmina de água aplicada, sendo que, as maiores produtividades foram alcançadas com a lâmina de 95,2 e 100,4% da ETc, para ‘Amanda’ e ‘Duda’, respectivamente.

5 CONCLUSÕES

Os teores foliares de P, K, Mg e Ca para a cultivar Ágata ficaram abaixo do recomendado para a cultura, independente das lâminas de irrigação e doses de fertilizante foliar a base de extrato de algas aplicados.

O teor de B ficou acima do recomendado e o Cu e Zn na faixa adequada para as duas cultivares de batata.

O teor de Mg para a cultivar Markies ficou adequado até a lâmina de irrigação de 75% da ETc.

O fertilizante foliar a base de extrato de algas promove redução dos efeitos do estresse hídrico das plantas, sendo demonstrado pela maior quantidade de absorção de fótons pelas plantas de batata da cultivar Markies.

As maiores lâminas de irrigação promovem aumento no número e peso dos tubérculos das classes especial para as cultivares Ágata e Markies.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBA- Associação Brasileira da Batata. **Cadeia da Batata-2014**. Disponível em <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/>. Acesso em 03 abr. 2023.

ABBOTT, L. K. et al. Potential roles of biological amendments for profitable grain production – a review. **Agriculture, ecosystems & environment**, v.256, p.34-50, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.021>

AHMADI, S. H. et al. Compatibility of root growth and tuber production of potato cultivars with dynamic and static water saving irrigation managements. **Soil Use and Management**, v.33, p.106-119, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/sum.12317>

ARRAIS, I. G. et al. Extrato da alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis na produção de porta-enxertos de *Annona glabra* L. **Revista de Ciências Agrárias**, v.39, n.2, p. 234-247, 2016. Doi: <https://doi.org/10.19084/RCA15057>

ARAÚJO, T. H. et al. Productivity and quality of potato cultivars for processing as shoestrings and chips. **Horticultura Brasileira**, v.34, n.4, p. 554-560, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620160415>

ARAÚJO, W. P. et al. Gas exchange in herbaceous cotton cultivars under water deficit strategies. **African Journal of Agricultural Research**, v.14, n.23, p.986-998, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2019.13904>

BACKES, C. et al. Aplicação foliar de extrato de alga na cultura da batata. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.4, n.4, p.53-57, 2017.

BALESTRINI, R. et al. Improvement of plant performance under water deficit with the employment of biological and chemical priming agents. **Journal of Agricultural Science**, v.156, n.5, p.680-688, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859618000126>

BATAGLIA, O.C. et al. Métodos de Análise Química de Plantas. Boletim Técnico No. 78; Instituto Agronômico: Campinas, Brazil, 1983; p. 48

BLUNDEN, G. et al. Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. **Journal of applied phycology**, v.8, n.4, p.535-543, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02186333>

BEZERRA, F. M. L. et al. Deficiência hídrica em vários estádios de desenvolvimento da batata. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2, n.2, p.119-123, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v02n02p119-123>

BRASIL. **Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004**. Altera o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura. Brasília, DF: Presidência da República, 2004, Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d4954.htm. Acesso em: 31/05/2023.

BROWN, P.; SAA, S. Biostimulants in agriculture. **Frontiers in plant science**, v.6, n.671, p.1-3, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00671>

BULGARI, R. et al. Biostimulants and crop responses: a review. **Biological Agriculture & Horticulture**, v.31, p.1-17, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/01448765.2014.964649>

CABALCETA, G. et al. Absorción de nutrientes en el cultivar de papa MNF-80. **Agronomía Costarricense**, v.29, n.3, p.107-123, 2005.

CARDOSO, A. D. et al. 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.

CARVALHO, J. B. et al. Eficiência da adubação boratada no desenvolvimento de mudas de eucalipto. **Revista de Ciências Agrárias**, v.61, p.1-8, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2018.2862>

CHOULIARAS, V. et al. The effects of a seaweed extract in addition to nitrogen and boron fertilization on productivity, fruit maturation, leaf nutritional status and oil quality of the olive (*Olea europaea* L). cultivar Koroneiki. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.89, n.6, p.984-988, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.3543>

CHRYSARGYRIS, A. et al. Effects of *Ascophyllum nodosum* seaweed extracts on lettuce growth, physiology and fresh-cut salad storage under potassium deficiency. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.98, n.15, p.5861-5872, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9139>

CIP - International Potato Center. **Agricultural research for development**. Lima, 2019. Disponível em: <https://cipotato.org/crops/potato/>. Acesso em jul. 2023.

DE ALBUQUERQUE, P. E. P. Estratégias de manejo de irrigação: exemplos de cálculo. Circular Técnica 136. Sete Lagoas, Minas Gerais, 2010.

DI STASIO, E. et al. *Ascophyllum nodosum*-based algal extracts act as enhancers of growth, fruit quality, and adaptation to stress in salinized tomato plants. **Journal of Applied Phycology**, v.30, p.2675-2686, 2018. DOI: <https://10.1007/s10811-018-1439-9>

EBIC- European Biostimulants Industry Council Economic. **Overview of the Biostimulants Sector in Europe**. 2011. Disponível em :<http://www.biostimulants.eu>. Acesso: 04 abr. 2023.

ELANSARY, H. O. et al. Enhancing stress growth traits as well as phytochemical and antioxidant contents of *Spiraea* and *Pittosporum* under seaweed extract treatments. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.105, p.310-20, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.05.024>

EL BOUKHARI, M. E. M. et al. Trends in Seaweed Extract Based Biostimulants: Manufacturing Process and. **Plants**, v.9, n.3, p.1-23, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9030359>

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. In Manual de Métodos de Análise de Solo, 3rd ed.; Embrapa: Brasília (DF), Brasil, 2017; p. 577.

FABEIRO C. et al. Yield and size of deficit irrigated potatoes. **Agricultural Water Management**, v.48, n.3, p.255-266, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(00\)00129-3](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(00)00129-3).

FAN, D. et al. Commercial extract of Brown Macroalga (*Ascophyllum nodosum*) affects yield and the nutritional quality of Spinach in vitro. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.44, n.12, p.1873-1884, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103624.2013.790404>

FAQUIN, V. 2002. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE 77p.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Crops**. 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 04 abr. 2023.

FERNANDES, A. M. et al. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.3, p.299-304, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000300010>

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

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2008, 421 p.

FORTES, G. R. L.; PEREIRA, J. E. S. Classificação e descrição botânica. In: PEREIRA, S.A.; DANIELS, J. (Eds.). **O cultivo da batata na região Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 69-79.

FRANCESCHINI, I. M. et al. **Algas: Uma abordagem Filogenética, Taxonômica e Ecológica**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FRIEDRICH, J. C. C. et al. Bioestimulante: uso em produção de mudas e resultados na produção comercial. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.5, p.27392-27409, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-259>

FRIONI, T. et al. Effects of a biostimulant derived from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* on ripening dynamics and fruit quality of grapevines. **Scientia Horticulturae**, v.232, 97-106, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000300010>

GEISENHOFF, L. O. et al. Viabilidade produtiva da cultura da batata experimentando a diferentes tensões de água no solo. **Irriga**, ed. Especial, p.306-318, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n1p306-318>.

GUIDI, L. et al. Chlorophyll fluorescence, photoinhibition and abiotic stress: does it make any difference the fact to be a C3 or C4 species? **Frontiers in plant science**, v.10, n.174, p.1-11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00174>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. **Produção agrícola municipal: Batata inglesa**. Disponível em:< <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1001#resultado>>. Acesso em: 02 abr. de 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. **Área plantada, área cultivada e produção por ano da safra e produto das lavouras**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/batata/a618#resultado>. Acessado em 01 abr. de 2023.

INTERNATIONAL POTATO CENTER - **CIP**. Lima, 2019. Disponível em: <https://cipotato.org/crops/potato/>. Acesso em: 22 mar. de 2023.

JADOSKI, S. O. et al. Efeito da deficiência hídrica no desenvolvimento vegetativo, produção e distúrbios fisiológicos em tubérculos de batata. **Applied Research & Agrotechnology**, v.10, n.3, p.97-107, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5935/PAeT.V10.N3.11>

JANNIN, L. et al. *Brassica napus* growth is promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S Metabolisms. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.32, n.1, p.31-52, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-012-9273-9>

KISSI, Y. A.; MOTTA, I. S. DE; DUBOC, E.; SANTIAGO, E. F. Influência da composição de substrato no desempenho morfofisiológico das mudas de *trema micrantha* (L.) Blume. Revista desafios, v. 7, n.4, p.1-13, 2020.

KLEIN, C.; AGNE, S. A. A. Fósforo: de nutriente à poluente. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.8, n.8, p.1713-1721, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5902/223611706430>

LIMA-SILVA, P. N. et al. Conhecimento do consumidor e forma de apresentação da batata no mercado no Estado de São Paulo. **Revista iPecege**, v.2, p.46-55, 2016. DOI: <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2016.2.46>

LIU, C.; LIU, Y.; GUO, K.; FAN, D.; LI, G.; ZHENG, Y.; YU, L.; YANG, R. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China. *Environmental and Experimental Botany*, v.71, p.174-183, 2011.

LUZ, J. M. Q. et al. Performance of potato cultivars as a function of foliar application of potassium sulfate. **Journal of Plant Nutrition**, v.45, n.18, p.2727-2736, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2067056>

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MARCOSSIAN SEMENTES. **Variedade Markies**. Disponível em: <http://www.margossian.com.br/batata-markies>. Acesso em: 2 de jan. 2017

MARCOMINI, G. R. Vantagens competitivas na produção de batata no Brasil e Estados Unidos. **Administração de Empresas em Revista**, v.4, n.22, p. 246-270, 2020.

MARIANI, L.; FERRANTE, A. Agronomic Management for Enhancing Plant Tolerance to Abiotic Stresses—Drought, Salinity, Hypoxia, and Lodging. **Horticulturae**, v. 52, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae3040052>

MARTINAZZO, E. G. et al. Atividade fotossintética em plantas de ameixeira submetidas ao déficit hídrico e ao alagamento. **Ciência Rural**, v.43, n.1, p.35-41, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000126>

MARTYNENKO A. et al. Thermal imaging of soybean response to drought stress: the effect of *Ascophyllum nodosum* seaweed extract. **Springerplus**, v.5, n.1, p.1-14, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3019-2>

MANTOVANI, E. C. et al. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata sob diferentes regimes de irrigação por aspersão convencional. **Revista Horticultura Brasileira**, v.31, p.528-533. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000400004>

MANTOVANI, C. E. et al. Produtividade da batata irrigada por gotejamento no sul do estado de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, v.32, p.63-68, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362014000100010>.

MAROUELLI, W. A.; GUIMARÃES, T. G. 2006. **Irrigação na cultura da batata**. Itapetininga: ABA. 66p.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G. Chlorophyll fluorescence a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v.51, p.659-668, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659>

MOREIRA, R. et al. Aqueous extracts of *Ascophyllum nodosum* obtained by ultrasound-assisted extraction: effects of drying temperature of seaweed on the properties of extracts. **Journal of Applied Phycology**. v.29, p.3191-3200, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1159-6>

MONNEVEUX, P. et al. Drought tolerance in potato (*S. tuberosum* L.). Can we learn from drought tolerance research in cereals? **Plant Science**, v.205-206, p.76-86, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2013.01.011>

MUCHALAK, S. M. et al. Utilização de bioestimulante nas características agrônômicas de diferentes cultivares de batata irrigada. **Nucleus**, v. 13, n. 2, p. 253-261, 2016.

OKOLIE, C. L. et al. (2018). "Seaweeds as a source of proteins for use in pharmaceuticals and high-value applications," in: **Novel Proteins for Food, Pharmaceuticals, and Agriculture: Sources, Applications, and Advances**, ed. M. Hayes (Hoboken, NJ: Wiley), 217.

OLIVEIRA, L. A. A. et al. Uso do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Verde**, v.6, n.2, p.1-4, 2011.

PEREIRA, A. S. A evolução da cultura da batata no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p. S5701- S5710, jul. 2011. Suplemento. Trabalho apresentado no 51º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2011, Viçosa, MG. Disponível em:< <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/928468/1/Digitalizar0018.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2023.

PERIPOLLI, M. (2019). **Bioestimulantes na morfologia, fisiologia e qualidade de frutos de tomate cultivados ao estresse hídrico**. Mestrado (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 61p.

PIERUSCHKA, R. et al. Remote Chlorophyll fluorescence measurements with the Laser-Induced Fluorescence Transient Approach. **Methods in Molecular Biology**, v.918, p.51-59, 2012. DOI: https://doi10.1007/978-1-61779-995-2_5

PILON, C. (2011). Aplicação de silício solúvel via solo e foliar na cultura da batata (*solanum tuberosum* L.) sob deficiência hídrica. Mestrado (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Agricultura), Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu, SP. 65p.

PINTO, C. A. B. P. et al. Potencial de clones elite de batata como novas cultivares para Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.4, p.399-405, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000400004>

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres; Potafos, 1991.

REVISTA CAMPO & NEGÓCIOS. (2021). **Batata: Extremos marcam a produção**. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/batata-extremos-marcam-a-producao/>>. Acesso em 09 jul. 2023.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

RIBEIRO, G. H. M. et al. (2017). Cultivares. In: NICK, C.; BORÉM, A.[eds.]. **Batata do plantio à colheita**, 1 ed., Editora UFV, Viçosa, p. 77-93.

RODRIGUES, M. et al. (2022). **Magnésio: Um macronutriente potencializador de safras**. Informações Agrônômicas. Piracicaba, n. 13, p. 1-24.

SANTOS JÚNIOR, U. M. dos; GONÇALVES, J. F. de C.; RETO, J. S.; FEARNESIDE, P. M. Flooding of tropical forests in central Amazonia: what do the effects on the photosynthetic apparatus of trees tell us about species suitability for reforestation in extreme environments

created by hydroelectric dams?. *Acta Physiologiae Plantarum*, v.37, p.1-17, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11738-015-1915-7>.

SHUKLA, P.S. et al. Seaweed extract improve drought tolerance of soybean by regulating stress-response genes. *AOB Plants*, v.10, n.1, p.1-8, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1093/aobpla/plx051>

SHUKLA, P. S. et al. Carrageenans from red seaweeds as promoters of growth and elicitors of defense response in plants. *Frontiers in Marine Science*, v.3, n.81, p.159-165, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00081>

SHUKLA, P. S. et al. *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Frontiers in Plant Science*, v.10, n.1, p.1-22, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655>

SHI, S.; et al. Physiological basis of drought tolerance in potato grown under long-term water deficiency. *International Journal of Plant Production*, v.9, p. 305-320, 2015.

SILVA, G. O. et al. Rendimento de tubérculos de três cultivares de batata sob condições de estiagem. *Horticultura Brasileira*, v.31, p.216-219, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000200007>

SILVA, G. O.; LOPES, C. A. (Ed.). **A cultura da batata**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2016. (Embrapa Hortaliças. Sistema de Produção, 8). Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=8803&p_r_p_-996514994_topicoId=1301>. Acesso em: 10 abr. 2023.

SILVA, I. P. F. et al. Preparo de solo e calagem na cultura da batata. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, v.20, v.1, p.1-15, 2011.

SILVA, C. P. et al. Desenvolvimento inicial de mudas de couve-folha em função do uso de extrato de alga *Ascophyllum nodosum*, **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.1, p.1-9, 2012.

SILVA, E. C. Implantação da Cultura. *In*: Nick, C.; Borém, A. (ed.). **Batata do plantio a colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2017. p.36-50.

SINGH, S. K.; LAL, S. S. Effect of potassium nutrition on potato yield, quality and nutrient use efficiency under varied levels of nitrogen application. **Potato Journal**, v.39, p.155-65, 2012.

SHEN, X. et al. Effects of pressurized argon and nitrogen treatments in combination with modified atmosphere on quality characteristics of fresh-cut potatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v.149, p.159-65, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.11.023>

SORATTO, R. P. et al. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: II- micronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.2057-2071, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000600021>

SPANN, T. M.; LITTLE, H. A. Applications of a commercial extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* increases drought tolerance in container-grown “hamlin” sweet orange nursery trees. **HortScience**, v.46, n.4, p.577-82, 2011. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.4.577>

SUBRAMANIAN, S. et al. Extracts of the marine brown macroalga, *Ascophyllum nodosum*, induce jasmonic acid dependent systemic resistance in *Arabidopsis thaliana* against *Pseudomonas syringae* pv. tomato DC3000 and *Sclerotinia sclerotiorum*. **European Journal of Plant Pathology**, v.131, p.237-248, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9802-6>

TARTARO, L. et al. Tamanho do tubérculo na produção de batata-semente das cultivares Ágata e Asterix em sistema aeropônico. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 6, n.1, p.044-050, 2021.

R Core Team (2023). **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<http://www.R-project.org/>>.

- TAIZ, L. et al. (2017). **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Editora: Artmed, 6º ed., 731p.
- VAN OOSTEN, M. J. et al. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v.4, n.5, p.1-12, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>
- VAYDA, M. E. 1994. Environmental stress and its impact on potato yield. In: BRADSHAW, J. E.; MACKAY, G. R. (eds). Ed. Cabi, **Potato genetics**, 576p.
- YAKHIN, O. I. et al. Biostimulants in plant science: a global perspective. **Frontiers in Plant Science**, v.7, n.671, p. 1-32, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>
- XU, C.; LESKOVAR, D. I. Effects of *A. nodosum* seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition value under drought stress. **Scientia Horticulturae**, 183, 39-47, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.12.004>
- ZHOU, L. et al. Nutritional evaluation of different cultivars of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) from China by grey relational analysis (GRA) and its application in potato steamed bread making. **Journal of Integrative Agriculture**, v.18, n.1, p.31-45, 2019. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62137-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62137-9)