



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**AVALIAÇÃO DE MUDAS ENVIVEIRADAS
DE BANANEIRA CV. PRATA ANÃ (AAB)
OBTIDAS *IN VITRO*, COM APLICAÇÃO DE
BORO E ZINCO VIA SUBSTRATO**

CARLOS RAMIREZ DE REZENDE E SILVA

2002

52941

37508-MFU

CARLOS RAMIREZ DE REZENDE E SILVA

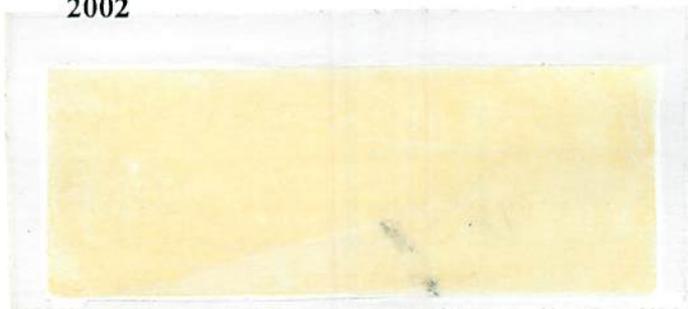
**AVALIAÇÃO DE MUDAS ENVIVEIRADAS
DE BANANEIRA CV. PRATA ANÃ (AAB)
OBTIDAS *IN VITRO*, COM APLICAÇÃO DE
BORO E ZINCO VIA SUBSTRATO**

Tese apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do título de "Doutor".

Orientadora:

Profª. Dra. Janice Guedes de Carvalho

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2002**



Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Silva, Carlos Ramirez de Rezende e

Avaliação de mudas enviveiradas de bananeira cv. Prata Anã (AAB)
obtidas *in vitro*, com aplicação de boro e zinco via substrato / Carlos
Ramirez de Rezende e Silva. -- Lavras : UFLA, 2002.

87 p. : il.

Orientadora: Janice Guedes de Carvalho.

Tese (Doutorado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Banana Prata Anã. 2. Muda. 3. Cultura *in vitro*. 4. Crescimento. 5.
Nutrição mineral. 6. Boro. 7. Zinco. I. Universidade Federal de Lavras.

II. Título.

CDD-634.772891

-634.77235

CARLOS RAMIREZ DE REZENDE E SILVA

**AVALIAÇÃO DE MUDAS ENVIVEIRADAS DE BANANEIRA
CV. PRATA ANÃ (AAB) OBTIDAS *IN VITRO*,
COM APLICAÇÃO DE BORO E ZINCO VIA SUBSTRATO**

Tese apresentada a Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para obtenção do título de "Doutor".

APROVADA em 1º de março de 2002

Prof. Dr. José Darlan Ramos

UFLA

Prof. Dr. Moacir Pasqual

UFLA

Prof. Dr. Berildo de Melo

UFU

Pesq. Dr. Luis Eduardo Corrêa Antunes

EPAMIG


Profª Dra. Janice Guedes de Carvalho (UFLA)
(Orientadora)

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL**

*Aos meus pais Augusto (“in memoriam”) e Irai, que tanto se dedicaram
para que eu pudesse ter uma educação condigna.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A professora Dra. Janice Guedes de Carvalho pelos conhecimentos, amizade e exemplo de vida.

Ao professor Dr. Maurício de Souza que me acolheu como bolsista de iniciação científica em 1970 e que durante tantos anos me proporcionou exemplos de dedicação, disciplina, ética e companheirismo.

Aos colegas do Departamento de Agricultura pelo irrestrito apoio, incentivo e saudável convivência. Minha especial gratidão aos professores do Setor de Fruticultura, Dr. José Darlan Ramos, Dr. Moacir Pasqual, Engenheiro Agrônomo, MSc. Márcio Ribeiro do Vale e Dr. Nilton Nagib Jorge Chalfun.

Aos colegas Engenheiros Agrônomos Gabriel Rodrigues dos Santos Júnior e Dra. Maria Aparecida Morcira, pela valiosa colaboração na realização do trabalho.

Aos funcionários do Setor de Fruticultura/Pomar pela presteza e dedicação.

BIOGRAFIA

Carlos Ramirez de Rezende e Silva, filho de Augusto Vieira da Silva e Irai de Souza Rezende, nasceu em Lavras – Minas Gerais, a 8 de janeiro de 1950.

Realizou o primeiro e segundo graus entre 1957 a 1968 na Escola Carlota Kemper e Instituto Gammon, em Lavras – Minas Gerais.

Em 1969, iniciou o curso de Agronomia na Escola Superior de Agricultura de Lavras – ESAL, concluindo-o em 1972.

Entre 1973 e 1977 exerceu as atividades de extensionista na Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER-MG, nos escritórios de Itajubá, Três Pontas e Campo Belo.

Em março de 1977, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia/Fitotecnia, concluindo-o em 1979.

Foi contratado como professor, na área de Fruticultura Tropical, à partir de 1979, exercendo a atividade docente, até a presente data na classe de Professor Titular.

Exerceu o cargo de Coordenador do Curso de Agronomia em 1984/85; à partir de julho de 1996 assumiu a chefia do Departamento de Agricultura – UFLA, permanecendo no cargo até o quadriênio subsequente.

Em março de 2000 ingressou no Curso de Doutorado em Agronomia/Fitotecnia, concluindo-o em março de 2002.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Morfologia e propagação da bananeira	3
2.2 Nutrição e adubação da bananeira	5
2.3 Substratos e adubação de mudas de bananeira	7
2.4 Boro no solo	9
2.5 Boro na planta	12
2.6 Zinco no solo	15
2.7 Zinco na planta	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Material	24
3.1.1 Cultivar e mudas	24
3.1.2 Recipientes e substrato	24
3.1.3 Estrados suspensos	26
3.2 Métodos	26
3.2.1 Delineamento experimental	26
3.2.2 Instalação e condução	27
3.2.3 Avaliações e análises estatísticas	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 Nutrição de mudas	32
4.1.1 Características do substrato	32
4.1.2 Macronutrientes e micronutrientes na matéria seca da parte aérea .	39
4.2 Características de crescimento	51

4.2.1 Altura da muda	57
4.2.2 Diâmetro do pseudocaule da muda	61
4.2.3 Número de folhas, comprimento e largura da terceira folha	64
4.2.4 Matéria fresca e seca da muda	67
5 CONCLUSÕES	73
6 CONSIDERAÇÕES GERAIS	74
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

RESUMO

SILVA, Carlos Ramirez de Rezende e. Avaliação de mudas enviveiradas de bananeira cv. Prata Anã (AAB) obtidas *in vitro*, com aplicação de boro e zinco via substrato. 2002. 87p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

Foram avaliados o crescimento e a nutrição de mudas de bananeira cv. Prata Anã (AAB), obtidas *in vitro* em função da adição de boro e zinco ao substrato utilizado para o enviveiramento. A pesquisa foi conduzida na Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras – Minas Gerais, em estrutura sob cobertura de tela plástica permitindo 50% de insolação. O delineamento adotado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de cinco doses de boro (0,0, 0,25, 0,50, 0,75 e 1,00 mg B.kg⁻¹) e três doses de zinco (0,0, 5,0 e 10,0 mg Zn.kg⁻¹), sendo cada parcela constituída por cinco mudas acondicionadas individualmente em sacos de polietileno com capacidade para quatro quilogramas de substrato. Houve uma marcante influência negativa do boro, especialmente em doses mais elevadas, sobre os efeitos do zinco. A maioria das características de crescimento foram influenciadas pela interação boro x zinco com efeitos significativos e positivos do zinco, na ausência de boro, sobre a altura e diâmetro da muda, largura da terceira folha, produção de matéria fresca e seca da parte aérea e matéria seca total. A aplicação isolada de zinco em comparação com a testemunha, possibilitou a obtenção de mudas superiores em 26,53, 13,46 e 37,05%, respectivamente, em altura, diâmetro do pseudocaule e peso da matéria seca total. As doses mais elevadas de boro apresentaram efeitos negativos sobre o crescimento das mudas, desfavorecendo a altura, diâmetro do pseudocaule, comprimento da terceira folha e peso da matéria seca total. A elevação das doses de zinco em ausência de boro promoveu maior acúmulo de fósforo e boro e redução em ferro e manganês na matéria seca da parte aérea. Após o período experimental de 75 dias ocorreu substancial acidificação do substrato e redução na capacidade de troca de cátions. O período de enviveiramento possibilitou que as mudas tivessem sua altura e matéria seca total aumentadas em 572 e 2300%, respectivamente.

*Comitê Orientador: Profª Dra. Janice Guedes de Carvalho – UFLA (Orientadora), Prof. Dr. José Darlan Ramos – UFLA.

ABSTRACT

SILVA, Carlos Ramirez de Rezende e. Evaluation of banana plantlets in nursery, cv. Prata Anã (AAB) obtained *in vitro*, with application of boron and zinc on substrate. 2002. 87p. Thesis (Doctorate in Agronomy). Universidade Federal de Lavras, Lavras*.

Growth and nutrition of banana plantlets cv Prata Anã (AAB) obtained *in vitro* were evaluated as a function of boron and zinc application on substrate used for nurserying phase. This research was conducted at the Federal University of Lavras (UFLA), state of Minas Gerais, under a plastic cover which allowed 50% light penetration. The used experimental design was a random blocks in a factorial scheme with four replications. The treatments consisted of the combination of five doses of boron (0.00; 0.25; 0.50; 0.75 and 1.00 mg B.kg⁻¹) and three doses of zinc (0.0; 5.0 and 10.0 mg Zn. kg⁻¹), with each parcel composed by five plantlets planted on 4Lg plastic bags. An expressive negative influence of boron, especially in higher dosages was observed on absorption and effect of zinc. Most growth characteristics were influenced by the boron x zinc interaction with significant and positive effects of zinc, in the absence of boron, on height and plantlets diameter, third leaf width, fresh and dry matter shoot production and total dry matter. In comparison with the control, isolated zinc application produced superior plantlets with respectively, 26.53, 13.46 and 37.05% in height, pseudostem diameter and total dry matter weight. The highest boron dosages promoted depressive effects on plantlet growth reducing plant height, pseudostem diameter, third leaf length and total dry matter weight. The increase of zinc dosages in the absence of boron promoted higher accumulation of phosphorous and boron and the reduction in iron and manganese on shoot dry matter. After 75 days within the experimental period, a substantial substrate acidification and reduction of the cation exchange capacity was observed. The nurserying period allowed the plantlets to increase their height and total dry matter up to 572 e 2300%, respectively.

*Guidance Committee: Prof. Dr. Janice Guedes de Carvalho (UFLA), Major professor; Prof. José Darlan Ramos (UFLA).

1 INTRODUÇÃO

A bananicultura brasileira se destaca em segundo lugar mundial, com área cultivada estimada em cerca de 520.000 hectares, dos quais 38.000 hectares em Minas Gerais e produção média anual de 7,2 milhões de toneladas (Cançado Júnior *et al.*, 1999, Agrianual, 2001).

Verificou-se na última década significativa expansão da área cultivada porém, houve queda em termos de produtividade, em decorrência de baixa tecnologia na implantação e condução de novos bananais, associadas ao elevado índice de perdas devido a processos inadequados no manejo de colheita e pós-colheita.

A implantação e reforma de bananais, na maioria dos casos, são realizadas através do sistema tradicional de propagação, resultante da multiplicação vegetativa através de rizomas ou rebentos obtidos em bananais velhos, fato que concorre para a disseminação de doenças e pragas como o “Mal do Panamá” (*Fusarium oxysporum f. sp. cubense*), “Moleque da bananeira” (*Cosmopolites sordidus*) e nematóides (Godinho, 1994).

Como nova alternativa de obtenção de mudas objetivando minimizar a disseminação desses patógenos, existe a possibilidade de se produzir “mudas matrizes” em laboratório através da cultura de tecidos. O processo consiste na multiplicação vegetativa da bananeira através de meristemas, proporcionando material sadio, com elevado padrão genético e em quantidade adequada para suprir a demanda.

O uso desse material propagativo ainda necessita de maior divulgação e incentivo junto aos produtores, considerando-se que o custo inicial é elevado podendo representar 30 a 40% do custo total de implantação. Além disso podem ser comercializadas com altura de 15 cm (Borges, 1994a), consideradas como mudas pequenas, com sistema radicular pouco desenvolvido, susceptíveis às

condições ambientais adversas como falta ou excesso de umidade, ataque de doenças e pragas e concorrência de plantas daninhas na fase inicial.

Para que a implantação dessas mudas em campo torne-se segura, é necessário que haja uma etapa intermediária entre sua produção no laboratório e o plantio definitivo, ou seja, o enviveiramento. Esse processo consiste no transplante das mudas das bandejas em que são comercializadas, para recipientes maiores, contendo substratos que proporcionem o seu rápido e vigoroso crescimento vegetativo. Desse modo, o agricultor poderá obter elevado índice de pegamento e formação de bananeiras uniformes.

Muitos detalhes desse enviveiramento precisam ser pesquisados, havendo carência de informações quanto à estrutura do viveiro, tamanho e forma de recipientes, substratos e seus componentes, práticas de manejo, especialmente as relacionadas aos aspectos de nutrição e adubação dessas mudas, nessa etapa.

O objetivo desse trabalho foi verificar os efeitos da aplicação de boro e zinco no substrato utilizado para o enviveiramento de “mudas matrizes” de bananeira, cv. Prata Anã (AAB) produzidas *in vitro*, através da avaliação do seu crescimento e nutrição.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Morfologia e propagação da bananeira

No Brasil existe um grande número de variedades de bananeira (*Musa* sp) entretanto, poucas cultivares são exploradas comercialmente. Dentre as principais se destacam os híbridos AAB (*M. acuminata* x *M. balbisiana*) do subgrupo “Prata”. A cv. Prata Anã apresenta boa aceitação no mercado consumidor e frutos semelhantes à “Prata Comum”. Como vantagens possui menor altura, maior produtividade e maior resistência ao vento (Dantas e Soares Filho, 1995).

A bananeira é uma frutífera tropical de rápido e vigoroso crescimento vegetativo e grande capacidade de propagação. Apresenta caule subterrâneo denominado rizoma, que se constitui em seu órgão de sustentação. Em sua porção central situa-se a gema apical de crescimento responsável pela formação das folhas e das gemas laterais de brotação.

Inicialmente são formadas entre 30 a 70 folhas e, simultaneamente a cada uma, se formam também os primórdios de uma gema lateral (Moreira, 1987). Entretanto, esse elevado potencial inicial de propagação não se expressa totalmente em condições naturais de campo e, de acordo com Athaide (1994) pode-se ter de 5 a 10 mudas por ano. Desta forma, o sistema convencional de propagação utilizado baseia-se no uso de rizoma, partes do mesmo contendo gemas, ou as gemas laterais em diferentes estádios de desenvolvimento denominados rebentos ou mudas tipo chifrinho, chifre, chifrão, adulta e guarda-chuva, (Dantas e Pereira, 1988; Godinho 1994).

A gema apical pode exercer um controle forte ou fraco sobre os meristemas laterais (Awad & Castro, 1993). Sua função não é de criar um ápice

maciço, que cresce em comprimento pois essa função vegetativa é atribuída aos órgãos laterais, formados por meristemas laterais (Dantas e Pereira, 1988). Sua eliminação resulta em uma rápida retomada da divisão celular e o desenvolvimento dos meristemas laterais (Awad & Castro, 1993).

As gemas laterais de brotação proporcionais ao número de folhas emitidas pela planta apresentam a função de gema apical de crescimento e, desta forma, pode-se dizer que, teoricamente, a planta pode gerar tantas mudas quanto for o número de folhas que emitiu. Os brotos somente iniciam o desenvolvimento a partir do surgimento dos primórdios da 9ª a 11ª folha, estando sujeitos a uma forte dominância apical (Dantas & Pereira, 1988).

A aplicação de citocininas nos meristemas laterais resulta no seu desenvolvimento e na sua liberação do controle apical. A retirada da gema apical resulta no aumento da disponibilidade de citocininas nos meristemas laterais (Awad & Castro 1993). Vários fatores indicam que a auxina tem um papel preponderante no controle das brotações. A forte dominância apical da bananeira é quebrada quando ocorre a decapitação da planta principal reduzindo o teor desse hormônio. Enquanto a planta principal não florescer ou não for decepada, a citocinina produzida no ápice das raízes se dirige ao ápice principal (Dantas & Pereira, 1988).

Em virtude da necessidade de obtenção de material genético em grande quantidade e livre de fitopatógenos, uma nova alternativa de propagação tem sido difundida nos últimos anos, ou seja, a cultura de tecidos como a utilização de ápices florais e explantes de gemas laterais nos quais são aplicados reguladores de crescimento, induzindo, em curto intervalo de tempo, a produção de milhares de mudas livres de doenças. Entretanto, essas têm apresentado, em alguns casos, alta variação somática, que poderá ocorrer no campo após plantio, resultando em desuniformidade e plantas “fora de tipo” (Godinho, 1994). Deve-

se também salientar que o seu custo inicial elevado e o seu pequeno tamanho se constituem em obstáculo para sua ampla utilização.

A muda produzida em laboratório poderá ser considerada como uma “muda matriz” a ser estabelecida em viveiros em nível de campo e mesmo para ser utilizada em propagação acelerada ou rápida “in vivo”. Nesse sentido, Batista (1996) afirma que a multiplicação de “mudas matrizes” produzidas por cultura de tecidos, em sistema de viveiro a campo pode ser de grande interesse para o agricultor ou viveirista. O autor observou um potencial médio de produção de mudas do tipo chifre e chifrinho para as cultivares Prata Anã, Grande Naine e Ouro da Mata de respectivamente 6.920, 6.640 e 4.420 mudas por 1.000 matrizes. Silva (1997) relata a possibilidade de se atingir uma taxa de multiplicação média de 7 mudas/matriz, estimando em 35.000 mudas produzidas a partir de 5.000 “mudas matrizes” implantadas em 1,0 hectare de viveiro.

2.2 Nutrição e adubação da bananeira

A bananeira é uma frutífera que exige uma grande quantidade de nutrientes, uma vez que as quantidades de elementos exportados pelos frutos são elevadas e os solos utilizados quase sempre apresentam baixa fertilidade (Carvalho, 1986). Segundo Lahav (1995), ao se considerar uma produtividade de 50 t/ha/ano, as quantidades médias de nutrientes extraídas (Kg/ha), incluindo planta e frutos são de 388 Kg de N, 52 Kg de P, 1438 Kg de K, 227 Kg de Ca, 125 Kg de Mg, 73 Kg de S, 4,7 Kg de Zn e 1,27 Kg de B.

A cultura se caracteriza por retornar ao solo, através dos restos culturais como pseudocaule e folhas, parte significativa dos nutrientes absorvidos. Pesquisa realizada por Faria (1997) demonstrou que um bananal com produtividade média de 22 t/ha e densidade de 1333 plantas/ha restituiu ao solo

por ha/ciclo, 231 Kg de K, 81 Kg de N, 56 Kg de Ca, 51 Kg de Mg, 4,8 Kg de P, 4 Kg de S, 169 g de B e 81 g de Zn, dos quais parte poderá ser absorvida pelas plantas. De uma maneira geral, o potássio e o nitrogênio são os nutrientes mais absorvidos, sendo que dois terços da parte aérea da planta retornam ao solo possibilitando assim a recuperação de parte dos nutrientes.

Considerando-se as pesquisas que avaliaram a marcha de absorção de nutrientes pela bananeira, verifica-se uma menor absorção de macronutrientes até o quinto mês pós-plantio (Silva *et al.*, 1999). Desse período em diante, até a emissão da inflorescência, o crescimento é vigoroso, com acúmulo significativo de matéria seca e assim, de nutrientes. Com relação aos micronutrientes pode ocorrer um pequeno aumento na absorção de boro e cobre após o quinto mês e aumento acentuado na absorção de zinco após o início do florescimento até a colheita.

A calagem em bananicultura visa elevar o pH para uma faixa entre 5,5 – 6,5, disponibilizar cálcio e magnésio e neutralizar o alumínio e/ou manganês quando em níveis tóxicos; considera-se como ideal que a saturação de bases esteja em torno de 60-70%.

O correto manejo de um bananal no aspecto nutricional envolve criteriosa avaliação das interações que podem ocorrer entre os nutrientes, tanto em termos de sinergismos ou de antagonismos, destacando-se nessa cultura a relação entre os cátions K, Ca e Mg. Considera-se que as quantidades de K, Ca e Mg devem corresponder a 10%, 70-60% e 20-30% da saturação por bases, ou seja, uma relação K:Ca:Mg de 0,5:3,5:1,0 a 0,3:2,0:1,0 (Silva *et al.*, 1999).

Em associação com as informações sobre a fertilidade do solo é de fundamental importância o conhecimento de níveis críticos ou faixas de suficiência dos nutrientes utilizados na diagnose foliar. No caso da bananeira, Martinez *et al.* (1999) relatam como referência básica adequada, os valores de 2,60; 0,22; 2,80; 0,60; 0,30 e 0,20 dag.kg⁻¹, respectivamente para N, P, K, Ca, Mg

e S. Quanto aos micronutrientes os valores são de 15, 8, 100, 88 e 20 mg.kg⁻¹, respectivamente para B, Cu, Fe, Mn e Zn.

2.3 Substratos e adubação de mudas de bananeira

As pesquisas existentes com relação a substratos e adubações adequadas para mudas de bananeira ainda são restritas porém, de forma geral, o substrato básico adequado à formação de mudas deve apresentar características tais como: permitir aeração, reter umidade suficiente, porém com capacidade de drenar o excesso, disponibilizar nutrientes em níveis adequados e de forma equilibrada, ser livre de materiais tóxicos, patógenos e sementes de plantas invasoras. Associadas a essas características considera-se ainda como relevante as suas propriedades físicas e disponibilidade.

A bananeira é uma frutífera de crescimento rápido, exigindo grandes quantidade de nutrientes; seus tecidos apresentam cerca de 90% de água e seu sistema radicular não tolera encharcamento (Martin-Prével, 1984). Dessa forma, pode-se admitir que o substrato a ser utilizado para o enviveiramento de mudas de bananeira deve apresentar níveis adequados de nutrientes e boa capacidade de retenção de água porém, uma estrutura que permita a drenagem do excesso.

Com a possibilidade de se utilizar “mudas matrizes” de bananeira, obtidas através de cultura de tecidos, a partir de 1994 está sendo desenvolvida na Universidade Federal de Lavras –UFLA, uma linha de pesquisa que procura estabelecer um conjunto de práticas de manejo dessas mudas e sua multiplicação em viveiro. Pesquisas realizadas por Souza (1994), Scabra Filho (1994), Vicentini (1994), Rodrigues (1995), Santos (1997), Menezes (1997) e De Grandi (1998), procuraram definir a composição adequada de substratos e adubações em cobertura das mesmas durante a fase de enviveiramento.

Trabalho realizado por Souza (1994), demonstrou que a adição de 45% de esterco de galinha ao substrato para mudas de bananeira propiciou aumento de 88% em altura, 93% em diâmetro e 278% no peso fresco da parte aérea quando comparados com a testemunha; concluiu ainda o autor que o substrato à base de terra, areia grossa lavada, casca de arroz carbonizada e esterco de galinha permitiu a obtenção de mudas vigorosas, sem o esboroamento do torrão, o que facilita o transporte e plantio em campo, com elevados índices de pegamento.

Segundo Menezes (1997), substrato para mudas da cultivar Grande Naine ao qual se adicionou 20% de esterco de galinha, proporcionou, em relação à testemunha, ganhos de 147% em altura, 88% em diâmetro do colo e 603% em peso de matéria fresca total. Da mesma forma, ao se adicionar 30% de esterco de suínos, os ganhos foram de 109% em altura, 62% em diâmetro do colo e 577% em peso de matéria fresca total. A adição de superfosfato simples mesmo na dose de 26,67 Kg/m³ de substrato não influenciou nas características de crescimento.

Scabra Filho (1994), estudando diversos substratos para mudas de bananeira, inferiu que a mistura constituída por 15% de areia + 25% de solo + 15% de bagaço de cana + 45% de casca de arroz carbonizada, apresentou resultados superiores em altura, diâmetro do pseudocaule, matéria fresca de raízes e do rizoma e área foliar. Vicentini (1995) utilizou, na fase de enviveiramento da cultivar Grande Naine, um substrato constituído de 50% de solo, 25% de areia grossa lavada e 25% de casca de arroz carbonizada que possibilitou a formação de torrão, facilitando o plantio e pegamento em campo. Trabalhando com uma mistura básica de substrato para a cultivar Mysore, Rodrigues (1995) utilizou 45% do bagaço de cana picado, 25% de solo, 15% de casca de arroz carbonizada e 15% de areia grossa lavada, o que possibilitou boa estrutura de torrão e facilitou o manuseio das mudas.

Santos (1997), avaliando o efeito de calcário dolomítico e do nitrato de potássio sobre mudas da cultivar Prata Anã, observou que a dose de 5,1 g de KNO_3 /planta/aplicação proporcionou mudas de bananeira com características de crescimento significativamente superiores como a altura, diâmetro do pseudocaule, matéria fresca da raiz e área foliar. O calcário dolomítico como componente do substrato constituído de 60% de solo, 20% de casca de arroz e 20% de areia não influenciou no crescimento das mudas. Segundo relato de De Grandi (1998), a aplicação de KNO_3 em mudas de bananeira cultivar Prata Anã, influenciou positivamente no crescimento da parte aérea, porém, quando em doses elevadas, provocou efeitos depressivos no crescimento e queima das bordas foliares; a aplicação de 1,7 g de KNO_3 /muda aplicadas em intervalos de seis dias proporcionou crescimento médio superior das mesmas em comparação à testemunha, representado por 2998% no peso da matéria seca da parte aérea.

Além de se definir substratos adequados ao desenvolvimento das mudas e adubações com macronutrientes, restava ainda avaliar a aplicação de micronutrientes, especialmente boro e zinco, consideradas os mais importantes para a bananeira. Nesse trabalho admitiu-se a hipótese de que a adição dos mesmos via substrato pudesse contribuir para o desenvolvimento das mudas, possibilitando que essas apresentassem tamanho adequado ao plantio em campo, em menor intervalo de tempo.

2.4 Boro no solo

O boro é um não metal leve, de raio iônico pequeno e cujas propriedades e reações se assemelham bastante com o silício. Segundo Dantas (1988), a maioria dos solos no Brasil apresentam bom suprimento desse micronutriente

porém, se tem verificado deficiências do mesmo em diferentes espécies cultivadas.

A turmalina é o principal mineral supridor de boro ao solo, apresentando cerca de 95% do conteúdo do total desse elemento em solos de regiões úmidas e bem drenadas, indicando assim sua pequena solubilidade (Norrish, 1975; Mello et al, 1983). Entretanto, a maioria do boro que poderá suprir as plantas se encontra preso à matéria orgânica, sendo liberado após a mineralização para a solução do solo. Em seguida, uma parte é absorvida pelas raízes, outra perdida por lixiviação e uma menor parcela adsorvida pelos minerais de argila (Malavolta, 1980).

Segundo Faquin (1994), o conteúdo de boro total nos solos pode variar entre 20 a 200 ppm e apenas uma fração entre 0,4 a 5 ppm está na forma disponível. Um grande número de trabalhos comprova a relação entre as características do solo e essa disponibilidade e, de acordo com Vanderley (1984), em solos alcalinos, com altos teores de boro, a fração do elemento que fica adsorvida constitui o reservatório lábil, a partir do qual a concentração de boratos na solução do solo é mantida, enquanto em solos ácidos e com baixos teores de matéria orgânica o principal reservatório desse micronutriente é representado pelos minerais contendo boro, os quais são vagarosamente intemperizados. Vários autores relatam que o pH para máxima absorção de boro depende da composição da fração adsorvente do solo indicando valores entre 7,0 a 10,0; Hodgson (1963) e Sims & Bingham (1968) afirmam que o máximo de absorção no solo ocorre entre pH 8 e 9 e o mínimo em pH 5. Hatcher *et al.* (1967), ao elevarem o pH do meio de 5,5 a 7,7, verificaram um aumento na fração de boro adsorvido, à qual se correlacionou com o alumínio trocável que precipitou como $Al(OH)_3$ na presença de $CaCO_3$, admitindo que a calagem promove essas alterações, reduzindo o seu teor disponível até o nível de deficiência para as plantas.

A matéria orgânica se constitui em outro fator ligado à disponibilidade de boro uma vez que existem correlações positivas entre o seu teor e o teor de boro solúvel no solo (Brasil Sobrinho, 1965; Horowitz & Dantas, 1973). Porém, a mesma poderá concorrer para a fixação pois um estímulo na atividade microbiana poderá aumentar a formação do grupo diol e tornar o boro não disponível. (Parks & White, 1952).

Os sesquióxidos de alumínio ($Al_2 O_3$) e de ferro ($Fe_2 O_3$) apresentam adsorção crescente de boro com o aumento do p.H, atingindo o máximo entre as faixas de 6,0 – 7,0 e 8,0 – 9,0, respectivamente. Vários tipos de argila afetam a adsorção e, de acordo com Sims & Bingham (1967), essa adsorção é afetada pelo p.H, com a máxima ocorrendo na faixa alcalina, ressaltando, entretanto, que a adsorção não se deve ao tipo de argila e sim aos compostos de alumínio e ferro que ocorrem como impurezas nas amostras. Porém, Sims & Bingham (1968) afirmam que a presença de hidróxidos de alumínio e de ferro como adsorventes de boro é mais importante do que qualquer outro tipo de argila silicatada.

A maioria dos estudos realizados demonstraram que os teores de boro total e solúvel se correlacionam com a textura do solo, sob forma decrescente para argila, silte e areia. Os teores foram maiores em solos de textura fina, sendo a recuperação do boro adicionado através do mesmo extrator, menor nos solos argilosos do que nos arenosos (Gupta, 1968).

A redução do teor de umidade do solo induz a uma menor disponibilidade de boro, podendo ocorrer maior adsorção. Garavito & Leon (1978) afirmam que o efeito da redução de umidade não está devidamente esclarecido porém, relacionam como prováveis causas: maior dificuldade de mineralização da matéria orgânica reduzindo a liberação do boro nela retido, diminuição no teor de boro prontamente disponível, aumento da fixação pelo solo, maior dificuldade de absorção pela planta, redução do sistema radicular decorrendo em menor exploração do solo e, conseqüentemente, menor absorção.

As interações do boro com outros íons poderão influenciar sua absorção como relatam Camargo & Silva (1975), em que altas concentrações de nitrogênio nítrico ou amoniacal aplicadas ao solo reduzem os teores de boro na folha, devido a um provável antagonismo N/B no solo. Segundo Hadas & Hagin (1972) altas concentrações de potássio no solo concorrem para aumentar a adsorção.

A disponibilidade do boro no solo poderá atingir níveis adequados através da adubação, práticas de manejo e calagem, procurando-se atingir p.H na faixa de 5,5 – 6,5, e assim, colocando maiores quantidades de boro à disposição das plantas.

2.5 Boro na planta

O boro é considerado o único nutriente que não atende o critério direto de essencialidade porém, o indireto e, essa essencialidade é comprovada em solos de regiões tropicais nos quais, com freqüência, são detectadas deficiências. Segundo Faquin (1994) sua concentração nos tecidos das monocotiledôneas varia de 6 a 18 ppm e nas dicotiledôneas e 20 a 60 ppm.

O processo de sua absorção ainda não está bem definido, se passivo ou ativo, sendo absorvido pelas raízes na forma de ácido bórico não dissociado, principal forma solúvel na solução do solo (Malavolta, 1997; Faquin, 1994). De acordo com Malavolta (1997), o fato de sua concentração na célula ser mais alta que a do meio externo se deve à entrada passiva formando complexos não difusíveis e não trocáveis, componentes do citoplasma e da parede celular. Dessa forma, diminui a concentração do boro livre no interior da célula permitindo que mais boro se difunda a favor do gradiente de concentração.

Segundo Faquin (1994), o boro sofre um transporte unidirecional no xilema, via corrente respiratória, das raízes para a parte aérea, sendo praticamente imóvel no floema. Essa imobilidade induz ao aparecimento de sintomas de deficiência inicialmente nos órgãos mais novos e nas regiões de crescimento, exigindo que a planta seja constantemente suprida pelo meio.

As funções fisiológicas do boro diferem das de outros micronutrientes uma vez que o mesmo não foi identificado em nenhum composto ou enzima específica, admitindo-se, entretanto, que estejam ligadas ao metabolismo de carboidratos, transporte de açúcares através das membranas, síntese de ácidos nucléicos e fitohormônios, formação de paredes celulares e divisão celular (Dechen *et al.*, 1991a). Muitas dessas funções estão relacionadas à grande atividade que o íon borato apresenta para com os compostos polihidroxil, que apresentam um par de grupos cis-hidroxil (cis-diol) incluindo açúcares e álcoois açúcares, constituintes da hemicelulose da parede celular (Faquin, 1994).

A relação entre menor crescimento meristemático e deficiência se deve à necessidade de boro para a síntese de bases nitrogenadas como a uracila, componente essencial do RNA que, por sua vez, é indispensável para a formação de ribossomas que têm 50% do ácido ribonúcleico (Malavolta, 1997). A síntese de RNA, formação de ribossomas e síntese de proteínas são processos fundamentais para o crescimento meristemático das pontas das radículas e de ramos.

O boro facilita o transporte de açúcares através das membranas na forma do complexo açúcar-borato, afetando a relação açúcar/amido nas folhas, o que inibe as fosforilases, enzimas que hidrolizam o amido. Sua deficiência induz a ocorrência de necroses, podendo ainda ser acompanhada pela produção de calose, polissacarídeo semelhante à celulose, resultando em obstrução dos tubos crivosos que deixam de funcionar normalmente no transporte da seiva pelo floema (Malavolta, 1997).

O boro participa do funcionamento das membranas e, em casos de sua deficiência, há diminuição da atividade da ATPase, reduzindo a disponibilidade de energia para absorção iônica ativa e para passagem de açúcares e aminoácidos. Outro aspecto relevante é a relação com os fitohormônios, uma vez que em tecidos carentes em B acumula-se o AIA que, em excesso, inibe o crescimento (Malavolta, 1997).

Devido a sua imobilidade na planta os sintomas de deficiência aparecem inicialmente nos órgãos mais novos e meristemas apicais da parte aérea e raízes. Entre os principais sintomas relaciona-se a formação de folhas pequenas, com ou sem clorose, deformadas e quebradiças, limbo avermelhado ou roxo, morte do meristema apical do caule, raízes necróticas e ramificadas, má polinização, ausência de florescimento, desenvolvimento de frutos deformados, paredes celulares finas e colapso dos vasos condutores (Malavolta, 1997)

Os sintomas de toxidez manifestam-se como uma clorose malhada e, posteriormente, manchas necróticas nas bordas das folhas mais velhas. (Faquin,1994). Segundo relato de Malavolta (1997), existe um limite estreito entre níveis suficiente e tóxico de boro. Possivelmente a toxidez depende da velocidade de transporte das raízes para a parte aérea; os sintomas de excesso coincidem com as regiões da folha onde há maior transpiração, o que ocasiona aumento na concentração local.

Em bananeira, a deficiência de boro ocasiona deformações acentuadas sobre as folhas jovens, que apresentam o limbo irregular e reduzido, com ondulações nas margens. Pode ocorrer necrose das bordas, clorose internerval e estriação perpendicular às nervuras secundárias. Os rebentos emitidos apresentam os sintomas de maneira pronunciada (Borges *et al.*, 1997). De acordo com Silva *et al.* (1999) podem ocorrer deformações no cacho, poucos frutos e atrofiados e, no caso de excesso, clorose marginal seguida de necrose do limbo foliar.

Considerando-se a amostra internacional de referência, IFA (1992) os teores de boro para a bananeira iguais a <10, 10 – 25 e 30 – 100 ppm são considerados baixo, ótimo e toxidez, respectivamente.

Aplicação de fertilizantes visando a correção de deficiência deve ser feita, preferencialmente, via radicular porém, como nas espécies perenes o movimento ascendente e o seu efeito são relativamente lentos, a correção mais rápida se consegue por aplicações foliares repetidas (Malavolta, 1997). Recomenda-se em bananicultura a aplicação de 1 a 2 Kg/ha de boro em mistura com outros adubos ou 10 g de ácido bórico no orifício aberto no rizoma por ocasião do desbaste (Borges *et al.*, 1997). De acordo com Silva *et al.* (1999) as aplicações dos micronutrientes em bananeira por meio de pulverizações foliares são bastante eficientes sugerindo o uso de ácido bórico a 0,3%.

2.6 Zinco no solo

O zinco é um micronutriente catiônico, divalente, essencial ao crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo um dos primeiros micronutrientes a terem a sua essencialidade reconhecida (Epstein, 1975; Ferreira & Cruz, 1991). No Brasil, sua deficiência tem sido observada nos mais diversos tipos de solo, acentuada cada vez mais pela ampliação de áreas de solos de cerrado na agricultura. De acordo com Faquin (1994), a concentração na solução do solo é muito baixa da ordem de 10^{-8} a 10^{-6} M, a maior parte como complexos orgânicos solúveis, admitindo que nos solos brasileiros, dada a alta frequência de deficiência, suas reservas sejam pequenas ou a disponibilidade baixa.

O zinco não sofre reações de volatilização e se movimenta muito pouco por lixiviação, mesmo com alta precipitação; sua concentração na solução do

solo é geralmente controlada pelas reações de adsorção e sua principal forma de transporte até as raízes é a difusão, mostrando que a transpiração e conseqüentemente, o fluxo de massa não influenciam ou pouco influenciam a quantidade de zinco translocada até a raiz (Sharma & Deb, 1987; Oliveira, 1998; Oliveira *et al.*, 1999). Admite-se que mesmo sendo um micronutriente pouco móvel no solo, a erosão pode provocar sua deficiência pela retirada da matéria orgânica e resíduos vegetais que contêm uma quantidade significativa presente no solo.

A forma de zinco predominantemente absorvida pelas raízes é a Zn^{+2} , eventualmente também sob a forma de Zn quelato, considerando-se que a sua absorção via radicular ocorre de forma ativa, mesmo que nas raízes aproximadamente 90% do elemento ocorram em sítios de troca ou adsorvidos nas paredes das células do parenquima cortical e, segundo Malavolta (1997), sua absorção foliar também é ativa.

A presença de zinco no solo, quer seja pelas reservas ou pela aplicação de fertilizantes, não implica diretamente na sua disponibilidade para as plantas uma vez que vários fatores interferem concorrendo para uma pequena absorção. A adsorção pelo solo tem sido considerada a principal causa responsável pela redução de sua disponibilidade (Alvarez *et al.*, 1996; Bar-Yoset, 1979; Shuman, 1979). Essa se correlaciona com fatores como pH (Lindsay, 1991; Couto *et al.*, 1992; Consolini, 1998; Siqueira, 1988 e Oliveira *et al.* 1999); CTC (Kuo & Baker, 1980; Siqueira, 1988); teor de matéria orgânica (Stevenson & Ardakani, 1972; Siqueira, 1988); teores de óxidos de ferro, alumínio e manganês (Kalbasi *et al.*, 1978; Muniz, 1995) e também pela textura do solo (Shumam, 1976; Shukla & Mittal, 1979; Couto *et al.*, 1992 e Oliveira *et al.*, 1999). São relatados ainda fatores como umidade e compactação do solo, irrigação, fontes de zinco e a interação com outros elementos como também possíveis de interferência na disponibilidade.

Dentre os diversos fatores relacionados destaca-se o pH do solo uma vez que a solubilidade do zinco no solo é fortemente dependente do mesmo, decrescendo cem vezes para cada aumento de uma unidade em seu valor (Lindsay, 1979); para cada aumento de uma unidade no pH, a concentração de Zn no solo pode diminuir 30 vezes, quando o mesmo se encontra na faixa de 5 a 7 (Malavolta *et al.*, 1996). Desse modo, relata que geralmente o zinco é mais disponível para as plantas em pH ácido do que alcalino, e que sua falta em solos ácidos indica baixos teores do elemento no material de origem. A adubação nitrogenada, dependendo da fonte aplicada, pode alterar o pH e aumentar ou diminuir a absorção. O processo de absorção pode ser favorecido por um pH em torno de 6,0 e diminuir acentuadamente quando o pH está próximo de 3,0 (Malavolta *et al.*, 1997).

A elevação do pH induz à hidrólise do zinco formando o $Zn(OH)_2$ e $ZnCO_3$, que se precipitam e ficam dependentes de mecanismos de solubilidade para voltarem à condição de zinco disponível (Lindsay, 1991). Quanto maior o pH, maior é a quantidade de cargas negativas geradas, sendo também maior a adsorção de zinco pelos solos. Entretanto, nem todos os solos com pH alcalino apresentam problemas de deficiência, uma vez que pode ocorrer a quelatação do zinco por substâncias orgânicas, compensando, dessa forma, sua baixa solubilidade nessas condições (Marschner, 1995).

Deve-se destacar que o pH do solo pode influir indiretamente na disponibilidade, por afetar a atividade microbológica do solo. A matéria orgânica é uma importante fonte de zinco para os solos das regiões tropicais, uma vez que cerca de 60% do zinco disponível na solução, ocorrem sob a forma de complexos orgânicos solúveis (Malavolta, 1980; Siqueira & Franco, 1988).

A adsorção também é bastante dependente da textura do solo pois existe uma alta correlação entre o percentual de argilo-minerais no solo e a máxima adsorção (Shuka & Mittal, 1979; Couto *et al.*, 1992). Das frações do solo apenas

o silte e a argila participam do processo de fixação, sendo que a argila exerce maior influência, especialmente a do tipo expansiva que adsorve mais zinco do que do tipo 1:1 (Silveira *et al.*, 1971). Assim, para uma mesma disponibilidade de zinco, os solos argilosos requerem maiores doses quando comparados com os de textura arenosa, embora os argilosos possam apresentar maior capacidade de suprir o nutriente ao longo do cultivo.

Os óxidos de ferro, alumínio e manganês presentes em solos tropicais influenciam significativamente a adsorção, uma vez que a elevação do pH aumenta as cargas negativas de superfície desses compostos, favorecendo a adsorção de zinco (Muniz, 1995 e Consolini, 1998).

Considera-se que 60% do zinco total dissolvido na solução do solo se encontram na forma de complexos orgânicos solúveis. A quantificação da retenção influenciada pela matéria orgânica é dificultada pela impossibilidade de separar os efeitos dos resíduos orgânicos, dos efeitos do fósforo e de outros componentes do solo (Malavolta, 1980; Hamilton *et al.*, 1993). Componentes da matéria orgânica são responsáveis pela formação de complexos orgânicos com os metais do solo, podendo diminuir sua solubilidade no caso de complexos com ácidos húmicos ou aumentá-la quando com ácidos fúlvicos (Stevenson & Ardakani, 1972). A lixiviação maior ou menor do zinco no perfil do solo está correlacionada com o teor de matéria orgânica nos horizontes superficiais e, quanto maior, menor é o movimento do zinco no perfil (Horowitz & Dantas, 1976; Leite & Skogley, 1977 e Muniz, 1995).

Vários autores postulam que o zinco não apresenta grande mobilidade através do perfil do solo, especialmente naqueles de textura fina, mesmo com a aplicação abundante de água (Jones *et al.*, 1957). Segundo Kuo & Barker (1980), Muniz (1995) e Consolini (1998) observam-se coeficientes de correlação significativos entre os valores de CTC e a capacidade de adsorção de zinco pelos solos, ocorrendo maior adsorção quando esses são inferiores.

A interação fósforo x zinco tem sido bastante pesquisada e várias hipóteses têm sido consideradas para explicá-la, tanto no solo quanto na planta. De acordo com Olsen (1972), entre as causas de deficiência de zinco induzida pelo fósforo se destacam a sua interferência na translocação do zinco na parte aérea em decorrência de maior crescimento devido à aplicação de fósforo e distúrbios metabólicos nas células pelo desequilíbrio fósforo/zinco. Segundo Shuman (1988) ao se adicionar fósforo ao solo, vários processos ocorrem, tais como a alteração no pH devido às reações tanto do fosfato quanto do cátion acompanhante, alteração no pH em função da dissolução do fertilizante na solução do solo e a precipitação direta do micronutriente zinco com o fosfato.

Loncragan *et al.* (1982), Welch *et al.* (1982) e Pinton *et al.* (1993) relatam que o zinco desempenha papel relevante na manutenção da integridade e seletividade das membranas da raiz. Quando deficiente, a permeabilidade da plasmalema das células das raízes é aumentada para o fósforo e, desse modo, a maior absorção do fósforo poderá ser devida à uma maior absorção passiva das células das raízes.

O cobre, o ferro e o manganês inibem a absorção de zinco; o boro parece estimular a absorção radicular, mas quando colocados numa mesma solução diminui a absorção foliar (Malavolta *et al.*, 1997). Em alguns casos a presença de cobre e boro reduz em 50% a absorção de zinco aplicado às folhas, sendo no caso do cobre inibição competitiva e no de boro não competitiva (Faquin, 1994).

Conforme relatam Colozzi-Filho & Siqueira (1986) os maiores teores de zinco observados em plantas micorrizadas possivelmente sejam decorrentes de efeitos secundários provocados pelo crescimento diferenciado das plantas ou então pela influência do maior suprimento do fósforo no substrato.

A redução da umidade do solo, associada à diminuição na difusão e fluxo de massa, como também do fluxo transpiratório que é limitado nas plantas

em período de estiagem, podem levar ao aparecimento da deficiência de zinco, mesmo quando seus teores estão adequados no solo (Pavan *et al.*, 1986).

O uso e o manejo inadequado do solo podem influenciar suas características físicas provocando por exemplo sua compactação dificultando a penetração das raízes e reduzindo a disponibilidade de nutrientes (Dias Junior, 1994; Anjos *et al.*, 1994). Nesse caso, os mecanismos de fluxo de massa e difusão responsáveis pelo transporte de nutrientes até as raízes são afetados, especialmente para os nutrientes P, K e Zn transportados via difusão.

Além dos fatores relacionados, a disponibilidade pode também ser reduzida em condições de baixa intensidade de luz e baixas temperaturas (Lucas & Knezek, 1972; citados por Souza & Ferreira, 1991). A fonte como o nutriente é fornecido também deve ser considerada e, como afirmam Malavolta *et al.* (1996) a maior absorção de zinco ocorre sob a forma de quelato, protegido de reações de precipitação que possam ocorrer na solução do solo e também da competição iônica.

Dessa forma, constata-se que a presença de zinco no solo não implica diretamente em sua disponibilidade uma vez que um amplo número de fatores poderão influir desfavoravelmente. O uso de técnicas adequadas de manejo do solo, como por exemplo, o uso de adubação orgânica ou de adição de agentes quelatizantes são medidas recomendáveis.

2.7 Zinco na planta

O zinco, juntamente com o boro, são os micronutrientes que regularmente promovem deficiências em diversas culturas, e, apesar de não ter função estrutural, participa como ativador de várias enzimas como as desidrogenases, proteíases, peptidases e fosfolidases, se relacionando dessa

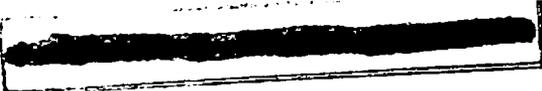
mancira com o metabolismo de carboidratos, proteínas e fosfatos (Dechen *et al.*, 1991b).

É absorvido pelas plantas na forma de Zn^{2+} , havendo divergências se o processo é passivo ou ativo, apesar de muitas citações indicando que a absorção é tipicamente metabólica. É classificado como elemento parcialmente móvel na planta (Malavolta, 1986) ou de baixíssima mobilidade (Favaro, 1992).

Sua baixa mobilidade, quando aplicado às folhas, pode ser devido ao seu pequeno transporte no floema ou à forma em que se encontra no tecido vegetal. Esse fato pode estar relacionado a sua pequena capacidade de ligação a quelatos aniônicos e, desse modo, quando aplicado sob a forma de sulfato de zinco, provavelmente permaneça nas folhas sob a forma de ions livres, o que dificulta o seu transporte (Clarkson & Hanson, 1980).

Maior mobilidade do zinco foi observada quando aplicado na forma de Zn - EDTA, provavelmente pela função de um carreador natural exercida pelo EDTA (Ferrandon & Chamel, 1988). Da mesma forma, Malavolta *et al.* (1996) relatam que a maior absorção na forma de quelato se deve ao fato do mesmo estar protegido de reações de precipitação e de competição iônica.

De acordo com Malavolta (1997), a absorção foliar é ativa e o processo está na dependência de vários fatores relatando que o mesmo é favorecido por um pH do meio em torno de 6 e diminuindo bastante quando próximo de 3; o Cu^{2+} e o Fe^{2+} inibem a absorção; o B diminui a absorção foliar quando associado com o zinco na mesma solução; o Ca^{2+} em baixa concentração, aumenta a absorção, reduzindo-a quando alta; o Mg^{2+} apresenta efeito inibidor mais acentuado. Considera ainda que a deficiência de zinco, induzida por altos níveis de fósforo no meio, pode ser ocasionada pela insolubilização do zinco na superfície das raízes pelo fósforo, insolubilização do zinco no xilema diminuindo o transporte para a parte aérea e inibição não competitiva pelo fósforo.



Várias funções são atribuídas ao zinco destacando-se dentre outras, como componente e ativador enzimático, regulador do nível de RNA, redução de nitrato, regulador de atividade de oxidase, manutenção e seletividade de membranas da raiz. É essencial para a síntese do triptófano, ativador da enzima sintetase do triptófano, aminoácido precursor do AIA (ácido indol acético) cujo nível é baixo em plantas deficientes em zinco, decorrente da alta atividade da AIA – Oxidase (Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1998; Faquin, 1994). As auxinas são reguladores de crescimento responsáveis pelo aumento no tamanho e multiplicação celular.

Plantas com deficiência apresentam acentuada redução na quantidade de RNA, resultando em menor síntese de proteínas e dificuldade na divisão celular devido à inibição da enzima RNASE, responsável pela hidrólise do RNA (Malavolta *et al.*, 1997).

De acordo com Faquin (1994) o zinco está diretamente envolvido no metabolismo nitrogenado da planta, havendo redução da síntese protéica e acúmulo de aminoácidos e amidos quando em níveis deficientes; nas mesmas condições poderá ocorrer acúmulo de N – NO₃ e diminuição da síntese de aminoácidos (Malavolta *et al.*, 1997).

É bastante provável que seja requerido para a biossíntese da clorofila, o que explicaria a clorose que ocorre em plantas deficientes (Taiz & Zeiger, 1991; Fertiza, 1996). Poderá ainda, de acordo com relato de Marschner (1995) conferir às plantas maior resistência ao ataque de fungos e pragas como resultado de barreiras bioquímicas ou morfológicas.

Pesquisa realizada por Pinton *et al.* (1993) possibilitou a constatação de que o zinco desempenha relevante papel na manutenção da integridade e seletividade das membranas das raízes. Desse modo, na sua deficiência, a permeabilidade da plasmalema das células é aumentada para o fósforo, sendo

uma das justificativas mais prováveis para a ocorrência de deficiência de zinco induzida por fósforo.

Ao lado do boro é o micronutriente cuja deficiência ocorre mais frequentemente nos solos de regiões tropicais; a concentração ótima varia de 20 a 120ppm na matéria seca, deficiência em teores menores que 20 ppm e toxidez acima de 400 ppm (Faquin, 1994).

O denominador comum para a deficiência de zinco nas diversas espécies é o encurtamento dos internódios; ocorre ainda a emissão de folhas lanceoladas com clorose internerval, morte de gemas ou de regiões de crescimento (Malavolta, 1997). Em bananeira há o aparecimento de faixas amareladas ao longo das nervuras secundárias e pigmentação avermelhada na face inferior das folhas jovens (Lahav, 1995).

Segundo Malavolta (1997) a toxidez se manifesta pela diminuição da área foliar seguida de clorose e pode aparecer na planta toda um pigmento pardo-avermelhado; além disso há diminuição da absorção de fósforo, podendo ocorrer também o acúmulo de tampões contendo o elemento, os quais dificultam a ascensão da seiva bruta.

Considerando-se a amostra internacional de referência (IFA, 1992), os teores foliares de zinco iguais a 6 – 17 ppm e 20 – 50 ppm são considerados, respectivamente, deficiente e ótimo para bananeira. Recomenda-se a aplicação de 15g de sulfato de zinco/família/ano em mistura com outros adubos (Borges *et al.*, 1997) ou aplicações foliares a 0,5% de sulfato de zinco (Silva *et al.*, 1999).

Devido a sua importância para os tecidos novos e em expansão e pela sua pequena mobilidade, o zinco deve estar disponível durante todo o ciclo da planta. Quando aplicado via foliar, apresenta efeito residual limitado, necessitando de mais aplicações anualmente, ao contrário da aplicação via raiz.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

O experimento foi instalado e conduzido em viveiro coberto com tela plástica preta, permitindo 50% de insolação, localizado no Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras-MG. O município situa-se a uma latitude de 21°14' sul, longitude de 45°00' ocste e altitude de 918 m. A região apresenta clima CWa, de acordo com a classificação de Köppen (Brasil, 1992; Ometto, 1981).

3.1.1 Cultivar e mudas

Foram utilizadas “mudas matrizes” da cultivar Prata Anã (*Musa sp.*) pertencente ao grupo AAB, denominada também “Enxerto” ou “Prata Santa Catarina”. Foram produzidas em laboratório de cultura de tecidos, aclimatadas em bandejas de isopor com 128 células vazadas de forma piramidal, com dimensões de 3,5 cm na parte superior e 1,0 cm na parte inferior, contendo vermiculita e casca de pinus compostada como substrato. Por ocasião do transplante apresentavam altura média de 4,5 cm e 0,65 g de matéria seca total, determinadas através amostragem.

3.1.2 Recipientes e substrato

Para o envehecimento as “mudas matrizes” foram transplantadas das bandejas para sacos de polietileno preto, perfurados, sanfonados, com

dimensões de 15 cm de diâmetro e 32 cm de altura e capacidade para quatro quilogramas de substrato.

O substrato de cultivo foi composto por uma mistura básica constituída por 70% de solo e 30% de areia grossa lavada. O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho escuro distrófico, textura argilosa, coletado no município de Lavras-MG. Na Tabela 1 são apresentados os resultados de análise de amostra do substrato.

TABELA 1 – Resultados das análises químicas e físicas do substrato após a correção, incubação e antes do transplante das mudas, UFLA, Lavras-MG, 2001.

Atributo	Unidade	Valor
pH em água (1:2,5)		5,7
P (Fósforo Mehlich 1)	mg/dm ³	21,1
K (Potássio Mehlich 1)	mg/dm ³	27,0
Ca (Cálcio)	cmolc/dm ³	1,4
Mg (Magnésio)	cmolc/dm ³	0,3
Al (Alumínio)	cmolc/dm ³	0,0
H + Al (Acidez Potencial)	cmolc/dm ³	2,0
S.B. (Soma de bases)	cmolc/dm ³	1,8
T (CTC efetiva)	cmolc/dm ³	1,8
T (CTC a pH 7,0)	cmolc/dm ³	5,0
m (Saturação por alumínio)	%	0,0
v (Saturação por bases)	%	58,0
M.O.	dag/kg	1,3
B	mg/dm ³	0,14
Zn	mg/dm ³	0,60
Areia	%	35,0
Argila	%	54,0
Silte	%	11,0

Foi feita correção utilizando-se calcário dolomítico contendo 38,16% de CaO e 14,00% de MgO. Foi utilizado como fonte de fósforo o monoamôniofosfato (M.A.P.) contendo 11% de N e 60% P₂O₅ (H₂O). Adubações em cobertura consideradas complementares foram realizadas aplicando-se sulfato de amônio, cloreto de potássio, sulfato de magnésio, molibdato de amônio e sulfato de cobre.

3.1.3 Estrados suspensos

Os recipientes contendo o substrato foram colocados em estrados suspensos a 1,2 m de altura do solo, com 6,0 m de comprimento e 1,0 m de largura, confeccionado em caibros e ripas de madeira, facilitando o manejo das mudas e as avaliações.

3.2 Métodos

3.2.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, em esquema fatorial, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelo fatorial 5 x 3 (cinco doses de boro 0,00; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 mgB.kg⁻¹ de substrato e três doses de zinco 0,0; 5,0; 10,0 mgZn.kg⁻¹ de substrato). Na Tabela 2, estão relacionados os 15 tratamentos, sendo a unidade experimental constituída por cinco mudas, uma em cada recipiente.

TABELA 2 – Tratamentos e respectivas doses de boro e zinco (mg.kg^{-1} de substrato). UFLA, Lavras-MG, 2000.

Tratamento	Denominação	Boro (mg.kg^{-1})	Zinco (mg.kg^{-1})
1	B0 Zn0	0,00	0
2	B0 Zn5	0,00	5
3	B0 Zn10	0,00	10
4	B25 Zn0	0,25	0
5	B25 Zn5	0,25	5
6	B25 Zn10	0,25	10
7	B50 Zn0	0,50	0
8	B50 Zn5	0,50	5
9	B50 Zn10	0,50	10
10	B75 Zn0	0,75	0
11	B75 Zn5	0,75	5
12	B75 Zn10	0,75	10
13	B100 Zn0	1,00	0
14	B100 Zn5	1,00	5
15	B100 Zn10	1,00	10

3.2.2 Instalação e condução

O solo componente do substrato foi previamente peneirado para a eliminação de torrões e impurezas e corrigido através de calagem utilizando-se 0,25g de calcário/Kg de solo, adicionadas 30 dias antes do transplante; após esse período foi feita a composição básica, sob forma homogênea, misturando-se em betoneira manual 70% de solo corrigido e 30% de arcia grossa. Nessa oportunidade foram adicionadas 3,05 gramas de MAP/recipiente, suprindo assim o substrato em fósforo.

Em seguida realizou-se o enchimento dos recipientes, e seu acondicionamento em estrados suspensos, sob cobertura alta de tela plástica, proporcionando 50% de insolação. As parcelas foram distribuídas em croquis

previamente elaborado, de acordo com a casualização dos tratamentos dentro dos blocos e destes dentro do viveiro. Entre cada parcela foi deixado lateralmente um espaço livre de 20cm.

Por ocasião do transplântio, as mudas foram agrupadas visualmente, considerando-se sua altura, de tal forma a se ter lotes mais homogêneos em cada bloco. Com o auxílio de espátula foram retiradas das bandejas, procurando-se manter a estrutura de seu torrão. O substrato foi previamente irrigado, procedendo-se, a seguir, a abertura de orifício suficiente para acondicionar a muda em torrão; em seguida comprimiu-se o substrato em torno da mesma, procedendo-se, então, nova irrigação.

Após dez dias do transplântio, foram aplicados os tratamentos considerando-se as doses de boro e zinco. Como fonte de boro foi utilizado o ácido bórico, através do preparo de soluções contendo 0,57; 1,15; 1,72 e 2,29g H₃BO₃/L correspondendo, respectivamente, as doses 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 mg de boro.kg⁻¹ de substrato. No caso do zinco, foram preparadas soluções contendo 8,79 e 17,58g de sulfato de zinco/L correspondendo, respectivamente as doses 5,0 e 10,0 mg de zinco . kg⁻¹ de substrato.

As aplicações em semicírculo, ao redor do torrão de cada muda, foram realizadas com o auxílio de seringa, sendo o volume de 10mL da solução/recipiente e 20mL da solução/recipiente, respectivamente para boro e zinco. No tratamento correspondente a doses 0,00 mg.kg⁻¹ de substrato foi aplicado o mesmo volume em água pura.

Aos 15 dias pós-transplântio iniciaram-se as adubações complementares com macro e micronutrientes nas seguintes dosagens e intervalos: 1,0g de sulfato de amônio/muda a cada 10 dias, 0,38 g de cloreto de potássio/muda a cada 15 dias, 23,59 mg de sulfato de cobre/muda em uma aplicação e 0,73 mg de molibdato de amônio/muda em uma aplicação.

Durante o período experimental foram realizadas periodicamente a eliminação de plantas invasoras, escarificação superficial do substrato e inspeções fitossanitárias. As irrigações foram feitas individualmente em cada recipiente, com auxílio de becker, de tal forma que o substrato fosse mantido úmido.

3.2.3 Avaliações e análises estatísticas

A partir do 15º dia do transplântio foram avaliadas quinzenalmente as seguintes variáveis:

- **Altura da muda (AM):** com auxílio de régua graduada, medindo-se do colo da muda à altura da roseta foliar, considerada como sendo o ponto onde se inserem os pecíolos das duas últimas folhas totalmente abertas.
- **Diâmetro do pseudocaule da muda (DM):** com auxílio de paquímetro, medido na região do colo da planta.
- **Número de Folhas (NF):** número de folhas emitidas a cada intervalo, marcando-se com fio de lã o ponto de inserção da última folha totalmente aberta.

Aos 75 dias pós-transplântio, considerado como o término do período experimental, as plantas foram identificadas individualmente, de acordo com os tratamentos e repetições, procedendo-se, a seguir, amostragem de todo o perfil do substrato, compondo-se uma amostra única por parcela, para posterior análise química.

Após a eliminação do substrato, com auxílio de jatos d'água, as plantas foram lavadas em água corrente e em seqüência com água destilada, procurando-

se, durante essa operação, manter intacto o sistema radicular. Nessa oportunidade foram determinados:

- **Peso da matéria fresca do sistema radicular (MFSR):** após lavadas as raízes foram seccionadas rentes ao colo, realizando-se a pesagem em balança eletrônica.
- **Peso da matéria fresca da parte aérea (MFPA):** retirado o sistema radicular, o material restante, considerado como parte aérea foi pesado em balança eletrônica.
- **Comprimento (CF) e largura (LF) da 3ª folha:** com auxílio de régua graduada, mediu-se o comprimento do limbo sobre a nervura central e a largura na parte mediana da 3ª folha a partir do ápice;
- **Peso da matéria seca do sistema radicular (MSSR):** o sistema radicular foi inicialmente etiquetado e pendurado em fios de nylon dispostos em estufa de campo, para ocorrer uma pré-secagem por três dias; em sequência acondicionados em sacos de papel e colocados em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C, até atingir peso constante.
- **Peso da matéria seca da parte aérea (MSPA):** o material, após passar por lavagem em água corrente e destilada, foi etiquetado e pendurado em fios de nylon dispostos em estufa de campo para uma pré-secagem por três dias. Posteriormente, acondicionado em sacos de papel e colocado em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C até atingir peso constante.
- **Nutrientes na matéria seca da parte aérea:** as determinações de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn na matéria seca da parte aérea foram efetuadas segundo metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Os extratos de matéria seca obtidos por digestão nitroperclórica, exceto para o B, cuja digestão foi por via seca e a determinação pelo método da curcumina; o P determinado por colorimetria; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por

espectrofotometria de absorção atômica; K por fotometria de chama e S por turbidimetria; os teores de N pelo método de Kjeldahl.

- **Análise química do substrato:** nas amostras únicas por parcela, constituída por material coletado em cada um dos recipientes de cada parcela foram determinados os teores de P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn além de pH em água, Al, H + Al, soma de bases (SB), CTC efetiva (t), saturação por alumínio (m) CTC à pH 7,0 (T), saturação por bases (V), Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, matéria orgânica, Ca/T, Mg/T, K/T. As determinações seguiram metodologias descritas por Vettori (1969) com adaptações (EMBRAPA, 1997).
- **Análises Estatísticas:** Foram efetuadas análises de variância e regressão para as características avaliadas; os resultados obtidos foram submetidos ao programa de estatística SISVAR apresentado por Ferreira (2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Nutrição de mudas

4.1.1 Características do substrato

Nas Tabelas 3 e 4 estão relacionadas as características do substrato determinadas em amostras coletadas após 75 dias de enviveiramento das mudas, e na Tabela 1 as características, no início da pesquisa, após realizada a correção do solo e incubação, antes de se realizar o transplante. O contraste entre os valores dessas características indica que, de uma forma geral, os tratamentos aplicados e as práticas de manejo durante o período, afetaram de maneira acentuada.

A bananeira é uma espécie frutífera que apresenta crescimento rápido e vigoroso exigindo fornecimento constante e equilibrado de nutrientes; o sistema radicular exige bastante aeração e tem pouco poder de penetração. Dessa forma, deve-se considerar que o substrato para mudas de bananeira deva ser rico em nutrientes, com boa retenção de umidade, porém sem causar encharcamento, possuir pH entre 5,5 – 6,5, isento de patógenos, proporcionar boa agregação junto as raízes e não esboroar com facilidade.

Ao se analisar os valores médios das características do substrato, antes e após o período de enviveiramento, constata-se que algumas exigências peculiares da bananeira não foram atendidas o que pode ter comprometido o crescimento das mudas, uma vez que as mesmas não atingiram a altura mínima de 30 cm, considerada como padrão.

TABELA 3 – Características do substrato utilizado para o enviveiramento de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, em função de doses de boro e zinco aos 75 dias pós-transplântio. UFLA, Lavras – MG, 2001.

Tratamento	pH (água-1:25)	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	Ca (cmole/dm ³)	Mg (cmole/ dm ³)	Al (cmole/ dm ³)	Ac. Potencial H + Al (cmole/ dm ³)	Soma de bases SB (cmole/ dm ³)	CTC efetiva t (cmole/ dm ³)	Al ³⁺ m (%)	CTC – p.H 7,0 T (cmole/ dm ³)	Saturação por Al ³⁺ . m (%)	Saturação por bases V (%)
BOZno	4.13	13.33	30.33	0.82	0.25	0.60	4.38	1.12	1.75	5.5	36.15	20.35	
BOZn5	4.15	18.67	19.33	0.97	0.30	0.70	4.75	1.30	1.95	6.0	34.63	21.83	
BOZn10	4.15	17.33	19.33	0.92	0.35	0.62	4.75	1.35	1.97	6.1	31.18	22.45	
B25Zn0	4.15	14.33	19.00	0.95	0.27	0.62	4.50	1.22	1.87	5.8	34.00	22.08	
B25Zn5	4.17	16.67	20.33	0.90	0.30	0.57	4.38	1.35	1.92	5.7	30.65	23.33	
B25Zn10	4.10	17.00	19.67	0.80	0.27	0.70	4.88	1.02	1.72	5.9	41.23	17.23	
B50Zn0	4.13	18.33	19.33	0.85	0.30	0.67	4.88	1.15	1.82	6.0	37.18	19.35	
B50Zn5	4.15	18.33	20.67	0.85	0.30	0.65	4.75	1.25	1.90	6.0	34.98	20.55	
B50Zn10	4.20	14.67	20.33	0.90	0.35	0.67	4.63	1.27	1.75	5.9	34.35	21.98	
B75Zn0	4.17	15.67	23.33	0.87	0.27	0.67	4.50	1.20	1.87	5.7	36.90	20.67	
B75Zn5	4.13	17.00	18.00	0.80	0.27	0.70	4.88	1.05	1.77	5.9	40.50	18.00	
B75Zn10	4.17	16.67	23.33	0.82	0.27	0.70	4.75	1.22	1.82	5.9	38.60	19.60	
B100Zn0	4.15	16.00	23.33	0.85	0.27	0.67	4.50	1.17	1.85	5.7	36.68	20.85	
B100Zn5	4.15	18.33	24.00	0.80	0.25	0.62	4.63	1.02	1.67	5.6	38.63	18.25	
B100Zn10	4.15	14.67	22.33	0.87	0.27	0.62	4.63	1.32	1.95	5.9	33.03	21.93	

TABELA 4 – Características do substrato utilizado para o envolvimento de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, em função de doses de boro e zinco aos 75 dias pós-transplântio. UFLA, Lavras – MG, 2001.

Tratamento	Ca/T (%)	Mg/T (%)	K/T (%)	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Mat. Org. (dag/kg)	S – Sulfato (mg/ dm ³)	B (mg/ dm ³)	Zn (mg/ dm ³)	Cu (mg/ dm ³)	Mn (mg/ dm ³)	Fe (mg/ dm ³)
BOZno	14.98	4.50	0.87	3.33	18.17	5.57	1.30	78.30	0.35	0.77	1.27	27.15	17.60
BOZn5	16.03	4.98	0.80	3.00	20.77	6.40	1.30	88.87	0.35	2.63	1.45	27.03	19.18
BOZn10	15.10	6.05	0.77	2.87	19.67	8.82	1.30	81.03	0.32	8.13	1.80	25.35	19.23
B25Zn0	16.58	4.68	0.80	3.20	20.27	5.85	1.28	97.90	0.40	1.07	1.52	24.75	17.13
B25Zn5	17.33	5.15	0.87	3.67	20.15	6.02	1.32	93.80	0.40	2.73	1.65	25.10	18.73
B25Zn10	13.10	3.80	0.77	3.60	16.05	4.90	1.30	78.30	0.32	8.47	1.57	24.30	19.48
B50Zn0	13.23	5.33	0.77	3.10	16.75	6.87	1.32	96.30	0.40	1.25	1.80	27.20	19.35
B50Zn5	14.23	5.45	0.87	3.43	16.40	6.30	1.30	97.57	0.40	4.02	1.60	23.68	18.95
B50Zn10	15.23	5.88	0.85	3.20	18.27	6.92	1.30	98.87	0.37	7.50	1.55	25.00	18.70
B75Zn0	15.33	4.40	0.87	3.33	17.50	5.07	1.30	89.93	0.37	0.92	1.60	21.43	18.10
B75Zn5	13.45	3.78	0.75	3.67	18.32	5.15	1.30	84.63	0.30	4.53	1.65	22.90	18.40
B75Zn10	14.00	4.68	0.92	3.00	15.70	5.25	1.28	97.30	0.35	8.23	1.65	24.55	19.20
B100Zn0	15.00	4.90	0.95	3.60	16.62	5.52	1.30	85.57	0.35	0.92	1.25	26.20	19.25
B100Zn5	13.70	3.53	0.95	3.83	17.45	4.07	1.30	85.17	0.35	5.00	1.47	24.20	17.65
B100Zn10	14.75	5.23	0.97	3.43	16.07	6.95	1.30	96.97	0.35	9.93	1.45	23.63	18.45

Pesquisa conduzida por Menezes (1997), possibilitou a obtenção de mudas dentro do padrão com apenas 52 dias de enviveiramento, com a adição de 20 a 30% de matéria orgânica ao substrato. O baixo teor de matéria orgânica do substrato utilizado pode ter afetado o crescimento, uma vez que, de acordo com Moreira (1987), ela é bastante limitante para o desenvolvimento inicial da muda e, em sua ausência, as raízes não se desenvolvem satisfatoriamente, permanecendo curtas, finas, desprovidas de radículas.

Observaram-se modificações substanciais em componentes ligados à acidez do substrato, tais como o pH, acidez ativa e acidez potencial. Em especial, constatou-se uma acentuada acidificação com o pH inicial de 5,7 passando para a faixa de 4,1 – 4,2. De acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999), essa faixa representa uma acidez muito elevada; nas considerações que serão apresentadas a seguir, serão observados os níveis ou padrões recomendados pela referida comissão, que servirão como referencial para a análise dos resultados.

Segundo Furtini Neto (2001), a maior alteração do pH do solo é promovida pelos fertilizantes nitrogenados amoniacais ou que resultam na formação de amônio no solo. Teoricamente, estima-se que a aplicação de 100 kg de sulfato de amônio gera acidez que exige 110 kg/ha de CaCO_3 puro para ser neutralizada. Desse modo, as aplicações sucessivas a intervalos de 10 dias, utilizando-se sulfato de amônio, associadas a 2 ou 3 irrigações semanais, podem ser consideradas como causas principais da acidificação e da lixiviação de cálcio, potássio e magnésio.

Sanchez (1976) em pesquisa que tinha dentre os objetivos verificar alternativas para a redução do alumínio tóxico em camadas mais profundas dos solos tropicais, constatou, dentre as mesmas, a possibilidade do carregamento de cálcio e magnésio no perfil do solo, através da aplicação de sulfato de amônio. Pearson *et al.* (1962) obtiveram resultados significativos quando associaram a

calagem com a aplicação de doses elevadas de sulfato de amônio, em solos utilizados para pastagem intensiva. Da mesma forma, Morelli *et al.* (1971), constataram carreamento significativo de cálcio e magnésio das camadas de 0 – 20 cm para 60 – 80 cm do solo.

De acordo com Quaggio (1986) e Pavan & Oliveira (1997), em sistema aberto, como nesse caso, ocorre a lixiviação do NO_3^- e os íons H^+ produzidos pela oxidação do NH_4^+ a NO_3^- contribuem para a acidificação; a lixiviação do NO_3^- implica ainda em perdas concomitantes de cátions como o Ca^{2+} , K^+ e Mg^{2+} a fim de compor a neutralidade química da solução.

Segundo Quaggio (1986), os co-íons que são os íons que possuem o mesmo sinal das cargas das partículas do solo se ligam aos cátions e se movimentam com facilidade em um fluxo descendente de água; relata que na natureza os co-íons são adicionados na solução, entre outros processos, pela nitrificação, quando se aplica adubo nitrogenado contendo amônio que carrega também o ânion sulfato. Assim, após ocorrer a solubilização, ficam livres na solução do solo, arrastando as bases.

Como mencionado, as irrigações realizadas durante a condução da pesquisa, foram também responsáveis pelo processo de acidificação e perda de nutrientes. Bataglia (1984), afirma que a absorção de nutrientes e o crescimento de plantas em vasos são muito influenciados pelo sistema de suprimento de água. Diversos autores constataram a lixiviação de cálcio, potássio e magnésio para as camadas mais profundas do perfil do solo, ou mesmo, até o lençol freático, quando se realizaram irrigações excessivas (Resck *et al.*, 1980; Bassoi & Carvalho, 1992; Braga *et al.*, 1995; Pavan & Oliveira, 1997). Considerando as condições em que essa pesquisa foi realizada, seria recomendável avaliar outro sistema de irrigação superficial e até mesmo alterar a composição do substrato, visando aumentar a sua capacidade de retenção de água.

Em bananicultura, a elevação do pH para uma faixa entre 5,5 e 6,5 contribui positivamente para o crescimento e produção da bananeira, além de retardar e minimizar prejuízos causados por doenças, tais como o “Mal do Panamá” (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense) (Moreira, 1983; Borges, 1994b).

A marcante acidificação do substrato pode ser constatada pelos valores expressos para acidez potencial e saturação por alumínio. A acidez potencial teve um acréscimo médio de 85,2% passando de 2,5 cmolc/dm³ para 4,63 cmolc/dm³, enquanto a saturação por alumínio, que era nula no início, apresentou um valor médio de 35,94%; considera-se que acima de 60% possa ocorrer uma grande atividade do alumínio com paralisação do crescimento (Black, 1967).

A soma de bases, após a enviveiramento, apresentou um valor médio de 1,20 cmolc/dm³, considerada baixa; em média, as frações corresponderam a 71,67% de cálcio, 24,17% de magnésio e 4,16% de potássio, percentuais próximos aos ideais, ou seja, 60 – 70%, 10 – 20% e 2 – 5%, respectivamente. A saturação por bases sofreu uma redução de 65% entre as duas avaliações. Em bananicultura, a correção do solo visa elevar a saturação de bases para 60 – 70% como indicam Silva *et al.* (1999) e Raij *et al.* (1996); no presente estudo a correção do solo utilizado para compor o substrato elevou a saturação para 58%, próximo ao recomendado, porém as práticas executadas no transcorrer do período a reduziram significativamente.

A capacidade de troca de cátions efetiva apresentou média de 1,84 cmolc/dm³, classificada como baixa. De acordo com Garcia *et al.* (1978), a bananeira tem uma capacidade de troca catiônica limitada recomendando a saturação de 65 – 75% por cátions sendo que, foi observado um valor médio de 65%. Valores abaixo de 2,3 cmolc/dm³ indicam solos com baixo teor de matéria orgânica e predomínio de argilas de baixa atividade. Nessas condições, as possibilidades de perdas de cátions por lixiviação e o potencial de salinidade são

clevadas. A bananeira é uma espécie bastante exigente em potássio (Borges *et al.*, 1997) e nas condições relatadas, as adubações em cobertura devem ser parceladas, reduzindo-se, dessa forma, as perdas.

As pesquisas conduzidas na área de nutrição e adubação da bananeira apresentam resultados que indicam a importância de se manter o equilíbrio entre os nutrientes potássio, cálcio e magnésio.

Na etapa inicial os níveis de potássio, cálcio e magnésio foram classificados em baixo, médio e baixo, respectivamente. Após o período experimental, mesmo com adubações em cobertura, o baixo teor de potássio comprometeu as relações de equilíbrio entre os três nutrientes. A relação Ca/Mg foi em média de 2,97/1, dentro da faixa ideal considerada como 1,5/1 a 3/1; da mesma forma, a relação Ca/K + Ca + Mg foi em média igual a 0,72 dentro do recomendável que é de 0,6 – 0,8 (Garcia *et al.* 1978; Delvaux, 1995). Entretanto, a relação K/K + Ca + Mg com valor médio igual a 0,04 caracterizou deficiência de potássio, com possíveis reflexos sobre o crescimento da muda (Malavolta e Vitti, 1985; Martin-Prével, 1984).

Quanto aos micronutrientes boro e zinco, os valores médios foram de 0,38 mg/dm³ e 4,41 mg/dm³, respectivamente. Verificou-se, como relacionado na Tabela 4, que os teores de boro apresentaram uma menor amplitude não refletindo os efeitos, mesmo quando da aplicação de doses mais elevadas. De acordo com Furtini Neto (2001), o boro ocorre na solução do solo na forma de ácido bórico não dissociado sendo o único nutriente que ocorre sob forma neutra e, dessa maneira, muito suscetível a perdas por lixiviação. De outro modo, os teores de zinco apresentaram comportamento linear, com elevação, à medida que se adicionaram doses maiores do nutriente.

Os teores médios de manganês e ferro foram de 24,83 mg/dm³ e 18,63 mg/dm³, classificados como muito bom e médio, respectivamente; os mesmos não apresentaram amplitudes relevantes em função dos tratamentos aplicados.

Os baixos valores de pH observados podem ter contribuído para o aumento das concentrações de manganês e ferro pois de acordo com Black (1967), há uma correlação negativa entre os mesmos. Segundo Lahav (1995), o fósforo, cujo teor foi classificado como médio na presente pesquisa, apresenta sinergismo com o manganês.

4.1.2 Macronutrientes e micronutrientes na matéria seca da parte aérea

Os resumos das análises de variância para o teor de macronutrientes e micronutrientes na matéria seca da parte aérea encontram-se nas Tabelas 5 e 6 enquanto que os valores médios, segundo os tratamentos, estão relacionados nas Tabelas 7 e 8. Verificou-se que os efeitos significativos se restringiram aos teores de fósforo, manganês e ferro através da interação Boro x Zinco. Entretanto, como ocorreram diferenças significativas na produção de matéria seca da parte aérea, realizou-se análise de variância para o acúmulo dos nutrientes fósforo, boro, zinco, manganês e ferro, cujo resumo está na Tabela 9, e os valores médios na Tabela 10.

Através dos desdobramentos de doses de zinco dentro de boro constataram-se efeitos significativos sobre o acúmulo de fósforo, ilustrados na Figura 1; o acréscimo foi linear ao se elevar as doses de zinco, em ausência de boro e quadrático, quando da associação com 0,50 mg.B.kg⁻¹. Nesse caso, é provável que não tenha ocorrido antagonismo entre zinco e fósforo como afirmam Kabata-Pendias & Pendias (1985). Destaca-se ainda que a redução da disponibilidade e absorção de zinco com a adição de boro pode ocorrer através da inibição não competitiva (Faquin, 1994). Essa possibilidade pode ter se refletido sobre o acúmulo de fósforo; segundo Pinton *et al.* (1993) o zinco desempenha relevante papel na manutenção da integridade e seletividade das

membranas e, quando disponível em menores quantidades a permeabilidade das células é aumentada para o fósforo. A presença de teores significativos de ferro e manganês também pode inibir a absorção de zinco (Malavolta *et al.*, 1997).

TABELA 5 – Resumo da análise de variância para o teor dos macronutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na matéria seca da parte aérea de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, em função de doses de boro e zinco, aos 75 dias pós-transplântio. UFLA, Lavras, MG. 2001.

Fonte Variação	GL	QM					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	3	0,09025	0,00070	2,13254	0,20008	0,02228	0,01744
Boro	4	0,12285	0,00011	0,07214	0,01214	0,00332	0,00034
Zinco	2	0,01795	0,00033	0,06081	0,00355	0,00004	0,00051
Boro x Zinco	8	0,04723	0,00045*	0,10626	0,00958	0,00508	0,00077
Erro	42	0,06104	0,00017	0,15465	0,01305	0,00356	0,00059
Total	59						
C.V. (%)		5,46	8,46	14,79	15,01	13,05	9,62

*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 6 – Resumo da análise de variância para o teor dos micronutrientes Boro (B), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Manganês (Mn) e Ferro (Fe) na matéria seca da parte aérea de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, em função de doses de boro e zinco, aos 75 dias pós-transplântio. UFLA, Lavras, MG. 2001.

Fonte Variação	GL	QM				
		B	Zn	Cu	Mn	Fe
Bloco	3	36,83144	547,47873	11,37682	312971,44444	13269,60779
Boro	4	3,45216	48,72687	1,04713	27141,90000	824,94739
Zinco	2	1,2260	75,45217	0,38560	3626,86667	697,42106
Boro x Zinco	42	5,05789	65,99826	0,80151	3663,90873*	92,75816**
Total	59					
C.V. (%)		10,92	24,02	8,47	8,67	14,48

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

*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 7 – Teor dos macronutrientes Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) na matéria seca da parte aérea de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, em função de doses de boro e zinco aos 75 dias pós-transplântio. UFLA, Lavras, MG. 2001.

Tratamento	Macronutrientes (dag.Kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
B0 Zn0	4,59	0,16	2,52	0,79	0,49	0,26
B0 Zn5	4,67	0,15	2,63	0,64	0,38	0,24
B0 Zn10	4,63	0,15	2,78	0,77	0,44	0,26
B25 Zn0	4,58	0,17	2,57	0,84	0,47	0,27
B25 Zn5	4,51	0,16	2,85	0,84	0,49	0,25
B25 Zn10	4,59	0,14	2,86	0,77	0,47	0,23
B50 Zn0	4,54	0,15	2,44	0,73	0,42	0,23
B50 Zn5	4,68	0,14	2,47	0,73	0,48	0,24
B50 Zn10	4,43	0,17	2,82	0,78	0,48	0,26
B75 Zn0	4,43	0,16	2,72	0,77	0,42	0,26
B75 Zn5	4,45	0,16	2,83	0,79	0,46	0,24
B75 Zn10	4,60	0,16	2,61	0,74	0,44	0,26
B100 Zn0	4,23	0,16	2,73	0,76	0,47	0,26
B100 Zn5	4,37	0,15	2,61	0,75	0,47	0,25
B100 Zn10	4,50	0,14	2,43	0,71	0,46	0,25

TABELA 8 – Teor dos micronutrientes Boro (B), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Ferro (Fe) e Manganês (Mn) na matéria seca da parte aérea de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, em função de doses de boro e zinco aos 75 dias pós-transplântio. UFLA, Lavras, MG. 2001.

Tratamento	Micronutrientes (ug/g)				
	B	Zn	Cu	Fe	Mn
B0 Zn0	21,56	33,38	9,92	185,85	2535
B0 Zn5	20,40	36,97	10,21	256,25	2921
B0Zn10	22,31	31,40	10,97	217,30	2596
B25 Zn0	19,64	36,70	10,14	278,64	2932
B25 Zn5	20,60	29,91	10,46	204,17	2503
B25 Zn10	20,62	34,88	11,69	213,71	2708
B50 Zn0	19,66	33,11	10,43	205,20	2675
B50 Zn5	19,44	35,65	10,07	206,89	2558
B50 Zn10	21,31	30,84	9,96	228,53	2816
B75 Zn0	20,17	30,38	11,23	195,91	2751
B75 Zn5	21,69	29,00	11,23	212,97	2754
B75 Zn10	21,12	39,02	10,03	231,12	2798
B100 Zn0	21,15	31,68	10,45	199,57	2647
B100 Zn5	20,25	30,47	10,85	216,98	2687
B100 Zn10	19,31	34,06	10,91	219,32	2434

TABELA 9 – Resumo da análise de variância para o acúmulo dos nutrientes Fósforo (P), Manganês (Mn), Ferro (Fe), Boro (B) e Zinco (Zn) na matéria seca da parte aérea de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, em função de doses de boro e zinco, aos 75 dias pós-transplântio. UFLA, Lavras, MG. 2001.

Fonte Variação	GL	QM				
		P	Mn	Fe	B	Zn
Bloco	3	38,484	51,816	0,079	0,002	0,013
Boro	4	21,127**	81,054**	0,542	0,003	0,019
Zinco	2	6,551	45,375	0,432	0,004	0,015
Boro x Zinco	8	18,019**	81,763**	0,862**	0,002*	0,014
Erro	42	5,319	15,900	0,223	0,001	0,010
Total	59					
C.V. (%)		14,58	14,58	21,38	15,57	29,66

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

*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

TABELA 10 – Acúmulo dos nutrientes Fósforo (P), Manganês (Mn), Ferro (Fe), Boro (B) e Zinco (Zn) na matéria seca da parte aérea de mudas de bananeira ‘Prata Anã’ em função de doses de boro e zinco, aos 75 dias pós-transplântio. UFLA, Lavras, MG. 2001.

Tratamento	Mg/Planta				
	P	Mn	Fe	B	Zn
B0 Zn0	12,64	20,38	1,49	0,17	0,27
B0 Zn5	17,36	34,15	2,80	0,24	0,43
B0Zn10	18,00	30,15	2,52	0,25	0,48
B25 Zn0	18,58	32,50	3,09	0,21	0,39
B25 Zn5	15,53	24,07	1,98	0,19	0,28
B25 Zn10	16,63	32,03	2,46	0,23	0,39
B50 Zn0	14,78	25,98	2,00	0,19	0,33
B50 Zn5	13,38	24,37	2,01	0,18	0,33
B50 Zn10	17,79	29,06	2,34	0,22	0,32
B75 Zn0	15,74	26,20	1,88	0,19	0,29
B75 Zn5	18,32	31,41	2,30	0,24	0,33
B75 Zn10	17,12	30,20	2,43	0,22	0,36
B100 Zn0	14,34	23,05	1,74	0,18	0,27
B100 Zn5	14,86	26,02	2,20	0,20	0,30
B100 Zn10	12,23	20,62	1,84	0,16	0,28

Estudos realizados com diferentes espécies vegetais também comprovaram a elevação no teor de fósforo na parte aérea com a elevação do fornecimento de zinco, tais como os conduzidos por Brune *et al.* (1994), Machado (1998) e Soares (1999), em mudas de cevada, maracujazcero e eucalipto, respectivamente.

A Figura 2 representa o efeito linear crescente sobre o acúmulo de boro na matéria seca quando se elevaram as doses de zinco na ausência de boro. É possível existir, dentro de certos limites, uma interação positiva entre o boro e zinco no solo, como relata Fuerhering (1969) e, desse modo, o zinco pode ter atuado favorecendo a disponibilidade e absorção do boro existente no solo.

As sucessivas adubações em cobertura com sulfato de amônio provavelmente não interferiram sobre a absorção e acúmulo de boro; segundo Camargo & Silva (1975) altas concentrações de nitrogênio nítrico ou amoniacal aplicados ao solo, reduzem os teores de boro nas folhas, comprovando um provável antagonismo nitrogênio/boro no solo.

A elevação de doses de zinco no substrato poderia ter se refletido significativamente no seu acúmulo na parte aérea, o que não foi constatado (Tabela 10). Em grande parte dos efeitos significativos observados no trabalho houve interação entre o boro e zinco, com a possível interferência deste sobre a absorção de zinco. Ao se elevar as doses de zinco no substrato, na ausência de boro, o seu teor se elevou linearmente (Tabela 8) da mesma forma que o seu acúmulo na parte aérea (Tabela 10) e, nesse caso, o acréscimo foi de cerca de 70% em relação ao tratamento B0Zn0.

Resultados obtidos por Machado (1998) e Soares (1999) comprovaram que a elevação da disponibilidade de zinco induziu ao menor acúmulo de manganês na parte aérea. Através da Figura 3 pode-se constatar esse mesmo efeito, a partir da dose de 5 mg.Zn.kg^{-1} em ausência de boro; como a adição de

boro influencia negativamente a absorção de zinco, houve acréscimo no acúmulo quando se adicionou $0,25 \text{ mg.B.kg}^{-1}$.

O acúmulo de ferro apresentou resultados semelhantes ao descrito para o manganês e, pode ser visualizado na Figura 4. Na ausência ou menor disponibilidade de zinco, a acumulação de ferro é maior devido à inexistência da competição deste com o zinco, pois sendo cátions de igual valência, há uma grande possibilidade de ocuparem o mesmo sítio de ação do carregador; os óxidos de ferro e manganês adsorvem quantidades consideráveis de zinco (Olsen 1972; Gadde & Laitinen, 1974).

Os padrões de nutrientes na matéria seca para a bananeira, indicados em literatura, não expressam as condições nutricionais de mudas como necessário para o presente caso, uma vez que quase sempre se basciam em amostragens em plantas adultas na fase de emissão da inflorescência. Deve-se ainda considerar que o teor foliar pode variar em função do cultivar, idade da folha, parte da folha, interação entre os nutrientes e fatores ambientais. Entretanto, mesmo dentro desse contexto, ao se correlacionar os teores de nutrientes verificados na pesquisa (Tabelas 7 e 8) com os valores de referência apresentados por Martinez *et al.* (1999) podem-se fazer algumas considerações.

Observou-se que os teores foliares de nitrogênio, ferro e manganês estão bem acima dos níveis de suficiência ou níveis críticos sugeridos; os teores de fósforo e potássio estão abaixo e os demais dentro de valores adequados. Entretanto, a bananeira apresenta algumas particularidades relacionadas à interação entre os nutrientes e que podem influenciar significativamente o seu crescimento e produção.

O baixo suprimento de potássio pode ter favorecido o acúmulo de nitrogênio amoniacal; uma alta relação nitrogênio/potássio pode interferir negativamente sobre o crescimento e produção da bananeira (Garcia *et al.*, 1978).

Os mesmos autores consideram que a relação ideal K/Mg deve ficar na faixa de 2,5 – 3,5, porém, o valor médio observado foi de 1,78; recomendam ainda que do somatório dos teores de potássio, cálcio e magnésio, o potássio represente 55 – 61% e o magnésio 18 – 20%. Verificaram-se, nesse caso, valores de 68% para potássio e 18% para o magnésio, mostrando um equilíbrio adequado entre os mesmos.

O teor de fósforo no substrato ao final do período experimental pode ser classificado como bom, entretanto o teor foliar verificado está abaixo do nível crítico. Segundo Kabata-Pendias & Pendias (1985), a interação fósforo-ferro ocorre tanto no metabolismo da planta como no solo. A afinidade entre Fe^{3+} e $H_2PO_4^-$ é alta, e, dessa forma, pode ter ocorrido a precipitação de $FePO_4 \cdot 2H_2O$, em razão do alto teor de ferro detectado.

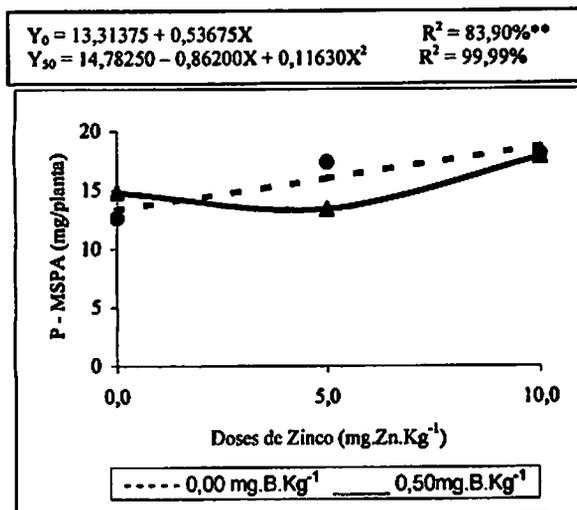


FIGURA 1 – Efeito de doses de zinco dentro das doses 0,00 e 0,50 mg.B.kg⁻¹ sobre o acúmulo de fósforo na matéria seca da parte aérea de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, aos 75 dias pós-plantio. UFLA, Lavras, MG. 2001.

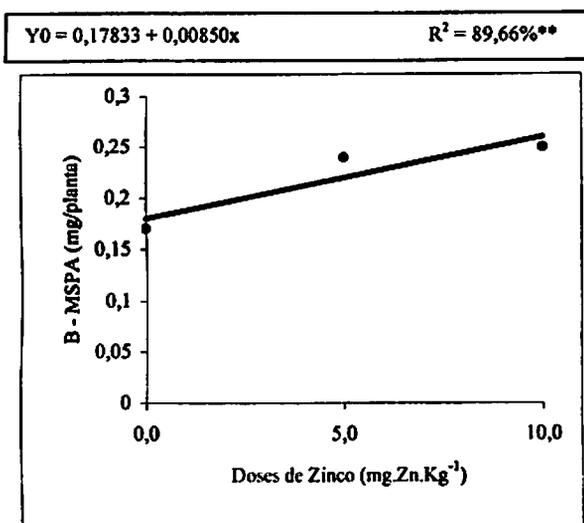


FIGURA 2 – Efeito de doses de zinco dentro da dose 0,00 mg.B.kg⁻¹ sobre o acúmulo de boro na matéria seca da parte aérea de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, aos 75 dias pós-transplante. UFLA, Lavras, MG. 2001.

$$Y_0 = 20,37500 + 4,53225x - 0,35545x^2 \quad R^2 = 99,99^{**}$$

$$Y_{25} = 32,50250 - 3,32800x + 0,32810x^2 \quad R^2 = 99,99^{**}$$

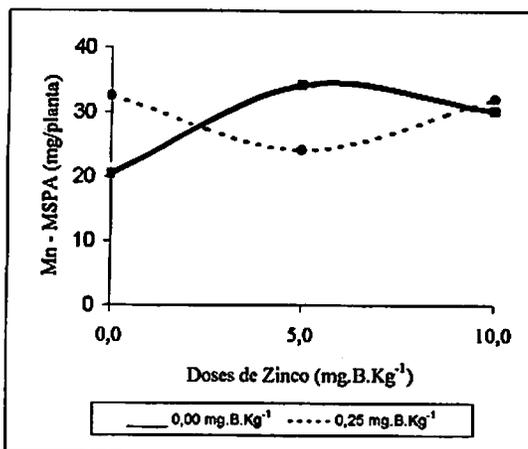


FIGURA 3 – Efeito de doses de zinco dentro das doses 0,00 e 0,25 mg.B.kg⁻¹ sobre o acúmulo de manganês na matéria seca da parte aérea de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, aos 75 dias pós-transplante. UFLA, Lavras, MG. 2001.

$$Y_0 = 1,485 + 0,42375x - 0,03205x^2 \quad R^2 = 99,99^{**}$$

$$Y_{25} = 3,08500 - 0,3815x + 0,03185x^2 \quad R^2 = 99,99^{**}$$

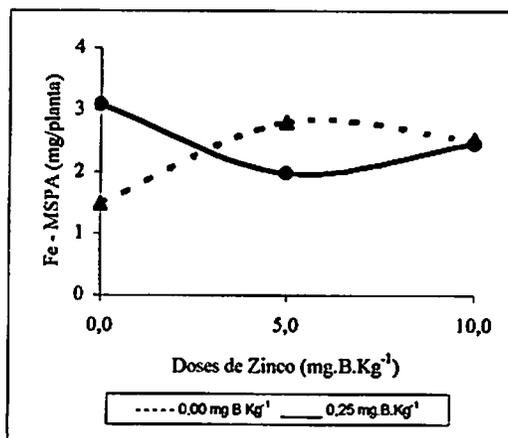


FIGURA 4 – Efeito de doses de zinco dentro das doses 0,00 e 0,25 mg.B.kg⁻¹ sobre o acúmulo de ferro na matéria seca da parte aérea de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, aos 75 dias pós-transplante. UFLA, Lavras, MG. 2001.

4.2 Características de crescimento

O resumo das análises de variância para as características de crescimento avaliadas aos 75 dias pós-transplântio encontra-se na Tabela 11. Verificaram-se diferenças significativas entre os tratamentos, pelo teste F, para as características diâmetro do pseudocaule da muda (DM), matéria fresca do sistema radicular (MFSR), matéria seca total (MSTOTAL) bem como da interação Boro x Zinco para as características altura da muda (AM), comprimento da 3ª folha (CF), largura da 3ª folha (LF), matéria fresca da parte aérea (MFPA) e matéria seca da parte aérea (MSPA). Nas Tabelas 13 e 14 estão relacionadas as médias das características de crescimento segundo os tratamentos.

Na Tabela 12, encontra-se o resumo das análises de variância para altura da muda (AM) e diâmetro do pseudocaule da muda (DM), realizadas em esquema de parcela subdividida no tempo, considerando-se as avaliações aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias pós-transplântio. Houve efeito significativo da interação Boro x Zinco x Tempo para altura da muda (AM), enquanto que para o diâmetro do pseudocaule da muda (DM) foram significativas as interações Boro x Zinco e Zinco x Tempo; os valores médios, ao longo do período experimental, estão na Tabela 15.

TABELA 11 - Resumo da análise de variância para altura da muda (AM), diâmetro do pseudocaule da muda (DM), número de raízes (NF), comprimento (CF) e largura (LF) da 3ª folha, matéria fresca da parte aérea (MFPA) e do sistema radicular (MFSR), matéria seca do sistema radicular (MSSR) da parte aérea (MSPA) e matéria seca total (MSTOTAL) de mudas de bananeira 'Prata Anã', em função de doses de boro e zinco, aos 75 dias pós-transplante. UFLA, Lavras, MG. 2001.

Fonte Variação	g.l.	Q.M.									
		AM	DM	NF	CF	LF	MFSR	MFPA	MSPA	MSSR	MSTOTAL
Bloco	3	42,454	5,686	0,066	26,070	7,125	1381,363	1666,262	17,334	13,081	59,02356
Boro	4	30,082**	2,869	0,034	6,140**	1,759**	158,720*	721,119**	5,890*	1,256	10,38515*
Zinco	2	11,146	12,126**	0,073	6,47*	0,822	26,430	623,457*	8,050*	0,907	13,94909*
Boro x zinco	8	14,112**	2,686	0,053	5,34**	1,488*	81,514	607,447**	5,593**	0,354	7,12745
Erro	42	4,130	1,944	0,048	1,34	0,502	57,727	176,193	1,629	0,630	3,39666
Total	59										
C.V. (%)		8,98	6,34	17,49	4,57	5,58	12,22	12,84	16,47	12,53	12,28

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade; * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 12 – Resumo da análise de variância para altura da muda (AM) e diâmetro do pseudocaule (DM), de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, em função de doses de boro e zinco, aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias pós-transplântio. UFLA, Lavras, MG. 2001.

Fonte Variação	GL	QM	
		Altura da Muda (AM)	Diâmetro do Pseudocaule da muda (DM)
Bloco	3	70,274	23,159
Boro	4	30,638	7,257*
Zinco	2	22,196	8,373*
Boro x Zinco	8	15,224	7,293*
Erro 1	42	4,806	2,577
Tempo	4	3090,419	2221,713**
Erro 2	12	7,437	0,746
Boro x Tempo	16	5,260	0,755
Zinco x Tempo	8	2,210	2,819**
Boro x Zinco x Tempo	32	3,295**	0,862
Erro 3	168	1,049	0,669
		c.v. 1 = 11,08%	
Total	299	c.v. 2 = 5,96%	
		c.v. 3 = 5,64%	

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

*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 13 – Valores das características de crescimento altura da muda (AM), diâmetro do pseudocaulo da muda (DM), número total de folhas emitidas (NF), comprimento (CF) e largura (LF) da 3ª folha, relação comprimento/largura (CF/LF) da 3ª folha, de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, em função de doses de boro e zinco aos 75 dias pós-transplântio. UFLA, Lavras, MG. 2001.

Tratamento	Características de Crescimento					
	AM (cm)	DM (mm)	NF (Nº)	CF (cm)	LF (cm)	Relação CF/LF
B0 Zn0	19,75	20,65	10,13	22,79	11,62	1,96
B0 Zn5	24,48	23,43	11,13	26,58	13,38	1,99
B0Zn10	25,50	22,83	11,15	26,79	13,46	1,99
B25 Zn0	24,05	22,33	10,98	26,16	13,42	1,95
B25 Zn5	21,82	21,88	11,10	25,12	12,62	1,99
B25 Zn10	24,95	22,80	11,18	26,25	13,21	1,99
B50 Zn0	22,32	21,33	11,18	25,29	12,92	1,96
B50 Zn5	20,30	21,58	10,80	25,04	12,50	2,00
B50 Zn10	22,72	22,18	10,95	25,67	12,58	2,04
B75 Zn0	22,87	20,55	11,18	25,04	12,50	2,00
B75 Zn5	25,72	23,40	11,10	26,96	13,33	2,02
B75 Zn10	23,75	23,20	10,83	25,33	12,75	1,99
B100 Zn0	19,87	20,70	11,28	23,87	11,96	2,00
B100 Zn5	21,65	22,18	10,83	24,71	12,58	1,96
B100 Zn10	18,97	21,03	11,05	23,63	11,67	2,02

TABELA 14 – Valores das características de crescimento matéria fresca do sistema radicular (MFSR) e da parte aérea (MFPA), matéria seca do sistema radicular (MSSR) e da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MSTOTAL) de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, em função de doses de boro e zinco aos 75 dias pós-transplante. UFLA, Lavras, MG. 2001.

Tratamento	Produção de Matéria (g/muda)				
	MFSR	MFPA	MSSR	MSPA	MSTOTAL
B0 Zn0	61,25	84,17	4,30	7,98	12,28
B0 Zn5	64,59	107,29	5,02	11,75	16,77
B0Zn10	68,75	120,00	5,23	11,65	16,88
B25 Zn0	67,92	110,41	5,23	11,09	16,32
B25 Zn5	67,92	101,67	5,69	9,67	15,36
B25 Zn10	66,25	117,08	5,14	11,79	16,93
B50 Zn0	62,92	105,00	4,98	9,81	14,80
B50 Zn5	56,25	92,50	4,59	9,43	14,02
B50 Zn10	62,92	104,58	4,76	10,42	15,18
B75 Zn0	57,08	95,00	4,17	9,68	13,85
B75 Zn5	64,59	123,33	4,85	11,54	16,39
B75 Zn10	60,42	114,17	4,68	10,66	15,34
B100 Zn0	57,92	90,42	4,24	8,72	12,96
B100 Zn5	64,17	102,92	4,84	10,07	14,91
B100 Zn10	51,25	81,66	4,60	8,52	13,12

TABELA 15 . - Valores das características de crescimento altura da muda (AM) e diâmetro do pseudocaule da muda (DM), de mudas de bananeira "Prata Anã", em função de doses de boro e zinco aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias pós-transplântio. UFLA, Lavras, MG. 2001.

Tratamento	Altura da Muda (cm)					Diâmetro do Pseudocaule da Muda (mm)				
	15	30	45	60	75	15	30	45	60	75
B0 Zn0	5,50	6,92	10,17	15,42	19,75	6,95	9,73	12,75	17,13	20,65
B0 Zn5	5,97	8,80	13,90	17,30	24,48	7,38	11,55	15,15	20,68	23,43
B0 Zn10	5,20	8,10	12,67	20,95	25,50	7,13	10,48	14,70	20,33	22,83
B25 Zn0	5,65	7,85	12,50	19,60	24,05	7,48	10,70	13,80	19,25	22,33
B25 Zn5	5,87	8,12	12,15	18,57	21,82	7,13	10,23	14,55	19,03	21,88
B25 Zn10	5,37	8,12	12,77	20,77	24,95	6,85	10,30	14,48	20,38	22,80
B50 Zn0	5,45	7,67	12,40	18,60	22,32	7,48	11,48	14,33	18,85	21,33
B50 Zn5	6,05	7,37	11,62	17,97	20,30	7,00	10,03	13,08	18,28	21,58
B50 Zn10	5,95	8,00	12,05	18,92	22,72	7,60	10,30	14,75	18,53	22,18
B75 Zn0	5,15	7,40	11,62	18,17	22,87	7,00	10,60	13,93	18,80	20,55
B75 Zn5	5,87	8,22	13,52	21,20	25,72	7,73	10,48	14,20	19,80	23,40
B75 Zn10	5,40	7,65	12,20	18,77	23,75	6,85	10,10	13,80	19,23	23,20
B100 Zn0	5,00	7,25	10,75	16,47	19,87	6,83	9,98	13,88	17,80	20,70
B100 Zn5	5,17	7,42	11,50	17,72	21,65	6,88	9,90	13,90	18,70	22,18
B100 Zn10	5,60	7,37	10,52	16,42	18,97	6,58	9,58	13,05	17,68	21,03

4.2.1 Altura da muda

A análise do desdobramento de doses de zinco dentro de doses de boro apresentou resultados significativos configurados nas Figuras 5 e 6. Verificou-se efeito quadrático aos 45 dias pós-plantio e linear aos 60 dias com acréscimos na altura da muda com a elevação de doses de zinco na ausência de boro; constatou-se também que a dose mais elevada de zinco na presença de doses mais elevadas de boro tenderam a proporcionar alturas inferiores (Figura 6).

Ao se analisar os valores médios de altura da muda, aos 75 dias pós-transplântio (Tabela 15), verifica-se que o zinco isoladamente foi mais eficiente em promover a altura, fato comprovado através do contraste da média do tratamento B0Zn0 com a média dos tratamentos B0Zn5 e B0Zn10, resultando em 26,53% a mais em altura; no caso da aplicação de boro isoladamente esse percentual foi de apenas 11,28. Entretanto deve-se considerar que doses mais elevadas de boro apresentaram efeito negativo, constatado pelo contraste dos tratamentos B0Zn0 x B100Zn0 cujas médias praticamente se equivaleram; ao se comparar os tratamentos B25Zn0 x B0Zn0 observou-se aumento expressivo na altura, igual a 21,77% em decorrência da aplicação da menor dose de boro, isoladamente.

O zinco desempenha uma série de funções, tais como ativador e componente de enzimas, sendo considerado essencial na síntese do aminoácido precursor do AIA, regulador de crescimento responsável pelo aumento no tamanho e multiplicação de células (Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1998). Dessa forma, poderá atuar na promoção da altura, como ocorreu no presente caso. De acordo com Malavolta (1997) o sintoma comum da deficiência de zinco em diversas espécies é o encurtamento dos internódios.

A aplicação de boro poderia ter apresentado um efeito mais efetivo na altura, uma vez que está ligado à síntese de proteínas fundamentais para o crescimento meristemático; também está correlacionado com os fitohormônios, uma vez que em tecidos carentes em boro acumula-se o AIA que, em excesso, inibe o crescimento (Malavolta *et al.* 1997).

A adição de boro e zinco em mudas de diversas espécies tem sido pesquisada com os resultados nem sempre apresentando um denominador comum.

Os resultados observados por Machado (1998) com maracujazeiro demonstraram que a altura da muda apresentou crescimento linear, obtendo-se média superior com a aplicação de 5 mg.Zn.dm^{-3} de solo. De outro modo, as adições de boro e zinco ao substrato utilizado para mudas de caféiro (Ezequiel, 1980) e de boro (Abrahão, 1991) não possibilitaram resultados significativos. Trabalho conduzido por Barbosa (1994), com 'arocira do sertão', proporcionou alturas superiores, quando se adicionou ao substrato básico 450 mg.P.dm^{-3} e 5 mg.Zn.dm^{-3} .

A altura da muda é um dos componentes que representa o seu padrão de qualidade tanto no aspecto fitotécnico quanto legal. De acordo com as normas para a produção de mudas de bananeira no Estado de Minas Gerais, a muda produzida em laboratório de cultura de tecidos deve apresentar uma altura mínima de 15 cm para ser comercializada (Borges, 1994a). Entretanto, Daniells & Smith (1992) só consideram que as mesmas estarão aptas para o plantio em campo quando atingirem 30 cm.

Desse modo, torna-se necessária a realização de etapa intermediária laboratório/campo, através do enviveiramento, como na presente pesquisa. Por ocasião da repicagem das mudas das bandejas para os recipientes, as mesmas apresentavam em média 4,5 cm de altura. Pela Tabela 15 pode-se verificar que, aos 75 dias pós-plantio as alturas atingiram até 6,4 vezes a inicial.

Mudas com alturas superiores, quando levadas ao plantio definitivo poderão apresentar altos índices de pegamento, uma vez que possuem uma estrutura vegetativa e reservas que conferem resistência superior às condições adversas do ambiente.

O incremento poderá medir o crescimento caracterizado pelo aumento da altura na unidade de tempo; é importante para o viveirista, uma vez que entre seus objetivos estaria o de se obter, no menor espaço de tempo, mudas que atendam o padrão exigido. Através da Tabela 15 constatam-se que os incrementos em altura variaram de 0,22 a 0,33 cm/dia de enviveiramento, considerando-se as avaliações entre 15 até 75 dias pós-transplântio. Verificou-se ainda que, de maneira geral, ocorreu um expressivo incremento entre os 45 e 60 dias de enviveiramento, podendo ser considerado um período decisivo no crescimento, ocasião em que a muda deverá ser atendida adequadamente em suas exigências nutricionais e de ambiente.

Deve-se ressaltar que a precocidade na produção de mudas permite a comercialização mais cedo, liberando o espaço físico das instalações e reduzindo custos decorrentes da diminuição de mão-de-obra e insumos.

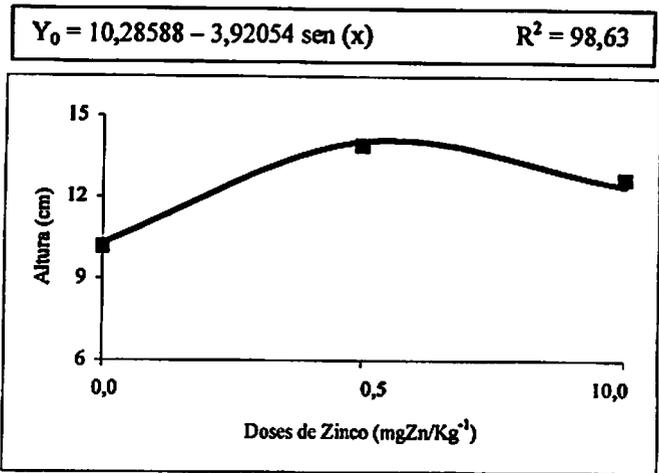


FIGURA 5 – Efeito de doses de zinco dentro da dose 0,00 mgB. Kg⁻¹ sobre a altura de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, aos 45 dias pós-transplântio. UFLA, Lavras, MG. 2001.

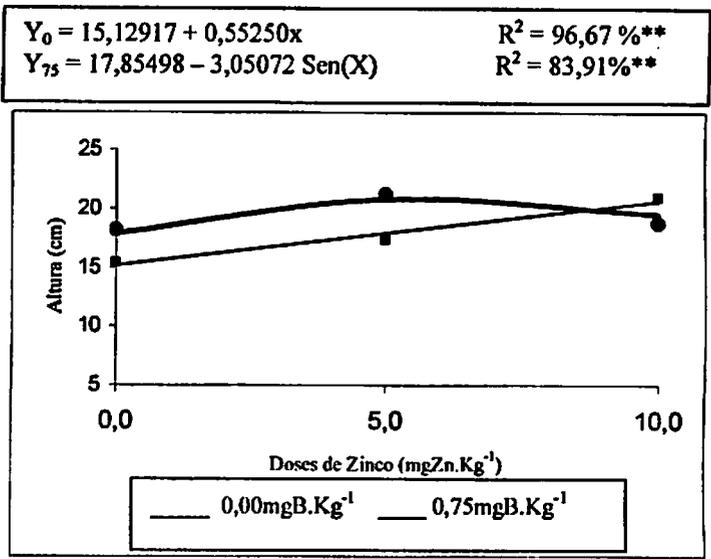


FIGURA 6 – Efeito de doses de zinco dentro da dose 0,00 e 0,75 mg.B.Kg⁻¹ sobre a altura de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, aos 60 dias pós-transplântio. UFLA, Lavras, MG. 2001.

4.2.2 Diâmetro do pseudocaule da muda

Os efeitos significativos resultantes da análise em parcela subdividida no tempo estão ilustrados nas Figuras 7 e 8.

O desdobramento do efeito de zinco dentro das doses 0,0 e 0,75 mg.B.kg⁻¹ (Figura 7) indicou diâmetros superiores quando da adição de até 5 mg.Zn.kg⁻¹, na ausência de boro. Da mesma forma do ocorrido para a altura da muda a associação de zinco com doses mais elevadas de boro tenderam a reduzir o diâmetro do pseudocaule.

Quando da análise de cada dose de zinco dentro de Tempo, constataram-se como apresentado na Figura 8, efeitos significativos aos 60 e 75 dias pós-transplântio.

Como relatado, a partir de 45 dias pós-transplântio, houve um incremento marcante no crescimento da muda. Dessa maneira, a partir dessa fase, a muda provavelmente já teria desenvolvido um amplo sistema radicular, com maior capacidade de absorção de zinco, considerando-se que o mesmo é pouco móvel no solo, além de sua disponibilidade se manter mais estável uma vez que as perdas por lixiviação não são intensas.

Através das médias de diâmetro do pseudocaule (Tabela 15), constata-se pelo contraste dos tratamentos B0Zn0 x B0Zn5, que a aplicação de zinco promoveu acréscimo no diâmetro igual a 13,46%; no caso de se comparar o tratamento B0Zn0 àqueles em que se aplicou boro isoladamente, esse percentual foi de 3,29. Considerando-se ainda o tratamento B0Zn5, observa-se através da Tabela 15, que aos 75 dias pós-transplântio, o diâmetro correspondeu, aproximadamente, a 3,2 vezes ao observado aos 15 dias pós-transplântio, demonstrando assim um efeito favorável do período de enviveiramento.

Os resultados relatados por Barbosa (1994), indicam, como no presente caso, efeito favorável do zinco sobre o diâmetro; o autor considera que para a

espécic *Myracrodreon urundeuva* Fr. All. (arocira do sertão) a dose ótima é de 6,0 mg.Zn.dm⁻³ de solo.

De outra forma, Machado (1998) observou que a elevação nas doses de zinco propiciou menores valores no diâmetro de mudas de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. (maracujazeiro amarelo), destacando-se que as doses utilizadas foram as mesmas no presente trabalho.

Pesquisas desenvolvidas por Ezcquiel (1980) e Abrahão (1991), com substratos para mudas de cafeeiro, demonstraram que não houve influência de boro e zinco sobre o crescimento das mudas, incluindo o diâmetro.

No sistema tradicional de propagação da bananeira, em que se utilizam brotações que a planta emite ao natural no campo, mudas com poucas reservas, frágeis, com pequeno diâmetro do pseudocaule devem ser descartadas (Silva, 1997). Em viveiro, como nesse caso, a seleção de mudas é realizada através da análise visual das mesmas, ocasião em que são selecionadas aquelas com aparência mais vigorosa. Dessa maneira, o diâmetro do pseudocaule da muda, bem como sua altura, representam características fundamentais na escolha. Mudas com diâmetro do pseudocaule superior poderão suportar melhor o manuseio durante o transporte e na fase de plantio; em regiões com ventos mais intensos não correrá o risco de terem o pseudocaule quebrado, com reflexos negativos sobre o seu crescimento inicial.

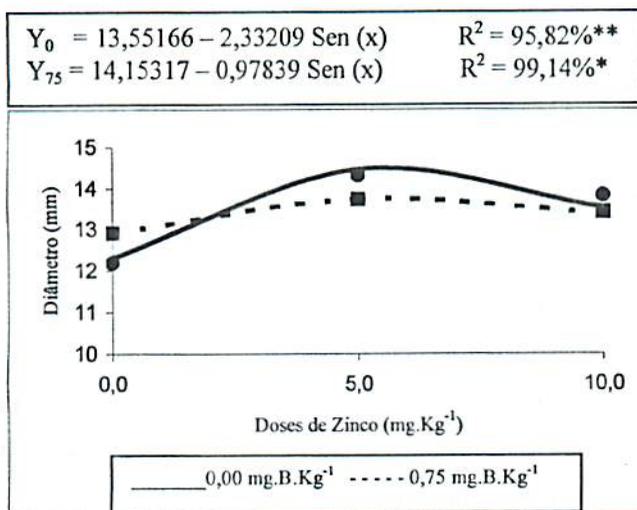


FIGURA 7 – Efeito de doses de zinco dentro das doses 0,00 e 0,75 mg.Kg⁻¹ de boro sobre o diâmetro do pseudocaule de mudas de banana ‘Prata Anã’. UFLA, Lavras, MG. 2001.

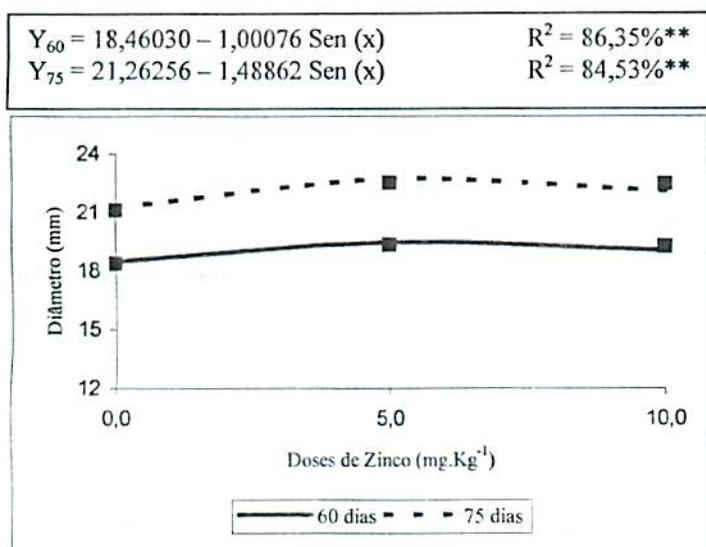


FIGURA 8 – Efeito de doses de zinco sobre o diâmetro do pseudocaule de mudas de banana ‘Prata Anã’, aos 60 e 75 dias pós-transplante. UFLA, Lavras, MG. 2001.

4.2.3 Número de folhas, comprimento e largura da 3ª folha

Pelo resumo da análise de variância (Tabela 11), constata-se que não ocorreu efeito significativo sobre o número de folhas, porém, houve efeitos sobre o comprimento (CF) e a largura (LF) da 3ª folha, através da interação Boro x Zinco.

O desdobramento de doses de boro dentro de cada dose de zinco com seus efeitos sobre o comprimento (Figura 9) apresentou comportamentos de natureza quadrática, cúbica e linear, respectivamente, para 0, 5 e 10 mg.Zn.kg⁻¹, indicando ainda tendência de comprimentos inferiores com doses mais elevadas de boro.

Para a largura da 3ª folha, o desdobramento de doses de zinco dentro de boro, o efeito foi linear com acréscimos na largura da 3ª folha, à medida que se elevaram as doses de zinco na ausência de boro (Figura 10).

O número de folhas emitidas pela bananeira, através de sua gema apical pode variar de 30 a 70, dependendo da cultivar, fertilidade e umidade do solo e temperatura ambiente (Moreira, 1987). Segundo Azcredo *et al.* (1986), os nutrientes que mais influenciam esse número seriam o nitrogênio e o potássio, não havendo relatos de que o boro e zinco apresentem efeitos marcantes sobre o mesmo. Entretanto, Machado (1998) constatou que a dose de 10 mg.Zn.dm⁻³ solo foi mais efetiva em promover aumento no número de folhas de maracujazeiro amarelo.

Em bananeiras, o número de folhas emitidas está relacionado, positivamente, com o número de frutos/cacho e o peso do cacho (Turner, 1980; Morcira, 1987).

De acordo com Borges *et al.* (1997) a deficiência de boro pode ocasionar deformações acentuadas sobre as folhas jovens, que apresentam o limbo irregular e reduzido, com ondulações nas margens. No caso de deficiência de zinco, o sintoma típico em bananeiras é a emissão de folhas lanccoladas (Malavolta, 1997).

Através da Tabela 13, onde estão apresentadas os valores de comprimento e largura da 3ª folha, pode-se avaliar o efeito da aplicação de boro e zinco, isoladamente, em contraste com o tratamento B0Zn0. Observa-se que os efeitos dos mesmos praticamente se equivaleram, correspondendo no caso do zinco a um acréscimo de 17,11% e 15,49%, respectivamente, em comprimento e largura. Da mesma forma, para o boro, os percentuais foram de 11,0% e 10,92%.

Ao se analisarem os efeitos de boro e zinco ilustrados nas Figuras 9 e 10 constata-se que a disponibilidade menor de zinco ou, a ocorrência de um fator prejudicando sua absorção, como no caso o boro em doses mais elevadas, induz à formação de folhas com menor largura, confirmando, dessa forma, o sintoma relatado de emissão de folhas lanceoladas. Entretanto, deve-se ressaltar que não houve diferença significativa entre as relações CF/LF apresentadas na Tabela 13.

O número de folhas, seu tamanho e os intervalos de emissão entre cada uma são avaliações fundamentais em bananicultura. As folhas são as principais responsáveis pela captação da energia solar e pela produção de matéria através da fotossíntese; é provável que mudas com área foliar superior possibilitem o desenvolvimento de plantas mais vigorosas em campo.

De acordo com Champion (1974), quando as condições do meio ambiente são favoráveis, o intervalo de tempo que separa o aparecimento de folhas sucessivas na bananeira é de 7 dias. A média geral observada na presente pesquisa foi de 10,99 folhas/muda emitidas em um período de 60 dias o que corresponde à emissão de 1 folha a cada 5,5 dias; assim, pode-se considerar que as condições ambientais nas quais se conduziu a pesquisa foram adequadas à bananeira.

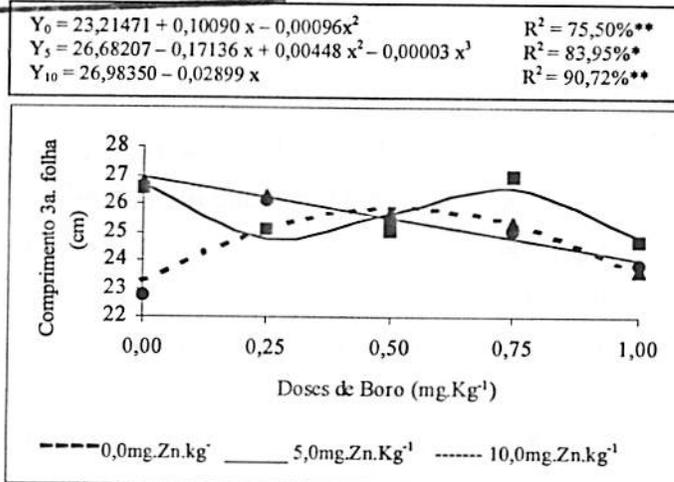


FIGURA 9 – Efeito de doses de boro dentro de cada dose de zinco sobre o comprimento da 3ª folha de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, aos 75 dias pós- transplantio. UFLA, Lavras, MG. 2001.

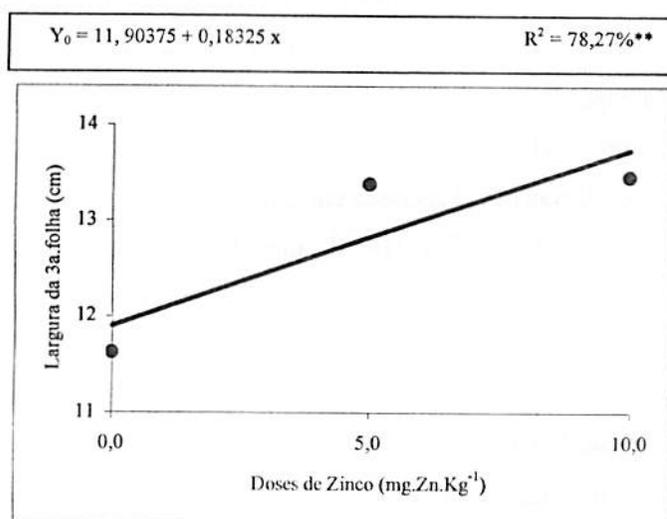


FIGURA 10 – Efeito de doses de zinco dentro da dose de 0,00 mg.B.kg⁻¹ sobre a largura da 3ª folha de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, aos 75 dias pós transplantio. UFLA, Lavras, MG. 2001.

4.2.4 Matéria fresca e seca da muda

Os efeitos significativos sobre a produção de matéria fresca da parte aérea (MFPA) e do sistema radicular (MFSR) estão representados nas Figuras 11 e 12. O desdobramento de doses de zinco dentro das doses 0,00 e 0,75 mg.B.kg⁻¹, demonstrou a ocorrência de efeitos linear e quadrático, respectivamente, sobre a MFPA. Quanto à MFSR, verificou-se comportamento quadrático, com redução do peso a partir da dose de 0,25 mg.B.kg⁻¹ (Figura 12).

A Figura 13 representa o efeito significativo de doses de zinco dentro da dose 0,00 mg.B.kg⁻¹ sobre a matéria seca da parte aérea (MSPA), constatando-se elevação da mesma até a dose de 5 mg.Zn.kg⁻¹ e redução a partir desse limiar. Não houve influência significativa sobre o peso da matéria seca do sistema radicular (MSSR).

O peso da matéria seca total (MSTotal), resultante do somatório da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, foi influenciado significativamente, com resultados coerentes com os descritos, ou seja, doses mais elevadas de boro induziram menor produção de MSTotal (Figura 14); de outro modo, a elevação de doses de zinco beneficiou de forma linear essa produção (Figura 15).

Ao serem analisados os valores médios de produção de matéria seca total (Tabela 14) constata-se, ao se comparar o tratamento B0Zn0 com a média daqueles com doses menores de boro, ou seja, B25Zn0 e B50Zn0, ocorreu um aumento de 26,71% na produção, enquanto que para as doses mais elevadas B75Zn0 e B100Zn0 esse percentual foi de apenas 9,20. Observa-se ainda que, a adição de zinco, isoladamente, promoveu um acréscimo de 37,05% na produção de matéria seca total. A média superior de 16,93 g proporcionada pelo tratamento B25Zn10, corresponde a uma produção superior à testemunha, igual

a 37,86%, valor próximo ao obtido através do zinco isoladamente, indicando que talvez não fosse, no presente caso, recomendável a aplicação de boro.

Segundo Malavolta (1997), a deficiência de boro aparece inicialmente nos órgãos mais novos e meristemas da parte aérea, originando folhas pequenas e deformadas e morte do meristema apical do caule; é um micronutriente essencial para o crescimento meristemático das pontas das radículas e dos ramos. Na presente pesquisa o boro apresentou alguns efeitos benéficos sobre a produção de matéria porém, as doses mais elevadas podem ter provocado toxidez às plantas uma vez que, de acordo com Faquin (1994), há um limite estreito entre níveis suficiente e tóxico.

O zinco desempenha funções essenciais que estão correlacionadas com o aumento no tamanho das células e sua multiplicação. Os efeitos do mesmo sobre a altura, diâmetro do pseudocaule e largura da 3ª folha contribuíram para a sua influência na produção de matéria verificada na pesquisa.

Os resultados obtidos com diferentes espécies vegetais nem sempre são convergentes quanto aos efeitos do boro e do zinco. Ezequiel (1980), obteve efeitos favoráveis de boro em mudas de cafeeiro, com adição de 1,1 e 2,2 g de boro por m³ da mistura porém, não houve efeito favorável de zinco. De outro modo, também em mudas de cafeeiro, Abrahão (1991) não detectou diferenças com aplicação de boro.

De acordo com Souza (1999), ocorreu um grande comprometimento na produção de matéria seca de mudas de cafeeiro em solos com baixo teor de zinco disponível. O autor, entretanto, ressalta que doses elevadas podem ser nocivas, como também foi constatado por Paiva (2000) e Soares (1999) trabalhando, respectivamente, com mudas de ipê roxo e de eucalipto. Barbosa (1994), conseguiu aumento linear da matéria seca total em função da aplicação de 6, 3 e 4 mg.Zn.dm⁻³ associados a 0, 300 e 450 mg.P.dm⁻³ de solo, respectivamente, quando da produção de mudas de "arocira do sertão".

O objetivo principal do viveirista é a produção de mudas sadias e vigorosas, em menor intervalo de tempo. Os efeitos benéficos obtidos sobre a produção de matéria seca no presente trabalho, indicam que as mudas produzidas, por possuírem mais reservas, poderão apresentar maior resistência em campo às adversidades ambientais. A matéria seca se correlaciona positivamente com diâmetro de pseudocaule superior, propiciando boa sustentação e armazenando reservas; também deve-se considerar que mudas mais altas e com área foliar superior garantem alta taxa fotossintética.

Especificamente no caso da bananeira, qualquer efeito benéfico sobre o seu sistema radicular deve ser considerado. Nessa pesquisa, o tratamento B25Zn0 em contraste com o tratamento B0Zn0, demonstra que a menor dose de boro, isoladamente, propiciou um acréscimo de 11% na matéria fresca do sistema radicular (Tabela 14). A obtenção de mudas de bananeira com um sistema radicular denso e mais pesado, poderá garantir índices superiores de pegamento, com melhores condições de absorção de água e nutrientes. Destaca-se ainda a possibilidade de fixação mais eficiente da planta ao solo, uma vez que, no geral, 70% do sistema radicular da bananeira encontra-se na faixa de 0 a 30 cm de profundidade o que pode levar a altos índices de tombamento, Silva (1997).

O período de enviveiramento prévio das mudas de bananeira produzidas em laboratório de cultura de tecidos, ou seja, sua aclimatação, é de grande importância uma vez que esse tipo de muda apresenta uma certa sensibilidade por apresentar folhas com cutícula fina, com pouca cerosidade, menor tecido vascular resultando em menor eficiência na translocação de água, além de um frágil sistema radicular. A realização dessa etapa tem ainda possibilitado a identificação de viroses e de variações somaclonais nas mudas que, dessa forma, são descartadas.

Amostragem de mudas realizada no início da pesquisa, indica que ao se comparar a altura da muda (4,5 cm) e sua matéria seca total (0,65 g/muda), por ocasião do transplante, com os valores médios observados aos 75 dias pós-

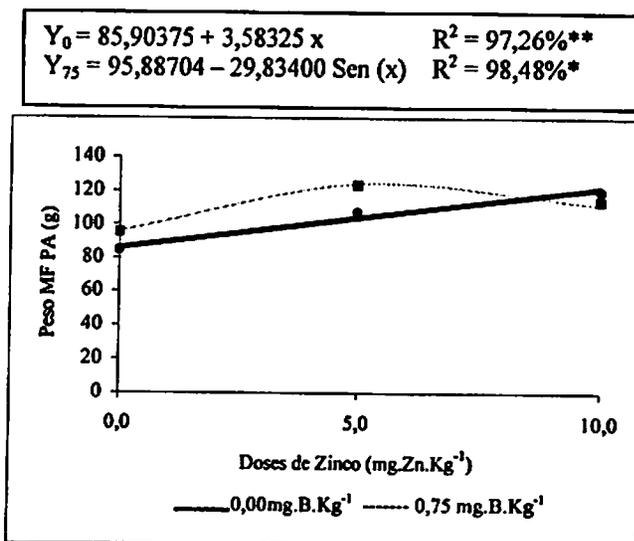


FIGURA 11 – Efeito de doses de zinco dentro de 0,00 e 0,75 mg.B.Kg⁻¹ sobre o peso da matéria fresca da parte aérea de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, aos 75 dias pós-transplântio. UFLA, Lavras, MG. 2001.

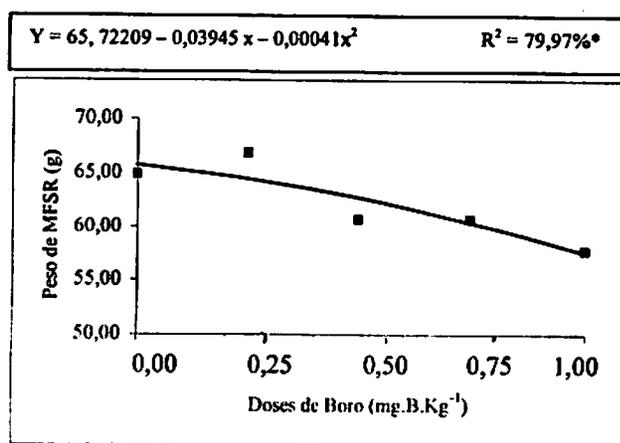


FIGURA 12 – Efeito de doses de boro sobre o peso da matéria fresca do sistema radicular de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, aos 75 dias pós-transplântio. UFLA, Lavras, MG. 2001.

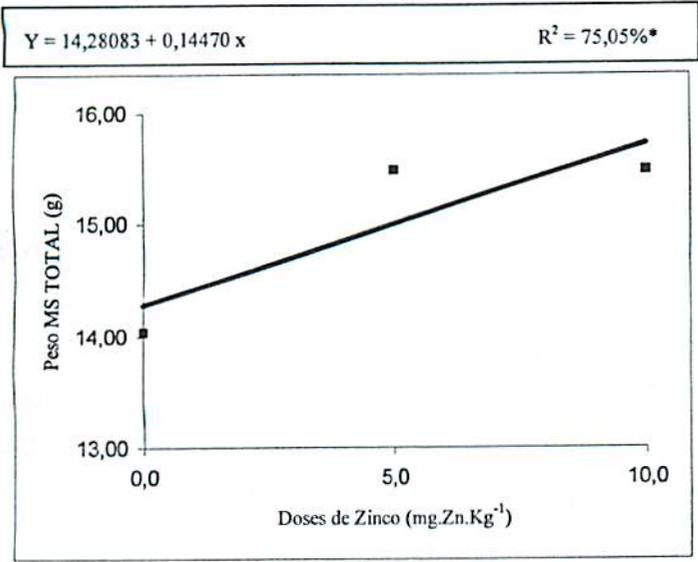


FIGURA 15 – Efeito de doses de zinco sobre o peso da matéria seca total de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, aos 75 dias pós-transplante. UFLA, Lavras, MG. 2001.

5 CONCLUSÕES

- A interação boro x zinco evidenciou efeitos significativos e positivos do zinco, na ausência de boro, sobre a altura e diâmetro da muda, largura da 3ª folha, produção de matéria fresca e seca da parte aérea e matéria seca total;
- A aplicação isolada de zinco quando comparada ao tratamento testemunha (B0Zn0), possibilitou a obtenção de mudas superiores em 26,53%, 13,46% e 37,05%, respectivamente, em altura, diâmetro do pseudocaule e peso da matéria seca total;
- A aplicação de 0,25 mg.B.kg⁻¹, na ausência de zinco, proporcionou um acréscimo de 21,77% em altura e 11% na matéria fresca do sistema radicular;
- Doses mais elevadas de boro (0,75 e 1,00 mg.B.kg⁻¹) apresentaram efeitos negativos sobre o crescimento das mudas, com menores valores de altura, diâmetro do pseudocaule, comprimento da 3ª folha e peso da matéria seca total;
- A elevação das doses de zinco de 0,0 para 10,0 mg.Zn.kg⁻¹, em ausência de boro, proporcionou acréscimos no acúmulo de fósforo e boro e redução em ferro e manganês na matéria seca da parte aérea, e
- Houve significativa influência negativa do boro, especialmente nas doses mais elevadas 0,75 e 1,00 mg.B.kg⁻¹, sobre os efeitos de zinco.

6 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A pesquisa, além de seus objetivos específicos, visou também a desenvolver técnicas e práticas de manejo de “mudas matrizes” obtidas *in vitro* acessíveis a viveiristas e produtores. Desse modo, procurou-se utilizar materiais, métodos e estruturas físicas mais simples e econômicas. A seguir são relacionadas observações complementares que poderão fornecer subsídios para futuras pesquisas.

➤ Material e Métodos

- Considerando-se os trabalhos realizados anteriormente e citados no referencial, o substrato básico para o enviveiramento poderá ser constituído por 60% solo, 20% areia grossa, 20% de matéria orgânica.
- Em cobertura, deve-se aplicar 0,2 g de N/muda, de 10 em 10 dias, devendo-se alternar as fontes e dando-se preferência àquelas com menor poder de acidificação.
- Irrigações superficiais localizadas, muda a muda, devem ser substituídas por outro sistema e/ou, devem ser realizadas em volume e intervalos menores sem contribuir para a lixiviação dos nutrientes.
- Novas pesquisas poderão ser desenvolvidas abordando tópicos como outras composições de substrato, inclusive substratos comerciais, doses e parcelamentos de adubações em cobertura, tamanho de recipientes ou vasos.

➤ Vantagens do Enviveiramento

- As “mudas matrizes” produzidas em laboratório poderão ser adquiridas com menor tamanho (5 cm de altura), que custam 50% menos àquelas

consideradas padrão (15 cm de altura); o custo adicional do enviveiramento representa apenas 10 a 15% por muda.

- A etapa intermediária de enviveiramento por período entre 60 a 75 dias possibilita a identificação de variações somaclonais e doenças, o que permite o descarte, evitando-se, dessa forma, maiores prejuízos se forem implantadas direto em campo.
- Na presente pesquisa, observou-se que o período de 75 dias de enviveiramento, proporcionou aumento de 572% em altura e 2300% em matéria seca total. Dessa forma, as mudas enviveiradas, por ocasião do plantio em campo, em torrão, poderão apresentar reduzido índice de perdas.

➤ Resultados Complementares

- Os teores médios dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S na matéria seca da parte aérea, independente dos tratamentos foram, respectivamente, 4,52, 0,15, 2,66, 0,76, 0,46 e 0,25 dag.kg⁻¹. Para os micronutrientes B, Zn, Cu, Fe e Mn os teores médios foram, respectivamente, 20,62, 33,16, 10,57, 218,16 e 26,88 µg.g⁻¹.
- Após o período de enviveiramento de 75 dias, ocorreu uma substancial acidificação do substrato com redução do pH e elevação da acidez ativa e potencial bem como, redução na capacidade de troca de cátions e no teor de potássio, decorrentes das adubações em cobertura com sulfato de amônio e alta irrigação, que promoveram lixiviação de bases.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, E.J. Efeito de doses de boro, em mudas de diferentes progênes de dois cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). 1991. 90p. Dissertação. (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

AGRIFANUAL (2001), *Anuário da Agricultura Brasileira – FNP*. Consultoria & Comércio, São Paulo, SP. 2001.

ALVAREZ, J.M.A.; RICO, M.I. Effects of chelated zinc, soluble and coated fertilizers, on soil zinc status and zinc nutrition of maize. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.27, n1/2, p.7-19, Jan. 1996.

ANJOS, J.T.; UBERTI, A.A.A.; VIZZOTTO, V.J.; LEITE, G.B. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, n.1, p.139-45, jan./abr. 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO. Manual internacional de fertilidade do solo. 2ª rev. ampl. Tradução de Alfredo Schcid Lopes, Piracicaba: Potafos, 1998. 117 p. Título original: International soil fertility manual.

ATHAIDE, M.O. Propagação “in vitro” da Bananeira “Ouro da Mata”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13, Salvador, 1994. *Resumos...* Salvador. Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1994. v.1, p.139.

AWAD, M.; CASTRO, P.R.C. *Introdução à Fisiologia Vegetal*. São Paulo: NOBEL, 1993. 178p.

AZEREDO, J.A. de; GENÚ, P.J. de R.; AQUINO, A.R. de; CAMPELO Jr., J.H.; RODRIGUES, A.P.M. *Nutrição mineral e adubação de frutíferas tropicais no Brasil*. Campinas: Fundação CARGILL, 1986, 342p.

BARBOSA, Z. Efeito do fósforo e do zinco na nutrição e crescimento de *Myracrodauon urundeuva* Fr. All. (arocira do sertão). 1994. 105p. Dissertação. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

BAR-YOSEF, B. pH – dependent zinc adsorption by soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.43, n.6, p.1095-1099, Nov./Dec.1979.

- BASSOI, L.H.; CARVALHO, A.M. de. Lixiviação de macronutrientes em um solo cultivado com milho com e sem irrigação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.3, p.283-287. set./dez. 1992.
- BATAGLIA, O.C. Sistemas de irrigação em vasos para experimentos de adubação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, n.1, p.81-86, jan./abr. 1989.
- BATISTA, L.A. **Métodos de multiplicação de mudas matrizes de bananeira (*Musa* spp.) obtidas por cultura de meristemas.** 1996, 51p. Dissertação. (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- BLACK, C.A. **Soil – plant relationships.** 2 ed. New York:John Wiley, 1967. 792 p.
- BORGES, A.C.M. Anexo único da portaria 095/94, de 7 de janeiro de 1994. Normas e padrões para produção de mudas certificadas e fiscalizadas de bananeira. *Diário Oficial do Estado de Minas Gerais*, Belo Horizonte, v.102, n.6, p.9, jan. 1994a.
- BORGES, A.L. Calagem para bananeira em latossolo amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v.16, n.2, p.19-23. 1994b.
- BORGES, A.L.; OLIVEIRA, A.M.G.; SOUZA, L. da S. Solos, nutrição e adubação. In: ALVES, E.J. (org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, sócio-econômicos e agro-industriais.** Brasília: EMBRAPA-SPI/Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1997. cap.8, p.197-260.
- BRAGA, F. de A.; VALE, F.R. do; MUNIZ, J.A. Movimentação de nutrientes no solo, crescimento e nutrição mineral do eucalipto, em função de doses de gesso e níveis de irrigação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, v.19, n.1, p.69-77, já./abr. 1995.
- BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Levantamento do teor de boro em alguns solos do Estado de São Paulo.** Piracicaba, 1965. 135p. [Livre-Docência – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”].
- BRASIL. **Normas climatológicas (1961 – 1990).** Departamento Nacional de Meteorologia. Serviço de Produção de Informação – SPI/EMBRAPA. Maio/1992. 84p.
- BRUNE, A.; URBACH, W.; DIETZ, K.J. Compartmentation and transport of zinc in barley primary leaves as mechanisms involved in zinc tolerance. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, v.17, n.2, p.153-162, Feb. 1994.

DANTAS, J.L.L.; SOARES FILHO, W. do S. Classificação botânica, origem e evolução. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria de Desenvolvimento Rural – SDR. **Banana para exportação: Aspectos técnicos da produção**. Brasília. EMBRAPA-SPI, 1995. p.9-13, (Leire publicações técnicas FRUPEX, 18).

DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A. de C. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da (eds). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991a. p.65-78.

DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.A. de C. Diagnose visual. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da. (eds). **Micronutrientes na agricultura** Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991b. p.273-308.

De GRANDI, A.J. Efeito de doses e intervalos de aplicação de KNO_3 no crescimento e nutrição de mudas de bananeira cv. Prata-anã (AAB), obtidas por cultura de tecidos. 1998. 61p. Dissertação. (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

DELVAUX, B. Soils. In: GOWEN, S. **Bananas and plantains**. London: Chapman & Hall. 1995. p.230-257.

DIAS JÚNIOR, M. de S. **Compression of three soild under long-term tillage and whell traffic**. 1994. 114p. (PhD Thesis) - Michigan State University, East Lansing

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos e análises de solos**, 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1997. 212p. (Documento 1).

EPSTEIN, E. **Nutrição Mineral de Plantas; princípios e perspectivas**. Tradução de Eurípedes Malavolta. São Paulo: EDUSP, 1975. 341p.

EZEQUIEL, A.C. Efeitos da adição de boro e zinco a substratos, no desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). 1980. 72p. Dissertação. (Mestrado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1994. 227p. (Curso de Especialização. Pós-graduação “Latu Senso” por tutoria à distância: Solos e Meio Ambiente).

FARIA, N.G. **Absorção de nutrientes por variedade e híbridos promissores de bananeira**. 1997. 66p. Dissertação. (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, BA.

FAVARO, J.R.A. **Crescimento e produção de *Coffea arabica* L. em resposta à nutrição foliar de zinco, na presença de cloreto de potássio**. UFV. Imprensa Universitária, 1992. 91p. Dissertação. (Mestrado em Fisiologia Vegetal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FERTIZA. Companhia Nacional de Fertilizantes. **Manual de adubação**. São Paulo, 1996. 80p.

FERRANDON, 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**, New York, v.11, n.2, p.247-263, 1988.

FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (eds). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. 734p. (Anais do I Simpósio sobre Micronutrientes na Agricultura).

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos. UFSCar. 2000. p.255-258

FUERHING, H.D. Grain yield of maize (*Zea mays*, L.) in relation to nitrogen, phosphorus, sulfate, chloride, zinc, boron, manganese and plant population. **Soil Science Society of America Proceedings**. Madison, v.35, p.721-724, 1969.

FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R. do; RESENDE, A.V. de; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A. de. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252p. (Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu" – Especialização a Distância: Solos e Meio Ambiente).

GADDE, R.R.; LAITINEN, H.A. Studies of heavy metal adsorption by hydrous iron and manganese oxides. **Analytical chemistry**, Washington, 46:2022-6, 1974.

GARAVITO, N.F.; LEON, S.A. Propriedades del suelo em relacion com deficiencias de boro em el valle del Cauca. **Revista do Instituto Colombiano Agropecuario**, Bogotá, 13:445-53, 1978.

GARCIA, V.; FERNANDEZ CALOAS, E.; ALVAREZ, C.E.; ROBLES, J. Desequilíbrios potássico-magnésicos em los cultivos de plátanos de Tenerife. **Fruits**, Paris, v.33, n.1, p.7-13, Jan. 1978.

GODINHO, F. de P. *Mudas de Bananeira: Tecnologia de Produção*. Belo Horizonte: EPAMIG, 1994. 44p. (Boletim Técnico, 44).

GUPTA, U.C. Relationship of total and hot water soluble boron, and fixation of added boron, to properties of podzol soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 32:45-8, 1968.

HADAS, A.; HAGIN, J. Boron adsorption by soils as influenced by potassium. *Soil Science*, Baltimore, 113:189-93, 1972.

HAMILTON, M.A.; WESTERMANN, D.T.; JAMES, D.W. Factors affecting zinc uptake in cropping systems. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v.57, n.5, p.1310-1315, Sept./Oct. 1993.

HATCHER, J.T.; BOWER, C.A.; CLARK, M. Adsorption of boron by soils as influenced by hydroxi aluminum and surface area. *Soil Science*, Baltimore, 104:422-6, 1967.

HODGSON, J.F. Chemistry of the micronutrient elements in soils. *Advances in Agronomy*, New York, 15:119-59, 1963.

HOROWITZ, A.; DANTAS, H.S. Boro disponível nos solos da zona Litoral-Mata de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Rio de Janeiro, 8:163-8, 1973 (Série Agronomia).

HOROWITZ, A.; DANTAS, H.S. Geoquímica dos elementos menores nos solos de Pernambuco. IV. Zinco na zona Litoral-Mata. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Rio de Janeiro, v.11, n.1, p.27-35, 1976 (Série Agronomia).

IFA, INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION. (Paris) *World fertilizer use manual*. Limburgerhof. BASF. Agricultural Research Station, 1992. 631p.

JONES, G.B.; RICE MAN, D.S.; MCKENZIE, J.O. The movement of cobalt and zinc in soils as indicated by radioactive isotopes. *Australian Journal of Agricultural Research*, Victoria, v.8, p.190-201, Mar. 1957.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. *Trace elements in soils and plants*. Boca Raton: CRC Press 1985. 315p.

KALBASI, M.; RACZ, G.J.; LOEWEN-RUDGERS, L.A. Mechanism of zinc adsorption by iron and aluminum oxides. *Soil Science*, Baltimore, v.125, n.3, p.146-150, Mar. 1978.

KUO, S.; BAKER, A.S. Sorption of cooper, zinc, and cadminum by some acid soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.44, n.5, p.969-974, Sept./Oct. 1980.

LAHAV, E. Banana nutrition. In: GOWEN, S. *Bananas and plantains*. London: Chapman L. Hall. 1995. p.258-316.

LEITE, J.P.; SKOGLEY, E.O. Retention and leaching of cooper and zinc in "Tabuleiro" soils as influenced by nutrient carrier. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.12, n.único, p.27-34, 1977.

LINDSAY, W.L. *Chemical equilibrio in soils*. New York: John Wilwy & Sons, 1979. 449p.

LINDSAY, W.L. Inorganic equilibrio affecting micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M.; WELCH, R.M. (eds). *Micronutrients in agriculture*. 2.ed. Wisconsin: Soil Science Society of America, 1991. p.94-112.

LONERAGAN, J.F.; GRUNES, D.L.; WELCH, R.M.; ADUAYI, E.A.; TENGAH, A.; LAZAR, V.A.; CARY, E.E. Phosphorus acumulation and toxicity in leaves in relation to zinc supply. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.46, p.345-352, 1982.

MACHADO, R.A.F. Fósforo e zinco na nutrição e crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg). 1998, 93p. Dissertação. (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. Desordens nutricionais e adubação de bananciras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 1, 1984, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: UNESP/FCAV, 1985. p.135-158.

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação do cafeeiro. In: RENA, A.B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds). *Cultura do cafeeiro e fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS. 1986. p.165-274.

MALAVOLTA, E. *Nutrifatos: informações agronômicas sobre nutrientes para as culturas*. Piracicaba: POTAFOS, 1995. 24p. (Arquivo do Agrônomo, 10).

MALAVOLTA, E.; MALAVOLTA, M.; LIMA FILHO, O.F. de; NASCIMENTO FILHO, V.; CABRAL, C.P. Estudos sobre a nutrição mineral do cafeeiro. 55. Absorção radicular de sais e quelatos de zinco marcados com zinco radioativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22., 1996, Águas de Lindóia. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: SDR/PROCAFE/EMBRAPA/DENAC/CATI, 1996. p.34-36.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G. de; SOUZA, R.B. de **Diagnose foliar. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 5ª aproximação.** Viçosa, 1999. Cap.17, p.143-168.

MARTIN-PREVEL, M. Exigências nutricionais de bananeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A BANANICULTURA, 1, 1984. Jaboticabal: UNESP, 1984. p.118-134.

MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, A.; SILVEIRA, R.I.; COBRA NETTO, A.; KIEHL, J.C. **Fertilidade do solo.** São Paulo, Nobel, 1983. 400p.

MENEZES, A.C. de S.G. **Efeito da matéria orgânica e do superfosfato simples no crescimento e nutrição de mudas de bananeira (*Musa sp.*) cv. "Grand naine", produzidas por cultura de tecidos.** 1997. 63p. Dissertação. (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MOREIRA, R.S. **Calagem em bananeiras e suas implicações.** In: RAIJ, B. van; BATAGLIA, D.C.; SILVA, N.M. da. (Coord.). **Acidez e calagem no Brasil.** Campinas, SP; SBCS, 1983. p.353-361.

MOREIRA, R.S. **Banana: Teoria e prática de cultivo.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. 355p.

MORELLI, M.K.; IGUI E.; FONTES, R. Effect of living on the exchange complex and the movement of Ca and mg. *Turrialba, Costa Rica*, v.21, p.317-322, 1971.

MUNIZ, L.L.F. **Absorção de zinco em solos do vale do aço mineiro, afetada pela remoção de matéria orgânica, óxido de ferro e óxido de manganês.** 81p. Dissertação. (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NORRISH, K. **Geochemistry and mineralogy of trace elements.** In: NICHOLAS, D.J.O.; EGAN, A.R., (ed). **Trace elements in soil-plant-animal system.** New York: Academic Press, 1975. p.55-81.

OLIVEIRA, M.F.G. de. **Fracionamento e difusão de zinco influenciados pelo íon acompanhante e pelo pH de solos.** Viçosa: UFV, 1998. 45p.

OLIVEIRA, M.F.G. de; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; ALVES, V.M.C.; VASCONCELLOS, C.A. **Fluxo difusivo de zinco em amostras de solo influenciado por textura, íon acompanhante e pH do solo.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.23, n.3, p.609-615, jul./set. 1999.

OLSEN, E.R. **Micronutrients interactions.** In: MORTVEDT, J.J. (ed) **Micronutrients in agriculture.** Madison: Soil Science Society of America, 1972. p.243-264.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal.** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 440p.

PAIVA, H.N. de. **Toxidez de Cd, Ni, Pb e Zn em mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) e ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.)** 2000. 283p. Dissertação. (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PARKS, W.L.; WHITE, J.L. **Boron retention by clay humus systems saturated with various cations.** *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 16:298-300, 1952.

PAVAN, M.A.; SIQUEIRA, R.; FARIA, R.T. de; MACHADO, P.L.O. de A; MIYAZAWA, M. **Influência da umidade do solo no diagnóstico da deficiência de zinco em cafeeiro.** *Ciência e Cultura*, Piracicaba, v.38, n.10, p.1695-1699, out. 1986.

PAVAN, M.A.; OLIVEIRA, E.L. da. **Manejo de acidez do solo.** Londrina, IAPAR, 1997. 86 p. (Circular, 95).

PEARSON, R.N.; ABRUÑA, F. ; VICENTE-CHANDLER, J. **Effects of lime and nitrogen applications on the downward movement of Ca and Mg in two humid tropical soils of Puerto Rico.** *Soil Science*, Baltimore, v.93, n.1, p.77-82, 1962.

PINTON, R.; ÇAKMAK, I.; MARSCHNER, H. Effect of zinc deficiency on proton fluxes in plasma membrana - enriched vesicles isolated from bean roots. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v.44, n.260, p.623-630, Mar. 1993.

QUAGGIO, J.A. Reação do solo e seu controle. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Piracicaba, 1986. Anais... Campinas, Fundação Cargill, 1986. p.53-59.

RODRIGUES, M.G.V. Efeito de calcário dolomítico e superfosfato simples, no crescimento e nutrição de mudas de bananeira 'Mysore' (AAB), obtidas "in vitro". 1995. 65p. Dissertação. (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RAIJ, B. van; CANTA RELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2 ed. Campinas, SP: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1996. 285p. (IAC - Boletim Técnico, 100).

RESCK, D.V.S.; FIGUEIREDO, M. de S.; FERNANDES, B.; REZENDE, M.; SILVA, T.C.A. da. Intensidade de perdas de nutrientes em um Podzólico vermelho-amarelo, utilizando-se simulador de chuva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.4, n.3, p.188-192, set./dez. 1980.

SANCHES, P.A. Soil acidity and liming. In: _____. *Properties and management of soils in the tropics*. New York: John Wiley & Sons, 1976. p.223-253

SANTOS, J. de A. Efeito de calcário dolomítico e nitrato de potássio, no crescimento e nutrição de mudas de bananeira cv. "Prata-anã" (AAB), obtidas "in vitro". 1997. 71p. Dissertação. (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SEABRA FILHO, M. Efeito de composições e superfosfato simples no crescimento e nutrição de mudas de bananeira cv. Nanicão obtidas por propagação rápida "in vivo". 1994. 103p. Dissertação. (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

SHARMA, K.N.; DEB, D.L. Calibration for zinc requirements for wheat a based on diffusive flux equations. *Journal Nuclear Agricultural Biological*, New Delhi, v.16, p.55-64, 1987.

SHUMAM, L.M. Zinc adsorption isotherms for soil clays with and without iron oxides removed. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.40, n.3, p.349-352, May/June 1976.

SHUMAM, L.M. Zinc, manganese, and copper in soil fractions. *Soil Science*, Baltimore, v.127, n.1, p.10-17, Jan. 1979.

SHUMAM, L.M. Effect of phosphorus level on extractable micronutrients and their distribution among soil fractions. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.52, n.1, p.136-141, Jan./Feb. 1988.

SHUKLA, U.C.; MITTAL, S.B. Characterization of zinc adsorption in some soils of India. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.43, n.5, p.905-908, Sept./Oct. 1979.

SIMS, J.R.; BINGHAM, F.T. Retention of boron by layer silicates, sesquioxides, and soil materials. I. Layer silicates. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.31, p.728-732, 1967.

SIMS, J.R.; BINGHAM, F.T. Retention of boron by layer silicates, sesquioxides and soil materials. II. Sesquioxides. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.32, p.364-369, 1968.

SILVA, C.R. de R. e. Fruticultura Tropical. In: _____. *Fruticultura Comercial*. Lavras: UFLA – FAEPE, 1997, 378p. : Curso de Especialização Pós-Graduação “Lato Sensu” por Tutoria a Distância.

SILVA, J.T.A. da; BORGES, A.L.; MALBURG, J.L. Solos, adubação e nutrição da bananeira. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.20, n.196, p.21-36. 1999.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. *Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas*. Brasília: MEC-ESAL-FAEPE-ABEAS, 1988. 266p.

SIQUEIRA, M. de O. Adsorção de zinco por solos com remoção da matéria orgânica e de óxidos de ferro e de alumínio. 1988. 81p. Dissertação. (Mestrado em Agroquímica). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SOARES, C.R.F.S. Toxidez de zinco, cobre, cádmio e chumbo para o eucalipto em solução nutritiva. 1999. 132p. Dissertação. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SOUZA, H.U. de. Efeito de composições de superfosfato simples no crescimento e nutrição de mudas de bananeira (*Musa sp*) cv. Myrose obtida por cultura de meristemas. 1994. 88p. Dissertação. (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

SOUZA, E.C.A. de; FERREIRA, M.E. Zinco. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da (eds). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.219-242.

SOUZA, C.A.S. **Aplicação de zinco via solo em plantas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em casa-de-vegetação**. 1999. 159p. Dissertação. (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

STENVENSON, R.C.; ARDAKANI, M.S. Organic matter reactions involving micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LIDSAY, W.L. (eds). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p.79-214.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. California: The Benjamin/Cummings, 1991. 559p.

VANDERLEY, J.C. **Boro em materiais de três solos do município de Lavras, Estado de Minas Gerais**. 1984. 96p. Dissertação. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

VICENTINI, S. **Efeito de doses e intervalos de aplicação de MAP no crescimento de mudas de bananeira cv. Grande Naine obtidas "in vitro"**. 1995. 99p. Dissertação. (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

WELCH, R.M.; WEBB, M.J.; LONERAGAN, J.F. Zinc in membrane function and its role phosphorus toxicity. In: SCAIFE, A. (Ed.). **Proceedings of the international plant nutrition colloquium**. Fanham Royal: Commonwealth Bureaux, 1982. p.710-715.

