

MARIALVA ALVARENGA MOREIRA

COMPOSIÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DA BATATEIRA, EM
FUNÇÃO DO USO DE FUNGICIDAS CONTENDO OU NÃO Zn E DO
MODO DE FERTILIZAÇÃO COM Zn

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Curso de Fitotecnia,
para obtenção do título de "Magister
Scientiae".

VIÇOSA

MINAS GERAIS - BRASIL

NOVEMBRO - 1998

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

M835c
1998

Moreira, Marialva Alvarenga, 1967-
Composição mineral e produção da batateira, em função
do uso de fungicidas contendo ou não Zn e do modo de fer-
tilização com Zn / Marialva Alvarenga Moreira. – Viçosa :
UFV, 1998.
88p. : il.

Orientador : Paulo Cezar Rezende Fontes
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa

1. Batata - Nutrição mineral. 2. Batata - Crescimento.
2. Batata - Produtividade. 4. Batata - Teor de zinco. I. Uni-
versidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 635.21891

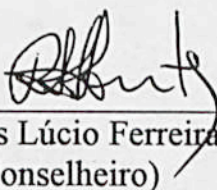
CDD 20.ed. 635.21891

MARIALVA ALVARENGA MOREIRA

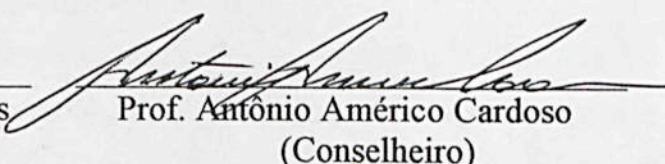
**COMPOSIÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DA BATATEIRA, EM
FUNÇÃO DO USO DE FUNGICIDAS CONTENDO OU NÃO Zn E
DO MODO DE FERTILIZAÇÃO COM Zn**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Curso de Fitotecnia, para
obtenção do título de "Magister
Scientiae".

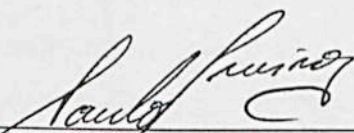
APROVADA: 03 de março de 1998.



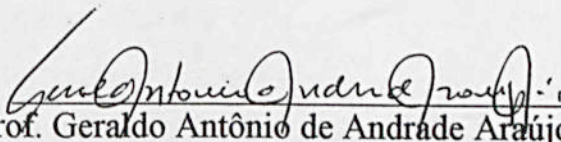
Prof. Renildes Lúcio Ferreira Fontes
(Conselheiro)



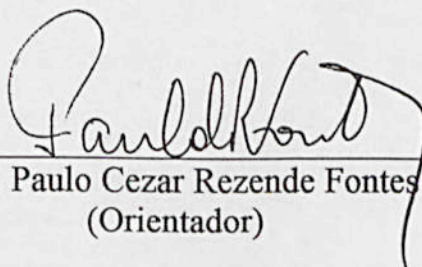
Prof. Antônio Américo Cardoso
(Conselheiro)



Prof. Paulo Roberto Gomes Pereira



Prof. Geraldo Antônio de Andrade Araújo



Prof. Paulo Cezar Rezende Fontes
(Orientador)

AGRADECIMENTO

A Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade que me concedeu para realizar o Curso

Superior (C.A.B.)
A Deus, que me sufoca o pranto e estanca as minhas lágrimas,
Aos meus pais, aos meus irmãos e aos meus sobrinhos,

Ao meu namorado Edson. Forças, pelo acobimentado, pela amizade e pela compreensão.

Aos professores Reimdes Lúcio Ferreira Fontes e Antônio Américo Cardoso, pela disponibilidade e pelos ensinamentos.

Aos professores Paulo Roberto Gomes Pereira e Geraldo Antônio de Andrade Araújo, pelas valiosas sugestões, que possibilitaram o aprimoramento desta pesquisa.

Aos funcionários da Secretaria de Pós-Graduação da Fitotecnia Mara e Vitorino Medeiros, e ao Domingos Sávio, do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, pela amizade, pela atenção e pelo auxílio indispensável.

Aos amigos Marizalva, Sônia, Isabel e Humberto, pela amizade e pelo carinho.

Aos funcionários da Horta Nova, pelo auxílio na condução do experimento.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade que me concedeu para realizar o Curso.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Paulo Cezar Rezende Fontes, pelo acolhimento, pela amizade e pela orientação.

Aos professores Renildes Lúcio Ferreira Fontes e Antônio Américo Cardoso, pela disponibilidade e pelos ensinamentos.

Aos professores Paulo Roberto Gomes Pereira e Geraldo Antônio de Andrade Araújo, pelas valiosas sugestões, que possibilitaram o aprimoramento desta pesquisa.

Aos funcionários da Secretaria de Pós-Graduação da Fitotecnia Mara e Vicente Madaleno e ao Domingos Sávio, do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, pela amizade, pela atenção e pelo auxílio indispensável.

Aos amigos Marinalva, Sonito, Isabel e Humberto, pela amizade e pelo convívio.

Aos funcionários da Horta Nova, pelo auxílio na condução do experimento.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

	Página
EXTR. MARIALVA ALVARENGA MOREIRA, filha de Luiz Paulo Moreira e Iracema de Oliveira Alvarenga Moreira, nasceu em 7 de novembro de 1967, em Congonhal, MG.	1
2.1 Em agosto de 1993, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG.	3
2.2 Em agosto de 1995, iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia na UFV, concentrando seus estudos na área de Nutrição Mineral e Adubação de Plantas.	7
2.4 Zinco no solo	8
2.5 Interação fósforo e zinco	11
2.6 Suprimento de zinco para as plantas: via solo e via foliar	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Localização e caracterização da área experimental	13
3.2 Instalação e condição do experimento	17
3.3 Amostragem de folha e de planta	17
3.4 Análise do material vegetal	18
3.5 Colheita dos tubérculos	19
3.6 Teores e conteúdos de nutrientes nos tubérculos na colheita	19
3.7 Análise estatística	19

	Página
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Condições gerais das plantas durante o experimento	20
4.2. Caracterização do crescimento	20
4.2.1. Comprimento do caule, número de caules e número de tubérculos	20
4.2.2. Produção de matéria seca	23
4.3. Teor e conteúdo de zinco solúvel na quarta folha	24
4.4. Teor e conteúdo de zinco	30
4.5. Teor e conteúdo de zinco solúvel e total na folha e no caule	33
4.6. Teores e conteúdos de P, Ca, Mg, Cu, Fe e Mn na planta	38
4.7. Produção de tubérculos	Página
EXTRATO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Formas e funções de zinco na planta	3
2.2. Nível crítico de zinco na planta	5
2.3. Sintomas de deficiência de zinco	6
2.4. Zinco no solo	7
2.5. Interação fósforo e zinco	8
2.6. Suprimento de zinco para as plantas: via solo e via foliar	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Localização e caracterização da área experimental	13
3.2. Instalação e condução do experimento	13
3.3. Amostragens de folha e de planta	17
3.4. Análise do material vegetal	17
3.5. Colheita dos tubérculos	18
3.6. Teores e conteúdos de nutrientes nos tubérculos na colheita	19
3.7. Análise estatística	19

	Página
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Condições gerais das plantas durante o experimento	20
4.2. Caracterização do crescimento	20
4.2.1. Comprimento do caule, número de caules e número de tubérculos	20
4.2.2. Produção de matéria seca.....	23
4.3. Teor e conteúdo de zinco solúvel na quarta folha	24
4.4. Teor e conteúdo de zinco total na planta	30
4.5. Teor e conteúdo de zinco solúvel e total na folha e no caule	33
4.6. Teores e conteúdos de P, Ca, Mg, Cu, Fe e Mn na planta.....	38
4.7. Produção de tubérculos	41
4.8. Produção classificada de tubérculos.....	52
4.9. Distúrbios fisiológicos nos tubérculos	52
4.10. Teor de matéria seca nos tubérculos	52
4.11. Teores e conteúdos de nutrientes nos tubérculos na colheita	55
4.12. Considerações finais	57
5. RESUMO E CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
APÊNDICE	75

EXTRATO

MOREIRA, Marialva Alvarenga, M.S., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 1998. **Composição mineral e produção da batateira, em função do uso de fungicidas contendo ou não Zn e do modo de fertilização com Zn.** Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes. Conselheiros: Renildes Lúcio Ferreira Fontes e Antônio Américo Cardoso.

Foi conduzido um experimento na Horta Nova, situada no "Campus" da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, para verificar os efeitos do uso de fungicidas contendo ou não Zn e do modo de fertilização com esse nutriente sobre a cultura da batateira. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições e parcelas subdivididas. Nas parcelas (duas) ficaram os programas de aplicações de fungicidas (fungicidas contendo ou não Zn), e nas subparcelas (quatro) ficou o modo de fertilização com Zn (testemunha, Zn no solo, Zn na folha e Zn no solo e na folha). Foram feitas sete pulverizações com fungicidas: a primeira sete dias após a emergência (DAE) e as subsequentes, semanalmente. No tratamento com Zn no solo, esse elemento foi colocado nos sulcos, no momento do plantio, na dosagem de 4 kg ha^{-1} . Para aplicações foliares foi usada solução contendo $0,5 \text{ g L}^{-1}$ de Zn, com uma aplicação aos 20 DAE e outra aos 45 DAE. Nessas datas, antes da aplicação foliar do Zn foram

realizadas amostragens da quarta folha e de plantas inteiras, caracterizando-se o crescimento (comprimento e número de caule, peso da matéria seca da parte aérea e número e peso da matéria seca dos tubérculos) e os seus teores e conteúdos de Zn solúvel, Zn total e dos nutrientes P, Ca, Mg, Cu, Fe e Mn. A produção de tubérculos foi determinada quando a parte aérea das plantas estava completamente seca. Os tratamentos não influenciaram o crescimento da planta em ambas as datas de amostragens. Aos 20 DAE, os teores de Zn solúvel e total na quarta folha foram maiores nos tratamentos que receberam pulverizações com fungicidas contendo Zn; o mesmo não ocorreu aos 45 DAE. Aos 20 DAE, o modo de fertilização com Zn também influenciou o teor de Zn solúvel na quarta folha, ocorrendo o mesmo aos 45 DAE, com os teores de Zn solúvel e total. Em ambas as épocas amostradas, os teores dos nutrientes na quarta folha não foram influenciados pelos tratamentos. A produção comercial de tubérculos foi maior nos tratamentos pulverizados com fungicidas contendo Zn, não tendo sido influenciada pelo modo de fertilização com esse nutriente. Os tratamentos não influenciaram os teores de P, Ca, Mg, Cu e Mn nos tubérculos.

Mg, Ca, Fe and Mn contents. Tuber yield was evaluated in the time the plant shoot was completely developed. The plant growth was not affected by the treatments at both sampling dates. At 20 DAE, soluble and total Zn in the fourth leaf were higher in the plants sprayed with fungicides containing Zn; the same does not occurs at 45 DAE. At 20 DAE, the forms to supply Zn affected the soluble-Zn in the fourth leaf, the same occurs at 45 DAE to soluble and total Zn. At both sampling dates, the nutrient contents in the fourth leaf were not affected by treatments. The commercial tuber yield was higher in the treatment sprayed with fungicides containing Zn.

ABSTRACT

MOREIRA, Marialva Alvarenga, M.S., Universidade Federal de Viçosa, November 1998. **Mineral composition and tuber yield as function of spraying fungicide containing or not Zn and forms to supply Zn fertilizers to potato plants.** Adviser: Paulo Cezar Rezende Fontes. Committee Members: Renildes Lúcio Ferreira Fontes and Antônio Américo Cardoso.

The experiment was carried out in the Universidade Federal de Viçosa to study the effect of spraying fungicide containing or not Zn and forms to supply Zn fertilizers to potato plants. A randomized block experimental design in a split-plot arrangement with 4 replications was used. In the main plots (two) was applied the programs of spraying fungicide (containing or not Zn), and in the subplot (four), forms to supply Zn fertilizers (control, Zn placed in the soil, Zn as foliar application, Zn in the soil and as foliar application). Fungicides were spraying seven times at weekly intervals, beginning seven days after plant emergency (DAE). Zinc was placed in the furrow before tuber planting at 4,0 kg ha⁻¹, as zinc sulphate. Zn was applied to potato leaves at 0,5 g L⁻¹ 20 DAE and 45 DAE. In these dates, before foliar Zn applications, it were sampled the fourth leaf and whole plants, to characterize the plant growth (length and number of stems, shoot dry weight and tuber numbers) and Zn (soluble and total), P, Ca,

Mg, Cu, Fe and Mn contents. Tuber yield was evaluated in the time the plant shoot was completely desiccated. The plant growth was not affected by the treatments at both sampling dates. At 20 DAE, soluble and total Zn in the fourth leaf were higher in the plants sprayed with fungicides containing Zn; the same does not occurs at 45 DAE. At 20 DAE, the forms to supply Zn affected the soluble-Zn in the fourth leaf; the same occurs at 45 DAE to soluble and total Zn. At both sampling dates, the nutrient contents in the fourth leaf were not affected by treatments. The commercial tuber yield was higger in the treatment sprayed with fungicides containing Zn and it was not affected by forms to supply Zn fertilizers. The nutrients P, Ca, Mg, Cu and Mn in the tuber were not affected by treatments.

A produtividade média da cultura da batata no Brasil é de 14,33 t ha⁻¹, sendo considerada relativamente pequena quando comparada com a média de produtividade de países europeus, de 22,14 t ha⁻¹ (FAO, 1996). A baixa produtividade brasileira se deve à qualidade inferior da batata-semente e ao manejo utilizado durante o ciclo de cultura. Manejo adequado dos fertilizantes e dos macro e micronutrientes é necessário para maximizar a produção, reduzir os custos, conservar os recursos naturais e minimizar os impactos negativos sobre o meio ambiente.

Em solos tropicais, uma das limitações ao desenvolvimento e à produção da batateira é a baixa disponibilidade de fósforo. Isso significa que aumentos de produtividade quase sempre ocorrem quando o solo recebe elevada quantidade de adubo fosfatado (ROCHA, 1995). Porém, o uso de altas doses de fertilizantes fosfatados, accentuado pela aplicação localizada no sulco de plantio, pode dificultar a absorção de nutrientes pela planta, especialmente o zinco, devido à interação que ocorre entre eles, conforme observado em outras culturas (CAKMAK e MARSCHNER, 1987). Deficiência de zinco é, frequentemente, observado após a aplicação de fertilizantes fosfatados, particularmente em solos com baixa disponibilidade de zinco (ROBSON e PITMAN, 1983).

Acredita-se que a ausência de relatos de ocorrência de sintomas de deficiência de zinco nos batatais seja devida, em parte, ao uso de pulverizações com fungicidas contendo zinco ou à contaminação de Zn no adubo fosfatado e no calcário ou ao fato de a deficiência ser moderada, não havendo a manifestação de sintomas visuais. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a resposta da batateira ao uso de fungicidas contendo ou não zinco e ao modo de aplicação desses nutrientes as fontes de fertilizantes.

1. INTRODUÇÃO

A produtividade média da cultura da batata no Brasil é de 14,33 t ha⁻¹, sendo considerada relativamente pequena quando comparada com a média de produtividade de países europeus, de 22,14 t ha⁻¹ (FAO, 1996). A baixa produtividade brasileira se deve à qualidade inferior da batata-semente e ao manejo utilizado durante o ciclo da cultura. Manejo adequado dos fertilizantes e dos macro e micronutrientes é necessário para maximizar a produção, reduzir os custos, conservar os recursos naturais e minimizar os impactos negativos sobre o meio ambiente.

Em solos tropicais, uma das limitações ao desenvolvimento e à produção da batateira é a baixa disponibilidade de fósforo. Isso significa que aumentos de produtividade quase sempre ocorrem quando o solo recebe elevada quantidade de adubo fosfatado (ROCHA, 1995). Porém, o uso de altas doses de fertilizantes fosfatados, acentuado pela aplicação localizada no sulco de plantio, pode dificultar a absorção de nutrientes pela planta, especialmente o zinco, devido à interação que ocorre entre eles, conforme observado em outras culturas (CAKMAK e MARSCHNER, 1987). Deficiência de zinco é, freqüentemente, observado após a aplicação de fertilizantes fosfatados, particularmente em solos com baixa disponibilidade de zinco (ROBSON e PITMAN, 1983).

Acredita-se que a ausência de relatos de ocorrência de sintomas de deficiência de zinco nos batatais seja devida, em parte, ao uso de pulverizações com fungicidas contendo zinco ou à contaminação de Zn no adubo fosfatado e no calcário ou ao fato de a deficiência ser moderada, não havendo a manifestação de sintomas visuais. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a resposta da batateira ao uso de fungicidas contendo ou não zinco e ao modo de aplicação desse nutriente na forma de fertilizante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, S. E. (1989). *Chemical Analysis of Ecological Materials*. Cambridge University Press, Cambridge.

BRADY, P. C. (1985). *The Soil and Water Chemistry of Zinc*. John Wiley & Sons, New York.

BRADY, P. C. (1990). Zinc nutrition of plants. In: *Zinc in Soil and Environment* (Ed. by P. C. Brady), pp. 1-15. John Wiley & Sons, New York.

BRADY, P. C. (1995). Zinc nutrition of plants. In: *Zinc in Soil and Environment* (Ed. by P. C. Brady), pp. 1-15. John Wiley & Sons, New York.

BRADY, P. C. (1997). Zinc nutrition of plants. In: *Zinc in Soil and Environment* (Ed. by P. C. Brady), pp. 1-15. John Wiley & Sons, New York.

BRADY, P. C. (1999). Zinc nutrition of plants. In: *Zinc in Soil and Environment* (Ed. by P. C. Brady), pp. 1-15. John Wiley & Sons, New York.

BRADY, P. C. (2001). Zinc nutrition of plants. In: *Zinc in Soil and Environment* (Ed. by P. C. Brady), pp. 1-15. John Wiley & Sons, New York.

BRADY, P. C. (2003). Zinc nutrition of plants. In: *Zinc in Soil and Environment* (Ed. by P. C. Brady), pp. 1-15. John Wiley & Sons, New York.

BRADY, P. C. (2005). Zinc nutrition of plants. In: *Zinc in Soil and Environment* (Ed. by P. C. Brady), pp. 1-15. John Wiley & Sons, New York.

BRADY, P. C. (2007). Zinc nutrition of plants. In: *Zinc in Soil and Environment* (Ed. by P. C. Brady), pp. 1-15. John Wiley & Sons, New York.

BRADY, P. C. (2009). Zinc nutrition of plants. In: *Zinc in Soil and Environment* (Ed. by P. C. Brady), pp. 1-15. John Wiley & Sons, New York.

BRADY, P. C. (2011). Zinc nutrition of plants. In: *Zinc in Soil and Environment* (Ed. by P. C. Brady), pp. 1-15. John Wiley & Sons, New York.

BRADY, P. C. (2013). Zinc nutrition of plants. In: *Zinc in Soil and Environment* (Ed. by P. C. Brady), pp. 1-15. John Wiley & Sons, New York.

BRADY, P. C. (2015). Zinc nutrition of plants. In: *Zinc in Soil and Environment* (Ed. by P. C. Brady), pp. 1-15. John Wiley & Sons, New York.

BRADY, P. C. (2017). Zinc nutrition of plants. In: *Zinc in Soil and Environment* (Ed. by P. C. Brady), pp. 1-15. John Wiley & Sons, New York.

BRADY, P. C. (2019). Zinc nutrition of plants. In: *Zinc in Soil and Environment* (Ed. by P. C. Brady), pp. 1-15. John Wiley & Sons, New York.

BRADY, P. C. (2021). Zinc nutrition of plants. In: *Zinc in Soil and Environment* (Ed. by P. C. Brady), pp. 1-15. John Wiley & Sons, New York.

BRADY, P. C. (2023). Zinc nutrition of plants. In: *Zinc in Soil and Environment* (Ed. by P. C. Brady), pp. 1-15. John Wiley & Sons, New York.

BRADY, P. C. (2025). Zinc nutrition of plants. In: *Zinc in Soil and Environment* (Ed. by P. C. Brady), pp. 1-15. John Wiley & Sons, New York.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Formas e funções de zinco na planta

O zinco nas folhas está associado a complexos de baixo peso molecular, íons livres e formas insolúveis na parede celular, podendo tornar-se inativo dentro da célula pela complexação com o fósforo. Sua essencialidade para a função e, ou, estrutura de diversas desidrogenases, proteinases e peptidases encontradas em plantas foi relatada por WELCH e NORVELL (1993). Sua absorção ocorre na forma de Zn^{+2} e em pH elevado, como cátion monovalente $ZnOH^-$ (MARSCHNER, 1995), sendo classificado como elemento parcialmente móvel na planta (BUKOVAC e WITWERT, 1957; PEASLEE et al., 1981). Plantas deficientes de zinco sofrem mudanças complexas no metabolismo de carboidratos, proteínas e auxinas, além de modificações na integridade de sua membrana.

O envolvimento do zinco no metabolismo dos carboidratos pode ser demonstrado através de seus efeitos na fotossíntese e nas transformações de açúcares. Na fotossíntese, o zinco atua via anidrase carbônica, ribulose 1,5 bifosfato carboxilase e estrutura do cloroplasto, reduzindo o conteúdo de clorofila (CAKMAK et al., 1994). A anidrase carbônica, tendo o zinco como

componente estrutural, catalisa a reação de hidratação do CO₂; em condições de deficiência de zinco, sua atividade diminui (BAR-AKIVA e LAVON, 1969; MARSCHNER, 1995).

Com relação à formação de amido e sacarose, a deficiência de zinco diminui a atividade da aldolase no tecido das plantas, reduzindo a conversão da frutose 1,6 bifosfato para seus componentes subseqüentes. JYUNG et al. (1975) encontraram que o conteúdo de amido, a atividade da sintetase do amido e o número de grãos de amido em feijão diminuíram em condições de deficiência de zinco. Em contraste, MARSCHNER e CAKMAK (1989) verificaram, em folhas maduras de feijão, deficiência de zinco aumentando a concentração de amido e de açúcares, particularmente sacarose, e diminuindo a concentração de carboidratos na raiz. A alteração na distribuição de carboidratos entre folha e raiz indica que o transporte da sacarose é prejudicado em plantas deficientes de zinco. A razão de o transporte da sacarose ser prejudicado não é bem conhecida (MARSCHNER e CAKMAK, 1989).

Há envolvimento do zinco no metabolismo de DNA e RNA, na divisão celular e na síntese de proteína regulando a expressão gênica, sendo componente estrutural dos ribossomos e essencial para a sua integridade estrutural. A deficiência de zinco primeiro reduz o conteúdo de ribossomos, seguido pela redução na síntese de proteína, mostrando, assim, que a síntese de proteína diminui devido à redução na quantidade de ribossomos disponíveis (OBATA e UMEBAYASHI, 1988).

O zinco tem importância na manutenção da integridade da membrana plasmática, como componente estrutural da superóxido dismutase, enzima que, juntamente com a catalase, impede a peroxidação da camada lipídica. Ele pode ligar-se a grupos fosfolipídicos e sulfídricos constituintes da membrana ou formar complexos tetraédricos com resíduos de cisteína da cadeia polipeptídica, bem como proteger os lipídios e as proteínas da membrana contra danos oxidativos (MARSCHNER, 1995).

O zinco é requerido para a síntese do triptofano e, indiretamente, para a síntese do ácido indolacético (AIA), pois o triptofano é precursor da biossíntese

do AIA. Concentrações baixas de AIA em condições de deficiência de zinco podem ser resultado do aumento da degradação oxidativa do AIA pela AIA oxidase (MARSCHNER, 1995).

2.2. Nível crítico de zinco na planta

A diagnose do estado nutricional da planta baseia-se, quase sempre, no estabelecimento da relação entre a concentração do nutriente em determinado órgão da planta e a produção ótima. Nível crítico, ou concentração crítica, de um nutriente corresponde à concentração imediatamente deficiente para o crescimento máximo da planta, assumindo-se que os demais nutrientes estão na sua concentração ótima (ULRICH, 1952); em termos quantitativos, tem sido definido como zona de transição, onde há redução de 5-10% do crescimento máximo.

O valor da concentração crítica do nutriente na planta pode variar, dependendo do estágio de desenvolvimento e do órgão da planta analisada. A concentração crítica do zinco em folhas maduras de diversas espécies está em torno de 15 mg kg^{-1} de matéria seca (JONES JUNIOR, 1991). Segundo RÖMHELD e MARSCHNER (1991), a concentração crítica varia de 15 a 30 mg kg^{-1} , podendo ser mais alta quando ocorre elevada ou excessiva concentração de fósforo na folha.

Em diversas ocasiões, no entanto, procura-se identificar em que concentração na planta o zinco torna-se excessivo ou tóxico, sendo citado para plantas em geral o valor de 150 mg kg^{-1} como o limite para que não ocorra a toxidez (JONES JUNIOR, 1991); valores mais elevados, 200 a 500 mg kg^{-1} , são citados por RÖMHELD e MARSCHNER (1991). Porém, pouca informação detalhada tem sido encontrada sobre faixa ampla de resposta da batateira e da deficiência à toxicidade de zinco em seus tecidos. A faixa mais comum de concentração de zinco em folhas jovens recentemente desenvolvidas da batateira é, na metade do ciclo cultural, de 20 a 40 mg kg^{-1} de Zn na matéria seca (GERALDSON et al., 1973). MILLS e JONES JUNIOR (1996) indicaram os

valores de 20 a 250 mg kg⁻¹ de Zn na matéria seca, na folha completamente desenvolvida da batateira no início da tuberização. Os valores para os teores de zinco considerados baixos, suficientes e altos na matéria seca da folha mais recentemente desenvolvida da batateira, com 30 cm de altura, são de 35 a 44; 45 a 250; e maior que 250 mg kg⁻¹, respectivamente (JONES JUNIOR et al., 1991).

2.3. Sintomas de deficiência de zinco

A deficiência de zinco em plantas ocorre, principalmente, em solos ácidos de textura arenosa e lixiviados e em solos calcários devido à sua baixa disponibilidade (MARSCHNER, 1995), sendo predominante nestes últimos (PAULI et al., 1968; KARIMIAN, 1995). Algumas das condições que têm aumentado a ocorrência de deficiência de zinco são a grande quantidade de carbonato de cálcio livre, os baixos níveis de matéria orgânica, a lixiviação intensa, a compactação do solo (MURPHY e WALSH, 1972) e a interação negativa com os elevados teores de fósforo (ROBSON e PITMAN, 1983).

Os sintomas mais comuns de deficiência de zinco são crescimento raquítico, internódios curtos, pecíolos e folhas pequenos e malformados, resultando no clássico sintoma denominado “roseta”, em dicotiledôneas (LONERAGAN et al., 1982). Os sintomas são freqüentemente vistos em folhas jovens, ocorrendo, em plantas anuais, mais no início do crescimento. Sementes e a formação de frutos podem ser abortadas e, ou, severamente reduzidas (BRENNAN et al., 1993).

Os sintomas de deficiência de zinco apresentados por plantas de batata são caracterizados por má formação das folhas, bronzeamento ou amarelecimento presentes ao redor das margens foliares, sendo freqüentemente vistos em folhas jovens (BOAWN e LEGGETT, 1963). Os folíolos do ápice assumem a posição quase vertical, e suas margens voltam-se para cima, encrespando-se, similarmente ao que ocorre na virose do enrolamento (Boock, 1976, citado por FILGUEIRA, 1993). Presença de clorose e necrose em folhas velhas de plantas deficientes de zinco representa efeitos secundários causados pela toxidez de fósforo ou boro ou

pela fotoxidação, resultando em menor exportação de fotossintatos por essas plantas (MARSCHNER, 1995).

2.4. Zinco no solo

A quantificação do teor de zinco disponível no solo depende do processo de extração. Diversas soluções, como Mehlich-1, ácido clorídrico, ácido dietilenotriaminopentacético (DTPA) e ácido etilenodiaminotetracético (EDTA), cloreto de cálcio e acetato de amônio, dentre outras, vêm sendo testadas para determinação do Zn disponível. A melhor correlação entre os teores de zinco no solo e na planta tem sido obtida pelo método que emprega a solução de DTPA; as soluções de Mehlich-1 e HCl, utilizadas em alguns estados do Brasil, têm apresentado resultados iguais, ou piores, aos obtidos com a solução de DTPA (ABREU, 1995). Os valores para os teores de zinco no solo extraído com o DTPA, classificados como baixo, médio e alto, em relação aos dos solos de São Paulo, são: menores que $0,5 \text{ mg dm}^{-3}$, $0,5$ a $1,2 \text{ mg dm}^{-3}$; e maiores que $1,2 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente (ABREU, 1995). Para o extrator Mehlich-1, o nível crítico de zinco nos solos, em geral, é de 1 mg dm^{-3} (NEVES, 1994). Entretanto, MENGEL e KIRKBY (1987) citaram valores de 10 a 300 mg kg^{-1} de zinco total presente no solo em diferentes minerais.

A disponibilidade de zinco no solo está intimamente relacionada ao material de origem, ao intemperismo, ao teor de matéria orgânica e à alta concentração de fósforo disponível. A adsorção do zinco pelo solo tem sido considerada o principal fator responsável pela redução de sua disponibilidade para as plantas (BAR-YOSEF, 1979). Tal adsorção é dependente de fatores como pH (LINDSAY, 1972), CTC (KUO e BAKER, 1980), teor de matéria orgânica e de óxidos de ferro, alumínio e manganês (KALBASI et al., 1978) e textura do solo (SHUMAN, 1976). O raio iônico do zinco é semelhante ao do ferro e magnésio, podendo substituí-los em minerais ferromagnesianos, como hornblenda e biotita. Apesar de estar presente em diferentes minerais do solo, encontra-se também adsorvido em argila, óxidos e matéria orgânica, como Zn^{+2} ,

$ZnOH^+$ ou $ZnCl^+$, estando também presente, em menor proporção, na solução do solo (MARSCHNER, 1993).

A solubilidade do zinco no solo é fortemente dependente do pH, decrescendo 100 vezes para cada aumento de uma unidade de pH (LINDSAY, 1972). Assim que o pH é aumentado acima de 5,5, o zinco é adsorvido por óxidos hidratados de alumínio, ferro e manganês (MORAGHAN e MASCAGNI JUNIOR, 1991), podendo formar também zincato de cálcio, que é insolúvel (MALAVOLTA, 1980). Parece que a maior disponibilidade do zinco para as plantas ocorre na faixa de pH de 5,0 a 6,5.

A concentração de zinco na solução do solo com pH alto é muito baixa, limitando a sua mobilidade e o seu transporte para a superfície radicular. A calagem em solos ácidos diminui o conteúdo de zinco nas plantas (GROVE e SUMMER, 1985; PARKER e WALKER, 1986), com o risco de induzir deficiência de zinco nas plantas em solos tropicais deficientes deste nutriente (DUGUMA et al., 1988). No Brasil, é comum a presença desses solos, principalmente os sob vegetação de cerrado (LOPES, 1991).

Em solos tropicais ácidos, o risco de o fósforo induzir deficiência de zinco aumenta quando se combina a calagem com a adubação fosfatada (FRIESEN et al., 1980). Apesar de a calagem corrigir a toxidez de alumínio e aumentar o crescimento das raízes, a concentração de zinco na solução do solo torna-se menor, requerendo maior suprimento de zinco para prevenir redução no crescimento das plantas de milho (FRIESEN et al., 1980).

Para efeito de correção de deficiência de zinco no solo, aplicam-se doses variando de 2 a 22 kg ha⁻¹ em fontes inorgânicas e de 0,3 a 6 kg ha⁻¹ em quelatos. Quando aplicado ao solo, o zinco pode ser suficiente para cultivos em anos sucessivos (MURPHY e WALSH, 1972).

2.5. Interação fósforo e zinco

Interação entre nutrientes ocorre nas plantas quando o suprimento de um nutriente afeta a absorção, a distribuição ou a função de outro (ROBSON e

PITMAN, 1983). Em várias espécies de plantas tem sido observado que o uso de altas doses de adubos fosfatados pode acarretar deficiência de zinco, principalmente em solos com baixos teores desse elemento. Uma das limitações ao desenvolvimento e à produção da batateira, em solos tropicais, é a baixa disponibilidade de fósforo (MANRIQUE, 1993), ressaltando-se que a fertilização fosfatada poderia resultar em diminuição do zinco disponível para o crescimento das plantas. Dentre as razões do fato de onde o uso de fósforo resultou na redução da disponibilidade de zinco para as plantas, têm-se a interação de fósforo e zinco no solo; a interferência de fósforo na translocação de zinco das raízes para o ápice das plantas; o aumento do crescimento das plantas, diluindo a concentração de zinco disponível; e o desequilíbrio entre fósforo e zinco na planta (BROWN et al., 1970; OLSEN, 1972; SINGH et al., 1988; GRANT e BAILEY, 1993).

O teor e o conteúdo de zinco na planta podem ser reduzidos pela adição de fosfatos ao solo (ROBSON e PITMAN, 1983). O fosfato aumenta a adsorção de zinco, especialmente em solos com altos teores de óxidos de ferro e alumínio (SAEED e FOX, 1979), e as cargas negativas desses óxidos, alterando a disponibilidade do zinco e, conseqüentemente, reduzindo sua absorção pela planta. O aumento dos níveis de fósforo no solo diminui a concentração de zinco nas folhas e induz o aparecimento de sintomas de deficiência, mesmo quando a concentração desse nutriente nas folhas aparenta ser adequada (CAKMAK e MARSCHNER, 1987; PASRISHA et al., 1987; WEBB e LONERAGAN, 1988); esses sintomas são atribuídos ao excesso de fósforo, que aumenta o requerimento fisiológico por zinco (CAKMAK e MARSCHNER, 1987) ou promove a sua inativação em nível celular (LEECE, 1978). Entretanto, uma hipótese alternativa indica que a deficiência de zinco induzida por fósforo pode envolver sintomas de toxidez de fósforo em adição aos sintomas clássicos de deficiência de zinco (LONERAGAN et al., 1979; WEBB e LONERAGAN, 1988).

O fósforo induz ou aumenta a deficiência de zinco pela diminuição da sua concentração na parte aérea das plantas, indicando possível redução na sua absorção (COGLIATTI et al., 1991) ou na translocação do zinco nos principais

sítios metabólicos. Alta concentração de fósforo no solo aumentou a quantidade de Zn⁶⁵ nas paredes celulares da raiz, reduzindo a quantidade disponível ao transporte para a parte aérea (TERMAN et al., 1972; YOUNGDAHL et al., 1977) e diminuindo a concentração de zinco, principalmente nas folhas jovens de alface (IORIO et al., 1996). SHARMA et al. (1968) concluíram que o efeito principal do fósforo sobre o zinco é a inibição fisiológica da translocação deste último da raiz para as folhas.

O modelo proposto por CAKMAK e MARSCHNER (1987) para explicar a indução de deficiência de zinco pelo fósforo evidenciou que, com o aumento do suprimento, da absorção e da translocação de fósforo, a absorção de zinco pelas raízes não é diretamente afetada, porém a sua alta proporção fica retida nas raízes, formando, no apoplasto do córtex, fosfatos de zinco pouco solúveis, o que afeta a distribuição desse elemento entre a parte aérea e as raízes. Também, a mudança do estado nutricional fosfatado da planta de deficiente para adequadamente suprida de fósforo acarretou decréscimo do crescimento radicular da planta. Como no solo o suprimento de zinco às raízes depende da difusão, o decréscimo no crescimento radicular pode também ser um fator indireto no decréscimo da concentração de zinco nas plantas. Entretanto, esses autores relataram que os principais componentes na interação fósforo e zinco são a inativação fisiológica do zinco (precipitação de fosfatos de zinco pouco solúveis) em tecidos do caule e das folhas e o aumento da absorção e, particularmente, da translocação do fósforo para a parte aérea induzida pela deficiência de zinco; com isso, provavelmente ocorra a inibição específica da retranslocação de fósforo da parte aérea para as raízes. Como resultado, as plantas com deficiência de zinco continuam aumentando a concentração de fósforo nas folhas até níveis tóxicos. Incremento na concentração de fósforo nas folhas levaria, simultaneamente, à adicional decréscimo na disponibilidade fisiológica de zinco e acentuaria a sua deficiência.

2.6 Suprimento de zinco para as plantas: via solo e via foliar

A deficiência de zinco pode ser corrigida pela aplicação de zinco às folhas ou ao solo. O método mais comum para aplicação de micronutriente é via solo, seja a lanço antes do preparo ou nos sulcos por ocasião do plantio. As aplicações a lanço permitem que maior proporção do solo contendo as raízes seja atingida pelo fertilizante. Entretanto, isso permite maior reação do solo com o micronutriente aplicado, o que pode resultar em menor eficiência agrônômica. Aplicações superficiais a lanço de fontes inorgânicas de zinco, sem posterior incorporação ao solo, são, em geral, menos eficientes para as culturas, porque os micronutrientes metálicos não se movimentam para a zona das raízes. Os micronutrientes na forma de quelatos são lixiviados para a zona das raízes após aplicações na superfície, em razão de eles não serem adsorvidos fortemente pelos colóides do solo (LOPES, 1991). Aplicações de zinco nas linhas de plantio aumentaram a produção, o conteúdo de zinco na semente (RENGEL e GRAHAM, 1995a) e o crescimento do trigo (RENGEL e GRAHAM, 1995b).

A absorção pelas raízes do zinco aplicado ao solo, especialmente em solos argilosos e intemperizados, é prejudicada pela forte ação adsortiva exercida pelas argilas sobre o zinco. A baixa disponibilidade de zinco nesses solos é ainda ampliada pela elevação do pH, em decorrência da calagem e da adição desequilibrada de adubos fosfatados (MALAVOLTA, 1980), o que dificulta o seu fornecimento via solo. Para aplicação no solo, as doses de zinco recomendadas estão entre 1 e 5 kg ha⁻¹ de zinco (VOLKWEISS, 1991), sendo a fonte mais utilizada, no Brasil, o sulfato de zinco. Entretanto, GALRÃO e MESQUITA FILHO (1981) observaram que tanto o óxido de zinco como as FTE apresentaram eficiências iguais às de sulfato, em ensaio de vasos com milho. A presença de zinco na forma de quelato sintético ou natural aumentou a sua disponibilidade para as plantas, devido ao aumento da difusão e do fluxo de massa (PRASAD e SINHA, 1981). Contudo, esse nutriente pode ser perdido por lixiviação, conforme observado por ALVAREZ et al. (1996), com a aplicação de

Zn-EDTA na cultura de arroz, devido ao longo período de permanência do elemento na fração lábil do solo.

O zinco apresenta baixa mobilidade, ou mesmo imobilidade, quando aplicado em folha madura, podendo isso estar relacionado ao pequeno transporte desse elemento no floema ou à forma na qual se encontra no tecido. FAVARO (1992) concluiu que o pequeno transporte de zinco, quando aplicado na forma de sulfato de zinco, seja, provavelmente, devido à sua permanência nas folhas do cafeeiro como íons livres. LONERAGAM et al. (1987) observaram certa mobilidade de zinco do sistema radicular suprido para a outra parte do sistema radicular crescido em ausência de zinco, o que caracterizou certa mobilidade do elemento no floema. O zinco-EDTA apresenta maior mobilidade, em comparação com o sulfato de zinco; entretanto, a absorção foliar do zinco foi menor com EDTA do que quando aplicado na forma de sulfato (FERRADON e CHAMEL, 1988). GUIMARÃES et al. (1983), estudando doses de sulfato de zinco em alto volume, verificaram que aplicações de sulfato de zinco 0,5% via foliar, três vezes ao ano, proporcionaram aumento de 64% na produção do cafeeiro.

A concentração de zinco a ser aplicada via foliar nas plantas anuais está entre 0,25 e 0,40% e, nas perenes, entre 0,6 e 1,0%, utilizando-se o sulfato de zinco (VOLKWEISS, 1991). FAVARO (1992) recomendou a pulverização com solução de sulfato de zinco entre 0,1 e 0,2%, com adição de cloreto de potássio e espalhante adesivo. LEWIS e HAWTHORNE (1996), estudando resposta da *Vicia faba* ao zinco, obtiveram a máxima produção quando fizeram aplicação de sulfato de zinco no solo, por ocasião do plantio, na dosagem de 2 kg ha⁻¹ ou utilizaram 500 g ha⁻¹ de zinco, em pulverização foliar realizada oito semanas após o plantio.

Quadro 1 – Características químicas e granulométricas da camada de 0 a 20 cm de profundidade do solo utilizado no experimento¹

Características	Valores
pH (H ₂ O)	6,00
P (mg dm ⁻³)	93,20
K (mg dm ⁻³)	161,00
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	4,20
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,90
Zn ²⁺ (mg dm ⁻³)	6,90
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,00
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	3,90
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	3,30
CTC total (cmol _c dm ⁻³)	9,40
S.B. (cmol _c dm ⁻³)	5,50
V (%)	58,50
m (%)	0,00
3.1. Localização e caracterização da área experimental	29
Área (m ²)	25
Sítio (%)	10

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Horta Nova do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico (Quadro 1).

3.2. Instalação e condução do experimento

No estabelecimento do programa de pulverização das plantas do experimento com os diferentes fungicidas, não se pretendia detalhar o efeito dos fungicidas sobre a ocorrência dos patógenos, mas simplesmente obter possível controle de doenças sem utilizar produtos que contivessem o zinco em suas formulações. Entretanto, temeu-se por não se ter controle adequado das doenças sem a utilização de fungicidas não contendo esse elemento, além de não ser procedimento utilizado pelos produtores. Assim, optou-se pelos dois programas de pulverizações com fungicidas.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com as parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas (duas) ficaram os

Quadro 1 – Características químicas e granulométricas da camada de 0 a 20 cm de profundidade do solo utilizado no experimento¹

Características	Valores
pH (H ₂ O)	6,00
P (mg dm ⁻³)	93,20
K (mg dm ⁻³)	161,00
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	4,20
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,90
Zn ⁺² (mg dm ⁻³)	6,90
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,00
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	3,90
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	5,50
CTC total (cmol _c dm ⁻³)	9,40
S.B. (cmol _c dm ⁻³)	5,50
V (%)	58,50
m (%)	0,00
Areia grossa (%)	29
Areia fina (%)	23
Silte (%)	10
Argila (%)	38

1-Análises realizadas no Laboratório de Rotina do Departamento de Solos da UFV.

P, K e Zn: extrator Mehlich-1.

Al, Ca e Mg: extrator KCl 1 mol L⁻¹.

H+Al: extrator Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹ a pH=7,0.

programas de aplicação de fungicidas (fungicidas contendo ou não zinco), e nas subparcelas (quatro) ficou o modo de fertilização com zinco (testemunha sem receber zinco e aplicação de zinco no solo, na folha e no solo e na folha). Os programas de pulverizações com fungicidas contendo ou não zinco estão no Quadro 2. Foram realizadas sete pulverizações com os fungicidas durante o ciclo da cultura. Essas pulverizações foram feitas semanalmente, sendo iniciadas aos sete dias após a emergência das plantas.

Assumindo-se os teores de zinco no Cymoxanil (0,8% Zn), Mancozeb (1,5% Zn) e Mancozeb + Metalaxyl (1,2% Zn) e os volumes totais de soluções aplicados, foram pulverizados 3,6 mg de zinco por planta. Em cada aplicação, os volumes de solução necessários para cobrir toda a folhagem da batateira, sem haver escorrimento para o solo, foram previamente determinados nas plantas da bordadura. Os valores desses parâmetros foram de 5,0; 11,9; 11,2; 17,5; 14,2; 14,1; e 11,2 mL por planta.

Nos tratamentos em que o zinco foi aplicado no solo, utilizou-se a dose de 4 kg ha⁻¹ de Zn, na forma de sulfato de zinco comercial, aplicada no sulco de plantio, junto com os fertilizantes NPK. Nas aplicações foliares foi utilizada a solução contendo 0,5 g L⁻¹ de Zn, na forma de sulfato de zinco, aos 20 e aos 45 dias após a emergência (DAE). Os volumes de solução necessários para cobrirem toda a folhagem da batateira, sem haver escorrimento para o solo, foram de 183 e 195 mL por área útil de cada subparcela (3,84 m²), aos 20 e aos 45 DAE, respectivamente.

Cada subparcela experimental foi constituída de quatro fileiras de 10 plantas, no espaçamento de 0,8 x 0,3 m. A área útil foi constituída pelas duas fileiras centrais, eliminando-se a primeira planta de ambas as extremidades.

A necessidade de calagem do solo foi determinada, baseando-se no critério estabelecido pela recomendação da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1989), com a elevação da saturação de base para 70% e a utilização do calcário dolomítico. A dose calculada, 1.351 kg ha⁻¹, foi aplicada ao solo e incorporada na camada de 0 a 20 cm de profundidade.

Quadro 2 – Programa semanal de pulverizações com fungicidas contendo ou não zinco em suas formulações

Semana	Programas de Pulverizações com Fungicidas	
	Com zinco	Sem zinco
1	Mancozeb	Chlorothalonil
2	Cymoxanil	Chlorothalonil
3	Mancozeb	Chlorothalonil
4	Mancozeb + Metalaxyl	Metalaxyl
5	Mancozeb	Chlorothalonil
6	Mancozeb + Metalaxyl	Metalaxyl
7	Oxicloreto de cobre	Oxicloreto de cobre

Posteriormente à calagem, o solo foi sulcado e os sulcos receberam por ocasião do plantio, expressos em kg ha^{-1} , 300 de sulfato de amônio, 1.400 de superfosfato triplo, 500 de cloreto de potássio, 200 de sulfato de magnésio e 15 de bórax. O cloreto de potássio, o sulfato de amônio, o calcário, o superfosfato triplo e o sulfato de magnésio utilizados no experimento foram submetidos à digestão nítrico-perclórica (JOHNSON e ULRICH, 1959), obtendo-se o extrato no qual foram determinados os teores de Zn por espectrofotometria de absorção atômica (AOAC, 1975), sendo os valores médios obtidos de 0,6; 0,8; 5; 15; e 275 mg kg^{-1} , respectivamente.

O plantio foi feito em 1º de julho de 1997, utilizando-se tubérculos de peso médio de 70 ± 10 g, com brotações uniformes, da cultivar Monalisa. A completa emergência das plantas ocorreu no dia 25 de julho, aos 25 dias após o plantio. O teor de zinco nos tubérculos-semente foi de $18 \pm 0,1$ mg kg^{-1} de matéria seca, ressaltando-se que esses tubérculos apresentavam 15 ± 1 mg kg^{-1} de matéria seca.

Durante o experimento foram executadas práticas culturais comuns à cultura, incluindo-se irrigação quando necessário. A amontoa foi realizada aos 15 dias após a emergência (DAE), por ocasião da adubação nitrogenada em cobertura com 600 kg ha^{-1} de sulfato de amônio.

Durante todo o ciclo da cultura houve o monitoramento visual das plantas para avaliação de possíveis ocorrências de sintomas de doenças.

3.3. Amostragem de folha e de planta

Aos 20 e aos 45 dias após a emergência (DAE), imediatamente antes da aplicação foliar de zinco, foram retiradas as quartas folhas maduras e completamente expandidas a partir do ápice de quatro plantas selecionadas na área útil de cada subparcela. Também, aos 20 e aos 45 DAE foi colhida uma planta inteira na área útil de cada subparcela, sendo separada em parte aérea e tubérculos. As plantas colhidas foram selecionadas por meio de sorteio realizado logo após a completa emergência das plantas. Também, aos 49 DAE foi colhida uma planta inteira da área útil de cada subparcela, sendo separada em folha e caule.

3.4. Análise do material vegetal

As amostras das quartas folhas retiradas aos 20 e aos 45 DAE foram lavadas com água (AZCUE e MUDROCH, 1994) e secadas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 80°C, sendo anotados os seus pesos. Posteriormente, foram moídas e submetidas à digestão nítrico-perclórica (JOHNSON e ULRICH, 1959), obtendo-se o extrato no qual foram determinados os teores de Zn, Ca, Mg, Cu, Fe e Mn por espectrofotometria de absorção atômica (AOAC, 1975) e fósforo por espectrofotometria do azul-de-molibdênio (BRAGA e DEFELIPO, 1974). O zinco assim extraído foi chamado de Zn total. O zinco foi extraído também com o tampão 2-(N-morfolino) ácido etanossulfônico (MES), conforme metodologia descrita por CAKMAK e MARSCHNER (1987).

As plantas inteiras, colhidas aos 20 e aos 45 DAE, foram caracterizadas quanto ao crescimento, medindo-se o comprimento do caule, o número de caules

e de tubérculos produzidos e os pesos das matérias fresca e seca da planta toda, da parte aérea e dos tubérculos. As partes separadas das plantas foram lavadas com água (AZCUE e MUDROCH, 1994), secadas, moídas e submetidas à digestão nítrico-perclórica (JOHNSON e ULRICH, 1959). No extrato obtido foram determinados os teores de Zn, Ca, Mg, Cu, Fe e Mn por espectrofotometria de absorção atômica (AOAC, 1975) e P por espectrofotometria do azul-de-molibdênio (BRAGA e DEFELIPO, 1974).

Com os valores dos pesos das matérias secas e dos teores de Zn, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e P nos tecidos, foram calculados os seus conteúdos nas plantas, aos 20 e aos 45 DAE. Também, as folhas e os caules das plantas colhidas aos 49 DAE foram lavados com água (AZCUE e MUDROCH, 1994), secados, moídos e submetidos à digestão nítrico-perclórica (JOHNSON e ULRICH, 1959). No extrato obtido foram determinados os teores de Zn por espectrofotometria de absorção atômica (AOAC, 1975).

3.5. Colheita dos tubérculos

Na colheita, realizada em 23 de outubro de 1997, após a secagem completa da parte aérea, os tubérculos colhidos foram classificados em comerciais e não-comerciais. Os tubérculos não-comerciais foram avaliados quanto a embonecamento, coração oco, rachadura e esverdeamento. Os tubérculos comerciais foram classificados de acordo com o seu maior diâmetro transversal em: classe 1 = $\varnothing \geq 8,5$ cm; classe 2 = $4,5 \text{ cm} < \varnothing < 8,5$ cm; classe 3 = $3,3 \text{ cm} < \varnothing < 4,5$ cm; e classe 4 = $\varnothing \leq 3,3$ cm, com base na Portaria Número 69, de 21.02.1995, do MARA. Os tubérculos colhidos foram avaliados também quanto ao teor de matéria seca (%). Para tal, imediatamente após a colheita, foi retirada de cada subparcela uma amostra de seis tubérculos (três tubérculos das classes 2 e 3); estes foram pesados antes e depois da secagem em estufa de circulação forçada de ar a 80°C. A matéria seca foi determinada pela relação peso dos tubérculos secos/peso dos tubérculos frescos x 100.

3.6 Teores e Conteúdos de Nutrientes nos Tubérculos na Colheita

Foram determinados os teores e calculados os conteúdos de nutrientes nos tubérculos colhidos quando a folhagem estava seca. Para tal, imediatamente após a colheita, foi retirada uma amostra de seis tubérculos por tratamento (três de cada classe) os quais foram lavados, segmentados, secos em estufa de circulação forçada de ar a 80°C e mineralizados com a mistura nitricoperclórica (JOHNSON e ULRICH, 1959). No extrato, os teores de Zn, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (A.O.A.C, 1975) e o fósforo por espectrofotometria do azul de molibdênio (BRAGA e DEFELIPO, 1974).

Os conteúdos de Zn e dos demais nutrientes foram utilizados para determinar a remoção de nutrientes pelos tubérculos colhidos, sendo obtidos pela multiplicação do teor do nutriente pela matéria seca dos tubérculos produzidos.

3.7 Análise Estatística

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quadro 3 - Comprimento de caule (CC), número de caules (NC) e número de tubérculos (NT) por planta, em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 20 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	CC (cm)	NC	NT
Com Zn	Testemunha	49,0	3,5	13,5
	Solo	43,3	4,3	12,0
	Foliar	47,3	3,0	12,0
	Solo-foliar	46,0	3,5	13,5
Sem Zn	Testemunha	46,0	3,8	13,8
	Solo	45,0	3,3	14,3
	Foliar	46,3	4,0	16,0
	Solo-foliar	45,0	3,3	16,5
Com Zn	Testemunha	46,8	3,6	13,3
	Solo	43,3	4,3	12,0
	Foliar	47,3	3,0	12,0
	Solo-foliar	46,0	3,5	13,5
Sem Zn	Testemunha	46,0	3,8	13,8
	Solo	45,0	3,3	14,3
	Foliar	46,3	4,0	16,0
	Solo-foliar	45,0	3,3	16,5

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Condições gerais das plantas durante o experimento

Em nenhum dos tratamentos foram verificados sintomas de deficiência ou de toxidez de zinco. Também, não foi observado nenhum sintoma de doenças na parte aérea das plantas durante o ciclo de desenvolvimento da cultura.

4.2. Caracterização do crescimento

4.2.1. Comprimento do caule, número de caules e número de tubérculos

O comprimento do caule, o número de caules e o número de tubérculos, avaliados aos 20 e aos 45 dias após a emergência (DAE), não foram significativamente afetados pelo uso de fungicidas contendo ou não zinco e nem pelo modo de aplicação do fertilizante, não havendo também interação significativa entre eles (Quadros 3 e 4).

Os comprimentos médios dos caules (CC) foram de 46,2 e 60,0 cm, aos 20 e aos 45 DAE, respectivamente. REIS JÚNIOR (1995), estudando o efeito de doses de potássio na batateira, cultivar Baraka, aos 48 DAE, encontrou valores de

Quadro 3 – Comprimento de caule (CC), número de caules (NC) e número de tubérculos (NT) por planta, em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 20 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	CC (cm)	NC	NT
Com Zn	Testemunha	49,0	3,5	15,5
	Solo	43,5	4,3	12,0
	Foliar	47,3	3,0	12,0
	Solo+foliar	47,5	3,8	11,5
Sem Zn	Testemunha	46,0	3,8	13,8
	Solo	45,0	3,3	14,5
	Foliar	46,3	4,0	16,0
	Solo+foliar	45,0	3,3	16,5
Com Zn	•	46,8	3,6	12,8
Sem Zn	•	45,5	3,6	15,2
•	Testemunha	47,5	3,6	14,6
•	Solo	44,3	3,8	13,3
•	Foliar	46,8	3,5	14,0
•	Solo+foliar	46,3	3,5	14,0
CV % parcelas		8,67	35,36	42,17
CV % subparcelas		10,80	35,21	24,28

Quadro 4 – Comprimento do caule (CC), número de caules (NC) e número de tubérculos (NT) por planta, em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 45 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	CC (cm)	NC	NT
Com Zn	Testemunha	57,3	4,0	12,8
	Solo	59,5	5,0	15,0
	Foliar	64,3	3,3	12,3
	Solo+foliar	59,3	4,0	12,3
Sem Zn	Testemunha	57,8	3,5	13,5
	Solo	62,0	3,5	12,5
	Foliar	61,3	3,3	14,0
	Solo+foliar	58,8	3,5	13,5

Com Zn	•	60,1	4,1	13,1
Sem Zn	•	59,9	3,4	13,4
•	Testemunha	57,5	3,8	13,1
•	Solo	60,8	4,3	13,8
•	Foliar	62,8	3,3	13,1
•	Solo+foliar	59,0	3,8	12,9
CV % parcelas		10,20	24,94	28,34
CV % subparcelas		10,07	34,78	30,59

comprimento de caule de 58,5 cm na ausência de adubação potássica e 66,1 cm com a dose de 980 kg ha⁻¹ de K₂O, sendo a máxima produção classificada obtida de plantas com comprimento de caule igual a 61,1 cm. ROCHA (1995) observou que os comprimentos dos caules da cultivar Baraka, tanto aos 20 como aos 50 DAE, foram afetados significativamente pelas doses de fósforo, obtendo-se máxima produtividade quando as plantas atingiram comprimento de caule de aproximadamente 55 e 70 cm aos 20 e aos 50 DAE, respectivamente.

Aos 20 e aos 45 DAE, os números médios de caules (NC) por planta foram de 3,6 e 3,8, respectivamente. MACEDO (1976), trabalhando com seis cultivares nacionais de batata, encontrou variação de 2,3 a 5,3 caules por planta, enquanto REIS JÚNIOR (1995) observou 3,2 caules por planta e ROCHA (1995), valores de 4,8 e 4,6 caules por planta, aos 20 e aos 50 DAE. Porém, MORENA et al. (1994) verificaram que essa característica foi mais afetada pelo genótipo, variando de 2,4 a 4,8 caules por planta nas cultivares utilizadas, do que pelo tratamento com fertilizante nitrogenado.

Os números médios de tubérculos (NT) por planta foram de 14,0 e 13,3 aos 20 e aos 45 DAE, respectivamente. CASTRO (1979) encontrou, em solução nutritiva completa, o número médio de tubérculos de 5,75. REIS JÚNIOR (1995) verificou efeito da época de amostragem sobre o número de tubérculos, obtendo, em média, 9 e 12 tubérculos aos 20 e aos 48 DAE.

Pelas observações dos números de caules (NC) e de tubérculos (NT) aos 20 e aos 45 DAE, verificou-se aparente definição dessas características já aos 20 DAE, enquanto o comprimento do caule (CC), aparentemente, aumentou dos 20 aos 45 DAE.

4.2.2. Produção de matéria seca

As produções de matéria seca da parte aérea e dos tubérculos por planta, aos 20 e aos 45 DAE, não foram significativamente afetados pelo uso de fungicidas contendo ou não zinco e nem pelo modo de aplicação do fertilizante; a quantidade de matéria seca da quarta folha foi significativamente afetada pelo uso de fungicidas contendo ou não zinco quando avaliada aos 45 DAE, enquanto

aos 20 DAE o mesmo não ocorreu, não havendo também, para as três características avaliadas, interações significativas entre o uso de fungicidas contendo ou não zinco e o modo de aplicação do fertilizante (Quadros 5 e 6).

Aos 20 DAE, cada planta apresentou, como média para os tratamentos com uso de fungicidas contendo ou não Zn, as seguintes produções de matéria seca: 23,7 g de parte aérea e 10,5 g de tubérculos, enquanto aos 45 DAE os valores médios foram de 29,5 e 110,3 g, respectivamente (Quadros 5 e 6). REIS JÚNIOR (1995) obteve os seguintes valores de matéria seca: 30,5 e 42,4 g de parte aérea e 21,2 e 122,6 g de tubérculos aos 20 e aos 48 DAE, respectivamente, enquanto ROCHA (1995) encontrou os valores de matéria seca de 15,1 e 14,0 g planta⁻¹ nas folhas e 6,8 e 103,3 g planta⁻¹ nos tubérculos aos 20 e aos 50 DAE, respectivamente. BOAWN e LEGGETT (1964) não observaram resposta da produção de matéria seca das folhas da batateira com adição de zinco e fósforo, no solo ou na solução nutritiva, porém CHRISTENSEN e JACKSON (1981) verificaram que a produção de matéria seca das folhas das plantas cultivadas em solução nutritiva com zinco e fósforo foi afetada pela interação entre zinco e fósforo.

O peso médio da matéria seca da quarta folha, aos 20 DAE, foi de 1.075 mg por planta, não sendo significativamente influenciado pelo uso de fungicidas contendo ou não zinco e nem pelo modo de aplicação do fertilizante. Porém, aos 45 DAE, houve efeito significativo do uso de fungicidas, e os valores médios obtidos por planta foram de 1.490 e 1.770 mg, respectivamente.

4.3. Teor e conteúdo de zinco solúvel na quarta folha

Os teores de zinco solúvel na matéria seca das quartas folhas, aos 20 e aos 45 DAE (Quadro 7), foram significativamente afetados pelo modo de aplicação do fertilizante. Porém, o uso de fungicidas contendo ou não zinco afetou o teor de zinco solúvel na quarta folha apenas aos 20 DAE. Não houve efeito significativo da interação entre o uso de fungicidas contendo ou não zinco e o modo de aplicação do fertilizante.

Quadro 5 – Matérias secas da parte aérea (PA), dos tubérculos (T) e da quarta folha (QF), em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 20 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	Matéria Seca		
		PA	T	QF
		------(g planta ⁻¹)-----		
Com Zn	Testemunha	22,26	10,35	1,03
	Solo	20,73	6,11	0,99
	Foliar	20,28	9,53	1,12
	Solo+foliar	26,85	10,27	1,39
Sem Zn	Testemunha	20,58	10,53	0,99
	Solo	26,86	13,45	1,17
	Foliar	28,07	11,99	0,88
	Solo+foliar	24,30	12,03	1,02

Com Zn	•	22,53	9,06	1,13
Sem Zn	•	24,95	12,00	1,02
•	Testemunha	21,42	10,44	1,01
•	Solo	23,79	9,78	1,08
•	Foliar	24,17	10,76	1,00
•	Solo+foliar	25,57	11,15	1,20
CV % parcelas		30,28	53,38	26,11
CV % subparcelas		29,04	74,92	21,09

Letras minúsculas comparando o uso de fungicidas contendo ou não zinco pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 6 – Matérias secas da parte aérea (PA), dos tubérculos (T) e da quarta folha (QF), em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 45 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	Matéria Seca		
		PA	T	QF
----- (g planta ⁻¹) -----				
Com Zn	Testemunha	29,43	123,59	1,26
	Solo	28,92	104,20	1,48
	Foliar	35,11	107,91	1,56
	Solo+foliar	29,16	96,65	1,66
Sem Zn	Testemunha	26,05	90,16	1,59
	Solo	32,27	144,22	1,86
	Foliar	27,37	119,97	1,85
	Solo+foliar	27,35	95,95	1,78

Com Zn	•	30,65	108,09	1,49 B
Sem Zn	•	28,26	112,57	1,77 A
•	Testemunha	27,74	106,88	1,42
•	Solo	30,59	124,21	1,67
•	Foliar	31,24	113,94	1,71
•	Solo+foliar	28,25	96,30	1,72
CV % parcelas		41,39	51,48	5,03
CV % subparcelas		31,60	33,24	15,69

Letras maiúsculas comparam o uso de fungicidas contendo ou não zinco pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 7 – Teores de zinco solúvel (ZnS) na matéria seca da quarta folha, em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 20 e aos 45 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	ZnS	
		20DAE	45DAE
----- (mg kg ⁻¹) -----			
Com Zn	Testemunha	22,5	25,3
	Solo	24,2	28,7
	Foliar	17,7	40,8
	Solo+foliar	20,1	42,3
Sem Zn	Testemunha	14,4	12,0
	Solo	16,6	15,3
	Foliar	13,2	35,5
	Solo+foliar	19,5	38,4

Com Zn	•	21,1 A	34,2
Sem Zn	•	15,9 B	25,3
•	Testemunha	18,5 ab	18,7 b
•	Solo	20,4 a	22,0 b
•	Foliar	15,5 b	38,1 a
•	Solo+foliar	19,8 ab	40,3 a
CV % parcelas		17,12	35,36
CV % subparcelas		17,60	18,85

Letras maiúsculas comparam o uso de fungicidas contendo ou não zinco, e letras minúsculas comparam o modo de aplicação do fertilizante. Em cada coluna, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula, ou minúscula, não expressam diferenças significativas a 5% de probabilidade, pelos testes F e de Tukey, respectivamente.

Os teores médios de zinco solúvel na quarta folha, aos 20 DAE, foram de 21,1 e 15,9 mg kg⁻¹ de matéria seca, utilizando-se fungicidas contendo ou não zinco, respectivamente. Aos 45 DAE, o valor médio obtido com o uso de fungicidas contendo ou não Zn, quanto aos teores de zinco solúvel na quarta folha, foi de 29,8 mg kg⁻¹ de matéria seca (Quadro 7). ÇAKMAK e MARSCHNER (1987) verificaram, em solução nutritiva, que a concentração de zinco solúvel na folha de algodão diminuiu com o aumento da concentração de fósforo, observando relação entre a concentração de zinco solúvel e os sintomas de deficiências de zinco, o que mostrou que o zinco solúvel refletiu melhor a disponibilidade fisiológica do zinco no tecido foliar que o zinco total.

O uso de fungicidas contendo ou não zinco e o modo de aplicação do fertilizante não influenciaram significativamente o conteúdo de zinco solúvel na quarta folha aos 20 DAE. Aos 45 DAE, o uso de fungicidas contendo ou não zinco não afetou significativamente o conteúdo de zinco solúvel na quarta folha. Porém, o modo de aplicação do fertilizante afetou significativamente o conteúdo de zinco solúvel na quarta folha, cujas médias obtidas com o uso de fungicidas contendo ou não Zn foram de: 20 µg e 49 µg aos 20 e aos 45 DAE, respectivamente (Quadro 8). Não houve efeito significativo da interação entre o uso de fungicidas contendo ou não zinco e o modo de aplicação do fertilizante sobre o conteúdo desse elemento na quarta folha da batateira.

Observou-se que, aos 45 DAE, a aplicação do zinco no solo não foi suficiente para aumentar o teor e o conteúdo de zinco solúvel na quarta folha, já que esses foram iguais aos das testemunhas. Entretanto, quando se fizeram aplicações de zinco nas folhas, os valores obtidos foram maiores. Notou-se que até aos 20 DAE, nas subparcelas que não foram pulverizadas com fungicidas contendo zinco, havia sido feita somente a aplicação de zinco no solo, pois os tratamentos em que o zinco foi pulverizado nas folhas foram conduzidos posteriormente à coleta das folhas naquela data de amostragem.

Quadro 8 – Conteúdo de zinco solúvel (ZnS) na quarta folha, em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 20 e aos 45 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	ZnS	
		20DAE	45DAE
-----(μg quarta folha ⁻¹)-----			
Com Zn	Testemunha	23	32
	Solo	24	43
	Foliar	21	65
	Solo+foliar	29	69
Sem Zn	Testemunha	14	19
	Solo	19	29
	Foliar	12	67
	Solo+foliar	20	69
Com Zn	•	24	52
Sem Zn	•	16	46
•	Testemunha	19	25 b
•	Solo	22	36 b
•	Foliar	16	66 a
•	Solo+foliar	24	69 a
CV % parcelas		45,78	42,60
CV % subparcelas		30,92	30,99

Letras minúsculas comparam o modo de aplicação do fertilizante a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.4. Teor e conteúdo de zinco total na planta

Aos 20 DAE, os teores de zinco total na parte aérea, nos tubérculos e na quarta folha não foram significativamente afetados pelo modo de aplicação do fertilizante, enquanto o uso de fungicidas contendo ou não zinco afetou apenas o teor de zinco total na quarta folha (Quadro 9).

Os teores de zinco total na parte aérea, nos tubérculos e na quarta folha, aos 45 DAE, foram significativamente afetados apenas pelo modo de aplicação do fertilizante, não havendo efeito significativo de interação entre os tratamentos (Quadro 10).

Os teores médios de zinco total na quarta folha, aos 20 DAE, foram de 47,54 e 40,77 mg kg⁻¹ na matéria seca (Quadro 9), nos tratamentos com fungicidas contendo ou não Zn, respectivamente; aos 45 DAE, a média foi de 90,76 mg kg⁻¹ (Quadro 10). BOAWN e LEGGETT (1963) e CHRISTENSEN e JACKSON (1981) verificaram, em plantas de batata crescidas em solução nutritiva e no solo, que o teor de zinco na planta foi afetado pela interação entre zinco e fósforo, sendo de 17,3 mg kg⁻¹ na matéria seca o valor de zinco encontrado por BOAWN e LEGGETT (1963), na quarta folha, no período de florescimento. GERALDSON et al. (1973) observaram em folhas jovens recentemente desenvolvidas da batateira, na metade do ciclo da cultura, teor de Zn variando de 20 a 40 mg kg⁻¹ na matéria seca, enquanto MILLS e JONES JUNIOR (1996) indicaram como suficientes os valores de 20 a 250 mg kg⁻¹ de Zn na matéria seca em folhas completamente desenvolvidas da batateira em início de tuberização. Para JONES JUNIOR et al. (1991), os valores para os teores de zinco baixo, suficiente e alto, na matéria seca da folha mais recentemente desenvolvida da batateira com 30 cm de altura, são de 35 a 44 e 45 a 250 e maior que 250 mg kg⁻¹, respectivamente. Os valores de zinco total obtidos na quarta folha no presente experimento, aos 20 e aos 45 DAE, estão dentro da faixa apresentada por MILLS e JONES JUNIOR (1996) e foram pouco maiores que os indicados por GERALDSON et al. (1973).

Quadro 9 – Teores de zinco total nas matérias secas da parte aérea (PA), dos tubérculos (T) e da quarta folha (QF), em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 20 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	Zn Total		
		PA	T	QF
----- (mg kg ⁻¹) -----				
Com Zn	Testemunha	82,50	18,56	44,44
	Solo	81,56	17,44	50,94
	Foliar	72,83	16,25	47,44
	Solo+foliar	75,63	18,47	47,36
Sem Zn	Testemunha	66,20	18,50	40,88
	Solo	71,69	15,69	40,75
	Foliar	74,50	25,07	38,75
	Solo+foliar	70,63	20,77	42,69

Com Zn	•	78,13	17,68	47,54 A
Sem Zn	•	70,75	20,00	40,77 B
•	Testemunha	74,35	18,53	42,66
•	Solo	76,63	16,56	45,84
•	Foliar	73,66	20,66	43,09
•	Solo+foliar	73,13	19,62	45,02
CV % parcelas		29,25	23,82	13,25
CV % subparcelas		21,13	20,44	9,57

Letras maiúsculas comparam o uso de fungicidas contendo ou não zinco pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 10 – Teores de zinco total nas matérias secas da parte aérea (PA), dos tubérculos (T) e da quarta folha (QF), em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 45 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	Zn Total		
		PA	T	QF
----- (mg kg ⁻¹)-----				
Com Zn	Testemunha	69,56	13,38	54,94
	Solo	83,88	14,56	60,63
	Foliar	115,25	16,69	113,00
	Solo+foliar	122,25	18,00	146,44
Sem Zn	Testemunha	51,88	12,50	31,38
	Solo	61,31	12,81	36,88
	Foliar	113,69	16,31	134,25
	Solo+foliar	103,63	17,94	148,63

Com Zn	•	97,73	15,66	93,75
Sem Zn	•	82,63	14,89	87,78
•	Testemunha	60,72 b	12,94 b	43,15 b
•	Solo	72,59 b	13,69 b	48,75 b
•	Foliar	114,47 a	16,50 a	123,62 a
•	Solo+foliar	112,94 a	17,97 a	147,53 a
CV % parcelas		19,89	14,49	33,07
CV % subparcelas		19,48	9,47	31,79

Letras minúsculas comparam o modo de aplicação do fertilizante a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observou-se, aos 45 DAE, que o zinco aplicado ao solo não foi suficiente para resultar aumento do teor de zinco total na planta, já que esse foi igual ao da testemunha (Quadro 10). Entretanto, quando se fez a aplicação de zinco nas folhas, os valores obtidos foram maiores. YILMAZ et al. (1997) obtiveram resultados semelhantes a esses na cultura do trigo. Deve-se notar que até aos 20 DAE, nas subparcelas que não foram pulverizadas com fungicidas contendo zinco, havia sido feita somente aplicação de zinco no solo, pois os tratamentos em que o zinco foi pulverizado nas folhas foram feitos posteriormente à coleta das folhas naquela data de amostragem.

O uso de fungicidas contendo ou não zinco e o modo de fertilização com Zn não afetaram significativamente os conteúdos de zinco total na parte aérea, nos tubérculos e na quarta folha aos 20 DAE (Quadro 11).

Aos 45 DAE, o uso de fungicidas contendo ou não zinco não afetou significativamente os conteúdos de zinco total na parte aérea, nos tubérculos e na quarta folha, e o modo de aplicação do fertilizante afetou significativamente os conteúdos de zinco total na parte aérea e na quarta folha (Quadro 12). Para aquelas três características avaliadas não houve efeito significativo da interação entre os tratamentos.

4.5. Teores de zinco solúvel e total na folha e no caule

Os teores de zinco solúvel (ZnS) e total (ZnT) nas folhas e nos caules da batateira, determinados aos 49 DAE, não foram influenciados pelo uso de fungicidas contendo ou não Zn, enquanto o modo de aplicação do fertilizante afetou os teores de zinco solúvel e total nas folhas, não havendo efeito significativo da interação entre os tratamentos (Quadros 13 e 14).

Verificou-se, em média, que aos 49 DAE os gradientes de aumentos das concentrações de ZnS e ZnT nas folhas, no tratamento que recebeu apenas aplicação do fertilizante no solo e naquele que recebeu aplicação de zinco foliar, foram 3,70 e 6,83 vezes, enquanto nos caules as concentrações foram

Quadro 11 – Conteúdos de zinco total na parte aérea (PA), nos tubérculos (T) e na quarta folha (QF), em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 20 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	Zn Total		
		PA	T	QF
		------(mg planta ⁻¹)-----		(µg quarta folha ⁻¹)
Com Zn	Testemunha	1,81	0,18	46
	Solo	1,71	0,11	51
	Foliar	1,50	0,15	53
	Solo+foliar	2,06	0,19	65
Sem Zn	Testemunha	1,37	0,20	41
	Solo	1,93	0,22	48
	Foliar	2,00	0,30	34
	Solo+foliar	1,61	0,22	43

Com Zn	•	1,77	0,15	54
Sem Zn	•	1,73	0,24	41
•	Testemunha	1,59	0,19	43
•	Solo	1,82	0,16	49
•	Foliar	1,75	0,23	44
•	Solo+foliar	1,84	0,20	54
CV % parcelas		24,13	60,70	35,51
CV % subparcelas		34,53	74,26	22,81

Letras minúsculas comparam o modo de aplicação do fertilizante e 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 12 – Conteúdos de zinco total na parte aérea (PA), nos tubérculos (T) e na quarta folha, em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 45 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	Zn Total		
		PA	T	QF
		----- (mg planta ⁻¹) -----		(µg quarta folha ⁻¹)
Com Zn	Testemunha	2,02	1,66	69
	Solo	2,50	1,57	89
	Foliar	4,07	1,78	179
	Solo+foliar	3,80	1,63	251
Sem Zn	Testemunha	1,33	1,13	50
	Solo	1,98	1,82	69
	Foliar	3,08	1,95	250
	Solo+foliar	2,89	1,72	256

Com Zn	•	3,10	1,66	147
Sem Zn	•	2,32	1,66	156
•	Testemunha	1,67 b	1,40	59 b
•	Solo	2,24 ab	1,70	79 b
•	Foliar	3,57 a	1,87	214 a
•	Solo+foliar	3,34 a	1,73	253 a
CV % parcelas		52,94	61,33	34,48
CV % subparcelas		41,65	32,88	43,64

Letras minúsculas comparam o modo de aplicação do fertilizante a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 13 – Teores de zinco solúvel (ZnS) e total (ZnT) nas matérias secas de folhas, em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 49 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	ZnS		ZnT	
		----- (mg kg ⁻¹)-----			
Com Zn	Testemunha	16,19		41,81	
	Solo	16,97		45,38	
	Foliar	50,42		246,13	
	Solo+foliar	47,75		198,88	
Sem Zn	Testemunha	9,57		28,56	
	Solo	10,77		31,31	
	Foliar	52,37		227,25	
	Solo+foliar	50,15		246,00	

Com Zn	•	32,8		133,05	
Sem Zn	•	30,7		145,78	
•	Testemunha	12,9 b		35,19 b	
•	Solo	13,9 b		38,34 b	
•	Foliar	51,4 a		261,69 a	
•	Solo+foliar	48,9 a		222,44 a	
CV % parcelas		22,60		29,74	
CV % subparcelas		21,45		26,49	

Letras minúsculas comparam o modo de aplicação do fertilizante a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 14 – Teores de zinco solúvel (ZnS) e total (ZnT) nas matérias secas de caules, em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 49 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	ZnS		ZnT	
		----- (mg kg ⁻¹) -----			
Com Zn	Testemunha	43,5		168,9	
	Solo	36,0		186,7	
	Foliar	47,3		180,4	
	Solo+foliar	41,4		187,6	
Sem Zn	Testemunha	31,5		129,3	
	Solo	39,6		124,7	
	Foliar	36,3		112,4	
	Solo+foliar	40,6		180,8	
-----		42,0		181,4	
Com Zn	•	37,0		136,8	
Sem Zn	•				
•	Testemunha	37,5		149,1	
•	Solo	37,8		156,7	
•	Foliar	41,8		146,4	
•	Solo+foliar	41,0		184,2	
CV % parcelas		19,36		57,08	
CV % subparcelas		20,61		24,95	

semelhantes, não havendo, portanto, nenhum gradiente. Isso pode indicar que o zinco absorvido pelas raízes ficou retido no caule ou o zinco pulverizado nas folhas não foi translocado para os caules. CAKMAK e MARSCHNER (1987) verificaram a inativação fisiológica do zinco com a precipitação de fosfatos de zinco pouco solúveis em tecidos do caule e das folhas. Também, os caules apresentaram, em média, concentrações de Zn superiores às das folhas, demonstrando ser local de maior acúmulo de zinco, atribuído talvez à grande afinidade do Zn^{++} pelas cargas livres nos vasos condutores. Esses resultados se assemelharam aos relatados por FRANCO (1997), em plantas de café. PEARSON e RENGEL (1994) relataram que o acúmulo de zinco nos caules pode ser uma forma de reserva na planta, podendo, também, ser remobilizado em condição de demanda desse elemento.

4.6. Teores e conteúdos de P, Ca, Mg, Cu, Fe e Mn na planta

O uso de fungicidas contendo ou não zinco e o modo de aplicação do fertilizante não afetaram significativamente os teores de fósforo na parte aérea e na quarta folha, tanto aos 20 como aos 45 DAE. Porém, os teores de fósforo nos tubérculos foram afetados pelo modo de aplicação do fertilizante aos 20 e aos 45 DAE, não havendo efeitos significativos de interações entre o uso de fungicidas contendo ou não zinco e o modo de aplicação do fertilizante naquelas características.

Os teores médios de fósforo nas matérias secas da parte aérea, obtidos nos tratamentos com o uso de fungicidas contendo ou não zinco, foram de 0,80 e 0,46 dag kg^{-1} e, na quarta folha, de 0,55 e 0,37 dag kg^{-1} aos 20 e aos 45 DAE, respectivamente (Quadros 15 e 16). CASTRO (1979), PAULA et al. (1986) e FONTES et al. (1987) também verificaram decréscimo do teor de fósforo nas folhas com o avanço da idade da batateira. Da mesma maneira, ROCHA (1995) encontrou teores de fósforo de 0,55 e 0,21 dag kg^{-1} da matéria seca aos 20 e aos 50 DAE, respectivamente. GARGANTINI et al. (1963) encontraram teores de 0,59 e 0,24 dag kg^{-1} de matéria seca aos 20 e aos 50 DAE, respectivamente.

Quadro 15 – Teores de fósforo nas matérias secas da parte aérea (PA), dos tubérculos (T) e da quarta folha (QF), em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 20 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	Fósforo		
		PA	T	QF
----- (dag kg ⁻¹)-----				
Com Zn	Testemunha	0,76	0,38	0,54
	Solo	0,82	0,37	0,58
	Foliar	0,76	0,34	0,53
	Solo+foliar	0,78	0,44	0,55
Sem Zn	Testemunha	0,77	0,36	0,54
	Solo	0,82	0,38	0,56
	Foliar	0,85	0,38	0,56
	Solo+foliar	0,83	0,43	0,60

Com Zn	•	0,78	0,38	0,55
Sem Zn	•	0,81	0,38	0,56
•	Testemunha	0,76	0,37 b	0,54
•	Solo	0,82	0,38 b	0,57
•	Foliar	0,80	0,36 b	0,54
•	Solo+foliar	0,80	0,43 a	0,57
CV % parcelas		14,96	4,80	7,47
CV % subparcelas		8,39	6,98	8,06

Letras minúsculas comparam o modo de aplicação do fertilizante a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 16 – Teores de fósforo nas matérias secas da parte aérea (PA), dos tubérculos (T) e da quarta folha (QF), em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 45 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	Fósforo		
		PA	T	QF
----- (dag kg ⁻¹) -----				
Com Zn	Testemunha	0,44	0,35	0,34
	Solo	0,46	0,31	0,36
	Foliar	0,47	0,36	0,40
	Solo+foliar	0,45	0,35	0,40
Sem Zn	Testemunha	0,45	0,34	0,40
	Solo	0,44	0,35	0,36
	Foliar	0,48	0,39	0,36
	Solo+foliar	0,49	0,40	0,35

Com Zn	•	0,46	0,34	0,37
Sem Zn	•	0,46	0,37	0,36
•	Testemunha	0,45	0,34 ab	0,37
•	Solo	0,45	0,33 b	0,36
•	Foliar	0,48	0,37 a	0,38
•	Solo+foliar	0,47	0,38 a	0,37
CV % parcelas		29,01	11,64	14,19
CV % subparcelas		15,14	7,15	11,85

Letras minúsculas comparam o modo de aplicação do fertilizante a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

CHRISTENSEN e JACKSON (1981) verificaram em folhas de plantas de batata com 31 dias de idade, cultivadas em solução nutritiva, teores de fósforo de 0,86 dag kg⁻¹ de matéria seca, enquanto MACEDO (1976), em cultivares nacionais, observou teores de fósforo que variaram de 0,71 a 0,61 dag kg⁻¹ de matéria seca, aos 20 DAE, e de 0,39 a 0,28 dag kg⁻¹ de matéria seca, aos 60 DAE. Segundo WALWORTH e MUNIZ (1993), valores de 0,60 e 0,20 dag kg⁻¹ de fósforo na matéria seca das folhas, nos estádios inicial e final do ciclo da batateira, respectivamente, são suficientes para bom desenvolvimento e produção da batateira.

O uso de fungicidas contendo ou não zinco e o modo de fertilização com Zn não afetaram os conteúdos de fósforo na parte aérea, nos tubérculos e na quarta folha, tanto aos 20 como aos 45 DAE. Os valores médios dos conteúdos de fósforo por planta, nos tratamentos com o uso de fungicidas contendo ou não Zn, foram de 189,6 e 139,6 mg na parte aérea, 40,4 e 389,5 mg nos tubérculos e 6,0 e 6,1 mg na quarta folha aos 20 e aos 45 DAE, respectivamente (Quadros 17 e 18).

Os teores de Ca, Mg, Cu, Fe e Mn na parte aérea, nos tubérculos e na quarta folha, aos 20 e aos 45 DAE, não foram influenciados estatisticamente pelo uso de fungicidas contendo ou não zinco e nem pelo modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, não havendo também efeito significativo da interação entre os tratamentos (Quadros 19, 20, 21, 22, 23 e 24). Da mesma maneira, o conteúdo de Ca, Mg, Cu, Fe e Mn não foi influenciado estatisticamente pelo uso de fungicidas contendo ou não zinco e nem pelo modo de aplicação do fertilizante contendo zinco.

4.7. Produção de tubérculos

Após a secagem completa da parte aérea (90 DAE), procedeu-se à colheita dos tubérculos. A produção de tubérculos foi significativamente afetada pelo uso de fungicidas contendo ou não zinco, porém o modo de aplicação do fertilizante não afetou significativamente a produção, não havendo efeito significativo dessa interação entre os tratamentos (Quadro 25).

Quadro 17 – Conteúdos de fósforo na parte aérea (PA), nos tubérculos (T) e na quarta folha (QF), em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 20 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	Fósforo		
		PA	T	QF
		----- (mg planta ⁻¹) -----		(mg quarta folha ⁻¹)
Com Zn	Testemunha	168,7	38,0	5,5
	Solo	173,3	22,3	5,8
	Foliar	155,0	32,4	6,1
	Solo+foliar	208,0	44,6	7,6
Sem Zn	Testemunha	157,4	37,3	5,5
	Solo	219,4	52,4	6,5
	Foliar	232,5	45,3	4,9
	Solo+foliar	202,3	50,8	6,1
Com Zn	•	176,3	34,3	6,3
Sem Zn	•	202,9	46,5	5,7
•	Testemunha	163,0	37,6	5,5
•	Solo	196,4	37,4	6,2
•	Foliar	193,8	38,9	5,5
•	Solo+foliar	205,2	47,7	6,9
CV % parcelas		22,22	42,79	31,73
CV % subparcelas		31,15	75,18	25,29

Letras minúsculas comparam o modo de aplicação do fertilizante a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 18 – Conteúdos de fósforo na parte aérea (PA), nos tubérculos (T) e na quarta folha (QF), em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 45 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	Fósforo		
		PA	T	QF
		-----(mg planta^{-1})-----		($\text{mg quarta folha}^{-1}$)
Com Zn	Testemunha	129,7	427,1	4,3
	Solo	131,7	327,4	5,4
	Foliar	166,1	379,6	6,2
	Solo+foliar	123,9	331,3	6,6
Sem Zn	Testemunha	118,5	303,7	6,4
	Solo	140,4	497,4	6,6
	Foliar	134,4	464,5	6,8
	Solo+foliar	134,0	384,9	6,4

Com Zn	•	137,9	366,4	5,6
Sem Zn	•	131,8	412,6	6,6
•	Testemunha	142,9	365,4	5,4
•	Solo	136,1	412,4	6,0
•	Foliar	150,3	422,1	6,5
•	Solo+foliar	129,0	358,1	6,5
CV % parcelas		55,21	53,06	15,23
CV % subparcelas		33,54	29,73	21,39

Quadro 19 – Teores de Ca, Mg, Cu, Fe e Mn na matéria seca da parte aérea (PA), em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 20 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	Teores dos Nutrientes				
		Ca	Mg	Cu	Fe	Mn
		-----(dag kg^{-1})-----		-----(mg kg^{-1})-----		
Com Zn	Testemunha	2,56	0,62	16,58	178,50	251,88
	Solo	2,70	0,63	16,36	234,11	255,00
	Foliar	2,30	0,71	16,94	202,04	275,56
	Solo+foliar	2,65	0,68	18,53	205,93	291,00
Sem Zn	Testemunha	2,57	0,66	15,39	187,76	259,56
	Solo	2,13	0,67	15,83	183,83	239,88
	Foliar	2,49	0,70	14,85	205,69	253,25
	Solo+foliar	2,36	0,68	16,20	213,76	263,12
Com Zn	•	2,55	0,66	17,10	205,14	268,36
Sem Zn	•	2,39	0,68	15,57	197,76	253,95
•	Testemunha	2,57	0,64	15,98	183,13	255,72
•	Solo	2,41	0,65	16,09	208,97	247,44
•	Foliar	2,39	0,70	15,89	203,86	264,40
•	Solo+foliar	2,50	0,68	17,36	209,84	277,06
CV % parcelas		10,11	5,58	13,79	8,16	17,37
CV % subparcelas		12,10	9,72	8,18	11,39	19,03

Quadro 20 – Teores de Ca, Mg, Cu, Fe e Mn na matéria seca dos tubérculos (T), em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 20 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	Teores de Nutrientes				
		Ca	Mg	Cu	Fe	Mn
		-----(dag kg^{-1})-----		-----(mg kg^{-1})-----		
Com Zn	Testemunha	0,12	0,18	8,00	34,05,	13,19
	Solo	0,14	0,18	7,33	27,81	19,69
	Foliar	0,13	0,17	7,34	37,66	10,06
	Solo+foliar	0,13	0,19	7,99	26,74	15,44
Sem Zn	Testemunha	0,12	0,18	7,18	23,95	16,63
	Solo	0,14	0,18	9,35	30,98	14,31
	Foliar	0,13	0,19	10,53	24,73	16,56
	Solo+foliar	0,13	0,19	8,33	24,30	19,00

Com Zn	•	0,13	0,18	7,66	31,56	14,59
Sem Zn	•	0,13	0,18	8,84	25,99	16,63
•	Testemunha	0,12	0,18	7,59	29,00	14,91
•	Solo	0,14	0,18	8,34	29,39	17,00
•	Foliar	0,13	0,18	8,93	31,19	13,31
•	Solo+foliar	0,13	0,19	8,16	25,52	17,22
CV % parcelas		25,42	9,35	4,75	51,20	30,09
CV% subparcelas		15,13	6,65	37,15	30,93	31,41

Quadro 21 – Teores de Ca, Mg, Cu, Fe e Mn na matéria seca da quarta folha (QF), em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 20 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	Teores de Nutrientes				
		Ca	Mg	Cu	Fe	Mn
		------(dag kg ⁻¹)-----		------(mg kg ⁻¹)-----		
Com Zn	Testemunha	2,60	0,55	14,29	76,59	287,50
	Solo	2,62	0,58	15,89	98,69	305,13
	Foliar	2,24	0,61	14,11	92,90	305,69
	Solo+foliar	2,10	0,59	16,08	107,21	340,38
Sem Zn	Testemunha	2,42	0,65	13,23	102,48	263,06
	Solo	2,47	0,64	14,74	102,74	258,19
	Foliar	2,26	0,62	13,24	114,26	296,20
	Solo+foliar	2,17	0,65	14,40	104,76	272,25

Com Zn	•	2,39	0,58	15,09	93,85	309,67
Sem Zn	•	2,33	0,64	13,90	106,06	272,43
•	Testemunha	2,51	0,60	13,76	89,53	275,28
•	Solo	2,54	0,61	15,31	100,71	281,66
•	Foliar	2,25	0,62	13,68	103,58	300,94
•	Solo+foliar	2,14	0,62	15,24	105,98	306,31
CV % parcelas		10,98	0,51	9,34	19,37	16,05
CV % subparcelas		13,60	6,16	8,22	25,16	20,99

Quadro 22 – Teores de Ca, Mg, Cu, Fe e Mn na matéria seca da parte aérea (PA), em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 45 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	Teores de Nutrientes				
		Ca	Mg	Cu	Fe	Mn
		------(dag kg ⁻¹)-----		------(mg kg ⁻¹)-----		
Com Zn	Testemunha	2,12	0,69	12,04	215,23	519,44
	Solo	2,03	0,76	11,40	238,05	519,56
	Foliar	2,22	0,77	11,86	210,56	505,13
	Solo+foliar	2,00	0,78	12,21	167,33	549,25
Sem Zn	Testemunha	2,47	0,93	11,40	146,25	430,75
	Solo	2,57	0,87	11,45	180,29	474,88
	Foliar	2,40	0,93	11,53	205,14	453,31
	Solo+foliar	2,40	0,83	12,33	194,09	496,17

Com Zn	•	2,09	0,75	11,88	207,79	523,34
Sem Zn	•	2,46	0,89	11,68	181,44	463,78
•	Testemunha	2,30	0,81	11,72	180,74	475,09
•	Solo	2,30	0,81	11,42	209,17	497,22
•	Foliar	2,31	0,85	11,69	207,85	479,22
•	Solo+foliar	2,20	0,80	12,27	180,71	522,71
CV % parcelas		24,62	20,64	5,55	26,08	30,31
CV % subparcelas		15,34	12,53	7,53	27,72	19,31

Quadro 23 – Teores de Ca, Mg, Cu, Fe e Mn na matéria seca dos tubérculos (T), em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 45 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	Teores de Nutrientes				
		Ca	Mg	Cu	Fe	Mn
		-----(dag kg^{-1})-----		-----(mg kg^{-1})-----		
Com Zn	Testemunha	0,061	0,13	5,73	9,36	33,75
	Solo	0,054	0,11	6,74	9,69	10,63
	Foliar	0,059	0,13	7,11	8,19	11,31
	Solo+foliar	0,071	0,12	6,88	8,94	10,38
Sem Zn	Testemunha	0,068	0,13	6,24	6,50	10,75
	Solo	0,056	0,11	6,06	8,73	11,56
	Foliar	0,054	0,11	6,74	9,98	8,63
	Solo+foliar	0,059	0,12	5,08	11,18	9,75

Com Zn	•	0,061	0,12	6,61	9,04	16,52
Sem Zn	•	0,059	0,12	6,03	9,09	10,17
•	Testemunha	0,065	0,13	5,98	7,93	22,25
•	Solo	0,055	0,11	6,40	9,21	11,09
•	Foliar	0,056	0,12	6,93	9,08	9,97
•	Solo+foliar	0,065	0,12	5,98	10,06	10,06
CV % parcelas		35,26	10,56	24,42	28,35	130,06
CV % subparcelas		18,44	10,24	21,20	30,21	121,55

Quadro 24 – Teores de Ca, Mg, Cu, Fe e Mn na matéria seca da quarta folha (QF), em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco, aos 45 dias após a emergência da batateira

Fungicida	Modo de Aplicação	Teores de Nutrientes				
		Ca	Mg	Cu	Fe	Mn
		-----(dag kg^{-1})-----		-----(mg kg^{-1})-----		
Com Zn	Testemunha	2,77	0,78	10,04	107,65	513,13
	Solo	3,02	0,83	10,40	119,35	622,00
	Foliar	2,90	0,80	9,79	108,98	569,01
	Solo+foliar	3,30	0,80	9,96	138,09	694,13
Sem Zn	Testemunha	3,03	0,83	9,64	89,69	547,31
	Solo	2,95	0,80	9,90	118,45	428,38
	Foliar	2,87	0,88	8,90	123,90	511,94
	Solo+foliar	2,98	0,83	9,28	105,56	567,31
Com Zn	•	2,99	0,80	10,05	118,52	599,57
Sem Zn	•	2,33	0,83	9,43	109,40	513,74
•	Testemunha	2,96	0,80	9,84	98,67	530,22
•	Solo	2,99	0,81	10,15	118,90	525,19
•	Foliar	2,88	0,84	9,34	116,44	540,48
•	Solo+foliar	3,14	0,82	9,62	121,83	630,72
CV % parcelas		18,30	5,24	25,93	22,86	22,84
CV % subparcelas		11,51	5,20	10,50	20,84	21,20

Quadro 25 – Produção de tubérculos de batata em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco

Fungicida	Modo de Aplicação	Produção (t ha ⁻¹)
Com Zn	Testemunha	42,0
	Solo	46,0
	Foliar	45,4
	Solo+foliar	43,2
Sem Zn	Testemunha	42,3
	Solo	40,7
	Foliar	38,2
	Solo+foliar	39,3

Com Zn	•	44,2 A
Sem Zn	•	40,1 B
•	Testemunha	42,2
•	Solo	43,3
•	Foliar	41,8
•	Solo+foliar	41,3
CV % parcelas		3,66
CV % subparcelas		9,84

Letras maiúsculas comparam o uso de fungicidas contendo ou não zinco pelo teste F a 5% de probabilidade.

As produtividades médias de tubérculos foram de 44,2 t ha⁻¹ e 40,1 t ha⁻¹, respectivamente com uso de fungicidas contendo ou não zinco (Quadro 25), sendo consideradas relativamente altas quando comparadas com a média de produtividade européia de 22,14 t ha⁻¹ e, principalmente, com a média brasileira de 14,33 t ha⁻¹ (FAO, 1996). A utilização dos fungicidas contendo zinco, em comparação com aqueles que não o continham, proporcionou aumento significativo ($p \leq 0,05$) de 10,2% na produção de tubérculos (Quadro 25), considerando-se as médias dos tratamentos em que a fertilização com Zn foi feita de diferentes maneiras. Essas produtividades de tubérculos podem ter sido devidas, em parte, à não-ocorrência de doenças durante todo o ciclo da batateira e à aplicação precoce de fungicidas. As pulverizações com fungicidas foram iniciadas aos sete DAE e repetidas semanalmente, enquanto a aplicação de zinco foliar teve início somente aos 20 DAE. Essa aplicação mais cedo do fungicida pode ter favorecido a absorção de zinco pelas folhas, enquanto as plantas eram bem jovens e com restrito sistema radicular, permitindo, assim, que, aos 20 DAE, o número de tubérculos e o número de caules já estivessem definidos. Os fungicidas utilizados durante o experimento não foram analisados para saber se havia algum íon acompanhante que pudesse proporcionar esse aumento na produção de tubérculos.

Os modos de fertilização com Zn não influenciaram a produção de tubérculos, isso pode ter ocorrido devido ao fato de o teor de zinco no solo ter sido suficiente para o desenvolvimento da batateira, não ocorrendo, assim, interação entre zinco e fósforo, possivelmente passível de ocorrer em solos com baixos teores de zinco. Ademais, houve aporte de zinco indiretamente pelos fertilizantes, calcários e tubérculos-semente. ELLIS (1945) e HOYMAN (1949) verificaram aumentos nas produtividades da batateira com o uso de zinco aplicado foliarmente, mas não conseguiram resposta quando o zinco estava presente no solo. Porém, BOAWN e LEGGETT (1963) observaram que a aplicação de zinco na área foliar não foi eficiente na remoção dos sintomas de deficiências de zinco na batateira, enquanto GRUNES et al. (1961) constataram aumento na produtividade da batateira com aplicação de zinco no solo.

4.8. Produção classificada de tubérculos

Os tubérculos colhidos foram distribuídos nas classes 2, 3 e 4, pois não ocorreu produção de tubérculos da classe 1 ($\varnothing \geq 8,5$ cm). Essa distribuição não foi significativamente afetada pelo modo de fertilização com Zn. Dentre as classes estudadas, a única que respondeu significativamente ao uso de fungicidas contendo ou não zinco foi a classe 2 ($4,5 \text{ cm} < \varnothing < 8,5 \text{ cm}$) (Quadro 26), que determinou a diferença na produção total (Quadro 25). As médias das produções de tubérculos da classe 2 foram de $39,54 \text{ t ha}^{-1}$ e $34,82 \text{ t ha}^{-1}$, com o uso de fungicidas contendo ou não zinco, respectivamente (Quadro 26).

O número de tubérculos das classes 2, 3 e 4 não foi significativamente afetado pelo uso de fungicidas contendo ou não zinco e nem pelo modo de aplicação do fertilizante, não havendo, também, interação entre eles, o que mostrou que o efeito da pulverização com fungicidas contendo zinco influenciou apenas o peso dos tubérculos. Houve, aparentemente, maior número de tubérculos da classe 2 que das classes 3 e 4 (Quadro 27).

4.9. Distúrbios fisiológicos nos tubérculos

Não foram observados tubérculos com rachaduras, embonecamento, coração oco e esverdeamento por ocasião da colheita e da classificação dos tubérculos de batata.

4.10. Teor de matéria seca nos tubérculos

O uso de fungicidas contendo ou não zinco influenciou o teor de matéria seca dos tubérculos, o que não ocorreu em relação ao modo de aplicação do fertilizante, não havendo também efeito significativo de interação entre os tratamentos.

Quadro 26 – Peso dos tubérculos ($t\ ha^{-1}$), nas classes 2, 3 e 4, em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco

Fungicida	Modo de Aplicação	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Com Zn	Testemunha	37,36	4,01	0,657
	Solo	41,31	3,98	0,742
	Foliar	40,34	4,10	0,977
	Solo+foliar	39,15	3,21	0,862
Sem Zn	Testemunha	36,79	4,50	1,016
	Solo	35,73	4,40	0,893
	Foliar	33,18	3,02	1,093
	Solo+foliar	33,58	4,86	1,046

Com Zn	•	39,54 A	3,83	0,810
Sem Zn	•	34,82 B	4,20	1,033
•	Testemunha	37,08	4,26	0,837
•	Solo	38,52	4,19	0,818
•	Foliar	36,76	3,56	1,035
•	Solo+foliar	36,37	4,04	0,949
CV % parcelas		9,06	17,54	37,14
CV % subparcelas		11,56	28,47	29,50

Letras maiúsculas comparam o uso de fungicidas contendo ou não zinco pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 27 – Números de tubérculos por hectare, nas classes 2, 3 e 4, em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco

Fungicida	Modo de Aplicação	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Com Zn	Testemunha	274.155	95.869	62.867
	Solo	297.850	98.559	61.986
	Foliar	309.812	103.252	80.988
	Solo+foliar	301.513	82.876	66.736
Sem Zn	Testemunha	284.400	107.888	79.042
	Solo	266.314	87.455	73.032
	Foliar	247.369	104.626	89.914
	Solo+foliar	260.648	115.214	91.347

Com Zn	•	295.833	95.139	68.144
Sem Zn	•	264.683	103.796	83.334
•	Testemunha	279.278	101.879	70.955
•	Solo	282.082	93.007	67.509
•	Foliar	292.091	103.939	85.451
•	Solo+foliar	281.081	99.045	79.042
CV% parcelas		9,36	8,93	43,51
CV% subparcelas		9,69	21,70	25,43

tubérculos foram de 0,99, 0,71 e 3,49% do zinco aplicado no solo, aplicado no solo + parte aérea e aplicado na parte aérea, respectivamente. Portanto, considerando a contribuição do solo igual a zero, observou-se que a recuperação do zinco pelos tubérculos foi relativamente baixa. NEPTUNE e SUHET (1979) verificaram que a porcentagem de absorção de Zn, proveniente do solo, pelo feijoeiro depende do tipo de solo, sendo de 3,0% em Podzólico Vermelho-Amarelo.

4.11. Teores e concentrações de nutrientes nos tubérculos na colheita

Na colheita, o teor de zinco nos tubérculos foi afetado significativamente pelo uso de fungicidas contendo ou não zinco e pelo modo de aplicação do

Os valores médios de matéria seca dos tubérculos foram de 15,44 e 15,96% para o uso de fungicidas contendo ou não Zn, respectivamente (Quadro 28). ROCHA (1995) e FONTES et al. (1987) não encontraram efeito do fósforo sobre a produção de matéria seca dos tubérculos, obtendo valores médios de 16,43 e 15,70%, respectivamente, enquanto REIS JÚNIOR (1995) encontrou efeito do potássio sobre a produção de matéria seca dos tubérculos, obtendo os valores médios de 15,10 e 13,73% na ausência da fertilização potássica e com a dose de 980 kg ha⁻¹, respectivamente. As quantidades de Zn absorvidas pelos tubérculos, nos tratamentos da parcela que receberam pulverizações com fungicida contendo zinco, foram de 139, 151, 166 e 171 g ha⁻¹ para a testemunha, Zn no solo, Zn na parte aérea e Zn no solo + parte aérea, respectivamente. Esses mesmos tratamentos receberam 241, 4.241, 734 e 4.584 g ha⁻¹ de Zn, provenientes dos tubérculos plantados (7,87 g ha⁻¹), do cloreto de potássio (0,30 g ha⁻¹), do sulfato de amônio (0,24 g ha⁻¹), do calcário (6,76 g ha⁻¹), do superfosfato triplo (21,0 g ha⁻¹), do sulfato de magnésio (55,0 g ha⁻¹), das pulverizações com fungicidas contendo Zn (150 g ha⁻¹) e dos tratamentos em que o Zn foi colocado no solo (4.000 g ha⁻¹) e pulverizado na parte aérea (493 g ha⁻¹) e no solo + parte aérea (4.493 g ha⁻¹). Portanto, na parcela em que as plantas receberam pulverizações com fungicidas contendo zinco, as recuperações pelos tubérculos foram de 0,30, 0,71 e 5,48% do zinco aplicado no solo, aplicado no solo + parte aérea e pulverizado na parte aérea, respectivamente. Portanto, considerando a contribuição do solo igual a zero, observou-se que a recuperação do zinco pelos tubérculos foi relativamente baixa. NEPTUNE e SUHET (1979) verificaram que a porcentagem de absorção de Zn, proveniente do adubo, pelo feijoeiro depende do tipo de solo, sendo de 3,6% em Podzólico Vermelho-Amarelo.

4.11. Teores e conteúdos de nutrientes nos tubérculos na colheita

Na colheita, o teor de zinco nos tubérculos foi afetado significativamente pelo uso de fungicidas contendo ou não zinco e pelo modo de aplicação do

Quadro 28 – Teores de matéria seca dos tubérculos em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco

Fungicida	Modo de Aplicação	Matéria Seca (%)
Com Zn	Testemunha	15,34
	Solo	15,30
	Foliar	15,45
	Solo+foliar	15,66
Sem Zn	Testemunha	15,79
	Solo	16,03
	Foliar	16,16
	Solo+foliar	15,88

Com Zn	•	15,44 B
Sem Zn	•	15,96 A
•	Testemunha	15,56
•	Solo	15,66
•	Foliar	15,80
•	Solo+foliar	15,77
CV % parcelas		2,62
CV % subparcelas		3,36

Letras maiúsculas comparam o uso de fungicidas contendo ou não zinco pelo teste F a 5% de probabilidade.

fertilizante, enquanto o conteúdo de Zn nos tubérculos foi influenciado apenas pelo uso de fungicidas contendo ou não Zn (Quadro 29). CHISHOLM e MACEACHERN (1954) encontraram teores de zinco nos tubérculos variando de 9 até 32 mg kg⁻¹ de matéria seca.

Os teores de fósforo, cálcio, magnésio (Quadro 30), cobre e manganês (Quadro 31) nos tubérculos não foram influenciados pelo uso de fungicidas contendo ou não zinco, nem pelo modo de aplicação do fertilizante, enquanto o teor de ferro (Quadro 31) foi afetado significativamente apenas pelo modo de aplicação do fertilizante. Os conteúdos de fósforo, cálcio, magnésio, cobre e ferro (Quadros 32 e 33) nos tubérculos não foram afetados pelo uso de fungicidas contendo zinco e nem pelo modo de aplicação do fertilizante, enquanto as quantidades de zinco (Quadro 29) e de manganês (Quadro 33) removidas pelos tubérculos foram afetadas pelo uso de fungicidas contendo ou não zinco.

As quantidades de nutrientes removidas pelos tubérculos dependem da produção e dos teores de nutrientes nos tubérculos, ambos variando consideravelmente com o solo, o ano, a adubação e a cultivar (ROCHA, 1995). No presente trabalho, assumindo-se a densidade de 41.667 plantas ha⁻¹ na média dos tratamentos nos quais foram pulverizados fungicidas contendo zinco, houve a retirada pelos tubérculos, expressa por hectare, de 157 g de Zn, 20 kg de P, 3,2 kg de Ca, 10 kg de Mg, 46,3 g de Cu, 410 g de Fe e 96,3 g de Mn. ROCHA (1995) encontrou, na cultivar Baraka, 10,17 kg de P, 1,20 kg de Ca e 3,16 kg de Mg, por hectare, para a produtividade de 24,44 t ha⁻¹.

4.12. Considerações finais

Buscaram-se índices que tenham tido a mesma resposta que a produtividade de tubérculos em função dos tratamentos, isto é, que não tenham sido influenciados pelo modo de aplicação do fertilizante e sim pelo uso de fungicidas contendo ou não zinco. Os resultados foram produção de matéria seca da quarta folha aos 45 DAE e teor de zinco total na quarta folha aos 20 DAE.

Quadro 29 – Teores e conteúdos de zinco nas matérias secas dos tubérculos em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco

Fungicida	Modo de Aplicação	Teor	CV	Conteúdo
		-----(mg kg^{-1})-----		-----(mg planta^{-1})-----
Com Zn	Testemunha	21,63	0,048	3,34
	Solo	21,40	0,046	3,63
	Foliar	23,83	0,045	3,98
	Solo+foliar	25,85	0,050	4,11
Sem Zn	Testemunha	19,28	0,052	3,09
	Solo	19,28	0,051	2,99
	Foliar	22,78	0,047	3,37
	Solo+foliar	24,25	0,051	3,64

Com Zn	•	23,18 A	0,047	3,77 A
Sem Zn	•	21,39 B	0,050	3,27 B
•	Testemunha	20,45 b	0,050	3,21
•	Solo	20,34 b	0,049	3,31
•	Foliar	23,30 ab	0,046	3,68
•	Solo+foliar	25,05 a	0,050	3,87
CV % parcelas		3,80		8,99
CV % subparcelas		9,54		13,35

Letras maiúsculas comparam o uso de fungicidas contendo ou não zinco, e letras minúsculas comparam o modo de aplicação do fertilizante. Em cada coluna, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula ou minúscula não expressam diferenças significativas a 5% de probabilidade, pelos testes F e de Tukey, respectivamente.

Quadro 30 – Teores de fósforo, cálcio e magnésio na matéria seca dos tubérculos em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco

Fungicida	Modo de Aplicação	P	Ca	Mg
		----- (dag kg ⁻¹) -----		
Com Zn	Testemunha	0,32	0,048	0,135
	Solo	0,30	0,046	0,145
	Foliar	0,26	0,045	0,143
	Solo+foliar	0,30	0,050	0,153
Sem Zn	Testemunha	0,31	0,052	0,150
	Solo	0,30	0,051	0,158
	Foliar	0,30	0,047	0,153
	Solo+foliar	0,32	0,051	0,143

Com Zn	•	0,29	0,047	0,144
Sem Zn	•	0,31	0,050	0,151
•	Testemunha	0,31	0,050	0,143
•	Solo	0,30	0,049	0,151
•	Foliar	0,28	0,046	0,148
•	Solo+foliar	0,31	0,050	0,148
CV % parcelas		5,87	14,11	7,94
CV % subparcelas		9,68	12,56	8,37

Letras minúsculas representam o modo de aplicação do fertilizante a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 31 – Teores de cobre, ferro e manganês na matéria seca dos tubérculos em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco

Fungicida	Modo de Aplicação	Cu	Fe	Mn
		----- (mg kg ⁻¹) -----		
Com Zn	Testemunha	7,15	61,25	14,15
	Solo	7,53	56,25	14,28
	Foliar	5,95	73,48	14,40
	Solo+foliar	6,45	49,45	13,50
Sem Zn	Testemunha	6,10	70,03	13,53
	Solo	6,28	59,40	13,08
	Foliar	6,55	73,65	15,20
	Solo+foliar	6,50	67,05	14,98

Com Zn	•	6,77	60,11	14,08
Sem Zn	•	6,36	67,53	14,19
•	Testemunha	6,63	65,64 ab	13,84
•	Solo	6,90	57,83 b	13,68
•	Foliar	6,25	73,56 a	14,80
•	Solo+foliar	6,48	58,25 ab	14,24
CV % parcelas		15,14	21,21	21,69
CV % subparcelas		11,60	21,20	17,19

Letras minúsculas comparam o modo de aplicação do fertilizante a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 33 – Conteúdos de cobre, ferro e manganês nos tubérculos de cada planta

Quadro 32 – Conteúdos de fósforo, cálcio e magnésio nos tubérculos de cada planta em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco

Fungicida	Modo de Aplicação	P	Ca	Mg
		----- (g planta ⁻¹) -----		
Com Zn	Testemunha	0,49	0,074	0,21
	Solo	0,50	0,078	0,25
	Foliar	0,44	0,076	0,24
	Solo+foliar	0,48	0,080	0,24
Sem Zn	Testemunha	0,50	0,084	0,24
	Solo	0,47	0,080	0,25
	Foliar	0,44	0,069	0,23
	Solo+foliar	0,47	0,076	0,21

Com Zn	•	0,48	0,077	0,24
Sem Zn	•	0,47	0,077	0,23
•	Testemunha	0,50	0,079	0,23
•	Solo	0,48	0,079	0,25
•	Foliar	0,44	0,073	0,23
•	Solo+foliar	0,48	0,078	0,23
CV % parcelas		11,78	17,36	4,18
CV % subparcelas		14,31	17,83	14,09

teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 33 – Conteúdos de cobre, ferro e manganês nos tubérculos de cada planta em função do uso de fungicidas contendo ou não zinco e do modo de aplicação do fertilizante contendo zinco

Fungicida	Modo de Aplicação	----- (mg planta ⁻¹) -----		
		Cu	Fe	Mn
Com Zn	Testemunha	1,10	9,48	2,18
	Solo	1,30	9,53	2,43
	Foliar	1,03	12,43	2,50
	Solo+foliar	1,03	7,93	2,15
Sem Zn	Testemunha	1,00	11,25	1,68
	Solo	0,98	9,25	1,80
	Foliar	0,98	10,83	1,73
	Solo+foliar	0,98	10,03	1,58
Com Zn	•	1,11	9,84	2,31 A
Sem Zn	•	0,98	10,34	1,69 B
•	Testemunha	1,05	10,36	1,93
•	Solo	1,14	9,39	2,11
•	Foliar	1,00	11,63	2,11
•	Solo+foliar	1,00	8,98	1,86
CV % parcelas		14,43	13,26	19,35
CV % subparcelas		14,65	20,30	24,42

Letras maiúsculas comparam o uso de fungicidas contendo ou não zinco pelo teste F a 5% de probabilidade.

Porém, os valores de matéria seca da quarta folha, ao invés de aumentarem com o uso de fungicidas contendo Zn, como aconteceu com o teor de zinco total na quarta folha, decresceram. Portanto, parece ser o zinco total na quarta folha aos 20 DAE indicativo da produtividade de tubérculos, considerando-se o estado nutricional da batateira quanto ao zinco.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a resposta da batateira ao uso de fungicidas contendo ou não Zn e ao modo de aplicação deste na forma de fertilizante. Foi conduzido um experimento no delineamento em blocos casualizados, com as parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas (duas) ficaram os programas de aplicação de fungicidas (fungicidas contendo ou não Zn), enquanto nas subparcelas (quatro) ficou o modo de fertilização com Zn (testemunha sem receber Zn e aplicação de Zn no solo, na folha e no solo e na folha). Em cada programa foram feitas sete aplicações dos fungicidas. No tratamento Zn no solo, este foi colocado nos sulcos, no momento do plantio, na dosagem de 4 kg ha^{-1} . Nas aplicações foliares foi usada uma solução contendo $0,5 \text{ g L}^{-1}$ de Zn, as quais foram feitas aos 20 e aos 45 dias após a emergência (DAE), imediatamente após a colheita de uma planta por subparcela. Depois da secagem completa da parte aérea, 90 dias após a emergência procedeu-se à colheita dos tubérculos.

De acordo com os resultados do presente trabalho, concluiu-se que:

- O crescimento da planta, representado pelo comprimento do caule, número de caules e número de tubérculos, aos 20 e aos 45 DAE, não foi

influenciado pelo uso de fungicidas contendo ou não Zn e nem pelo modo de aplicação do fertilizante;

as produções de matérias secas da parte aérea, dos tubérculos e da quarta folha, aos 20 DAE, não foram influenciadas pelo uso de fungicidas contendo ou não Zn e nem pelo modo de aplicação do fertilizante. Aos 45 DAE, a produção de matéria seca da quarta folha foi afetada apenas pelo uso de fungicidas contendo ou não Zn;

os teores de Zn solúvel na quarta folha, aos 20 DAE, foram influenciados pelo uso de fungicidas contendo ou não Zn e pelo modo de aplicação do fertilizante, enquanto os conteúdos de zinco solúvel não foram afetados pelos tratamentos. Aos 45 DAE, os modos de aplicação do fertilizante afetaram os teores e os conteúdos de Zn solúvel na quarta folha;

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a resposta da batateira ao uso de fungicidas contendo ou não Zn e ao modo de aplicação deste na forma de fertilizante. Foi conduzido um experimento no delineamento em blocos casualizados, com as parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas (duas) ficaram os programas de aplicação de fungicidas (fungicidas contendo ou não Zn); enquanto nas subparcelas (quatro) ficou o modo de fertilização com Zn (testemunha sem receber Zn e aplicação de Zn no solo, na folha e no solo e na folha). Em cada programa foram feitas sete aplicações dos fungicidas. No tratamento Zn no solo, este foi colocado nos sulcos, no momento do plantio, na dosagem de 4 kg ha^{-1} . Nas aplicações foliares foi usada uma solução contendo $0,5 \text{ g L}^{-1}$ de Zn, as quais foram feitas aos 20 e aos 45 dias após a emergência (DAE), imediatamente após a colheita de uma planta por subparcela. Depois da secagem completa da parte aérea, 90 dias após a emergência procedeu-se à colheita dos tubérculos.

De acordo com os resultados do presente trabalho, concluiu-se que:

- O crescimento da planta, representado pelo comprimento do caule, número de caules e número de tubérculos, aos 20 e aos 45 DAE, não foi

influenciado pelo uso de fungicidas contendo ou não Zn e nem pelo modo de aplicação do fertilizante;

- as produções de matérias secas da parte aérea, dos tubérculos e da quarta folha, aos 20 DAE, não foram influenciadas pelo uso de fungicidas contendo ou não Zn e nem pelo modo de aplicação do fertilizante. Aos 45 DAE, a produção de matéria seca da quarta folha foi afetada apenas pelo uso de fungicidas contendo ou não Zn;

- os teores de Zn solúvel na quarta folha, aos 20 DAE, foram influenciados pelo uso de fungicidas contendo ou não Zn e pelo modo de aplicação do fertilizante, enquanto os conteúdos de zinco solúvel não foram afetados pelos tratamentos. Aos 45 DAE, os modos de aplicação do fertilizante afetaram os teores e os conteúdos de Zn solúvel na quarta folha;

- os teores de Zn total na parte aérea, nos tubérculos e na quarta folha, aos 20 DAE, não foram afetados estatisticamente pelo modo de aplicação do fertilizante. Porém, o uso de fungicidas contendo ou não Zn afetou os teores de Zn total na quarta folha, enquanto os conteúdos de Zn total não foram afetados pelos tratamentos. Aos 45 DAE, o modo de aplicação do fertilizante afetou os teores de Zn total na parte aérea, nos tubérculos e na quarta folha e, também, os conteúdos de Zn total na parte aérea e na quarta folha;

- os teores de Zn solúvel e total nas folhas, aos 49 DAE, foram afetados apenas pelo modo de aplicação do fertilizante, enquanto nos caules os tratamentos não afetaram os teores de Zn solúvel e total;

- os teores de P, Ca, Mg, Cu, Fe e Mn na parte aérea e na quarta folha, aos 20 e aos 45 DAE, não foram afetados pelos tratamentos;

- a produção de tubérculos aumentou com o uso de fungicidas contendo ou não Zn, atingindo os valores médios de $44,2 \text{ t ha}^{-1}$ e $40,1 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente; e

- os teores de P, Ca, Mg, Cu e Mn na matéria seca dos tubérculos, na colheita, não foram afetados pelos tratamentos.

BRAGA, J.M., DIFELINA, B.V. Determinação espectrofotométrica de zinco em extratos de solos e material vegetal. *Revista Ceres*, v. 21, n. 133, p. 73-85, 1974.

BRENNAN, R.F., ARMOUR, J.D., REUTER, D.J. Diagnosis of zinc deficiency. In: ROBSON, A.D. (Ed.) *Zinc in soils and plants*. Australia: Kluwer Academic, 1993. p. 167-171.

BROWN, A.L., KRANTZ, B.A., BIDDINGS, J.L. Zinc-phosphorus interactions as measured by plant response and soil analysis. *Soil Science*, v. 110, n. 6, p. 415-420, 1970.

BUKOVAC, M.J. Effect of zinc deficiency on the availability of foliar applied nutrients. *Plant Physiology*, v. 32, n. 6, p. 426-435, 1957.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, J.L. Efeitos das macronutrientes no desenvolvimento e na absorção mineral de batatas (*Solanum tuberosum* L. var. Maris Piper).

ABREU, C.A. Análise de solo para micronutrientes. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, n. 3, p. 128-130, 1995.

ALVAREZ, J.M., OBRADOR, A., RICO, M.I. Effects of chelated zinc, soluble and coated fertilizers on soil zinc status and zinc nutrition of maize. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 27, n. 1/2, p. 7-19, 1996.

CASAK, S., BUDDE, W., MARSHNER, H., GRAYSON, R.D. *Text of Association of Official Analytical Chemists - AOAC. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists*. 12.ed. Washington, D.C., 1975. 1094p.

AZCUE, J., MUDROCH, A. Comparison of different washing, ashing, and digestion methods for the analysis of trace elements in vegetation. **Journal Environmental Analysis Chemistry**, v. 57, p. 151-162, 1994.

BAR-AKIVA, A., LAVON, R. Carbonic anhydrase activity as an indicator of zinc deficiency in citrus leaves. **The Journal Horticultural Science**, v. 44, n. 4, p. 359-362, 1969.

BAR-YOSEF, B. pH-dependent zinc adsorption by soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 43, n. 5, p. 1095-1099, 1979.

BOAWN, L.C., LEGGETT, G.E. Zinc deficiency of the Russet Burbank potato. **Soil Science**, v. 95, n. 1, p. 137-141, 1963.

BOAWN, L.C., LEGGETT, G.E. Phosphorus and zinc concentrations in Russet Burbank potato tissues in relation to development of zinc deficiency symptoms. **Soil Science Society Proceedings**, v. 28, n. 1, p. 229-232, 1964.

- BRAGA, J.M., DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e material vegetal. **Revista Ceres**, v. 21, n. 133, p. 73-85, 1974.
- BRENNAN, R.F., ARMOUR, J.D., REUTER, D.J. Diagnosis of zinc deficiency. In: ROBSON, A.D. (Ed.). **Zinc in soils and plants**. Austrália: Kluwer Academic, 1993. p. 167-171.
- BROWN, A.L., KRANTZ, B.A., EDDINGS, J.L. Zinc-phosphorus interactions as measured by plant response and soil analysis. **Soil-Science**, v. 110, n. 6, p. 415-420, 1970.
- BUKOVAC, M.J., WITWER, S.H. Absorption and mobility of foliar applied nutrients. **Plant Physiology**, v. 32, n. 6, p. 428-435, 1957.
- CASTRO, J.L. **Efeitos dos macronutrientes no desenvolvimento e na composição mineral da batatinha (*Solanum tuberosum* L. var. Bintje)**. Piracicaba, SP: ESALQ, 1979. 101p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1979.
- CAKMAK, I., MARSCHNER, H. Mechanism of phosphorus-induced zinc deficiency in Cotton. III. Changes in physiological availability of zinc in plants. **Physiology Plantarum**, v. 70, n. 1, p.13-20, 1987.
- CAKMAK, S., GÜLÜT, K.Y., MARSCHNER, H., GRAHAM, R.D. Effect of zinc and iron deficiency on phytosiderophore release in wheat genotypes differing in zinc efficiency. **Journal of Plant Nutrition**, v. 17, n. 1, p.1-17, 1994.
- CHISHOLM, D., MACEACHERN, C.R. Zinc for potatoes in Nova Scotia. **Canadian Journal of Agricultural Science**, v. 34, n. 6, p. 598-600, 1954.
- CHRISTENSEN, N.W., JACKSON, T.L. Potential for phosphorus toxicity in zinc stressed corn and potato. **Soil Science Society of America Journal**, v. 45, n. 5, p. 904-909, 1981.
- COGLIATTI, D.H., ALCOCER, N., SANTA MARIA, G.E. Effect of phosphorus concentration on Zinc⁶⁵ uptake in *Gaudinia fragilis*. **Journal of Plant Nutrition**, v. 14, n. 5, p. 443-452, 1991.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas gerais: 4ª Aproximação**. Lavras: 1989. 176p.

- DUGUMA, B., KANG, B.T., OKALI, D.U.U. Effect of liming and phosphorus application on performance of *Leucaena leucocephala* in acid soils. **Plant and Soil**, v. 110, n.1, p. 57-61, 1988.
- ELLIS, N.K. Effect of zinc sulphate added to copper-lime spray on the yield of potatoes on Indiana muck soil. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 9, n. 4, p. 131-132, 1945.
- FAO. PRODUCTION YEARBOOK. Roma, v.50, 1996. 325p.
- FAVARO, J.R.A. **Crescimento e produção de *Coffea arabica* L em resposta a nutrição foliar de zinco na presença de cloreto de potássio**. Viçosa, MG: UFV, 1992. 91p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1992.
- FERRADON, M., CHAMEL, A.R. Cuticular retention, foliar absorption and translocation of Fe, Mn, and Zn supplied in organic and inorganic form. **Journal of Plant Nutrition**, v. 7, n. 3, p. 248-63, 1988.
- FILGUEIRA, F.A.R. Nutrição mineral e adubação em bataticultura no centro-sul. In: FERREIRA, M.E., CASTELLANE, P.D., CRUZ, M.C.P. (Eds.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba, SP: POTAFOS, 1993. p. 401-429.
- FONTES, P.C.R., PAULA, M.B., MIZUBUTI, A. Produtividade da batata sob influência de níveis do fertilizante 4-14-8 e do superfosfato simples. **Revista Ceres**, v. 34, n. 191, p. 90-98, 1987.
- FRANCO, I.A.L. **Translocação e compartimentação de Zn em Cafeeiro e Feijoeiro, aplicado via raízes e folhas**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 68p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- FRIESEN, D.K., MILLER, M.H., JUO, A.S.R. Liming and lime-phosphorus-zinc interactions in two Nigerian ultisols II. Effects on maize root and shoot growth. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, n. 6, p. 1227-1232, 1980.
- GALRÃO, E.Z., MESQUITA FILHO, M.V. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 5, n. 3, p. 167-170, 1981.
- GARGANTINI, H., BLANCO, G., GALLO, J.R., NOBREGA, S.A. Absorção de nutrientes pela batateira. **Bragantia**, v. 22, n. 22, p. 267-289, 1963.

- GERALDSON, G.M., KLACAN, G.R., LORENZ, O.A. Plant analysis as an acid in fertilizing vegetable crops. In: WALSH, L.M., BEATON, J.D. (Eds.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p. 365-379.
- GRANT, C.A., BAILEY, L.D. Interactions of zinc with banded and broadcast phosphorus fertilizer on the dry matter and seed yield of oilseed flax. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 73, n. 1, p. 7-16, 1993.
- GROVE, J.H., SUMMER, M.E. Lime induced magnesium stress in corn: impact of magnesium and phosphorus availability. **Soil Science Society of America Journal**, v. 49, n. 5, p. 1192-1196, 1985.
- GRUNES, D.L., BOAWN, L.C. CARLSON, C.W., VIETS JUNIOR, F.G. Zinc deficiency of corn and potatoes as related to soil and plant analysis. **Agronomy Journal**, v. 53, n. 2, p. 68-71, 1961.
- GUIMARÃES, P.T.G., CARVALHO, J.G., MELLES, C.C.A., MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do cafeeiro, XXXVIII. Efeitos da aplicação foliar de doses de sulfato de zinco na produção e composição mineral das folhas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Anais ESALQ**, v. 40, n. 1, p. 497-507, 1983.
- HOYMAN, W.G. The effect of zinc-containing dusts and sprays on the yield of potatoes. **American Potato Journal**, v. 26, n. 1, p. 256-263, 1949.
- IORIO, A.F., GORGOSEHIDE, L., RENDINA, A., BARROS, M.J. Effect of phosphorus, copper, and zinc addition on the phosphorus/copper and phosphorus/zinc interactions in lettuce. **Journal of Plant Nutrition**, v. 19, n. 3/4, p. 481-491, 1996.
- JONES JUNIOR, J.B. Plant tissue analysis in micronutrients. In: MORTVEDT, J.J., COX, F.R., SHUMAN, L.M., WELCH, R.M. (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 478-521.
- JONES JUNIOR, J.B., WELF, B., MILLS, H.A. **Plant analysis handbook**. Athens: Micro-Macro, 1991. 312p.
- JOHNSON, C.M., ULRICH, A. **Analytical methods for use in plants analysis**. Los Angeles: University of California, 1959. p.32-33. (Bulletin, 766).
- JYUNG, W.H., EHMANN, A., SCHLENDER, K.K, SCALA, J. Zinc nutrition and starch metabolism in *Phaseolus vulgaris* L. **Plant Physiology**, v. 55, n. 3, p. 414-420, 1975.

- KALBASI, M., RACZ, G., LOWEN-RUDGERS, L.A. Mechanism of zinc adsorption by iron and aluminum oxides. **Soil Science**, v. 125, n. 1, p. 146-150, 1978.
- KARIMIAN, N. Effect of nitrogen and phosphorus on zinc nutrition of corn in a calcareous soil. **Journal of Plant Nutrition**, v. 18, n. 10, p. 2261-2271, 1995.
- KUO, S., BAKER, A.S. Sorption of copper, zinc, and cadmium by some acid soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, n. 5, p. 969-974, 1980.
- LEECE, D.R. Distribution of physiologically inactive zinc in maize growing on a black earth soil. **Australian Journal Agricultural Research**, v. 29, n. 4, p. 749-758, 1978.
- LEWIS, D.C., HAWTHORNE, W.A. Critical plant and seed concentrations of phosphorus and zinc for predicting response of faba beans (*Vicia faba*). **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 36, n. 4, p. 479-84, 1996.
- LINDSAY, W.L. Inorganic phase equilibrium of micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J.J., GIORDANO, P.M., LINDSAY, W.L. (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society America, 1972. p. 41-57.
- LOPES, A.S. Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes referência agronômicas e preparo de fertilizantes. In: FERREIRA, M.E., CASTELLANE, P.D., CRUZ, M.C.P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, SP: POTAFOS, 1991. p. 357- 372.
- LONERAGAN, J.F., GROVE, T.S., ROBSON, A.D., SNOWBALL, K. Phosphorus toxicity as a factor in Zn-P interactions in plants. **Soil Science Society of America Journal**, v. 43, n. 2, p. 966-972, 1979.
- LONERAGAN, J.F., GRUNES, D.L., WELCH, R.M., ADUAYI, E.A., TENGAH, A., LAZAR, V.A., CARY, E.E. Phosphorus accumulation and toxicity in leaves to zinc supply. **Soil Science Society of America Journal**, v. 46, n. 2, p. 345-352, 1982.
- LONERAGAN, J.F., KIRK, G.J., WEBB, M.J. Translocation and function of zinc in roots. **Journal of Plant Nutrition**, v. 10, n. 9-16, p. 1247-1254, 1987.
- MACEDO, M.C.M. **Absorção de nutrientes por cultivares nacionais da batatinha (*Solanum tuberosum* L.)**. Piracicaba: ESALQ, 1976. 97p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1976.

- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MANRIQUE, L.A. Constraints for potato productions in tropics. **Journal of Plant Nutrition**, v. 16, n.11, p. 2075-2120, 1993.
- MARSCHNER, H. Zinc uptake from soils. In: ROBSON, A.D. (Ed.). **Zinc in soils and plants**. 1993. p. 59-71.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 889p.
- MARSCHNER, H., ÇAKMAK, I. High light intensity enhances chlorosis and necrosis in leaves of zinc, phosphorus and magnesium deficient bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plant. **Journal Plant Physiology**, v. 134, n. 3, p. 308-315, 1989.
- MENGEL, K., KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Berna: IPI, 1987. 687p.
- MILLS, H.A., JONES JUNIOR, J.B. **Plant analysis handbook II**. Athens, Georgia: MicroMacro, 1996. 422p.
- MORAGHAN, J.T., MASCAGNI JUNIOR, H.J. Environmental and soil factors affecting micronutrient deficiencies and toxicities. In: MORTVEDT, J.J., COX, F.R., SHUMAN, L.M., WELCH, R.M. (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. 2. ed. Madison: Soil Science Society America, 1991. p. 371-411.
- MORENA, I., GUILLEN, A., MORAL, L.F.G. Yield development in potatoes as influenced by cultivars and the timing and level of nitrogen fertilization. **American Potato Journal**, v. 71, n. 3, p. 165-173, 1994.
- MURPHY, L.S., WALSH, L.M. Correction of micronutrient deficiencies with fertilizers. In: MORTVEDT, J.J., GIORDANO, P.M., LINDSAY, W.L. (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society America, 1972. p. 347-381.
- NEPTUNE, A.M.L., SUHET, A.R. Efeito do ferro (^{59}Fe) e do zinco (^{65}Zn) e da natureza de três tipos de solos na produção de matéria seca e na composição química do feijoeiro cv. carioca e na fixação de nitrogênio atmosférico por esta leguminosa. **Anais da Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz"**, v. 36, n. 1, p. 1-42. 1979.
- NEVES, J.C.L. **Micronutrientes**. Brasília, DF: ABEAS, 1994. 26p. (Curso por tutoria à distância. Curso de fertilidade e manejo do solo. Módulo 10).

- OBATA, H., UMEBAYASHI, M. Effect of zinc deficiency on protein synthesis in cultured tobacco plant cells. **Soil Science Plant Nutrition**, v. 34, n. 3. p. 351-357, 1988.
- OLSEN, S.R. Micronutrient interaction. In: MORTVEDT, J.J., GIORDANO, P.M., LINDSAY, W.L. (Eds.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society America, 1972. p. 243-261.
- PARKER, M.B., WALKER, M.E. Soil pH and manganese nutrition of peanut. **Agronomy Journal**, v. 78, n. 4, p. 614-620, 1986.
- PASRISHA, N.S., BADDESHA, H.S., AULAKH, M.S., NAYYAR, V.K. The zinc quantity - intensity relationships in four different soils as influenced by phosphorus. **Soil Science**, v. 143, n. 1, p. 1-4, 1987.
- PAULA, M.B., FONTES, P.C.R., NOGUEIRA, F.D. Produção de matéria seca e absorção de macronutrientes por cultivares de batata. **Horticultura brasileira**, v. 4, n. 1, p.10-16, 1986.
- PAULI, A.W., ELLIS JUNIOR, R., MOSER, H.C. Zinc uptake and translocation as influenced by phosphorus and calcium carbonate. **Agronomy Journal**, v. 60, n. 4, p. 394-396, 1968.
- PRASAD, B., SINHA, M.K. The relative efficiency of zinc carriers on growth and zinc nutrition of corn. **Plant and Soil**, v. 62, n. 1, p. 45-52, 1981.
- PEARSON, J.N., RENGEL, Z. Distribution and remobilization of Zn and Mn during grain development in wheat. **Journal Experimental Botany**, v. 45, n. 281, p. 1829-1835, 1994.
- PEASLEE, D.E., ISARANGKURA, R., LEGGETT, J.E. Accumulation and translocation of zinc by two cultivars. **Agronomy Journal**, v.73, n. 4, p. 729-732, 1981.
- RENGEL, Z., GRAHAM, R.D. Importance of seed Zn content for wheat growth on Zn-deficient soil. I. Vegetative growth. **Plant and Soil**, v. 173, n. 2, p. 259-266, 1995a.
- RENGEL, Z., GRAHAM, R.D. Importance of seed Zn content for wheat growth on Zn-deficient soil. II. Grain Yield. **Plant and Soil**, v. 173, n. 2, p. 267-274, 1995b.

- REIS JÚNIOR, R. dos A. **Produção, qualidade de tubérculos e teores de potássio no solo e no pecíolo de batateira em resposta à adubação potássica.** Viçosa, MG: UFV, 1995. 108p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- ROBSON, AD., PITMAN, M.G. Interactions between nutrients in higher plants. In: LAUCHLI, A., BIESLESKI, R.L. (Eds.). **Encyclopedia of plant physiology.** Berlin. New York: Springer-Verlag, 1983. v.15A, p.147-180.
- ROCHA, F.A.T. **Crescimento, produção e qualidade de tubérculos de batata em função da fertilização fosfatada.** Viçosa, MG: UFV, 1995. 77p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- RÖMHELD, V., MARSCHNER, H. Functions of Micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J.J., COX, F.R., SHUMAN, L.M., WELCH, R.M. (Eds.). **Micronutrients in agriculture.** 2.ed. Madison.: Soil Science Society America, 1991. p. 297-324.
- SAEED, M., FOX, R.L. Influence of phosphate fertilization on zinc adsorption by tropical soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 43, n. 4, p. 683-686, 1979.
- SHARMA, V.K., KRANTZ, D.A., BROWN, A.L., QUICK, J. Interaction of Zn and P with soil temperature in rice. **Agronomy Journal**, v. 60, n. 6, p. 652-655, 1968.
- SHUMAN, L.M. Zinc adsorption isotherma for soil clays with and without iron oxid removed. **Soil Science Society of America Journal**, v. 40, n. 3. p. 349-352, 1976.
- SINGH, J.P., KARAMANOS, R.E., STEWAT, J.W.B. The mechanism of phosphorus - induced zinc deficiency in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) **Canadian Journal of Soil Science**, v. 68, n. 2, p. 345-358, 1988.
- TERMAN, G.L., GIORDANO, P.M., ALLEN, S.E. Relationships between dry matter yields and concentrations of Zn and P in young corn plants. **Agronomy Journal**, v. 64, n. 5, p. 684-687, 1972.
- ULRICH, A. Physiological basis for assessing the nutritional requeriments of plants. **Annals Review Plant Physiology**, v. 3, n. 1, p. 207-288, 1952.
- VOLKWEISS, S.J. Fontes e métodos de aplicação. In: FERREIRA, M.E., CASTELLANE, P.D., CRUZ, M.C.P. (Eds.). **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba: POTAFOS, 1991. p. 391-409.

- WALWORTH, J.L., MUNIZ, J.E. A compendium of tissue nutrient concentrations for field-grown potatoes. **American Potato Journal**, v. 70, n. 8, p. 579-597, 1993.
- WEBB, M.J., LONERAGAN, J.F. Effect of zinc deficiency on growth, phosphorus concentration, and phosphorus toxicity of wheat plants. **Soil Science Society of America Journal**, v. 52, n. 6, p. 1676-1680, 1988.
- WELCH, R.M., NORVELL, W.A. Growth and nutrient uptake by barley (*Hordeum vulgare* L. cv. Herta): Studies Using an N-(2-Hydroxyethyl ethylenedinitrilotriacetic) Acid-Buffered Nutrient Solution Technique. II. Role of zinc in the uptake and root leakage of mineral nutrients. **Plant Physiology**, v. 101, n. 2, p. 627-631, 1993.
- YILMAZ, A., EKIZ, H., TORUN, B., GULTEKIN, I., KARANLIK, BAGCI, S., CAKMAK, A. Effect of different Zn application methods on grain yield and Zn concentration in wheat cultivars grown on Zn-deficient calcareous soils. **Journal of Plant Nutrition**, v. 20, n. 4/5, p. 461-471, 1997.
- YOUNGDAHL, L.J., SVEC, L.V., LIEBHARDT, W.C., TEEL, M.R. Changes in the Zinc-65 distribution in corn root tissue with a phosphorus variable. **Crop Science**, v. 17, n. 1, p. 66-69, 1977.

APÊNDICE

Quadro 1A – Resumo da análise de variância dos dados comprimento do caule (CC), número de caules (NC) e número de tubérculos aos 20 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio		
		CC	NC	NT
Blocos	3	18,9546	0,3648	1,8646
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	13,7813	0,0313	47,5313
Resíduo (a)	3	16,0313	1,6146	34,6979
Parcelas	7	16,9241	0,8227	22,4598
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	16,7813	0,1146	2,5313
Interação P x M	3	7,2813	1,5313	17,6979
Resíduo (b)	10	24,8546	1,8007	11,5035
CV % parcelas		8,67	35,36	42,17
CV % subparcelas		10,30	35,21	24,28

APÊNDICE

Quadro 2A – Resumo da análise de variância dos dados comprimento do caule (CC), número de caules (NC) e número de tubérculos aos 45 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio		
		CC	NC	NT
Blocos	3	59,3333	1,7500	54,3813
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	0,1250	2,1250	0,7813
Resíduo (a)	3	55,4583	0,8750	14,0313
Parcelas	7	1,5714	29,3854	16,9241
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	41,0000	1,3333	1,1146
Interação P x M	3	19,4583	0,7917	7,3646
Resíduo (b)	10	16,3069	1,7014	16,3507
CV % parcelas		16,20	24,94	28,34
CV % subparcelas		19,87	24,78	20,59

APÊNDICE

Quadro 1A – Resumo da análise de variância dos dados comprimento do caule (CC), número de caules (NC) e número de tubérculos aos 20 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio		
		CC	NC	NT
Blocos	3	18,8646	0,3646	1,8646
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	13,7813	0,0313	47,5313
Resíduo (a)	3	16,0313	1,6146	34,6979
Parcelas	7	16,9241	0,8227	22,4598
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	16,7813	0,1146	2,5313
Interação P x M	3	7,2813	1,5313	17,6979
Resíduo (b)	18	24,8646	1,6007	11,5035
CV % parcelas		8,67	35,36	42,17
CV % subparcelas		10,80	35,21	24,28

Quadro 2A – Resumo da análise de variância dos dados comprimento do caule (CC), número de caules (NC) e número de tubérculos aos 45 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio		
		CC	NC	NT
Blocos	3	59,3333	1,7500	54,2813
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	0,1250	3,1250	0,7813
Resíduo (a)	3	37,4583	0,8750	14,0313
Parcelas	7	1,5714	29,3884	16,9241
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	41,0000	1,3333	1,1146
Interação P x M	3	10,4583	0,7917	7,3646
Resíduo (b)	18	36,5069	1,7014	16,3507
CV % parcelas		10,20	24,94	28,34
CV % subparcelas		10,07	34,78	30,59

Quadro 3A – Resumo da análise de variância dos dados produção de matéria seca da parte aérea (PA), tubérculos (T) e quarta folha (QF) aos 20 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio		
		PA	T	QF
Blocos	3	16,5560	45,5999	0,1114
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	46,9577	69,0078	0,1070
Resíduo (a)	3	51,7075	31,6179	0,0788
Parcelas	7	35,9640	42,9516	0,0968
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	23,8164	2,6950	0,0683
Interação P x M	3	56,1505	19,0318	0,1123
Resíduo (b)	18	47,5378	62,2755	0,0514
CV % parcelas		30,28	53,38	26,11
CV % subparcelas		29,04	74,92	21,09

Quadro 4A – Resumo da análise de variância dos dados produção de matéria seca da parte aérea (PA), tubérculos (T) e quarta folha (QF) aos 45 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio		
		PA	T	QF
Blocos	3	13,8543	1155,2557	0,0820*
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	45,9361	161,0564	0,6272**
Resíduo (a)	3	148,6239	3226,5216	0,0067
Parcelas	7	76,1958	1900,9126	0,1276
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	23,6333	1105,0273	0,1553
Interação P x M	3	41,8690	1855,8506	0,0242
Resíduo (b)	18	86,6618	1344,8441	0,0653
CV % parcelas		41,39	51,48	5,03
CV % subparcelas		31,60	33,24	15,69

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 5A – Resumo da análise de variância dos dados teor (TZnS) e conteúdo (CZnS) de zinco solúvel aos 20 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio	
		TZnS	CZnS
Blocos	3	4,3443	55,4128
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	217,5698*	528,93780
Resíduo (a)	3	10,0531	85,4511
Parcelas	7	37,2517	135,9200
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	38,2635*	94,8111
Interação P x M	3	23,9587	9,3595
Resíduo (b)	18	10,6218	38,9820
CV % parcelas		17,12	45,78
CV % subparcelas		17,60	30,92

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 6A – Resumo da análise de variância dos dados teor (TZnS) e conteúdo (CZnS) de zinco solúvel aos 45 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio	
		TZnS	CZnS
Blocos	3	27,2419	165,6228
Programa de aplicação dos fungicidas (P)	1	640,4620	292,2153
Resíduo (a)	3	110,7699	434,4578
Parcelas	7	1554,4975	298,9224
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	978,0279**	3816,4328**
Interação P x M	3	51,3773	130,3828
Resíduo (b)	18	31,4673	229,9456
CV % parcelas		35,36	42,60
CV % subparcelas		18,85	30,99

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Quadro 7A – Resumo da análise de variância dos dados de teor de zinco total nas matérias secas da parte aérea (PA), dos tubérculos (T) e da quarta folha (QF) aos 20 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio		
		PA	T	QF
Blocos	3	149,2303	18,4084	7,2445
Programa de aplicação de fungicidas (P)	1	435,0513	43,2915	367,4761*
Resíduo (a)	3	474,1963	20,1445	34,2088
Parcelas	7	329,3330	22,7072	70,2623
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	18,9755	24,5433	18,6109
Interação P x M	3	115,6028	43,0161	20,0290
Resíduo (b)	18	247,5194	14,8376	17,8467
CV % parcelas		29,25	23,82	13,25
CV % subparcelas		21,13	20,44	9,57

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 8A – Resumo da análise de variância dos dados de teor de zinco total nas matérias secas da parte aérea (PA), dos tubérculos (T) e da quarta folha (QF) aos 45 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio		
		PA	T	QF
Blocos	3	57,9134	5,7363	24,9293
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	1.826,3457	4,6895	285,0078
Resíduo (a)	3	321,6009	4,8978	901,2422
Parcelas	7	423,5553	5,2274	437,6417
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	6.093,5697**	44,6426**	22.224,1068**
Interação P x M	3	172,0488	1,0853	955,3984
Resíduo (b)	18	308,6964	2,0914	832,6866
CV % parcelas		19,89	14,49	33,07
CV % subparcelas		19,48	9,47	31,79

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Quadro 9A – Resumo da análise de variância dos dados de conteúdo de zinco total na parte aérea (PA), nos tubérculos (T) e na quarta folha (QF) aos 20 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio		
		PA	T	QF
Blocos	3	0,0637	0,0059	152,5921
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	0,0128	0,05120	1.202,9512
Resíduo (a)	3	0,1776	0,0138	284,9621
Parcelas	7	0,1052	0,0157	359,3734
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	0,1046	0,0051	219,9471
Interação P x M	3	0,4645	0,0094	191,1738
Resíduo (b)	18	0,3639	0,0207	117,6013
CV % parcelas		24,13	60,70	35,51
CV % subparcelas		34,53	74,26	22,81

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Quadro 10A – Resumo da análise de variância dos dados de conteúdo de zinco total na parte aérea (PA), nos tubérculos (T) e na quarta folha (QF) aos 45 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio		
		PA	T	QF
Blocos	3	0,1293	0,3693	1.101,9653
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	4,8361	0,0000	623,9278
Resíduo (a)	3	2,0538	1,0332	2.728,1461
Parcelas	7	1,6265	0,6011	1730,6089
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	6,5188**	0,3082	75.096,3303**
Interação P x M	3	0,0885	0,2515	3.664,9611
Resíduo (b)	18	1,2712	0,2970	4.369,1877
CV % parcelas		52,94	61,33	34,48
CV % subparcelas		41,65	32,88	43,64

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Quadro 11A – Resumo da análise de variância dos dados de teor de zinco solúvel (ZnS) e total (ZnT) na matéria seca da folha aos 49 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio	
		ZnS	ZnT
Blocos	3	6,7775	1.145,3665
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	35,8705	1.297,3145
Resíduo (b)	3	51,5475	1.718,6634
Parcelas	7	30,1208	2.472,3611
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	3.620,0935**	114.458,8509**
Interação P x M	3	49,2611	1.942,7936
Resíduo (b)	18	46,4481	1.363,3743
CV % parcelas		22,60	29,74
CV % subparcelas		21,45	26,49

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Quadro 12A – Resumo da análise de variância dos dados de teor de zinco solúvel (ZnS) e total (ZnT) na matéria seca do caule aos 49 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio	
		ZnS	ZnT
Blocos	3	53,5429	3.451,2188
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	205,0313	15.886,5313
Resíduo (a)	3	58,5862	8.246,6771
Parcelas	7	77,3455	7.282,8884
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	38,9306	2.390,5573
Interação P x M	3	117,8888	1.585,9948
Resíduo (b)	18	66,3701	1.576,1372
CV % parcelas		19,36	57,08
CV % subparcelas		20,61	24,95

Quadro 13A – Resumo da análise de variância dos dados de teor de fósforo na parte aérea (PA), nos tubérculos (T) e na quarta folha (QF) aos 20 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio		
		PA	T	QF
Blocos	3	0,0115	0,0005	0,0002
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	0,0113	0,0000	0,0015
Resíduo (a)	3	0,0142	0,0003	0,0017
Parcelas	7	0,0126	0,0004	0,0010
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	0,0043	0,0087**	0,0021
Interação P x M	3	0,0034	0,0017	0,0021
Resíduo (b)	18	0,0045	0,0007	0,0020
CV % parcelas		14,96	4,80	7,47
CV % subparcelas		8,39	6,98	8,06

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Quadro 14A – Resumo da análise de variância dos dados de teor de fósforo na parte aérea (PA), nos tubérculos (T) e na quarta folha (QF) aos 45 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio		
		PA	T	QF
Blocos	3	0,0012	0,0015	0,0040
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	0,0005	0,0053	0,0003
Resíduo (a)	3	0,0178	0,0017	0,0028
Parcelas	7	0,0082	0,0069	0,0029
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	0,0021	0,0039**	0,0007
Interação P x M	3	0,0014	0,0014	0,0048
Resíduo (b)	18	0,0048	0,0006	0,0019
CV % parcelas		29,01	11,64	14,19
CV % subparcelas		15,14	7,15	11,85

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Quadro 15A – Resumo da análise de variância dos dados de conteúdo de fósforo na parte aérea (PA), nos tubérculos (T) e na quarta folha (QF) aos 20 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio		
		PA	T	QF
Blocos	3	2.364,3961	821,9145	3,0900
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	5.689,7778	1.172,4903	2,0000
Resíduo (a)	3	1.774,4103	298,5611	3,6083
Parcelas	7	2.586,5996	647,7024	3,1564
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	2.697,2745	191,9678	3,2308
Interação P x M	3	3.637,1953	346,3828	2,2208
Resíduo (b)	18	3.486,2618	921,4914	2,2925
CV % parcelas		22,22	42,79	31,73
CV % subparcelas		31,15	75,18	25,29

Quadro 16A – Resumo da análise de variância dos dados de conteúdo de fósforo na parte aérea (PA), nos tubérculos (T) e na quarta folha (QF) aos 45 dias após a emergência da batateira

FV	GL	Quadrado Médio		
		PA	T	QF
Blocos	3	615,2017	25.550,4604	3,4336
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	286,8012	17.112,5000	6,9378
Resíduo (a)	3	5.541,9146	42.708,4608	0,8536
Parcelas	7	2.679,7357	31.698,4662	2,8285
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	1.035,5158	8.385,8254	2,4186
Interação P x M	3	744,8838	30.421,9708	1,8936
Resíduo (b)	18	2.045,3259	13.403,7809	1,6831
CV % parcelas		55,21	53,06	15,23
CV % subparcelas		33,54	29,73	21,39

Quadro 17A – Resumo da análise de variância dos dados de produção de tubérculos

FV	GL	Quadrado Médio
		Produção
Blocos	3	18,9021
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	132,2751**
Resíduo (a)	3	2,3754
Parcelas	7	28,0154
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	6,2150
Interação P x M	3	20,3787
Resíduo (b)	18	17,2018
CV % parcelas		3,66
CV % subparcelas		9,84

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Quadro 18A – Resumo da análise de variância dos dados de peso dos tubérculos nas classes 2, 3 e 4

FV	GL	Quadrado Médio		
		Classe 2	Classe 3	Classe 4
Blocos	3	0,7032	0,4425	4.855,5000
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	13,9326*	0,3003	38.088,0000
Resíduo (a)	3	1,2000	0,0555	12.272,1667
Parcelas	7	2,8060	0,2563	12.781,5714
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	0,4314	0,0245	9.002,5833
Interação P x M	3	1,8149	0,1261	2.004,2500
Resíduo (b)	18	1,9569	0,1463	7.739,8056
CV % parcelas		9,06	17,54	37,14
CV % subparcelas		11,56	28,47	29,50

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 19A – Resumo da análise de variância dos dados de números dos tubérculos nas classes 2, 3 e 4

FV	GL	Quadrado Médio		
		Classe 2	Classe 3	Classe 4
Blocos	3	158,5313	145,1250*	96,6979
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	693,7813	78,1250	215,2813
Resíduo (a)	3	73,5313	8,4550	116,2813
Parcelas	7	198,5670	76,9821	122,0313
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	12,1313	22,7083	56,1146
Interação P x M	3	155,5313	65,3750	6,6979
Resíduo (b)	18	78,8368	49,9306	39,7118
CV % parcelas		9,36	8,93	43,51
CV % subparcelas		9,69	21,70	25,43

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 20A – Resumo da análise de variância dos dados de teor de matéria seca nos tubérculos

FV	GL	Quadrado Médio
		Matéria Seca
Blocos	3	0,3653
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	2,2366*
Resíduo (a)	3	0,1692
Parcelas	7	0,5486
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	0,0964
Interação P x M	3	0,1171
Resíduo (b)	18	0,2785
CV % parcelas		2,62
CV % subparcelas		3,36

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 21A – Resumo da análise de variância dos dados de teor e conteúdo de zinco total na matéria seca dos tubérculos

FV	GL	Quadrado Médio	
		Teor	Conteúdo
Blocos	3	0,4211	0,1094
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	25,3828**	1,9454*
Resíduo (a)	3	0,7161	0,1000
Parcelas	7	4,1135	0,3676
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	42,2278**	0,7721*
Interação P x M	3	0,6728	0,0659
Resíduo (b)	18	4,5159	0,2205
CV % parcelas		3,80	8,99
CV % subparcelas		9,54	13,35

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 22A – Resumo da análise de variância dos dados de teor de fósforo, cálcio e magnésio na matéria seca dos tubérculos

FV	GL	Quadrado Médio		
		P	Ca	Mg
Blocos	3	0,0004	0,00096	0,0008
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	0,0013	0,00095	0,0004
Resíduo (a)	3	0,0003	0,000047	0,0001
Parcelas	7	0,0005	0,000075	0,0005
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	0,0018	0,000029	0,0001
Interação P x M	3	0,0010	0,000008	0,0003
Resíduo (b)	18	0,0008	0,000037	0,0002
CV % parcelas		5,87	14,11	7,94
CV % subparcelas		9,68	12,56	8,37

Quadro 23A – Resumo da análise de variância dos dados de teores de cobre, ferro e manganês na matéria seca dos tubérculos

FV	GL	Quadrado Médio		
		Cu	Fe	Mn
Blocos	3	0,0808	15,6592	286,9838
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	1,3612	0,1012	435,1250
Resíduo (a)	3	0,9871	8,9921	191,8142
Parcelas	7	0,6521	10,5793	267,3598
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	0,5950	2,0075	441,4821*
Interação P x M	3	1,5646	3,0638	117,1208
Resíduo (b)	18	0,5795	14,7903	120,3851
CV % parcelas		15,14	21,21	21,69
CV % subparcelas		11,60	21,20	17,19

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 24A – Resumo da análise de variância dos dados de conteúdos de fósforo, cálcio e magnésio nos tubérculos

FV	GL	Quadrado Médio		
		P	Ca	Mg
Blocos	3	0,003938	0,000340	0,001761*
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	0,000450	0,000003	0,000153
Resíduo (a)	3	0,003108	0,000179	0,000095
Parcelas	7	0,003084	0,000223	0,000817
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	0,004446	0,000073	0,000636
Interação P x M	3	0,000817	0,000108	0,001353
Resíduo (b)	18	0,004584	0,000188	0,001075
CV % parcelas		11,78	17,36	4,18
CV % subparcelas		14,31	17,83	14,09

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quadro 25A – Resumo da análise de variância dos dados de conteúdos de cobre, ferro e manganês nos tubérculos

FV	GL	Quadrado Médio		
		Cu	Fe	Mn
Blocos	3	0,0153	9,3783	0,3228
Programas de aplicação de fungicidas (P)	1	0,1378	2,0000	3,0628*
Resíduo (a)	3	0,0228	1,7900	0,1503
Parcelas	7	0,0360	5,0721	0,6403
Modos de aplicação do fertilizante (M)	3	0,0336	11,1125	0,1328
Interação P x M	3	0,0345	6,1308	0,0270
Resíduo (b)	18	0,0235	4,2311	0,2393
CV % parcelas		14,43	13,26	19,35
CV % subparcelas		14,65	20,39	24,42

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.