

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALIDADE DOS FRUTOS DE
BANANEIRAS ‘PRATA ANÃ’ E ‘MAÇÃ’ SUBMETIDAS À
ADUBAÇÃO FOSFATADA**

ANA CAROLINA BATISTA BOLFARINI

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP –
Câmpus de Botucatu, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia
(Horticultura).

BOTUCATU-SP

Março - 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALIDADE DOS FRUTOS DE
BANANEIRAS ‘PRATA ANÃ E ‘MAÇÃ’ SUBMETIDAS À
ADUBAÇÃO FOSFATADA**

ANA CAROLINA BATISTA BOLFARINI

Orientadora: Profª Drª Sarita Leonel

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Horticultura).

BOTUCATU-SP

Março – 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

B688d Bolfarini, Ana Carolina Batista, 1987-
Desempenho agronômico e qualidade dos frutos de bananeiras 'prata anã e 'maçã' submetidas à adubação fosfatada / Bolfarini, Ana Carolina Batista. - Botucatu : [s.n.], 2015 xi, 120 f. : grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2015
Orientador: Sarita Leonel
Inclui bibliografia

1. Banana - Adubação. 2. Banana - Cultivo. 3. Fosfatos. 4. Minerais na nutrição de plantas. I. Leonel, Sarita. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

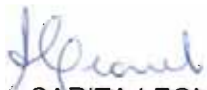
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALIDADE DOS FRUTOS DE BANANEIRAS 'PRATA ANÃ' E 'MAÇÃ' SUBMETIDAS À ADUBAÇÃO FOSFATADA"

AUTORA: ANA CAROLINA BATISTA BOLFARINI

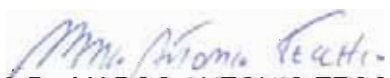
ORIENTADORA: Profa. Dra. SARITA LEONEL

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. SARITA LEONEL

Dep de Horticultura / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu



Prof. Dr. MARCO ANTONIO TECCHIO

Dep de Horticultura / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu



Prof. Dr. LUIZ ANTONIO JUNQUEIRA TEIXEIRA

Centro de Solos e Recursos Ambientais / Instituto Agrônômico de Campinas

Data da realização: 25 de fevereiro de 2015.

DEDICO

Aos meus pais, Ana Maria Batista Bolfarini e Renato Bolfarini, pelo amor incondicional, confiança e por todo esforço dedicado à realização dos meus objetivos.

OFEREÇO

Aos meus irmãos, Bruno Batista Bolfarini, Felipe Batista Bolfarini e Alexandre Batista Bolfarini, pelo carinho, incentivo e ensinamentos.

Ao meu namorado, Everton Moreno Muro, pelo amor, companheirismo e apoio constante durante todos os momentos difíceis.

Essa conquista também pertence a vocês!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde, proteção e força para enfrentar as dificuldades.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização do mestrado e dedicação destinada a excelência na formação de seus alunos.

À minha orientadora Prof^a Dr^a Sarita Leonel, pela confiança depositada em mim para a realização do projeto, pelos ensinamentos transmitidos, competência, dedicação, paciência e carinho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

À Prof^a Dr^a Magali Leonel e funcionários do Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT), pela grande ajuda e assistência na condução do experimento de mestrado, além do carinho e atenção.

Ao Fagner Sanches Javara, pela valiosa colaboração na realização do experimento em campo e paciência nos momentos de avaliação.

À Camila Mesquita e Emerson Lolli, pela disponibilidade em ajudar e enorme contribuição nas análises pós-colheita.

Aos alunos de Graduação em Agronomia, Cássio, Maurício, Leonardo e André pelo auxílio nas avaliações e análises do trabalho.

Aos funcionários da Faculdade de Ciências Agrônômicas (UNESP – Campus de Botucatu) e da Fazenda Experimental São Manuel, por toda cooperação.

Aos servidores técnicos do Departamento de Horticultura, Márcia, Edson, Edivaldo e Edmilson pelo auxílio oferecido durante todo o experimento.

A todos os professores de Pós-graduação do Departamento de Horticultura, em especial aos professores Marco Antonio Tecchio e Regina Marta Evangelista, pelo grande apoio e por gentilmente compartilharem dos seus conhecimentos.

Aos meus amigos de pós-graduação, Joara, Natália, Bruno, Rafael, Jackson, Joyce, Falkner, Marlon, Marcelo, Sthefani e Lucas pelo carinho e ajuda durante todas as etapas do curso.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização e conclusão deste projeto.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS	IX
RESUMO.....	1
SUMMARY	3
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. OBJETIVOS.....	8
2.1. Objetivo geral	8
2.2. Objetivos específicos.....	8
3. HIPÓTESES	10
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
4.1. Classificação botânica e descrição da planta	11
4.2. Características dos genótipos avaliados	13
4.4. Exigências edafoclimáticas.....	16
4.5. Adubação e nutrição mineral na bananeira.....	18
4.6. Fósforo.....	21
4.7. Atributos relacionados à qualidade dos frutos.....	25
4.8. Influência do fósforo na síntese do amido.....	26
5. CAPÍTULO I – ADUBAÇÃO FOSFATADA NO DESEMPENHO AGRONÔMICO E NA QUALIDADE DOS FRUTOS DA BANANEIRA ‘PRATA ANÃ’ (<i>MUSA AAB</i>)	28
5.1. INTRODUÇÃO.....	28
5.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.4. CONCLUSÃO.....	68
6. CAPÍTULO II – CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DOS FRUTOS DA BANANEIRA ‘MAÇÃ’ EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE FÓSFORO.....	70
6.1. INTRODUÇÃO.....	70
6.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	72
6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
6.4. CONCLUSÃO.....	106
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

- Figura 1. Precipitação pluvial (mm) e temperaturas máxima, média e mínima (°C) registradas durante a condução do experimento em São Manuel-SP, 2012, 2013 e 2014. . 31
- Figura 2. Altura da bananeira ‘Prata Anã’, na emissão da inflorescência, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 49
- Figura 3. Diâmetro do pseudocaule da bananeira ‘Prata Anã’, na emissão da inflorescência, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 50
- Figura 4. Número de folhas ativas da bananeira ‘Prata Anã’, na emissão da inflorescência, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 51
- Figura 5. Número de dias do plantio ao florescimento na bananeira ‘Prata Anã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 53
- Figura 6. Número de dias do florescimento a colheita na bananeira ‘Prata Anã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 53
- Figura 7. Número de dias do plantio a colheita (ciclo cultural) na bananeira ‘Prata Anã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 54
- Figura 8. Massa do cacho (A), massa da ráquis (B), massa de frutos (C), número de frutos por cacho (D), número de pencas por cacho (E) e produtividade (F) da bananeira ‘Prata

Anã', em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 55

Figura 9. Massa da segunda penca (A), número de frutos da segunda penca (B), comprimento de frutos (C) e diâmetro de frutos (D) da bananeira 'Prata Anã', em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 56

Figura 10. Teores de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e enxofre (E) na matéria seca de frutos verdes da bananeira 'Prata Anã', em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 63

Figura 11. Teor de ferro na matéria seca de frutos verdes da bananeira 'Prata Anã', em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 65

Figura 12. Teores de sólidos solúveis nos frutos maduros da bananeira 'Prata Anã', em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 66

Capítulo II

Figura 1. Precipitação pluvial (mm) e temperaturas máxima, média e mínima ($^{\circ}C$) no município de São Manuel-SP, de novembro de 2012 a maio de 2014. 73

Figura 2. Altura da bananeira 'Maçã', na emissão da inflorescência, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 90

Figura 3. Diâmetro do pseudocaule da bananeira 'Maçã', na emissão da inflorescência, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 91

- Figura 4. Número de folhas ativas da bananeira ‘Maçã’, na emissão da inflorescência, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 92
- Figura 5. Número de dias do plantio ao florescimento na bananeira ‘Maçã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 94
- Figura 6. Número de dias do florescimento a colheita na bananeira ‘Maçã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 94
- Figura 7 Número de dias do plantio a colheita (ciclo cultural) na bananeira ‘Maçã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 95
- Figura 8. Massa do cacho (A), massa da ráquis (B), massa de frutos (C), número de frutos por cacho (D), número de pencas por cacho (E) e produtividade (F) da bananeira ‘Maçã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 99
- Figura 9. Massa da segunda penca (A), número de frutos da segunda penca (B), comprimento de frutos (C) e diâmetro de frutos (D) da bananeira ‘Maçã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 100
- Figura 10. Teor de açúcar redutor nos frutos verdes da bananeira ‘Maçã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 101

Figura 11. Teores de fósforo (A), cálcio (B) e magnésio (D) na matéria seca de frutos verdes da bananeira ‘Maçã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 103

Figura 12. Firmeza dos frutos maduros da bananeira ‘Maçã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 105

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1. Análise química inicial do solo da área experimental, na profundidade de 0-20 cm. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2012. 32

Tabela 2. Análise química do solo referente a novembro de 2013, na profundidade de 0-20 cm, utilizada para o cálculo da adubação de produção. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2013. 35

Tabela 3. Teores médios de macro e micronutrientes nas folhas da bananeira ‘Prata Anã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2013. 46

Tabela 4. Teores médios de macronutrientes e valores de pH, M.O., SB, CTC e V%, na camada de 0-20 cm de profundidade, em solo cultivado com bananeira ‘Prata Anã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2014. 47

Tabela 5. Teores de micronutrientes, na camada de 0-20 cm de profundidade, em solo cultivado com bananeira ‘Prata Anã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2014. 47

Tabela 6. Teores médios de umidade, matéria seca, açúcar total, açúcar redutor e amido nos frutos verdes da bananeira ‘Prata Anã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 59

Tabela 7. Teores médios de micronutrientes, em mg kg⁻¹ de matéria seca, nos frutos verdes da bananeira ‘Prata Anã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P₂O₅). FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 64

Tabela 8. Valores médios de firmeza, luminosidade (L), coordenadas *a e *b, pH, acidez titulável (AT), índice de maturação ‘Ratio’ (SS/AT) e açúcares redutores (AR), nos frutos maduros da bananeira ‘Prata Anã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P₂O₅). FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 68

Capítulo II

Tabela 1. Análise química inicial do solo da área experimental, na profundidade de 0-20 cm. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2012. 73

Tabela 2. Análise química do solo referente a novembro de 2013, na profundidade de 0-20 cm, utilizada para o cálculo da adubação de produção. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2013. 76

Tabela 3. Teores médios de macro e micronutrientes em folhas de bananeira ‘Maçã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P₂O₅). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2013. 87

Tabela 4. Teores de macronutrientes e valores de pH, M.O., SB, CTC e V%, na camada de 0-20 cm de profundidade, em solo cultivado com bananeira ‘Maçã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P₂O₅). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2014. 88

Tabela 5. Teores de micronutrientes, na camada de 0-20 cm de profundidade, em solo cultivado com bananeira ‘Maçã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P₂O₅). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2014. 88

Tabela 6. Teores médios de umidade, matéria seca, açúcar total, açúcar redutor e amido nos frutos verdes da bananeira ‘Maçã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P₂O₅). FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 102

Tabela 7. Teores médios de macro e micronutrientes nos frutos verdes da bananeira ‘Maçã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014). 104

Tabela 8. Valores médios de luminosidade (L), coordenadas *a e *b, pH, sólidos solúveis, acidez titulável (AT), índice de maturação ‘Ratio’ (SS/AT) e açúcares redutores (AR) nos frutos maduros da bananeira ‘Maçã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014)..... 106

DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALIDADE DOS FRUTOS DE BANANEIRAS ‘PRATA ANÃ’ E ‘MAÇÃ’ SUBMETIDAS À ADUBAÇÃO FOSFATADA. Botucatu, 2015. 120p. Dissertação (Mestrado em Agronomia -Horticultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autor: ANA CAROLINA BATISTA BOLFARINI

Orientadora: SARITA LEONEL

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de doses de fósforo sobre o crescimento vegetativo, a duração do ciclo da cultura, produção e qualidade dos frutos das bananeiras ‘Prata Anã’ e ‘Maçã’ nas condições edafoclimáticas de São Manuel-SP. Avaliou-se separadamente o primeiro ciclo agrícola dos cultivares. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos (0, 40, 60, 80, 100 e 120 kg de P_2O_5 ha⁻¹) e sete repetições. Para as análises pós-colheita utilizaram-se cinco repetições por tratamento. No momento da emissão da inflorescência dos cultivares avaliou-se o crescimento vegetativo. Ainda foram determinados a duração do ciclo das plantas e o desempenho agrônomo produtivo. As características físico-químicas e químicas dos frutos verdes avaliadas foram o teor de umidade, matéria seca, açúcar total, açúcar redutor, amido, macro e micronutrientes. Na banana madura determinou-se a firmeza, coloração da casca, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, índice de maturação (“Ratio”) e açúcares redutores. Na bananeira ‘Prata Anã’ o melhor desempenho agrônomo foi alcançado com doses acima da recomendada para cultura, no estado de São Paulo, 40 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , enquanto para o cv. Maçã as doses ótimas estiveram próximas à recomendação. Nos frutos verdes do cv. Prata Anã, quanto maior a dose de adubo fosfatado, maiores os conteúdos de fósforo e cálcio. Para o potássio e o enxofre houve aumento quadrático em função das doses crescentes de P_2O_5 , atingindo valores máximos com as doses de 56 e 38 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , respectivamente. Em relação aos teores de micronutrientes, apenas o ferro foi alterado. Os frutos verdes da bananeira ‘Maçã’ apresentaram variação quadrática no teor de açúcar redutor, apresentando valor máximo com a dose de 47 kg ha⁻¹ de P_2O_5 . Contudo, a adubação fosfatada não influenciou de forma significativa os teores de umidade, matéria seca, açúcar total e amido. Os conteúdos de fósforo, cálcio e magnésio nos frutos elevaram-se até as doses de 74, 41 e 58

kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. Nas bananas maduras, houve incremento no teor de sólidos solúveis até a dose 65 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para o cv. Prata Anã, enquanto no cv. Maçã a máxima firmeza dos frutos foi atingida com a dose 63 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Os resultados permitem concluir que a aplicação de fósforo influenciou o desempenho agrônômico das bananeiras, com pouco efeito na qualidade final dos frutos.

Palavras-chave: *Musa* spp., nutrição, superfosfato triplo.

AGRONOMIC PERFORMANCE AND FRUIT QUALITY OF 'PRATA ANÃ' AND 'MAÇÃ' BANANAS SUBMITTED TO PHOSPHATE FERTILIZER. Botucatu, 2015. 120p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ANA CAROLINA BATISTA BOLFORINI

Adviser: SARITA LEONEL

SUMMARY

This study aimed to evaluate the influence of phosphorus levels on vegetative growth, the duration of the cycle, production and fruit quality of banana 'Prata Anã' and 'Maçã' at conditions of São Manuel-SP. The first agricultural cycle of the cultivars was evaluated separately. The experiment was conducted in a completely randomized design with six treatments (0, 40, 60, 80, 100 and 120 kg P₂O₅ ha⁻¹) and seven repetitions. For post-harvest analysis were used five replicates per treatment. At the time of inflorescence emission of cultivars, the vegetative growth was evaluated. Also were determined the production cycle length of the plants and agronomic performance. The physico-chemical and chemical characteristics of green fruits evaluated were moisture content, dry matter, total sugar, reducing sugar, starch, macro and micronutrients. At the ripe banana were determined firmness, peel color, pH, titratable acidity, soluble solids, maturation index ("Ratio") and reducing sugars. In 'Prata Anã' banana the best agronomic performance was achieved with doses above the recommended for cultivation in the state of São Paulo, 40 kg ha⁻¹ P₂O₅, while the cv. Maçã optimal doses were similar to the recommendation. In green fruit cv. Prata Anã, the greater the amount of phosphate fertilizer, the higher the calcium and phosphorus contents. For potassium and sulfur there was a quadratic increase as a function of increasing doses of P₂O₅, reaching maximum values at doses of 56 and 38 kg ha⁻¹ P₂O₅, respectively. Regarding the content of micronutrients, only iron was changed. Green fruits of 'Maçã' banana shown a quadratic variation in the reducing sugar content, the maximum values reached at the dose of 47 kg ha⁻¹ P₂O₅. However, the P has no effect in the moisture content, dry matter, total sugar and starch. The content of phosphorus, calcium and magnesium in fruits increased up to doses of 74, 41 and 58 kg ha⁻¹ P₂O₅, respectively. In ripe bananas, there was an increase in soluble solids to the dose 65 kg ha⁻¹ P₂O₅ for cv. Prata Anã, while in cv. Maçã maximum

fruit firmness was reached with a dose $63 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$. The results demonstrated that the application of phosphorus influenced the agronomic performance of the banana trees, with little effect on the final quality of the fruit.

Keywords: *Musa* spp., nutrition, triple superphosphate.

1. INTRODUÇÃO

A bananicultura assume grande importância econômica e social para os países inseridos em sua atividade agrícola, pois fornece uma das frutas mais consumida e apreciada mundialmente, além de garantir um fluxo de renda contínuo, visto que a produção da banana ocorre ao longo de todo ano, contribuindo com a geração de empregos no campo e na cidade. A elevada preferência pela fruta deve-se tanto pela sua versatilidade em termos de modalidades de uso (processada, frita, cozida, *in natura*) quanto aos seus atributos de: sabor, aroma, valor nutricional, preço, higiene e facilidade de consumo.

Na safra de 2012, o Brasil produziu 6,9 milhões de toneladas de bananas, colhidas em uma área de aproximadamente 481 mil hectares, destacando-se como o quinto maior produtor mundial, posteriormente à Índia, China, Filipinas e Equador (FAO, 2014).

O estado de São Paulo é o maior produtor brasileiro da fruta, com uma produção de 1.191,55 toneladas (IBGE, 2014). Recentemente, o cultivo da banana em São Paulo tem se descentralizado da maior região produtora, o Vale do Ribeira, para áreas ainda pouco exploradas, como as do Planalto Paulista, em razão do grande interesse dos

produtores em diversificar o plantio de culturas tradicionais, encontrando na frutífera uma opção promissora e rentável (CORDEIRO; MOREIRA, 2006).

Mesmo diante da relevância da bananicultura para a economia brasileira e dos grandes avanços tecnológicos adquiridos, ainda existem gargalos e carências em seu sistema produtivo que impedem a sua ascensão no mercado e maior rentabilidade econômica, como o incorreto manejo nutricional, o qual resulta em baixos índices produtivos e no aumento do custo de produção, este devido às adubações superestimadas.

As necessidades de adubação da bananeira são dependentes das condições edafoclimáticas e das exigências nutricionais diferenciadas que os cultivares demonstram (MELO et al., 2006). As recomendações de fósforo na cultura, em sua maioria, baseiam-se em dados científicos obtidos para bananeiras do subgrupo Cavendish, as quais são altamente exigentes em nutrientes. De acordo com o Boletim Técnico 100, fonte oficial de recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo, deve-se aplicar no plantio da bananeira metade das doses de fósforo que variam de 20 a 260 kg de P_2O_5 ha^{-1} , conforme o resultado da análise de solo e a produtividade esperada do cultivar explorado. O restante das doses estabelecidas recomenda-se aplicar em cobertura aos 70 a 90 dias após o plantio (RAIJ et al., 1997). Por outro lado, segundo recomendações para o estado da Bahia, é necessário aplicar em cova, na ocasião do plantio, um total de 40 a 120 kg de P_2O_5 ha^{-1} e na fase de produção 40 a 160 kg de P_2O_5 ha^{-1} (BORGES, 2004). Considerando a recomendação de fósforo para os estados do Sul, as doses variam de ≤ 120 a 130 kg de P_2O_5 ha^{-1} ano^{-1} e de ≤ 155 a 180 kg de P_2O_5 ha^{-1} ano^{-1} para os cultivares do subgrupo Prata e Cavendish, respectivamente (COMISSÃO... 2004). Na Austrália, Newley et al. (2008) sugere a aplicação de 60 a 90 kg de P_2O_5 ha^{-1} ano^{-1} para as bananeiras do subgrupo Cavendish.

Apesar de o fósforo ser o macronutriente menos exigido pela bananeira é um dos nutrientes mais aplicados nas adubações, em razão da baixa disponibilidade natural desse nutriente nos solos tropicais e à alta fixação do P aos minerais de argila (SHEN et al., 2011). No Brasil, são escassas as pesquisas com a finalidade de verificar a resposta dos cultivares de bananeira às diferentes doses de adubo fosfatado, assim, a realização de estudos que contribuam para a aplicação racional de fósforo na cultura irá proporcionar a redução nos custos de produção e evitará que os

adubos fosfatados sejam usados em excesso nos bananais, colaborando com a diminuição nos riscos de contaminação ambiental.

O cultivo da bananeira ‘Maçã’ geralmente está sujeito à apenas um ciclo de produção, pois o cultivar é altamente suscetível ao “Mal-do-Panamá” (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*), o que dificulta a obtenção de produções por vários ciclos. Dessa forma, observa-se que muitos produtores adeptos à produção dessa bananeira têm utilizado elevadas quantidades de fertilizantes, visando alcançar altos índices de produtividade no primeiro ciclo agrícola. Ainda a prática da adubação é alicerçada sem resultados de análises químicas de solo (LEONEL; DAMATTO JUNIOR, 2007). Contudo, a realização de adubações desnecessárias e inadequadas somente eleva o custo de produção e acarreta desequilíbrio nutricional na planta.

Além das questões relacionadas ao crescimento e à produtividade da bananeira, pouco se conhece sobre o efeito do fósforo na qualidade dos frutos, especialmente acerca do teor de amido, uma vez que o nutriente está envolvido na síntese desse carboidrato (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Portanto, ensaios a campo que avaliem o desempenho agrônômico de cultivares em resposta às adubações de máxima eficiência técnica e econômica são indispensáveis para melhorar o manejo da cultura, aumentar a produtividade, bem como obter frutos de melhor qualidade e com grande aceitação pelo mercado consumidor.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adubação fosfatada sobre o crescimento vegetativo, a duração do ciclo das plantas, produção e qualidade dos frutos das bananeiras ‘Prata Anã’ e ‘Maçã’ nas condições edafoclimáticas do município de São Manuel-SP.

2.2. Objetivos específicos

- a) Verificar o crescimento dos cultivares Prata Anã e Maçã em resposta às diferentes doses de fósforo aplicadas no momento do plantio e em cobertura;
- b) Determinar a duração do ciclo cultural dos referentes cultivares no município de São Manuel-SP, em função dos tratamentos utilizados;
- c) Avaliar as variáveis de produção dos cultivares frente às adubações fosfatadas;

d) Analisar as características físicas e físico-químicas dos frutos de cada cultivar, mediante as condições experimentais;

e) Determinar o teor de amido nos cultivares avaliados, correlacionando com as doses de fósforo avaliadas;

f) Identificar o nível ideal de fósforo para obter a máxima eficiência produtiva e a formação de frutos com qualidade nos cultivares estudados.

3. HIPÓTESES

- O incremento nas doses de fósforo aplicadas ao solo exerce influência sobre o crescimento das bananeiras;

- Doses acima da recomendada interferem na produção e duração do ciclo vegetativo e produtivo dos cultivares avaliados;

- O aumento nas doses de fósforo modifica a qualidade organoléptica das bananas;

- A adubação fosfatada promove alteração na deposição de amido nos frutos.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Classificação botânica e descrição da planta

A bananeira (*Musa* spp.) é uma planta monocotiledônea herbácea de grande porte, pertencente à ordem *Scitaminales*, família *Musaceae*, subfamília *Musoideae* e gênero *Musa*. Caracteriza-se com um vegetal completo, uma vez que apresenta sistema radicular, caule ou rizoma, pseudocaule, folhas, flores e frutos. Em razão dos novos perfilhos que surgem na base da planta-mãe, a bananeira é considerada uma cultura de ciclo perene (BORGES; SOUZA, 2004).

A maioria das variedades de banana originou-se do Continente Asiático mais especificamente do sul da China ou Indochina, embora existam centros secundários de origem na África Oriental e nas ilhas do Pacífico, além de um considerável centro de diversidade na África Ocidental (ALVES, 1999). Segundo relatos, a banana de frutos comestíveis foi trazida para a América do Sul por viajantes polinésios, tendo sido difundida nesse continente por meio das navegações portuguesas e espanholas no século XV, onde a bananeira encontrou condições climáticas propícias para seu desenvolvimento (SOLURI, 2008).

O gênero *Musa* é formado por quatro séries ou seções, sendo elas: *Australimusa*, *Callimusa*, *Rhodochlamys* e (Eu-) *Musa*. A seção (Eu-) *Musa* é a mais importante, pois apresenta ampla distribuição geográfica e engloba a grande maioria das bananas comestíveis, procedentes das espécies *Musa acuminata* e *Musa balbisiana* (ALVES, 1999).

Na evolução das bananeiras de frutos comestíveis participaram, principalmente, as espécies diplóides selvagens *M. acuminata* e *M. balbisiana*, de modo que cada cultivar contém combinações variadas de genomas completos dessas espécies parentais. Esses genomas são denominados pelas letras A (*M. acuminata*) e B (*M. balbisiana*), cujas combinações resultam os grupos AA, BB, AB, AAA, AAB, ABB, AAAA, AAAB, AABB e ABBB (OLIVEIRA et al., 1999).

Existem quatro subgrupos principais de variedades de bananeira: Prata, Maçã, Cavendish e Terra, os quais contam com um ou mais cultivares, sendo que os mais difundidos no Brasil são, 'Prata', 'Pacovan', 'Prata Anã', 'Maçã', 'Mysore', 'Terra' e 'D'Angola', do grupo AAB, e 'Nanica', 'Nanicão' e 'Grande Naine' do grupo AAA (PEREIRA et al., 2006).

As bananeiras são plantas tipicamente de regiões tropicais úmidas, que possuem caule curto e subterrâneo denominado rizoma, o qual atua como um órgão de reserva para a planta e onde se inserem as raízes adventícias e fibrosas. O tronco ou pseudocaule, resultante da união das bainhas foliares, termina com uma copa de folhas longas e largas, com nervura central desenvolvida (DANTAS et al., 1999).

A maior porcentagem de raízes da bananeira encontra-se nas camadas mais superficiais do solo, podendo atingir comprimento de até 5 m, dependendo do cultivar e das condições do solo. Geralmente, 30% das raízes são encontradas na profundidade de 0-10 cm e 82% localizam-se na camada de 0-50 cm (BORGES; SOUZA, 2004). Quando a bananeira produz um número definido de folhas, o que é variável entre os cultivares, a inflorescência é emitida no centro da copa, em cujas axilas surgem as flores. Após a gema vegetativa apical se diferenciar em gema floral, não ocorre mais a formação de folhas e o crescimento da planta cessa, porém a bananeira sobrevive por meio da formação de novos rebentos que permitem a constante renovação e longevidade dos bananais (MANICA, 1997).

O cacho é constituído pelo pedúnculo ou engaço e pela ráquis, que compreende a inflorescência feminina, hermafrodita e a masculina. Os frutos da bananeira

se originam das flores localizadas na inflorescência feminina. Já o coração da bananeira é a estrutura que compreende a inflorescência masculina (LIMA et al., 2003). As pencas são formadas a partir dos conjuntos de flores, que se agrupam em cachos, possuindo número variável de frutos, dependendo do cultivar (BORGES; SOUZA, 2004). Os frutos partenocárpicos são bagas alongadas que não apresentam sementes, onde o pericarpo corresponde à casca e o mesocarpo à polpa comestível (DANTAS et al., 1999).

4.2. Características dos genótipos avaliados

4.2.1. ‘Prata Anã’

Também conhecido por ‘Enxerto’ ou ‘Prata-de-Santa-Catarina’, o cultivar Prata Anã pertence ao grupo genômico AAB, variedade tipo Prata. Segundo Moreira (1999), o cv. ‘Prata Anã’, recebe a denominação Prata Enxerto pelo fato da bananeira ser visualmente parecida com a ‘Nanicão’ e seu cacho semelhante a ‘Prata’. Apresenta pseudocaule vigoroso de cor verde-clara, brilhante, com um diâmetro de aproximadamente 50 cm. A coloração do pecíolo e das nervuras principais das folhas também é verde-clara brilhante, e a roseta foliar compacta. Suas pencas são mais juntas e as bananas, mais curtas e roliças do que as do cultivar Prata, porém, os frutos apresentam o mesmo sabor. Sua altura varia de 2,0 a 3,5 m e devido ao vigor das plantas, dispensa o escoramento, o que reduz os custos de produção. Os cachos pesam em média de 14 a 16 kg e possuem 8 pencas, com 100 frutos em média, rendimento produtivo de $24 \text{ t ha}^{-1}\text{ciclo}^{-1}$ e ciclo vegetativo de 407 dias. Seus frutos são praticamente retos, com seção transversal pentagonal, contendo cinco quinas bem visíveis, comprimento médio entre 10-13 cm e diâmetro entre 3,5 a 4,0 cm. Possui um sistema radicular com grande desenvolvimento (SILVA et al., 1999).

O cultivar é mais tolerante ao frio quando comparado às bananeiras do subgrupo Cavendish, susceptível à Sigatoka amarela e negra e ao Moko, medianamente susceptível ao Mal-do-panamá e, medianamente resistente aos nematóides e a Broca-do-rizoma (SILVA et al., 2004).

A faixa de temperatura viável para o adequado desenvolvimento da bananeira ‘Prata Anã’ está situada entre 18 e 35°C (KLUGE, 1998). Temperaturas acima de 35°C (MEDINA et al., 1985) e abaixo de 10°C (AUBERT, 1971) promovem a paralização do seu crescimento. Em razão do menor porte, do vigor e por seus frutos possuírem elevada aceitação no mercado brasileiro, tem sido um dos cultivares mais plantado no Brasil (CORDEIRO; MOREIRA, 2006; DONATO, 2003). O cultivar Prata Anã está presente nas principais regiões produtoras do país e junto com os cvs. ‘Prata’ e ‘Pacovan’ representa mais de 60 % da área cultivada com banana (LESSA et al., 2012).

Segundo Nomura et al. (2013), nas condições climáticas do Vale do Ribeira o cultivar apresentou um intervalo médio de dias entre o plantio e o florescimento de 207,8 a 287,3 dias, e o intervalo entre o plantio e a colheita variou de 360,5 a 466,9 dias para o primeiro ciclo de cultivo.

Ramos et al. (2009), avaliando genótipos de bananeiras em Botucatu-SP encontraram para ‘Prata Anã’, no primeiro ciclo de produção, valores médios de altura, circunferência do pseudocaule e número de folhas por planta de, 2,1 m, 67,7 cm e 12,8, respectivamente, onde foi obtida uma produtividade média de 13,4 t ha⁻¹, com densidade de 1600 plantas por hectare. Já Damatto Júnior (2008), verificando o efeito da adubação orgânica na bananeira ‘Prata Anã’ chegou a obter uma produtividade no primeiro ciclo de 26,18 t ha⁻¹.

Com relação ao peso do cacho, Silva et al. (2003), avaliando genótipos de bananeira em diferentes ambientes (Lavras-MG, Viçosa-MG, Jaíba-MG, Cruz das Almas-BA e Guanambi-BA), observaram que o cv. ‘Prata Anã’ obteve uma média superior de peso do cacho no primeiro ciclo em Jaíba, correspondente a 13,5 kg.

4.2.2. ‘Maçã’

Pertencente ao grupo genômico AAB, a bananeira ‘Maçã’ apresenta porte que varia de médio a alto (3,0-3,5 m), com ótimo perfilhamento, rendimento de 10 t ha⁻¹ e ciclo vegetativo em torno de 390 dias. Os frutos possuem casca fina, delicada e de coloração amarela-pálida e são de grande aceitação no mercado interno. Sua polpa é branca, macia, suculenta, com sabor muito agradável, entretanto, estes frutos apresentam pouca resistência ao transporte e armazenamento. O cacho é formado por

aproximadamente 86 frutos e 7 pencas, com um peso médio de 15 kg (BORGES et al., 1998).

Com comprimento variando de 10 a 16 cm, seus frutos são utilizados tradicionalmente na medicina popular, e, quando bem maduros, funcionam como regulador do funcionamento do intestino, ou ainda, quando não totalmente maduros, são utilizados para conter disenteria em crianças (ALVES, 1997).

De acordo com Silva et al. (2004) esse genótipo é medianamente suscetível à “Sigatoka-amarela”, medianamente resistente à Broca-do-rizoma, sendo altamente suscetível ao “Mal-do-panamá” e ao “Moko” e resistente aos nematóides.

Devido ao paladar mais delicado, a banana ‘Maçã’ é a preferida e considerada a mais nobre pela maioria dos consumidores, alcançando os maiores preços no comércio (AGUIAR, 2006; CARVALHO et al., 2011). Contudo, a alta suscetibilidade ao “Mal-do-Panamá” dificulta seu cultivo durante vários ciclos agrícolas, motivo pela qual a planta muda continuamente de local, abrindo novas áreas para produção.

Caracterizando áreas de produção com a bananeira ‘Maçã’, na região de Ribeirão do Sul-SP, Leonel e Damatto Júnior (2007) constataram que a maioria dos produtores aplicavam doses de adubos acima da considerada ideal para as condições de solo das propriedades, que eram geralmente muito argilosas e de fertilidade alta. Esses mesmos autores verificaram que o teor médio de fósforo no solo de 20 mg dm⁻³, estava dentro da faixa considerada como média, mas em 6 propriedades, os teores encontravam-se com valores considerados baixos e em outras 5 com valores altos.

O cultivo da bananeira ‘Maçã’ em regiões do país onde há menor incidência da doença “Mal-do-Panamá” (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) constitui uma excelente alternativa de diversificação das atividades agrícolas, visto que a maioria dos produtores não obtém renda apenas com uma única cultura (LEONEL; DAMATTO JÚNIOR, 2007).

Em experimento conduzido em Botucatu-SP, Ramos et al. (2009) comparando diversos cultivares de três grupos genômicos, observaram que o cultivar Maçã apresentou menores números de dias do florescimento à colheita em comparação aos cultivares do seu grupo genético, o benefício neste caso é o de menor permanência dos frutos em campo, portanto menor susceptibilidade dos mesmos aos danos que possam ocorrer durante a maturação do cacho. O cultivar ainda apresentou ciclo mais rápido,

propiciando velocidade no retorno econômico e maior produção em menor espaço de tempo, com uma produtividade média de 9,9 t ha⁻¹.

Nas condições edafoclimáticas do município de Botucatu-SP, Leonel et al. (2004) obtiveram um peso médio do cacho de 8,93 kg e produtividade média estimada de 14,37 t ha⁻¹. Leite et al. (2003), em Belmonte-BA descrevem para bananeiras do cultivar ‘Maçã’, no primeiro ciclo de produção, altura de plantas de 250,33 e 344,27 cm, diâmetro de pseudocaule de 20,19 cm e número de dias do plantio à colheita de 451,32. Quanto aos parâmetros produtivos obtiveram-se em média 10,32 kg de peso de cacho, 85,91 frutos por cacho e comprimento do fruto de 16,3 cm.

4.4. Exigências edafoclimáticas

Os fatores que afetam o crescimento e a produção das bananeiras classificam-se em internos e externos. Os fatores internos estão associados com as características genéticas do cultivar, enquanto os externos referem-se às condições edáficas (solo), ambientais (clima), bióticas (pragas e doenças) e o manejo cultural utilizado pelo homem interferindo nos fatores edáficos e climáticos (BORGES; SOUZA, 2004).

O desenvolvimento das plantas e seu mecanismo fisiológico são grandemente influenciados pelos fatores do clima, como a temperatura e a altitude, que estão diretamente relacionadas ao crescimento em razão do efeito direto que apresentam sobre a velocidade da maioria dos processos metabólicos, influenciando no ciclo vegetativo, na atividade fotossintética e respiratória.

Na maioria das regiões brasileiras encontram-se condições de solo favoráveis à produção da bananeira, porém nem sempre as propriedades químicas e físicas dos solos são as mais adequadas, refletindo em baixa qualidade e produtividade de frutos. Dessa forma, a fertilidade e a estrutura física do solo são fatores fundamentais, principalmente em relação às camadas mais superficiais, visto que a maior porcentagem das raízes está concentrada nos primeiros 20 cm de profundidade.

A bananeira se desenvolve em vários tipos de solos, porém, deve-se dar preferência aos solos com boa estrutura e com teores de argila entre 30 e 55%. Solos com teores de argila acima de 55% e solos siltosos (silte > 40%) devem ser evitados, pois, geralmente, esses apresentam baixa infiltração de água, dificultando o processo de

respiração das raízes (SILVA et al., 2001). É uma planta com grande adaptabilidade a valores de pH, pois chega a desenvolver-se em solos com pH entre 4,0 e 8,0, porém, obtém maiores rendimentos produtivos numa faixa de pH entre 6,0 e 6,5, com saturação por bases (V%) superior a 60% (NÓBREGA, 2006).

A cultura da bananeira apresenta bom desenvolvimento e produção em condições de elevada umidade e calor constante, com precipitações bem distribuídas ao longo do ano. Submetidas à exposição de temperaturas abaixo ou acima de 15 e 35°C, respectivamente, a planta tem seu crescimento drasticamente afetado. Em temperaturas baixas ocorre aumento do ciclo de produção e pode ocorrer um distúrbio fisiológico, conhecido como “chilling”, que prejudica os tecidos dos frutos, principalmente os da casca, além de provocar deformações nos cachos. Assim como temperaturas acima de 35°C que quando associadas com baixa precipitação, provocam danos ao desenvolvimento da planta e à qualidade dos frutos (PEREIRA et al., 2006).

Para o cultivo da bananeira, consideram-se adequados os locais com temperatura média acima de 21°C e, mínimas não inferiores a 15°C, precipitação pluvial acima de 1300 mm anuais, médias mensais mínimas de 100 mm e umidade relativa do ar em torno de 80% (VIEIRA, 2004). Regiões onde a umidade relativa média do ar situa-se acima de 80% são as mais favoráveis à bananicultura, uma vez que a alta umidade acelera a emissão de folhas, prolonga sua longevidade, favorece o lançamento de inflorescência, uniformiza a coloração do fruto e torna a casca e a polpa das bananas mais túrgidas. Porém, quando associada a chuvas e às variações de temperatura, favorece a ocorrência e disseminação de doenças fúngicas, como a “Sigatoka-negra” (*Mycosphaerella fijiensis*) e a “Sigatoka-amarela” (*Mycosphaerella musicola*), que causam grandes prejuízos à cultura (ALVES et al., 1997).

A bananeira requer alta intensidade de luz para o bom desenvolvimento, porém, o comprimento do dia não influencia seu crescimento e frutificação. Em regiões de cultivo com elevada luminosidade, o ciclo vegetativo pode durar em torno de 8,5 meses, enquanto que em condições de pouca luz o ciclo chega a 14 meses. O mesmo efeito ocorre sobre a duração do período de desenvolvimento do fruto, nos locais de produção com baixa luminosidade, o período para que o cacho atinja o ponto de colheita após a sua emissão, chega a ser 30 dias superior quando comparado àqueles que apresentam alta luminosidade (MANICA, 1997).

O plantio da banana no Brasil ocorre em altitudes que variam entre 0 a 1000 m acima do nível do mar, sendo que essa alteração promove modificações no seu ciclo cultural. Estudos comparando bananais conduzidos sob as mesmas condições de manejo, solo, precipitação e umidade identificaram aumento de 30 a 45 dias no ciclo de produção para cada 100 m de acréscimo na altitude (BORGES; SOUZA, 2004).

4.5. Adubação e nutrição mineral na bananeira

Em razão da bananeira apresentar crescimento rápido necessita para sua atividade fisiológica normal e a obtenção de altos índices produtivos, quantidades adequadas de nutrientes disponíveis no solo e, apesar de parte das exigências nutricionais ser suprida pelo próprio solo e pelos resíduos das colheitas, na maioria das vezes necessita-se aplicar corretivos de acidez e fertilizantes orgânicos e inorgânicos para a obtenção de produções economicamente rentáveis (BORGES et al., 2006).

A elevada exigência da cultura por nutrientes deve-se tanto à grande quantidade de nutrientes absorvidos e exportados pelos frutos, como também pelo fato da maioria dos solos nas regiões produtoras no Brasil serem, geralmente, de baixa fertilidade, deficientes principalmente em potássio, nitrogênio e fósforo (SILVA; BORGES, 2008), e ainda de acidez elevada (SILVA et al., 1999).

O potássio (K) e o nitrogênio (N) são os nutrientes mais absorvidos e demandados no crescimento e produção da bananeira. Em ordem decrescente, a bananeira absorve os seguintes nutrientes macronutrientes: $K > N > Ca > Mg > S > P$; e os micronutrientes: $Cl > Mn > Fe > Zn > B > Cu$. Um bananal extrai em média, por tonelada de frutos, 3,1 a 8,2 kg de K; 1,2 a 2,4 kg de N; 0,13 a 0,38 kg de Ca; 0,20 a 0,37 kg de Mg e 0,11 a 0,30 kg de P. A exportação de micronutrientes pelo cacho corresponde a 28% para o B, 49% para o Cu e 42% para o Zn, em relação ao total absorvido (BORGES; SOUZA, 2009a). Contudo, ocorrem diferenças nas quantidades absorvidas entre os cultivares, até mesmo dentro do mesmo grupo genômico, em razão principalmente das características genéticas, dos níveis de nutrientes no solo, do tipo de manejo utilizado, dentre outros fatores (BORGES; SILVA JÚNIOR, 2001).

De forma geral, as adubações realizadas na cultura da bananeira em vários estados brasileiros, baseiam-se em tabelas que contêm recomendações para o uso de

fertilizantes e corretivos (RAIJ et al., 1997; SOUZA et al., 1999; BORGES et al., 2002; OLIVEIRA, 2003). Porém, essas recomendações carecem de algumas informações, como a existência de variações na necessidade nutricional entre os diversos cultivares, assim como observado na recomendação de adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, que fornece as doses de nutrientes por subgrupo de bananeiras (COMISSÃO... 2004). Para as demais regiões do país as quantidades recomendadas são estabelecidas pela produtividade esperada do cultivar explorado, a qual se relaciona com as exigências nutricionais.

Em plantios comerciais dos principais estados produtores do Brasil, as doses de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas variam, normalmente, de 90 a 300 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹; de 0 a 150 kg de P₂O₅ ha⁻¹ ano⁻¹ e de 0 a 625 kg de K₂O ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, dependendo dos teores de nutrientes no solo e da meta de produtividade (BORGES; OLIVEIRA, 2000).

De acordo com o Boletim Técnico 100, fonte oficial de recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo, deve-se aplicar no plantio da bananeira metade das doses de fósforo que variam de 20 a 260 kg de P₂O₅ ha⁻¹, conforme o resultado análise de solo e a produtividade esperada. O restante das doses de P₂O₅ estabelecidas recomenda-se aplicar em cobertura aos 70 a 90 dias após o plantio. Na adubação de produção as quantidades também devem ser ajustadas com base na análise de solo e na meta de produtividade do bananal (RAIJ et al., 1997). Já segundo recomendações da Embrapa para o estado da Bahia, é necessário aplicar em cova, na ocasião do plantio, um total de 40 a 120 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e na fase de produção 40 a 160 kg de P₂O₅ ha⁻¹, dependendo dos teores de fósforo no solo e da produtividade esperada (BORGES, 2004). Considerando a recomendação de fósforo para os Estados do Sul, que define as doses em função do teor de P no solo e da produtividade média das bananeiras pertencentes ao subgrupo Prata e Cavendish, recomenda-se utilizar no pré-plantio 30 a 90 kg de P₂O₅ ha⁻¹. Na adubação de plantio, a dose recomendada está entre 15 a 25 kg de P₂O₅ ha⁻¹ para os cultivares do grupo comercial “Prata” e 15 a 40 kg de P₂O₅ ha⁻¹ para os cvs. Nanicão e Grande Naine. As adubações na fase de formação devem ser parceladas a cada dois meses, aplicando-se as seguintes doses: ≤ 15 e ≤ 20 kg de P₂O₅ ha⁻¹ para o subgrupo Prata e Cavendish, respectivamente. Na fase de manutenção, as quantidades também devem ser aplicadas a cada dois meses, utilizando-se doses inferiores ou iguais a 25 kg de P₂O₅ ha⁻¹

para os cvs. do subgrupo Prata, sendo que para o subgrupo Cavendish a recomendação varia de ≤ 20 a $35 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ (COMISSÃO... 2004).

Conforme Borges et al. (2006) as doses de fósforo recomendadas no mundo para a cultura variam de 80 a $690 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em função principalmente do espaçamento utilizado, do cultivar explorado e dos atributos químicos do solo. Na Costa Rica, López e Espinosa (1995) recomendam para solos com alto ($> 20 \text{ mg kg}^{-1}$), médio ($10\text{-}20 \text{ mg kg}^{-1}$) e baixo ($< 10 \text{ mg kg}^{-1}$) teor de fósforo, aplicar 0 , 50 e $100 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente. Galán Saúco et al. (1998), para Ilhas Canárias, sugerem a aplicação anual de $125 \text{ g de P}_2\text{O}_5 \text{ planta}^{-1}$. Para regiões bananeiras de Honduras, Lardizábal e Gutiérrez (2006) recomendam quantidades de 90 a $110 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. No Paquistão, as recomendações de fósforo para a cultura variam até $300 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (MEMON et al., 2010). Por outro lado, Newley et al. (2008) sugere a aplicação de 60 a $90 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para as bananeiras do subgrupo Cavendish cultivadas nas condições de clima e solo da Austrália.

Apesar do fósforo ser o macronutriente menos exigido pela bananeira, seus teores devem ser mantidos dentro de um nível adequado para que não haja comprometimento da produção, já que 50% do fósforo acumulado pela planta são exportados pelos frutos (BORGES; OLIVEIRA, 2000).

O manejo da adubação é um dos fatores mais importantes para a maioria das culturas, influenciando a produtividade, a qualidade dos frutos e a resistência às doenças (ALVES, 1999). Entretanto, deve ser balanceada para evitar distúrbios nutricionais e, conseqüentemente, redução da produção. De acordo com Gutierrez (1983) a bananeira é uma planta sensível ao desequilíbrio nutricional, sendo que para elevar a produtividade desta, considera-se importante manter no solo o equilíbrio entre os nutrientes, evitando que ocorra consumo excessivo de um elemento, induzindo deficiência de outro.

A exigência em nutrientes pelo cultivar plantado depende do seu potencial produtivo, da densidade populacional, do estado fitossanitário e principalmente, do balanço entre os elementos no solo, além do sistema radicular que interferirá na absorção dos nutrientes (SOTO BALLESTERO, 2000).

4.6. Fósforo

O fósforo é um dos dezessete elementos essenciais para a sobrevivência das plantas, estando presente em componentes estruturais das células, como ácidos nucleicos e fosfolipídeos das biomembranas, e também em componentes metabólicos móveis ricos em energia, como a adenosina trifosfato (GATIBONI, 2003).

As plantas absorvem o P da solução do solo nas formas de íons fosfatos H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} . Depois da absorção, o P permanece na forma de fosfato. O radical fosfato no interior da planta pode estar como íons livres em solução, ligado a cátions metálicos formando compostos insolúveis, cujas formas mais importantes são os ácidos nucleicos (DNA e RNA), fosfato de inositol, fosfolipídio e di e trifosfato de adenosina (ADP e ATP). Por fazer parte da constituição destes compostos possui fundamental importância para o desenvolvimento vegetal. Portanto, o fósforo é essencial para a divisão celular, reprodução e o metabolismo vegetal, como os processos de fotossíntese, respiração e síntese de substâncias orgânicas (MALAVOLTA, 1985).

Este elemento ainda faz parte da estrutura química de compostos essenciais, como fosfolipídeos, coenzimas e ácidos nucleicos, apresentando assim papel crucial nos processos de armazenamento e transferência de energia (MALAVOLTA et al., 1997). A energia armazenada em ATP é utilizada nos processos metabólicos da planta, como, na absorção iônica ativa e na síntese de vários compostos orgânicos como o amido, gorduras e proteínas (FAQUIN, 2005).

O fornecimento adequado de fósforo para a planta proporciona a utilização mais eficiente da água e, logo, dos outros nutrientes (GUIMARÃES et al., 2011), e colabora ainda para aumentar a resistência dessa a algumas doenças (MALAVOLTA, 1996).

Na planta, o P encontra-se na forma inorgânica e orgânica, na forma inorgânica (Pi), aparece como ortofosfato e em menor quantidade como pirofosfato (P-P), que representam uma fração relativamente alta em relação ao P total no tecido. Já as formas orgânicas de P na planta são compostas por ortofosfato, esterificado a hidroxilas de açúcares e álcoois, ou pirofosfato ligado a outro grupo fosfato. No citoplasma, o Pi apresenta função regulatória na atividade de diversas enzimas, como a fosfofrutoquinase, enzima chave no fluxo do substrato da via glicolítica. Dessa forma, um aumento na troca do fósforo do vacúolo pode intensificar a respiração que está envolvida com o

amadurecimento dos frutos. Em plantas de tomate deficientes em fósforo, o atraso na maturação dos frutos pode estar correlacionado com essa função do Pi (FAQUIN, 2005).

Segundo Dechen e Nachtigall (2007), o fósforo garante a rápida formação e o crescimento das raízes, melhora a qualidade dos frutos e está envolvido na transferência de características hereditárias.

O fornecimento adequado de fósforo é importante logo no início do ciclo vegetativo das plantas, pois as limitações na disponibilidade de P nas fases iniciais de crescimento podem provocar redução no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de fósforo a níveis adequados (GRANT et al., 2001).

Dentre os três macronutrientes primários, o fósforo é o requerido em menor quantidade pelas plantas, porém é um dos nutrientes mais utilizados em adubações no Brasil. Furtini Neto et al. (2001) explicam que esse fato se relaciona à baixa disponibilidade de fósforo nos solos brasileiros e também porque o elemento apresenta forte interação com as frações argilas da fase sólida do solo, formando compostos de baixa solubilidade. Nesse contexto, o fósforo é atribuído como um dos nutrientes que mais restringe a produção das culturas. Logo, o aumento da concentração de fósforo no solo é importante, seja pela via mineral, fornecendo P prontamente disponível às plantas, seja pela via orgânica.

A dinâmica do fósforo no solo está relacionada a processos ambientais que controlam a atividade dos microrganismos, os quais imobilizam ou liberam os íons ortofosfato, e às propriedades físico-químicas e mineralógicas do solo. Assim, em solos jovens e nos moderadamente intemperizados, como os Vertissolos, Chernossolos e os Neossolos, ainda há a ocorrência de fósforo em minerais primários, porém a maior fração deste elemento se encontra na forma orgânica (Po), ou na forma mineral (Pi), adsorvida fracamente aos minerais secundários. Já em nos solos altamente intemperizados, como os Latossolos, predominam as formas inorgânicas ligadas à fração mineral com alta energia e as formas orgânicas estabilizadas física e quimicamente (SANTOS et al., 2008).

A carência de fósforo nos solos brasileiros deve-se à ocorrência predominante de Latossolos, os quais possuem concentrações extremamente baixas de P disponíveis e em formas químicas pouco assimiláveis pelas plantas. Associado ao baixo teor natural do nutriente, há ainda a alta capacidade de adsorção do fósforo, em virtude da acidez e dos elevados teores de óxido de ferro e alumínio presentes nesses solos (SILVA et

al., 2011), por essa razão a fixação do fósforo é o principal motivo da baixa eficiência da adubação fosfatada em regiões tropicais e subtropicais, logo recomenda-se que o adubo seja aplicado na cova de plantio (CAVALCANTE et al., 2005; MALAVOLTA, 2006).

A disponibilidade do P para a planta é diretamente influenciada pela presença de formas assimiláveis do nutriente, do transporte do elemento da solução do solo até a superfície das raízes que requer umidade, dos fatores inerentes à morfologia e crescimento radicular, bem como das alterações promovidas pelas plantas na rizosfera (GRANT, 2010).

Um sistema radicular bem desenvolvido e extenso garante maior área de contato entre as raízes e o solo. Para íons pouco móveis, como o fosfato, a absorção é frequentemente relacionada com o comprimento radicular (O'TOOLE; BLAND, 1987). Portanto, os fatores genéticos da planta, a distribuição do sistema radicular, o teor de água e a concentração de fósforo assimilável na solução do solo estão diretamente relacionados à difusão e à resultante absorção desse elemento pela planta por meio do processo de fluxo de massa (GOEDERT et al., 1986).

Vários modelos já foram realizados para explicar o mecanismo de absorção de P pelas plantas quando esse nutriente encontra-se em níveis adequados ou subótimos no solo (RAGHOTHAMA; KARTHINEYAN, 2005). Pesquisas sobre a cinética de absorção do fósforo, relacionadas a evidências genéticas demonstram que os mecanismos de alta e baixa afinidade estão envolvidos com a concentração do nutriente no solo. Em baixas disponibilidades de P, os transportadores de alta afinidade são ativados, garantindo a entrada de fósforo nas células, já quando o P encontra-se altamente disponível no solo, os transportadores de baixa afinidade são expressos (JAIN et al., 2007).

Em condições de baixa disponibilidade de fósforo à planta, o nutriente é mobilizado e redistribuído principalmente das folhas velhas para as folhas novas e drenos ativos (MALAVOLTA, 2006). Consequentemente os sintomas de deficiência iniciais ocorrem nas folhas velhas, pois o P apresenta bastante mobilidade no floema (FAQUIN, 2005). Por outro lado, solos com altos níveis de fósforo podem promover sintomas nas plantas semelhantes aos da deficiência de Zn, uma vez que a absorção e o acúmulo de P em excesso acarreta deficiência do elemento zinco (MALAVOLTA, 2006 apud DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Adubações alteram as concentrações dos nutrientes no fruto (HEGDE; SRINIVAS, 1991) e resultam, também, em efeitos de sinergismo ou

antagonismo na absorção de nutrientes pela bananeira (ROBINSON, 1996). O fósforo possui efeito antagônico em relação ao nitrogênio e ao cálcio, sendo que o potássio proporciona o aumento de sua absorção (LAHAV, 1995).

De acordo com Robinson e Galán Saúco (2010), a cultura absorve a maior parte do fósforo demandado, entre três a nove meses após o plantio, reduzindo a absorção do nutriente em 80% na fase reprodutiva. Devlin (1982) cita que o P é exigido em altas concentrações nas regiões de crescimento ativo, por isso apresenta extrema importância nos períodos de maior crescimento da planta, isto é, nos primeiros meses de idade da bananeira.

A deficiência de P na bananeira acarreta baixo desenvolvimento das plantas, redução na formação de raízes, amarelecimento e retorcimento das folhas mais velhas, quebra do pecíolo (SILVA et al., 1999) e produção de cachos raquíticos, com maturação irregular e frutos pouco saborosos, visto que tendem a apresentar menor teor de açúcar (MALAVOLTA; VITTI, 1985; CARVALHO et al., 1994). Já Robinson e Galán Saúco (2010) afirmam que os sintomas de deficiência de fósforo são raros em áreas de produção, visto que a bananeira acumula o P de que precisa durante um longo período e perde relativamente pouco por exportação pelo cacho. Associado a isto, o nutriente é facilmente redistribuído para planta “filha” que dará sequência ao ciclo da cultura.

Apesar do fósforo ser um dos nutrientes mais importantes para as plantas, pois todos os processos metabólicos que consomem energia, desde a absorção de nutrientes até a formação dos diferentes órgãos, têm participação direta ou indireta desse nutriente, ainda são poucas as informações quanto ao efeito desse nutriente sobre o crescimento, produtividade e qualidade das bananas (MAIA et al., 2003a; SILVA et al., 2013).

Silva et al. (2007), no Norte de Minas Gerais, identificaram que os solos das áreas onde se encontravam as bananeiras do cultivar Prata Anã com alta produtividade apresentaram maior teor de P disponível ($39,2 \text{ mg dm}^{-3}$) quando comparado aos solos com as bananeiras de baixa produtividade que apresentaram teor de P correspondente a 23 mg dm^{-3} . Contudo, os teores de fósforo nos solos das duas áreas foram classificados como muito bom.

Em estudo realizado por Maia et al. (2003a), as doses de P não afetaram a massa do cacho, o número de pencas por cacho, a massa média da penca, o número de frutos por cacho, a massa média do fruto, o comprimento e o diâmetro médio do

fruto no primeiro ciclo de cultivo da bananeira ‘Prata Anã’. Segundo os autores, tal acontecimento deve-se, provavelmente, à baixa exigência de fósforo pela cultura.

Crisostomo et al. (2008) não verificaram efeito da aplicação de fósforo (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅) em solo arenoso com teor médio de P disponível igual a 25 mg dm⁻³ sobre a produção e qualidade dos frutos da bananeira cv. Pacovan. No entanto, Pereira e Silva (2010) verificaram que no primeiro ciclo da bananeira ‘Prata Anã’, cultivada em solo com baixo teor de P disponível (3,1 mg dm⁻³) houve aumento linear no peso do cacho.

Avaliando a resposta da bananeira ‘Prata Anã’ à adubação fosfatada, Silva et al. (2013) observaram no primeiro ciclo de produção que a altura das plantas, o diâmetro do pseudocaule, a massa do cacho e o número de frutos por cacho aumentaram linearmente com o incremento nas doses de fósforo aplicados ao solo.

4.7. Atributos relacionados à qualidade dos frutos

A produção de frutos com excelente qualidade pode ser alcançada pelo conhecimento e diagnóstico dos fatores pré-colheita (clima, adubação e aplicação de defensivos, dentre outros) e o entendimento do efeito destes processos sobre as características de qualidade. O conjunto de características como, propriedades organolépticas, valor nutritivo, resistência ao transporte e armazenamento, definem a qualidade dos frutos. Esses atributos garantem a aceitabilidade pelo consumidor e, conseqüentemente, seu valor comercial ou industrial (CARVALHO et al., 1994).

A banana é uma fruta considerada de grande importância por muitos nutricionistas, pois além de ser rica em termos energéticos, possui teor considerável de vitamina C e apresenta maiores teores de potássio, fósforo e ferro quando comparados com outras frutas (COELHO, 2009). O potássio é o macronutriente extraído em maior quantidade pela bananeira, sendo de grande importância na produção de cachos e pencas, na qualidade e resistência dos frutos (BORGES; OLIVEIRA, 2000).

As características sensoriais, como aroma, sabor, textura e cor, são influenciadas significativamente pela composição química e, nos frutos de bananeira, principalmente pelos ácidos, açúcares e compostos fenólicos (SOTO BALLESTERO, 2000). O sabor da banana é um dos mais importantes atributos de sua qualidade, a polpa da

fruta quando verde é caracterizada por uma forte adstringência determinada pela presença de compostos fenólicos, principalmente taninos, e por elevados teores de amido e baixos teores de açúcares e compostos aromáticos. Por esta razão, a Embrapa, principalmente, tem investido no aproveitamento da fruta para outros fins, dentre os quais, produtos processados, como geleias e farinhas, assegurando a diversificação da cadeia produtiva e, conseqüentemente, reduzindo a elevada perda pós-colheita da banana (RAMOS et al., 2009).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o amido figura como o principal carboidrato de reserva energética nos vegetais. A transformação quantitativa ocorrida na maturação das frutas decorre da decomposição de carboidratos, marcada pela conversão do amido em açúcares solúveis, que culmina em alterações no sabor e na textura. O teor de amido, o tipo e a quantidade dos açúcares solúveis variam de acordo com os cultivares de banana, os estádios de maturação e as condições de cultivo das bananeiras (CHITARRA; CHITARRA, 2005; LEONEL et al. 2011).

Dentre as características químicas mais utilizadas para avaliar a qualidade pós-colheita da banana estão o pH, acidez titulável, sólidos solúveis, relação entre sólidos solúveis e acidez ou índice de maturação (IM) ou “ratio”, açúcares redutores, açúcares não-redutores, açúcares totais, substâncias pécticas e teor de amido (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A transformação do amido em açúcares simples é uma das alterações mais marcantes no amadurecimento da banana. No estágio maduro, a porcentagem de amido é reduzida para 0,5 a 2,0%, dos 20% quando o fruto encontra-se verde (VIVIANI; LEAL, 2007), enquanto os sólidos solúveis totais podem chegar a 28% (MATSUURA et al., 2002). Porém, os teores desses carboidratos estão relacionados com o estágio de maturação dos frutos, época de colheita, fatores de clima e solo, além das características intrínsecas do cultivar explorado.

4.8. Influência do fósforo na síntese do amido

A principal enzima envolvida na síntese do amido nos cloroplastos (amiloplastos), a ADP-glicose pirofosforilase, é inibida por Pi e estimulada por triose fosfato (TF). A relação Pi/TF determina a taxa da síntese de amido nos cloroplastos. A

inibição da síntese do amido pela alta concentração de Pi nos cloroplastos é resultado também da diminuição da concentração do substrato triose fosfato (gliceraldeído-3-fosfato) que atua tanto na ativação da enzima, quanto como substrato para a síntese de amido. Dessa forma, a acumulação de amido nos amiloplastos de plantas deficientes em fósforo pode ocorrer devido a dois fatores principais, a redução da concentração de Pi no citosol, e consequentemente baixa exportação de triose fosfato do amiloplasto, e o aumento da atividade da ADP-glicose pirofosforilase em razão da redução na concentração de Pi no estroma (FAQUIN, 2005).

Zhao et al. (2014) investigando o efeito da deficiência de nitrogênio e fósforo na transcrição e regulação de genes que codificam enzimas chaves do metabolismo do amido em lentilha d'água (*Landoltia punctata*) verificaram que a deficiência de P e N causou um acúmulo significativo de amido. O teor de amido aumentou de 8,86% em condições de controle para 23,0 e 32,5% durante a privação de P e N, respectivamente. Portanto, a deficiência de fósforo promove a expressão de genes envolvidos na biossíntese do amido, bem como inibe sua degradação, resultando em acúmulo acentuado desse carboidrato.

Por outro lado, Oliveira et al. (2005) avaliando o efeito de doses de P_2O_5 (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹) sobre o teor de amido nas raízes de batata-doce, encontraram resposta positiva da adubação fosfatada em sua produção, obtendo-se com a dose 293 kg ha⁻¹ o máximo teor de amido (15,7%). Segundo os autores, tal resposta deve-se ao amido ser sintetizado a partir da triose fosfato via frutose-1,6-bifosfato, logo o fósforo é um elemento indispensável nesse processo (TAIZ; ZEIGER, 2004). Em raízes de mandioca, Perim et al. (1983) também verificaram aumento no teor de amido em decorrência da aplicação de fósforo, variando de 50 a 400 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , nas condições de um solo no cerrado brasileiro.

5. Capítulo I – ADUBAÇÃO FOSFATADA NO DESEMPENHO AGRONÔMICO E NA QUALIDADE DOS FRUTOS DA BANANEIRA ‘PRATA ANÃ’ (*Musa* AAB)

5.1. INTRODUÇÃO

A bananeira (*Musa* spp.) produz a segunda fruta mais consumida no mundo, pois conforme relatórios da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação seu consumo, em 2012, foi de aproximadamente $10,38 \text{ kg}^{-1} \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo que a América do Sul destaca-se como a principal consumidora, com $21,13 \text{ kg}^{-1} \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, seguida da América Central e a Oceania, com 13,9 e $11,26 \text{ kg}^{-1} \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente (FAO, 2014).

O cultivo da banana é praticado em mais de 100 países. Atualmente, o Brasil ocupa a quinta colocação entre os maiores produtores, com uma produção de 6,9 milhões de toneladas da fruta em uma área de 481.116 mil hectares, contudo, a produtividade brasileira se mostra ainda pouco expressiva no ranking mundial (FAO, 2014).

No Brasil, o estado de São Paulo responde pela maior produção de bananas. Em 2013, produziu 1.204.878 toneladas em uma área de 54.563 hectares, seguido do estado da Bahia com produção de 1.100.540 toneladas (BANANA..., 2014). A maior

região produtora do estado de São Paulo é o Vale do Ribeira, porém, nos últimos anos o cultivo da bananeira tem apresentando expressivo crescimento em algumas regiões do Planalto Paulista, devido à grande procura tanto dos médios quanto dos pequenos agricultores em diversificar suas atividades tradicionais, encontrando na bananicultura uma opção lucrativa (CORDEIRO; MOREIRA, 2006).

Apesar das condições climáticas do Planalto Paulista oferecer restrições ao desenvolvimento da bananeira, em virtude do trabalho de extensionistas e pesquisadores a cultura tem mostrado seu potencial (SCARPARE FILHO, 2001). Dessa forma, estudos que determinem os fatores de produção da cultura nessas condições de clima, bem como de solo são extremamente importantes.

A prática da adubação em frutíferas caracteriza-se como fator primordial para a produção, pois grandes quantidades de nutrientes são imobilizadas pela parte vegetativa ou exportadas pelos frutos (NATALE et al., 2010). Contudo, a aplicação de fertilizantes deve garantir maior produtividade, mas sempre conciliada com menor custo de produção possível e riscos de contaminação ao solo.

A bananeira possui crescimento rápido e necessita, para seu bom desenvolvimento e produção, quantidades adequadas de nutrientes prontamente disponíveis (BORGES et al., 2006). Aliado a isso, é importante que os nutrientes estejam em equilíbrio no solo, pois o consumo excessivo de um elemento pode induzir a deficiência de outro (SILVA et al., 2012).

O fósforo é o macronutriente menos requerido pelas culturas, porém é um dos mais utilizados nas adubações, perante a baixa disponibilidade natural desse nutriente nos solos tropicais e à alta fixação do P aos minerais de argila (SHEN et al., 2011), por isso, sua aplicação necessita de maior cautela. Associada a problemática da baixa disponibilidade do fósforo nos solos, a escassez de informações científicas sobre a resposta dos cultivares de bananeira as diferentes doses de fertilizantes fosfatados impedem que os produtores utilizem quantidades adequadas do nutriente, contribuindo para o aumento no custo de produção e com o desequilíbrio nutricional das plantas. É relevante ainda considerar a relação entre a adubação e a qualidade das bananas, pois frutos de melhor classificação apresentam maior aceitação e valor no mercado.

Silva et al. (2013) observaram que a altura das plantas, o diâmetro do pseudocaule, a massa do cacho e o número de frutos por cacho da bananeira 'Prata Anã', no primeiro ciclo de produção, responderam de forma linear à aplicação de P em

solos com baixo teor de P disponível ($4,6 \text{ mg dm}^{-3}$). No entanto, Maia et al. (2003a), ao avaliarem a bananeira ‘Prata Anã’ cultivada em solo arenoso, com teor de P disponível igual a $1,3 \text{ mg dm}^{-3}$, observaram que a massa do cacho, o número de pencas por cacho, a massa média da penca, o número de frutos por cacho, a massa média do fruto, o comprimento e o diâmetro do fruto no primeiro ciclo de produção não foram influenciados pelas doses de fósforo.

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de diferentes doses de fósforo sobre o crescimento vegetativo, a duração do ciclo das plantas, produção e a qualidade dos frutos da bananeira ‘Prata Anã’, cultivada no município de São Manuel-SP.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental São Manuel, pertencente à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) - Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Campus de Botucatu-SP, localizada no município de São Manuel-SP, situada a $22^{\circ} 46' \text{ S}$, $48^{\circ} 34' \text{ O}$ e altitude de 740 m.

O clima é o temperado mesotérmico (Cfa), conforme os critérios estabelecidos por Köppen, onde a temperatura média do mês mais quente situa-se acima de 22°C e a precipitação pluvial média anual em 1377 mm (CUNHA; MARTINS, 2009). De acordo com Espíndola et al. (1974) o solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa, denominado pela nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRAPA, 2006) como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Típico.

5.2.2. Coleta dos dados meteorológicos

Os dados de precipitação pluvial, temperaturas máximas, médias e mínimas mensais, observados desde o plantio em novembro de 2012, ao término da colheita do primeiro ciclo da bananeira ‘Prata Anã’, em maio de 2014, foram registrados e

fornechos pelo Posto Meteorológico do Departamento de Solos e Recursos Ambientais, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP de Botucatu-SP (Figura 1).

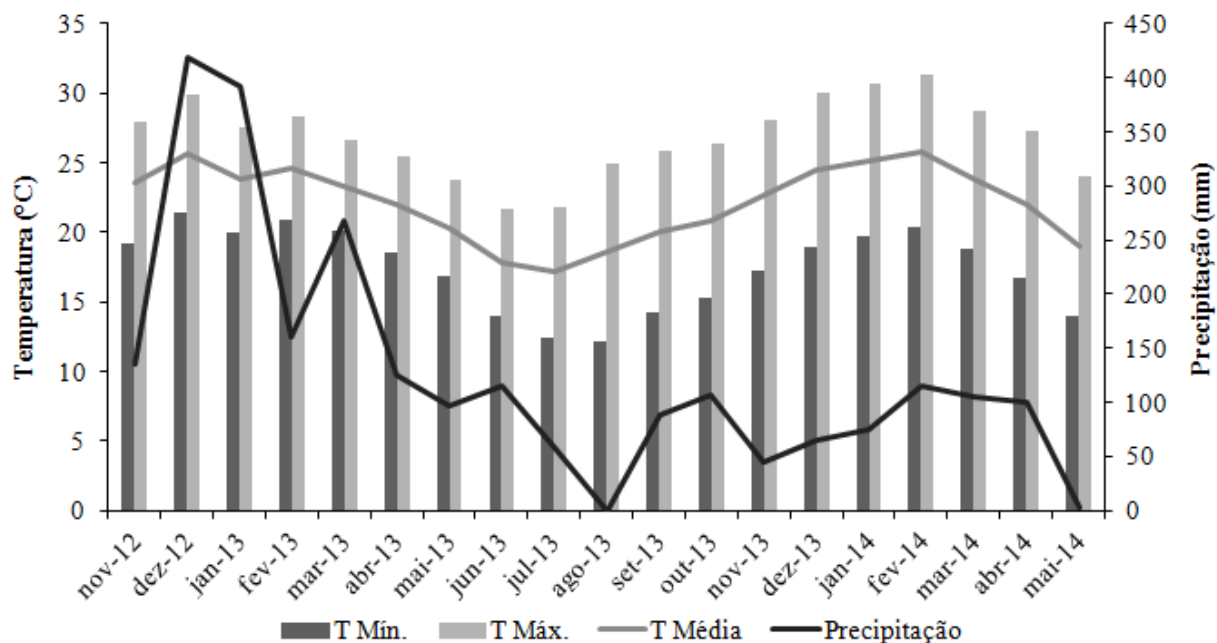


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) e temperaturas máxima, média e mínima (°C) registradas durante a condução do experimento em São Manuel-SP, 2012, 2013 e 2014.

5.2.3. Instalação do experimento

Anteriormente à implantação do bananal foram coletadas amostras de solo da área de acordo com a metodologia descrita por Raij e Quaggio (1983), e analisadas para a determinação das suas propriedades químicas (Tabela 1).

O preparo do solo foi realizado dois meses antes do plantio, por meio de aração e gradagem. No mês de novembro de 2012, as mudas da bananeira ‘Prata Anã’ foram transplantadas para o campo, adotando-se o espaçamento de 4 m entre linhas e 2,5 m entre plantas, totalizando 1000 plantas ha⁻¹. Esse espaçamento foi utilizado com a finalidade de permitir a mecanização de alguns tratamentos culturais.

Tabela 1. Análise química inicial do solo da área experimental, na profundidade de 0-20 cm. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2012.

pH	M.O.	P_{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----							mg dm ⁻³
5,5	12	16	15	1	13	5	19	34	57	1
Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco		
-----mg dm ⁻³ -----										
0,30		0,86		20		13		1,40		

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP/FCA.

As covas de plantio foram abertas com brocas, nas dimensões de 60 cm de diâmetro por 60 cm de profundidade, sendo aplicados 10 L de esterco de curral, mais a metade das doses de fósforo avaliadas no trabalho em questão, exceto na testemunha, onde a adubação inicial foi realizada apenas com esterco. Também foi adicionado por cova 0,5 kg de calcário dolomítico (PRNT = 96%), visando elevar o índice de saturação por bases para 60% e o teor de magnésio a 9 mmol_c dm⁻³ (RAIJ et al., 1997).

As mudas utilizadas no ensaio foram produzidas pelo Laboratório de Biotecnologia do Núcleo de Produção de Mudas de Tietê/SP, do Departamento de Sementes, Mudas e Matrizes/CATI, por meio do processo de micropropagação e aclimatizadas em estufa, apresentando certificação de sanidade vegetal. Quando adquiridas, as mudas apresentavam a altura da parte aérea entre 15 e 20 cm e torrão de 6 cm, as quais, logo em seguida, foram repicadas para sacolas de polietileno preto de 18,5 x 10,0 cm, preenchidas com mistura de terra e esterco de curral, na proporção de 2:1 e irrigadas diariamente até o momento do transplante no campo.

O cultivo das bananeiras cv. Prata Anã foi realizado sob o sistema de sequeiro.

5.2.4. Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos por seis doses de superfosfato triplo, contendo 46% de P₂O₅, de acordo com os dados do fabricante.

A adubação fosfatada consistiu da aplicação das seis doses de fósforo, sendo metade delas aplicada de forma localizada na cova de plantio e o restante das doses, aplicado aos 80 dias após o plantio, em círculos de 100 cm de diâmetro ao redor das plantas, segundo recomendações propostas por Raij et al. (1997). As doses de superfosfato triplo avaliadas no experimento foram determinadas com base no teor de fósforo no solo igual a 16 mg dm^{-3} (Tabela 1) e em uma produtividade esperada no primeiro ciclo de cultivo, menor que 20 t ha^{-1} (RAIJ et al., 1997). De acordo com Raij et al. (1997), o teor inicial de fósforo no solo da área experimental foi considerado médio ($P_{\text{resina}} = 13\text{-}30 \text{ mg dm}^{-3}$). Dessa forma, os tratamentos utilizados foram:

Tratamento 1 (T1) = 0 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Testemunha);

Tratamento 2 (T2) = 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 (87 g de superfosfato triplo planta⁻¹);

Tratamento 3 (T3) = 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 (130,4 g de superfosfato triplo planta⁻¹);

Tratamento 4 (T4) = 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 (174 g de superfosfato triplo planta⁻¹);

Tratamento 5 (T5) = 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 (217,4 g de superfosfato triplo planta⁻¹);

Tratamento 6 (T6) = 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 (260,8 g de superfosfato triplo planta⁻¹).

O tratamento dois (T2) correspondeu à dose de fósforo recomendada para a bananeira ‘Prata Anã’, nas condições experimentais do presente trabalho, conforme critérios preconizados por Raij et al. (1997).

5.2.5. Delineamento experimental

O experimento foi constituído por um total de 60 plantas do cv. Prata Anã, onde 42 plantas foram consideradas como úteis e as demais como bordadura.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e sete repetições. Para as avaliações pós-colheita utilizaram-se cinco plantas de cada tratamento.

5.2.6. Condução do experimento

- Adubação de formação

A adubação de formação foi realizada 40 dias depois do plantio (dezembro de 2012), utilizando 20% das doses de nitrogênio e potássio recomendadas por Raij et al. (1997), com isso, aplicaram-se 120 g de sulfato de amônio e 110 g de cloreto de potássio. Aos 80 dias após o plantio (fevereiro de 2013) aplicaram-se o restante das doses de superfosfato simples (43,5; 65,2; 87,0; 108,7; 130,4 g planta⁻¹) e 50% das doses de nitrogênio e potássio, isto é, 300 g de sulfato de amônio e 275 g de cloreto de potássio. A última parcela da adubação com N e K foi aos 140 dias do plantio (junho de 2013), aplicando-se 180 g de sulfato de amônio e 165 g de cloreto de potássio. Os fertilizantes foram aplicados em círculos de 100 cm de diâmetro ao redor da planta, segundo recomendações de Raij et al. (1997).

Em outubro de 2013 aplicou-se 1 kg do composto orgânico PROVASO[®] (0,5% de N, 0,6% de P₂O₅, 0,4% de K₂O, e 15% de carbono orgânico) por família.

- Adubação de produção

No mês de novembro de 2013, foi realizada a análise química do solo em área total (Tabela 2). A adubação de produção foi definida de acordo com uma produtividade esperada menor que 20 t ha⁻¹ e com os resultados da análise de solo, sendo parcelada em três aplicações, conforme recomendada por Raij et al. (1997). Como o teor de fósforo no solo estava alto (RAIJ et al., 2001), não foi preciso fazer uma aplicação em cobertura do nutriente. Os adubos foram aplicados em semicírculos de 100 cm de raio, na frente do rebento mais jovem. Também foi aplicado 10 g de ácido bórico, que foi parcelado em duas vezes, segundo recomendações de Raij et al. (1997).

Tabela 2. Análise química do solo referente a novembro de 2013, na profundidade de 0-20 cm, utilizada para o cálculo da adubação de produção. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2013.

pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----							mg dm ⁻³
4,7	10	112	26	2,3	30	15	47	73	64	27
Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco		
-----mg dm ⁻³ -----										
0,11		1,1		28		9		0,8		

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP/FCA.

- Outros tratamentos culturais

O controle de plantas daninhas foi realizado sempre que necessário. Nos períodos de chuva e calor intenso, mesmo com o sombreamento do dossel das bananeiras e os restos das folhas retiradas formando uma cobertura no solo, houve a necessidade de controlar as plantas invasoras por meio de capina manual.

O desbaste dos perfilhos das bananeiras ocorreu no quinto mês após o plantio, obedecendo ao sistema de condução tradicional da cultura, deixando-se três plantas por touceira, que corresponde a planta “mãe”, “filha” e uma muda (“filhote” ou neta). A retirada foi feita com o corte dos rebentos rente ao solo, seguida da eliminação da gema apical através de uma ferramenta denominada “lurdinha”. Essa operação tornou-se indispensável a cada 45-60 dias.

As folhas secas e doentes foram retiradas semanalmente e deixadas na entrelinha com a face adaxial voltada para o solo, a fim de evitar a disseminação do agente causal da “Sigatoka-amarela” (*Mycosphaerella musicola*).

Nos períodos quentes e de maior índice pluviométrico foi constatada a incidência da “Sigatoka-amarela” (*Mycosphaerella musicola*) nas bananeiras, sendo necessária a aplicação do fungicida Tebuconazole (FOLICUR 200 CE - 0,5 L/ha), mais óleo mineral para o controle da doença. O monitoramento da broca-do-rizoma da bananeira (*Cosmopolites sordidus*) foi realizado em fevereiro de 2014, utilizando isca tipo telha e queijo (100 iscas ha⁻¹) e quando atingido o nível de controle, fez-se a aplicação do

inseticida Carbofuran, colocando-se cinco gramas do produto por isca. Quinzenalmente, as iscas foram trocadas e o procedimento de controle foi repetido até a diminuição da praga.

A porção terminal da ráquis, conhecida por coração, foi eliminada quando esta se distanciava 10 a 12 cm da última penca.

A colheita dos cachos foi realizada pela observação de parâmetros visuais das frutas, levando-se em consideração a redução da angulosidade das quinças (CAMPOS et al., 2003) e a coloração totalmente verde da casca, correspondendo ao estágio 1 de maturação (CEAGESP, 2006). Os cachos foram colhidos por duas pessoas, sendo que uma cortava o pseudocaule e a outra recebia o cacho sobre o ombro.

Após a colheita, os cachos foram encaminhados ao Laboratório de Fruticultura, do Departamento de Horticultura da FCA/UNESP, para serem submetidos às análises pós-colheita.

5.2.7. Variáveis avaliadas

As avaliações do experimento referem-se ao primeiro ciclo agrícola do cultivar Prata Anã, compreendendo agosto de 2013 a novembro de 2014.

5.2.7.1. Diagnose nutricional das plantas

Para verificar o estado nutricional das bananeiras ‘Prata Anã’, em função dos tratamentos avaliados, foram retiradas amostras de tecido foliar de quatro plantas por tratamento. Essas amostras formaram uma amostra composta, que foi utilizada para a determinação dos teores de nutrientes. A amostragem dos tecidos foliares seguiu os procedimentos descritos por Martin-Prével (1984), onde se recomenda coletar uma faixa de 5-10 cm de largura da região central da terceira folha a partir do ápice, descartando o pecíolo e as bordas. A coleta das folhas foi realizada quando a inflorescência encontrava-se com todas as pencas femininas descobertas (sem brácteas) e com no máximo três pencas de flores masculinas (MARTIN-PRÉVEL, 1984). Após a coleta, as amostras foliares foram lavadas rapidamente com água deionizada, secas em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C, por 60 horas, moídas e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas

do Departamento de Recursos Ambientais da UNESP/FCA, onde se realizou a análise química foliar, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

5.2.7.2. Atributos químicos do solo

Após a colheita dos cachos (maio de 2014), foram retiradas quatro amostras simples de solo por tratamento, na profundidade de 0-20 cm, as quais constituíram uma amostra composta. Nestas determinaram-se os teores de macronutrientes (potássio, fósforo, cálcio e magnésio) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn). Avaliou-se também o pH, o teor de matéria orgânica (M.O.), a soma de bases (SB), a capacidade de troca catiônica (CTC) e a saturação por bases (V%). A amostragem do solo foi realizada segundo recomendações de Raij et al. (1997) e as amostras coletadas, analisadas conforme metodologia preconizada por Raij e Quaggio (1983).

5.2.7.3. Desempenho agrônomo vegetativo

Foram avaliados os atributos de crescimento das plantas, como: altura, diâmetro do pseudocaule e número de folhas ativas, mensurando-se tais variáveis biométricas na emissão da inflorescência.

- **Altura das plantas:** distância entre o nível do solo e a inserção da roseta foliar, medida com régua graduada e os resultados expressos em metros (m);

- **Diâmetro do pseudocaule (DP):** mensurado a 30 cm da superfície do solo, medindo sua circunferência (C) com o auxílio de uma fita métrica e obtendo-se o diâmetro pela fórmula: $DP = C/\pi$, sendo os resultados expressos em centímetros (cm);

- **Número de folhas ativas:** contagem do número de folhas que apresentavam mais da metade (50%) da área foliar verde.

5.2.7.4. Duração do ciclo das plantas

O ciclo da cultura foi avaliado determinando-se a duração das seguintes principais fases de desenvolvimento das bananeiras:

- **Plantio ao florescimento:** intervalo de tempo, em dias, entre o plantio e o surgimento da inflorescência.

- **Florescimento a colheita:** intervalo de tempo, em dias, entre a emissão da inflorescência e a colheita do cacho.

- **Plantio a colheita (ciclo da cultura):** intervalo, em dias, do transplante da muda no campo a colheita do cacho.

5.2.7.5. Desempenho agrônômico produtivo

Com a colheita dos cachos, avaliaram-se as seguintes variáveis: massa do cacho (kg), massa da ráquis (kg), massa de frutos (kg), número de frutos por cacho, número de pencas por cacho e produtividade ($t\ ha^{-1}$). Na segunda penca foi determinada a massa (kg), o número de frutos, o comprimento (cm) e o diâmetro (mm) dos cinco frutos centrais.

- **Produtividade:** foi calculada considerando-se a massa do cacho e um estande de 1000 plantas ha^{-1} .

- **Comprimento dos frutos:** distância entre as extremidades de cinco frutos centrais da segunda penca, com o uso de fita métrica, sendo os resultados expressos em centímetros (cm).

- **Diâmetro dos frutos:** foi medido na região central de cinco frutos da segunda penca, com o auxílio de um paquímetro digital e os resultados expressos em milímetros (mm).

5.2.7.6. Caracterização física e físico-química dos frutos

5.2.7.6.1. Análises de qualidade nos frutos verdes

Para as análises físicas e físico-químicas da banana verde, selecionaram-se aleatoriamente de cada cacho colhido, doze frutos no estágio 1 de maturação (casca totalmente verde) de acordo com Von Loesecke (CEAGESP, 2006). Os frutos foram lavados com água destilada, descascados e fatiados em espessuras de aproximadamente 0,6 cm, sendo retirada uma amostra para a análise da umidade. O restante foi acondicionado em bandejas e levados para estufa com circulação de ar forçado, a 50°C, por 48 horas. Após desidratadas, as fatias foram moídas em moinho tipo faca.

Nos frutos desidratados foram realizadas as análises dos teores de umidade, matéria seca, açúcares totais, açúcares redutores, amido e de macro e micronutrientes, cujas metodologias utilizadas estão descritas abaixo. Os resultados dos teores de amido e açúcares foram posteriormente convertidos para a base úmida, utilizando-se para isso os valores de umidade presentes tanto nos frutos verdes, quanto no material desidratado.

Teor de umidade e matéria seca:

Para a determinação do teor de umidade no fruto, bem como da matéria seca, primeiramente secaram-se cadinhos de porcelana vazios em estufa de circulação forçada à temperatura de 104°C por 1 hora. Em seguida, os cadinhos foram retirados, deixados em dessecador para esfriar durante 30 minutos e então pesados. Em cada cadinho adicionou aproximadamente 3 g de amostra (fatia de banana ou material desidratado), anotando-se a massa exata do conjunto. Os cadinhos contendo a amostra foram levados para estufa à 104°C durante 8 horas, sendo depois retirados, resfriados em dessecador por 30 minutos e pesados. O procedimento foi repetido até a obtenção de massas constantes e realizado conforme as recomendações estabelecidas pela AACC (1983). Os resultados do teor de matéria seca e de umidade foram expressos em porcentagem e obtidos por meio dos cálculos descritos a seguir.

- Cálculo 1

$$\text{Matéria seca (\%)} = \frac{(\text{Peso do cadinho com amostra seca} - \text{Peso do cadinho vazio}) \times 100}{\text{Amostra}}$$

- Cálculo 2

$$\text{Umidade (\%)} = 100 - \text{Matéria seca}$$

Açúcar total e açúcar redutor:

A análise dos teores de açúcares seguiu a metodologia descrita por Somogy e adaptada por Nelson (1944), com algumas modificações. Pesou-se próximo de 1g de amostra em um erlenmeyer de 250 ml e anotado sua massa exata, adicionando-se logo em seguida 50 ml de água destilada. Os erlenmeyers foram submetidos à agitação constante em mesa agitadora por 15 minutos e posteriormente, o conteúdo presente foi transferido para balão volumétrico de 100 ml, sendo completado o volume com água destilada. Após a diluição, a solução foi filtrada com papel filtro simples, despejando o filtrado em um becker.

Para a determinação dos açúcares redutores foram transferidos 20 ml da solução filtrada para balão volumétrico de 100 ml, completando seu volume com água destilada. Dessa diluição, retirou-se 1 ml, que foi adicionado em tubo de ensaio, onde acrescentou-se 1 ml da solução de Somogy. Os tubos de ensaio foram tampados com bolinhas de vidro para evitar a evaporação e encaminhados para o banho de aquecimento a 65°C durante 30 minutos sob agitação constante. Com a retirada dos tubos e o esfriamento à temperatura ambiente, acrescentou-se nos mesmos 1 ml do reativo de Nelson e 7 ml de água destilada. Também foi preparada uma prova em branco contendo todos os reagentes, exceto a amostra. Após os tubos de ensaio serem homogeneizados em agitador de tubos Vortex, realizou-se a leitura dos valores de absorbância no espectrofotômetro Celm E-225D com fluxo contínuo EVLAB, EV 013 a 535 nm, zerando este com a prova em branco. Quando as leituras ultrapassaram a constante da curva padrão de glicose, foi realizada uma nova diluição com a segunda solução preparada, diluindo-se 25 ml em 100 ml de água destilada.

Quanto à determinação dos açúcares totais, foram transferidos 10 ml da solução filtrada para balão volumétrico, acrescentando-se 50 ml de água destilada e 6 ml de HCl 0,1 N. Os balões volumétricos foram levados para autoclave, onde

permaneceram por 15 minutos sob 1 ATM. Após o arrefecimento das amostras à temperatura ambiente, essas foram neutralizadas com 1,5 ml de carbonato de sódio concentrado e transferidas quantitativamente para um novo balão volumétrico de 100 ml, completando-se o volume com água destilada. Pipetou-se 1 ml da solução diluída e transferiu-se para um tubo de ensaio, acrescentando-se 1ml do reativo de Somogy. Os tubos foram tampados com bolinhas de vidro e levados ao banho de aquecimento com água em ebulição, durante 10 minutos. Após a retirada dos tubos do banho, estes foram esfriados até atingir a temperatura ambiente, sendo acrescentado 1 ml do reativo de Nelson e 7 ml de água destilada. Em seguida, os tubos foram homogeneizados em agitador de tubos Vortex e fez-se a leitura da absorbância no espectrofotômetro a 535 nm, zerando com a prova em branco. Os resultados dos teores de açúcares foram expressos em porcentagem e obtidos conforme os cálculos demonstrados.

Açúcar total e açúcar redutor (%) = $(A \times K \times 100) / \mu\text{g}$

Onde:

A = leitura da absorbância a 535 nm;

K = constante da curva padrão de glicose;

μg = massa da amostra em microgramas presente na alíquota da reação.

Teor de Amido:

Pesou-se aproximadamente 1g do material desidratado em um erlenmeyer de 125 ml, anotando sua massa exata, sendo também preparada uma prova em branco em outro erlenmeyer com todos os reagentes, exceto a amostra. Em seguida, adicionaram-se 50 ml de água destilada e 6 ml de HCl 0,1 N. Tampou-se o erlenmeyer com papel alumínio, onde foi mantido em autoclave, por 15 minutos, sob 1 ATM. As amostras foram esfriadas, neutralizadas com carbonato de sódio, até atingirem pH 7 e transferidas para um balão volumétrico, sendo completado seu volume para 100 ml. Posteriormente, o conteúdo do balão foi filtrado em papel filtro simples, recebendo o filtrado em becker, e retirado deste 1 ml para ser diluído novamente em balão de 100 ml. Após a diluição, adicionou-se 1 ml do conteúdo presente no balão volumétrico em tubos de ensaio, acrescentando-se 1 ml da solução de Somogy. Assim, os tubos de ensaio foram tampados com bolinhas de vidro para evitar a evaporação e mantidos em banho de aquecimento, a 65°C por 30 minutos, com agitação constante. Depois do banho, os tubos foram esfriados

até atingirem a temperatura ambiente, acrescentando-se 1 ml do reativo de Nelson e 7 ml de água destilada. Após a homogeneização dos tubos de ensaio, no agitador Vortex, foi realizada a leitura da absorbância no espectrofotômetro, marca Celm, modelo E-225D com fluxo contínuo a 535 nm, zerando o aparelho com a prova em branco. O teor de amido presente nas amostras foi determinado segundo a metodologia descrita por Somogy (1937), adaptada por Nelson (1944). Os resultados foram expressos em % e obtidos por meio dos cálculos descritos abaixo.

- Cálculo 1

% de amido = (Leitura da absorbância x K x 100) / μg

- Cálculo 2

Teor de Amido (%) = Resultado do cálculo 1 – % AT x 0,9

Onde:

K = constante da curva padrão de glicose;

μg = massa da amostra em microgramas presente na alíquota da reação;

AT = açúcar total;

0,9 = fator de correção do amido.

Teores de macro e micronutrientes nos frutos:

A determinação dos teores de macro e micronutrientes foi efetuada conforme as metodologias descritas por Malavolta et al. (1997), cujos resultados foram representados em gramas por quilograma (g kg^{-1}) e miligramas por quilograma (mg kg^{-1}) de matéria seca, respectivamente. O N foi extraído por digestão sulfúrica e determinado pelo método semi-micro-Kjeldahl. O P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn foram extraídos por digestão nítrico-perclórica e determinados por colorimetria do metavanadato (P), espectrofotometria de absorção atômica (K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn) e turbidimetria do sulfato de bário (S). Quanto ao B, este foi extraído por incineração, via seca e determinado por colorimetria da azometina H. O método, Colorimetria do metavanadato, utilizado na determinação do teor de fósforo (P) no tecido vegetal baseia-se na formação de um composto amarelo do sistema vanadomolibdofosfórico em acidez de 0,2 a 1,6 N, sendo que a cor desenvolvida foi medida em espectrofotômetro UV/VIS.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Ambientais da UNESP/FCA.

5.2.7.7.2. Análises de qualidade dos frutos maduros

As pencas utilizadas nas avaliações foram mantidas em bancadas expostas à temperatura ambiente (valor mediano de 25°C), até sua completa maturação. Quando os frutos atingiram o estágio de amadurecimento 6 (casca 100% amarela), de acordo com a escala de Von Loesecke (CEAGESP, 2006), foram analisados. Dessa forma, procederam-se às seguintes análises nos cinco frutos centrais da segunda penca madura:

Firmeza:

Para a avaliação da firmeza utilizou-se o texturômetro (TA. XT Plus Texture Analyser) com ponta de prova SMS P/2N e velocidade de penetração de 2,0 mm s⁻¹. A leitura foi realizada em dois diferentes pontos centrais dos frutos com casca, cujos resultados obtidos foram expressos em Newton (N).

Coloração da casca:

Determinada na região equatorial do fruto, com auxílio do Colorímetro marca Minolta, modelo CR-300. Os resultados foram expressos em coordenadas de cor no espaço L*a*b, onde o L indica luminosidade ou brilho, a* está relacionada com a intensidade de verde/amarelo e b* com a intensidade azul/amarelo.

pH:

Foi mensurado em polpa homogeneizada dos frutos, triturados com auxílio de um 'mixer', utilizando o potenciômetro da marca Digimed DMPH-2, conforme os procedimentos recomendados pela AOAC (2005).

Acidez titulável (AT):

Obtida de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005), utilizando-se 5 g de polpa homogeneizada em triturador doméstico tipo 'mixer' e diluída em 95 mL de água destilada, seguida da titulação com solução padronizada de NaOH a 0,1N, tendo como indicador o ponto de viragem da fenolftaleína. Os resultados foram expressos em porcentagem, correspondente a g de ácido málico 100 g⁻¹ da amostra.

Sólidos solúveis (SS):

Determinado por meio da leitura refratométrica direta em graus Brix (°Brix) de uma alíquota da polpa homogeneizada, em refratômetro digital tipo Palette

PR – 32, marca ATAGO, com compensação de temperatura automática, segundo critérios da AOAC (2005).

Índice de maturação ‘Ratio’ (SS/AT):

Calculado através da relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável.

Açúcar redutor (frutose e glicose):

A análise dos teores de açúcares presente na polpa dos frutos maduros, também foi realizada conforme a metodologia descrita por Somogy, adaptada por Nelson (1944). O aparelho utilizado foi o espectrofotômetro Celm E-225D com fluxo contínuo EVLAB, EV 013 a 535 nm e leitura realizada a 535 nm. Os resultados foram expressos em porcentagem.

5.2.8. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando houve efeito significativo para as doses de fósforo, de acordo com o teste F a 5% de probabilidade ($p < 0,05$), foi realizada a análise de regressão a fim de verificar o efeito da adubação fosfatada sobre as características avaliadas. As análises foram realizadas no programa SISVAR 5.0 - Programa de Análises Estatísticas e Planejamento de Experimentos da Universidade de Lavras (FERREIRA, 2000).

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1. Diagnose nutricional das plantas

No florescimento das bananeiras ‘Prata Anã’ de primeiro ciclo, os teores de nutrientes na massa seca foliar, de maneira geral, obedeceram a seguinte ordem de concentração: macronutrientes N>K>Ca>Mg>S>P e micronutrientes Mn>Fe>B>Zn>Cu, como pode ser observado na Tabela 3.

Considerando o valor médio dos tratamentos, os teores foliares de Ca e Mg encontravam-se dentro da faixa considerada adequada (Ca = 4,5-7,5 g kg⁻¹ e Mg =

2,4-4,0 g kg⁻¹) para o cultivar Prata Anã, segundo Silva et al. (2002), porém, na testemunha, os teores de fósforo nas folhas (1,4 g kg⁻¹) mostraram-se abaixo do valor adequado. No tratamento correspondente a maior dose de P₂O₅, os teores de nitrogênio (23 g kg⁻¹) e enxofre (1,6 g kg⁻¹) estavam deficientes. O teor de potássio em todos os níveis de fósforo aplicados ao solo, foi inferior ao sugerido por Silva et al. (2002). Entretanto, não foram observados sintomas de deficiência de potássio nas plantas.

Em relação aos micronutrientes, os teores médios de B, Cu, Fe e Zn estavam na faixa de suficiência estabelecida por Borges e Souza (2009b), somente os teores de manganês mostraram-se excessivos, contudo, as plantas não apresentaram sintomas visuais de toxidez.

Diante dos resultados apresentados na Tabela 3, é possível verificar que o conteúdo de P nas folhas variou muito pouco quando comparado à alteração ocorrida no solo (Tabela 4). Os teores foliares de P, no momento do florescimento, foram em média de 1,5 g kg⁻¹, situando-se dentro da faixa adequada para o cv. Prata Anã, conforme Silva et al. (2002). O mesmo comportamento foi constatado em experimento realizado por Silva et al. (2013), onde a elevação do teor de P no solo promovida pela aplicação de fósforo não alterou o nível do nutriente na folha da bananeira Prata Anã, nos quatro ciclos de produção. Crisostomo et al. (2008) também observaram que o conteúdo foliar de P na bananeira ‘Pacovan’ não foi influenciado pelas aplicações de quatro doses de adubo fosfatado, no segundo e terceiro ciclos de produção. Com base nesses precedentes, provavelmente a terceira folha a partir do ápice, utilizada comumente na análise dos teores de nutrientes, não apresenta sensibilidade para detectar a falta ou excesso de P na bananeira. Lahav e Turner (1983) sugerem que a análise do pecíolo ou da nervura central são mais precisos que o limbo foliar para determinar o teor de P.

Tabela 3. Teores médios de macro e micronutrientes nas folhas da bananeira ‘Prata Anã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2013.

Doses de P_2O_5 (t ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0	25	1,4	22	10	4,8	1,7	15	8	142	1524	14
40	27	1,5	23	8	4,8	1,7	18	7	145	1550	14
60	26	1,5	25	9	5,0	1,8	16	6	125	1456	15
80	27	1,6	26	7	4,3	2,0	19	7	121	1608	15
100	27	1,6	24	6	4,1	2,0	18	6	122	1742	16
120	23	1,5	19	10	4,1	1,6	14	8	107	1025	15

Fonte: Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP/FCA.

5.3.2. Atributos químicos do solo

A influência dos tratamentos sobre os atributos químicos do solo, ao final do primeiro ciclo da bananeira Prata Anã, pode ser observada nas Tabelas 4 e 5. Os valores de pH encontravam-se dentro de uma faixa considerada como média (5,1-5,5) (RAIJ et al., 1997) para todos os tratamentos, com exceção para a maior dose de fósforo (pH = 4,9). O maior teor de matéria orgânica (15 g dm⁻³) encontrou-se na dose 80 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , enquanto o teor mais baixo (10 g dm⁻³) foi obtido com a dose de 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 .

Os teores de P disponível no solo aumentaram com as doses de fósforo aplicadas (Tabela 4), fato que se justifica pela capacidade da adsorção do P diminuir com a elevação da concentração deste nutriente no solo (WHALEN; CHANG, 2002). Apenas na testemunha o nível de P disponível (20 mg dm⁻³) foi considerado médio, nos demais tratamentos os teores encontravam-se muito altos (RAIJ et al., 1997). Os níveis de potássio estavam dentro da faixa considerada como média (1,6-3,0 mmol_c dm⁻³), exceto na dose 80 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , que apresentou teor médio de 3,1 mmol_c dm⁻³. Quanto ao conteúdo de cálcio e magnésio, estes se mostraram alto (RAIJ et al., 1997) para todas as doses de fósforo aplicadas ao solo. A saturação por bases (V%) esteve acima da recomendada para a cultura da bananeira (60%) nas doses 40, 60, 80 e 100 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , ideal na testemunha e em níveis baixos na dose 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , conforme sugerido por Raji et al. (1997).

Em relação aos micronutrientes, os conteúdos de cobre, ferro e manganês encontravam-se altos no solo em todos os tratamentos (Tabela 5). Quanto ao boro, o teor esteve alto ($> 0,60 \text{ mg dm}^{-3}$) nas doses 80 e 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 , e médio ($0,21\text{-}0,60 \text{ mg dm}^{-3}$) no restante dos tratamentos. Os teores de zinco foram considerados baixos ($0,0\text{-}0,5 \text{ mg dm}^{-3}$) na maior dose de fósforo aplicada e médios ($0,6\text{-}1,2 \text{ mg dm}^{-3}$) nos demais níveis de P_2O_5 , segundo Raij et al. (1997).

Tabela 4. Teores médios de macronutrientes e valores de pH, M.O., SB, CTC e V%, na camada de 0-20 cm de profundidade, em solo cultivado com bananeira ‘Prata Anã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2014.

Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})	pH	M.O.	P_{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	CaCl_2	g dm^{-3}	mg dm^{-3}	----- $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----						
0	5,1	13	20	22	2,0	21	10	33	55	60
40	5,1	11	61	24	2,4	25	11	38	62	61
60	5,2	12	69	24	2,8	23	14	40	64	63
80	5,3	15	75	19	3,1	24	15	42	61	69
100	5,2	12	197	21	3,0	24	14	41	62	66
120	4,9	10	189	25	1,9	21	12	35	60	58

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP/FCA.

Tabela 5. Teores de micronutrientes, na camada de 0-20 cm de profundidade, em solo cultivado com bananeira ‘Prata Anã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2014.

Doses de P_2O_5 (kg ha^{-1})	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
	----- mg/dm^3 -----				
0	0,30	1,2	19	6,2	0,6
40	0,50	1,2	24	6,0	0,6
60	0,35	1,2	32	6,0	0,7
80	0,68	1,6	33	5,7	0,8
100	0,65	1,2	27	5,6	0,6
120	0,21	0,9	15	5,4	0,5

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP/FCA.

5.3.3. Desempenho agrônômico vegetativo

No primeiro ciclo de produção da bananeira ‘Prata Anã’ houve efeito significativo das doses de fósforo para a altura das plantas, o diâmetro do pseudocaule e o número de folhas ativas, sendo que todas as variáveis ajustaram-se aos modelos de regressão quadrática (Figuras 2, 3 e 4).

A maior altura das plantas (2,30 m) foi obtida com a dose de 74 kg ha⁻¹ de P₂O₅, comparada à testemunha obteve-se com esse nível de fósforo estimado um incremento na altura das plantas de 4,5% (Figura 2). Entretanto, deve-se considerar que a altura está envolvida com os aspectos de densidade de plantio, produção e manejo da cultura (GONÇALVES et al., 2008).

Avaliando os efeitos da aplicação de fósforo em Latossolo Vermelho de textura argilosa e Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média, sobre o desenvolvimento de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, Silva et al. (2011) também verificaram aumento quadrático da altura de plantas em função das doses de P aplicadas. Segundo esses autores a adubação fosfatada é importante para a bananeira, pois garante que a mesma desenvolva-se com maior vigor no estágio inicial de crescimento, principalmente quando cultivada em solo com baixo teor de fósforo disponível. Diferentemente, Silva et al. (2013) em Latossolo Vermelho, argiloso, com teor de P disponível igual a 4,6 mg dm⁻³, constataram aumento linear na altura de plantas da bananeira ‘Prata Anã’ irrigada, frente às diferentes doses de superfosfato triplo avaliadas (0, 50, 100, 200 e 300 g de P₂O₅ por planta). A altura média das plantas encontrada por esses autores, no primeiro ciclo de produção, foi de 2,63 m, valor superior ao encontrado no presente estudo (2,27 m). Porém, Santos et al. (2012) trabalhando com doses de nitrogênio, fósforo e potássio em bananeira ‘Prata Anã’ obtiveram com a combinação de NPK, contendo 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, uma altura média de plantas igual a 2,19 m.

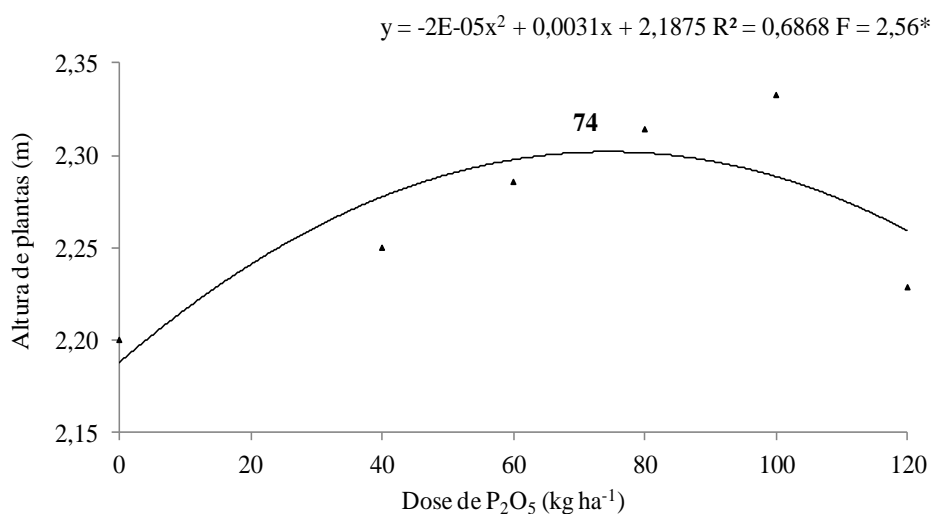


Figura 2. Altura da bananeira ‘Prata Anã’, na emissão da inflorescência, em função das diferentes doses de P₂O₅, em kg ha⁻¹, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

As doses de fósforo aplicadas no solo promoveram aumento quadrático no diâmetro do pseudocaule das bananeiras. O ponto de máximo calculado foi 21,4 cm de diâmetro com a dose 67 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a qual promoveu um aumento de 4,8% nessa variável em relação às plantas que não foram suplementadas com fósforo (Figura 3). A partir da dose estimada (67 kg ha⁻¹ de P₂O₅), o aumento dos níveis de fósforo propiciou acentuada redução no diâmetro do pseudocaule das plantas, mostrando efeito prejudicial ao crescimento dessa variável avaliada.

De acordo com Siqueira (1984), dentre os caracteres relacionados ao desenvolvimento vegetativo, o diâmetro do pseudocaule, seguido pelo número de folhas no florescimento, são os que mais se correlacionam positivamente com os caracteres da produção. Leonel et al. (2004), relataram que o cultivar Prata Anã apresentou correlação significativa e positiva entre peso das pencas e o diâmetro do pseudocaule.

Silva et al. (2011) também observaram que o diâmetro do pseudocaule das mudas de bananeira ‘Prata Anã’, aumentou de forma quadrática em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo. No início da emissão do cacho, Silva et al. (2013) registraram o maior valor de diâmetro do pseudocaule com a dose 300 g de P₂O₅ por planta (339,9 kg de P₂O₅ ha⁻¹), sendo que o diâmetro médio obtido no primeiro ciclo de produção foi de 21,6 cm.

Em trabalho realizado por Santos et al. (2012), esses autores verificaram efeito linear das doses de NPK sobre a circunferência do pseudocaule da bananeira ‘Prata Anã’, cultivada em Latossolo Amarelo Distrófico típico, onde com as maiores doses de N, P (180 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e K foi obtido um diâmetro médio equivalente a 18,2 cm.

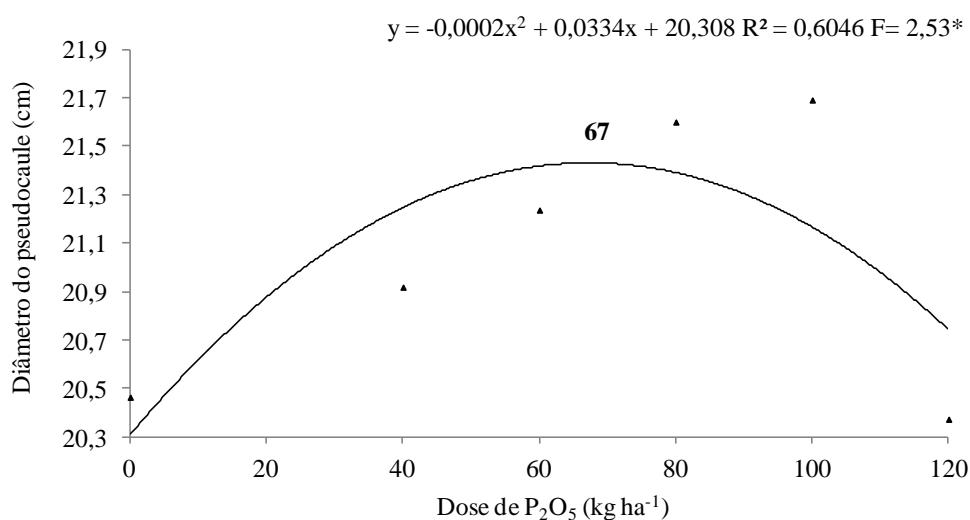


Figura 3. Diâmetro do pseudocaule da bananeira ‘Prata Anã’, na emissão da inflorescência, em função das diferentes doses de P₂O₅, em kg ha⁻¹, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

Houve aumento quadrático do número de folhas ativas em resposta ao fósforo, sendo que o máximo valor estimado foi de 17 folhas com a dose 62 kg ha⁻¹ de P₂O₅, verificando progressiva redução a partir deste nível (Figura 4). Em relação à ausência da aplicação de fósforo, a dose estimada 62 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou um aumento de 9,6% no número de folhas ativas da bananeira ‘Prata Anã’.

O maior número de folhas no florescimento sugere que o cacho poderá ter melhores condições para o seu desenvolvimento (SILVA et al., 2000). Conforme Hinz e Lichtemberg (2004), para uma boa produção é adequado que a bananeira apresente 12 folhas funcionais na ocasião da emissão da inflorescência e no mínimo 9 no momento da colheita.

Em bananeiras ‘Prata Anã’ de primeiro ciclo de produção, Silva et al. (2013) observaram que a aplicação de fósforo não influenciou o número de folhas no início da emissão do cacho, obtendo-se um valor médio de 17,8 folhas. De acordo com os autores, a ausência de resposta à aplicação de fósforo no solo, para essa variável, ocorreu

em razão da baixa exigência da cultura pelo fósforo e ao teor desse elemento no solo ter sido suficiente para atender as necessidades das plantas.

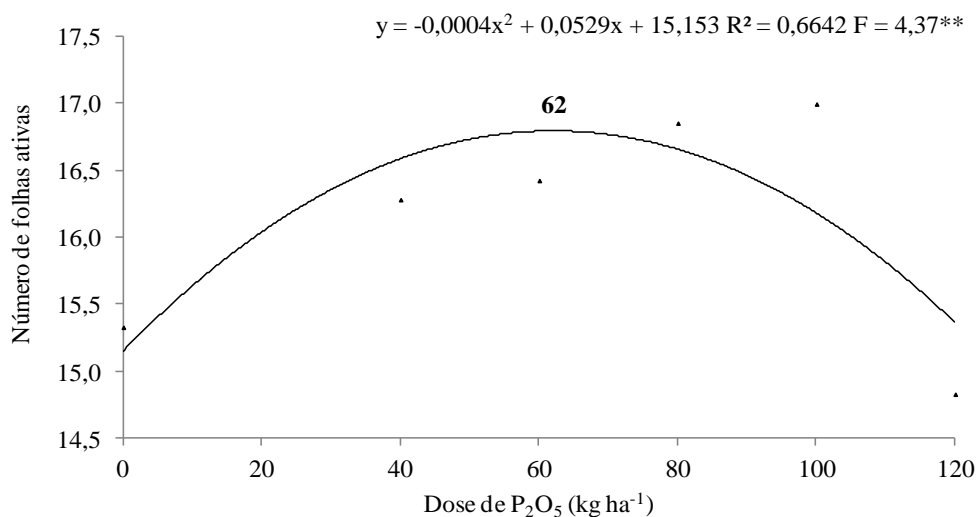


Figura 4. Número de folhas ativas da bananeira ‘Prata Anã’, na emissão da inflorescência, em função das diferentes doses de P₂O₅, em kg ha⁻¹, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

A influência da adubação fosfatada sobre o crescimento vegetativo das bananeiras ‘Prata Anã’ deve-se ao fato do nutriente estar envolvido na síntese de proteínas necessárias à divisão celular, que, por conseguinte favorece o crescimento das plantas (MALAVOLTA, 2006). O efeito depressivo observado a partir das doses estimadas de fósforo pode ser atribuído à suficiência da bananeira ‘Prata-Anã’ quanto ao nutriente, logo, as maiores doses de P₂O₅ constituíram-se em excesso às plantas, que é prejudicial e provoca redução do crescimento vegetal, segundo Marschner (2005).

5.3.4. Duração do ciclo das plantas

A duração, em dias, do plantio ao florescimento, do florescimento a colheita e o ciclo cultural das bananeiras ‘Prata Anã’ foram influenciados pelos tratamentos aplicados, sendo as respostas de forma quadrática. A mínima duração em dias do plantio ao florescimento (300 dias) foi alcançada com a dose estimada de 53 kg ha⁻¹ de P₂O₅, enquanto para o número de dias do florescimento à colheita, a menor duração (141

dias) foi obtida com a dose de 66 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Em relação ao ciclo total, a maior precocidade das plantas (441 dias) foi proporcionada pela dose estimada de 55 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figuras 5, 6 e 7).

A redução do ciclo cultural ou a maior precocidade das plantas promovida pela adubação fosfatada representa ganho ao produtor, pois quanto menor a permanência dos frutos em campo, menores as chances de ocorrerem injúrias aos mesmos, além do retorno econômico ser mais rápido. Contudo, vale salientar que níveis de fósforo acima da dose estimada estenderam a duração do ciclo das plantas, assumindo efeito depressivo.

De acordo com Dechen e Nachtigal (2007), altos teores de fósforo no solo podem afetar a disponibilidade de outros nutrientes e, conseqüentemente, prejudicar o desenvolvimento vegetal, pois os fosfatos tendem a reduzir a solubilidade do zinco, pela formação de fosfatos de zinco no solo e induzir a deficiência de ferro, pela redução de sua mobilidade na planta. Além disso, Raij (1991) afirma que o suprimento adequado de fósforo garante a formação dos primórdios das partes reprodutivas e incrementa a precocidade da produção.

Harthi e Yahya (2009) avaliando o crescimento e a produção de bananeiras cv. Williams, submetidas à aplicação de quatro combinações de N (uréia), P₂O₅ (superfosfato triplo) e K₂O (cloreto de potássio): 0-0-0; 300-50-250; 600-100-500 e 900-150-750 g planta⁻¹ ano⁻¹, em solo arenoso, verificaram que o número total de dias do plantio à colheita não foi significativamente afetado pelos tratamentos, porém, a combinação contendo a maior dose de todos os nutrientes, resultou numericamente em um menor ciclo cultural das bananeiras.

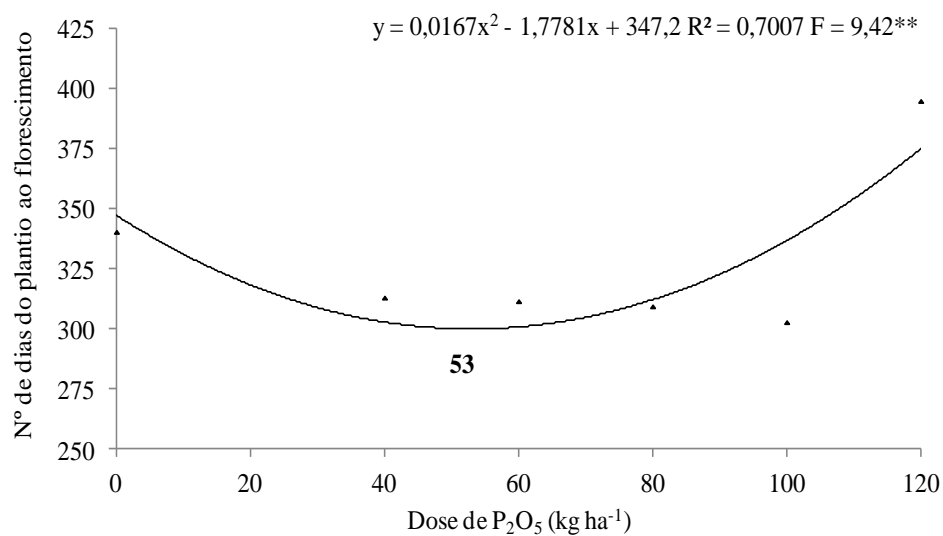


Figura 5. Número de dias do plantio ao florescimento na bananeira ‘Prata Anã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

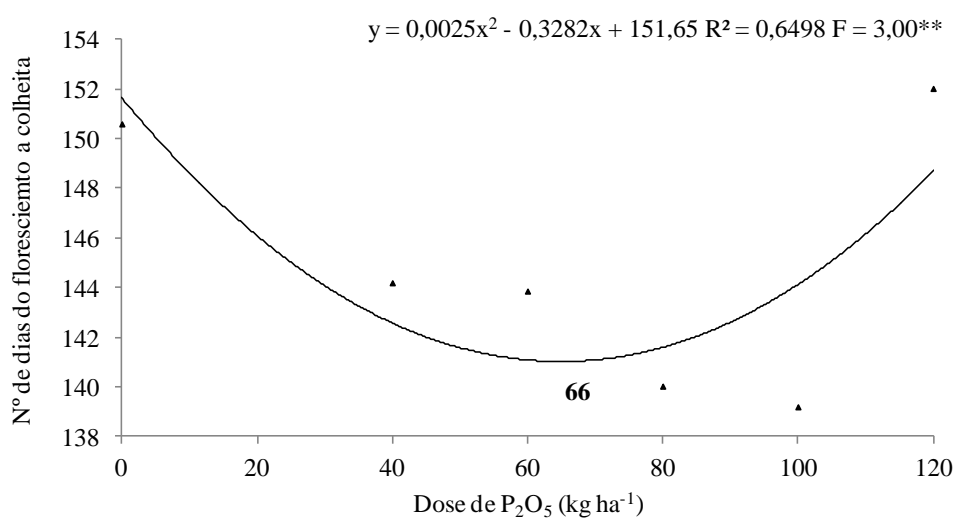


Figura 6. Número de dias do florescimento a colheita na bananeira ‘Prata Anã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

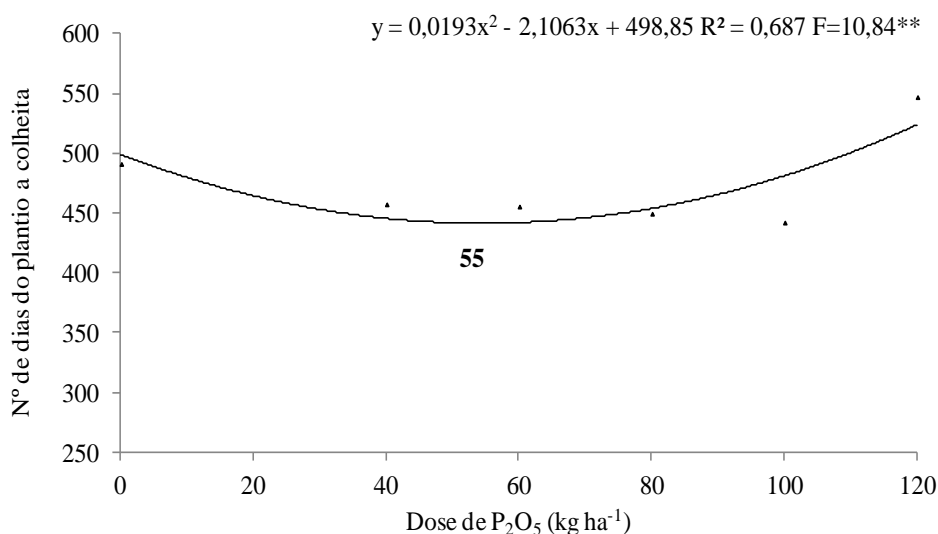


Figura 7. Número de dias do plantio a colheita (ciclo cultural) na bananeira ‘Prata Anã’, em função das diferentes doses de P₂O₅, em kg ha⁻¹, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

5.3.5. Desempenho agrônômico produtivo

A adubação fosfatada promoveu efeito significativo sobre as variáveis de produção, com exceção para a massa da ráquis, a qual apresentou valor médio de 1,44 kg. De acordo com a análise de regressão o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos componentes produtivos, em função das doses de fósforo (Figuras 8 e 9).

O ponto de máximo calculado para a massa do cacho (13,3 kg), massa de frutos (11,70 kg) e produtividade (13,3 t ha⁻¹) foi obtido com a dose de 58 kg de P₂O₅ kg ha⁻¹, sendo que esta dose promoveu um acréscimo de 20,4% na massa de frutos, relacionando-se à testemunha. Já as doses estimadas de 66 e 78 kg de P₂O₅ kg ha⁻¹ resultaram em um máximo número de frutos (109 frutos) e pencas (8 pencas) por cacho, respectivamente (Figura 8).

Com relação às variáveis produtivas da segunda penca, as doses de fósforo aplicadas para obter a máxima massa (1,62 kg), o máximo número de frutos (15 frutos), o comprimento (15,3 cm) e o diâmetro máximo (35,58 mm) dos cinco frutos centrais foram de 64, 73, 61 e 58 kg de P₂O₅ kg ha⁻¹, respectivamente. Em relação à testemunha, a dose máxima estimada de fósforo proporcionou aumento de 24,3% na massa da segunda penca (Figura 9).

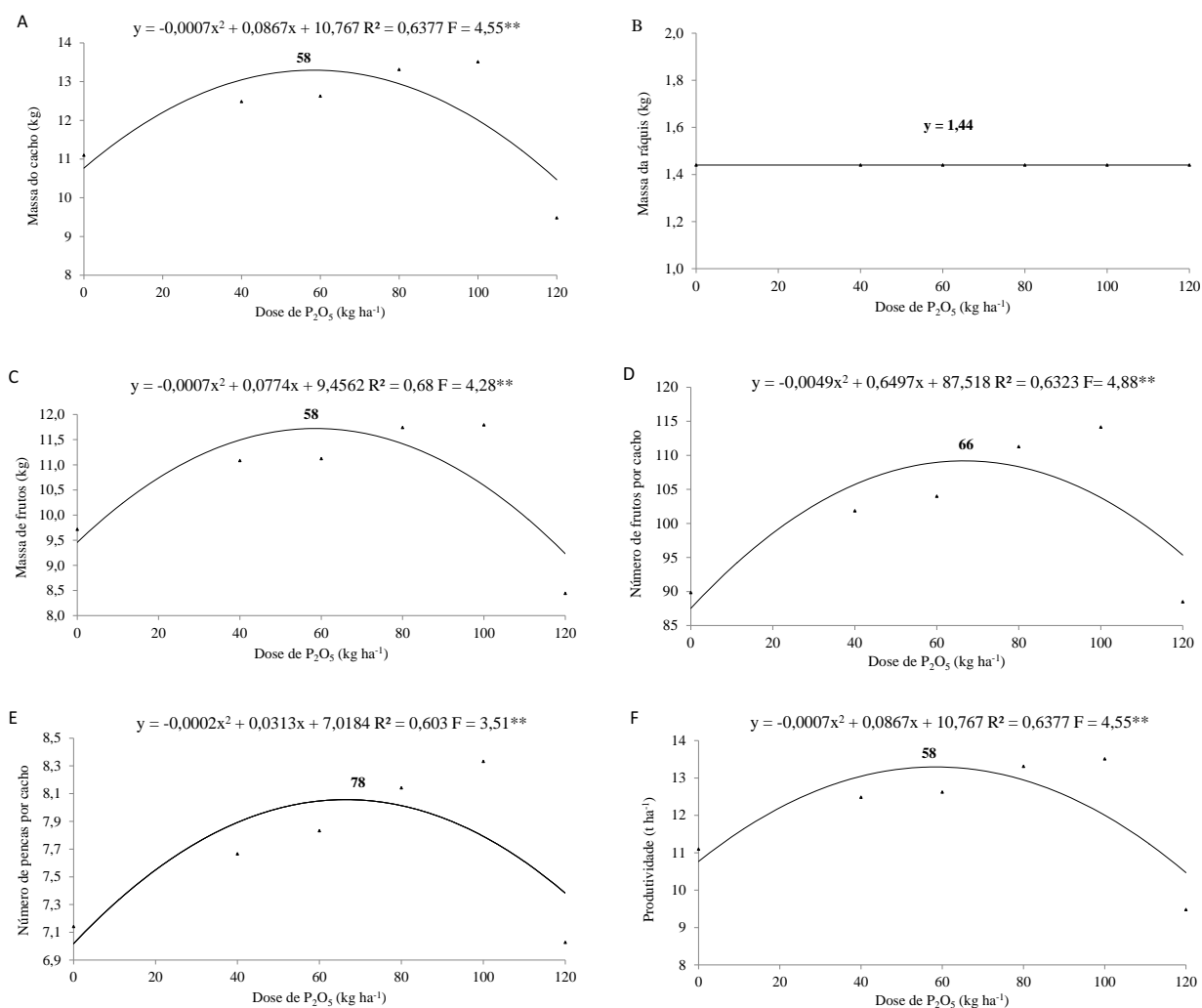


Figura 8. Massa do cacho (A), massa da ráquis (B), massa de frutos (C), número de frutos por cacho (D), número de pencas por cacho (E) e produtividade (F) da bananeira ‘Prata Anã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

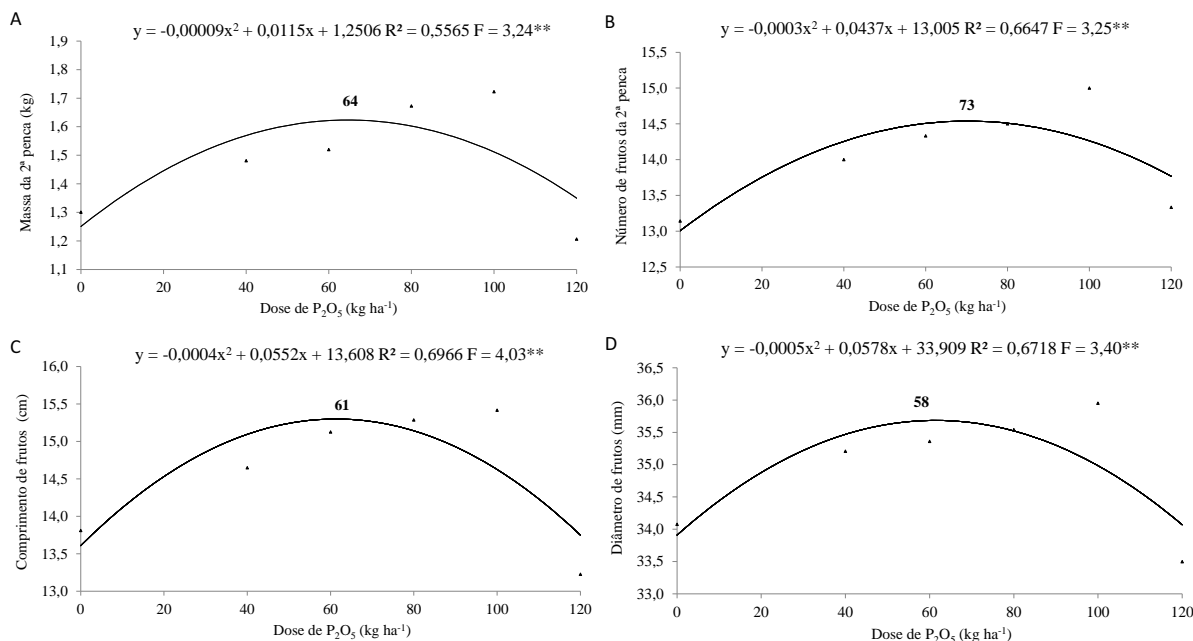


Figura 9. Massa da segunda penca (A), número de frutos da segunda penca (B), comprimento de frutos (C) e diâmetro de frutos (D) da bananeira ‘Prata Anã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em kg ha⁻¹, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

Apesar do fósforo ser considerado o macronutriente menos exigido pela bananeira, a influência da adubação fosfatada sobre as variáveis de crescimento vegetativo e de produção, encontrados no presente estudo e em outras pesquisas, revelam que as bananeiras podem ser responsivas à aplicação do fósforo, pois na maioria dos Latossolos o fósforo encontra-se em formas químicas pouco assimiláveis pelas plantas (SILVA et al., 2011).

Segundo Silva et al. (1999), a deficiência de fósforo na bananeira faz com que ocorra redução na formação de raízes, baixo desenvolvimento das plantas e conseqüentemente a produção de cachos raquíticos.

Para o primeiro ciclo de produção do cv. ‘Prata Anã’, Silva et al. (2013) verificaram que as doses de superfosfato triplo aplicadas (0, 50, 100, 200 e 300 g de P_2O_5 planta⁻¹) em Latossolo Vermelho, argiloso, aumentaram linearmente a massa do cacho e o número de frutos por cacho, sendo que os valores médios obtidos foram de 12,7 kg e 118 frutos, resultados estes semelhantes aos encontrados no presente trabalho.

Reis e Chepote (2008), ao avaliarem o efeito da aplicação de cinco doses de fósforo (0, 50, 100, 150 e 200 kg de P_2O_5 ha⁻¹) em Latossolo Vermelho Amarelo

Distrófico, sobre a produção da bananeira ‘Pacovan’, observaram que a massa do cacho, a massa de pencas, o número de cachos e de pencas responderam de forma quadrática aos tratamentos. Para o peso dos cachos, a dose máxima obtida por esses autores foi de 154 kg de P_2O_5 ha^{-1} . Dantas et al. (1977), estudando a adubação fosfatada em bananeiras cv. Prata, concluíram que a máxima produção foi alcançada com a dose de 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

Nas bananeiras ‘Pacovan Apodi’ cultivadas em Cambissolo, Nunes (2009) encontrou efeito linear da aplicação de fósforo para o número de pencas por cacho e aumento quadrático para as variáveis, massa do cacho e produtividade. Entretanto, Rocha (2006) avaliando a produção da bananeira ‘Pacovan’ sobre influência de doses de nitrogênio, fósforo e potássio aplicadas em Neossolo Quartzarênico, observou efeito linear negativo das doses de fósforo para o número de pencas por cacho e ausência de efeito significativo para o peso do cacho e produtividade das bananeiras de primeiro ciclo.

Por outro lado, Maia et al. (2003a) trabalhando com bananeira ‘Prata Anã’ em solo arenoso, com teor de P classificado como muito baixo (1,3 mg dm^{-3}), não observaram influência das doses de fósforo (25, 45, 70 e 100 g de $P_2O_5/$ touceira) sobre a massa do cacho, número de pencas por cacho, massa média da penca, número de frutos por cacho, massa média do fruto, comprimento comercial e diâmetro do fruto. Os autores justificam essa resposta devido ao baixo requerimento de P pela cultura, o que segundo esses está de acordo com a pequena absorção do nutriente pela planta. Contrariamente ao observado no presente estudo, Maia et al. (2003a) verificaram que as doses de fósforo proporcionaram redução linear significativa no comprimento total do fruto, o que segundo Marschner (2005), citado por Maia et al. (2003a), deve-se à inibição da síntese de amido pelas altas concentrações de fósforo inorgânico, além da redução da concentração de potássio no fruto, elemento-chave na síntese de amido e na expansão celular. Crisostomo et al. (2008) também não encontraram efeito das doses de fósforo (0, 100, 200 e 300 kg ha^{-1} ano^{-1} de P_2O_5), aplicadas em solo arenoso com teor médio de P disponível (25 mg dm^{-3}), sobre o número de pencas por cacho, o peso dos frutos e a produtividade nos três ciclos de produção da bananeira ‘Pacovan’.

As diferentes repostas da influência da adubação fosfatada nos componentes de produção das bananeiras, encontradas nas citações, confirmam que a exigência em nutrientes pelo cultivar plantado depende do seu potencial produtivo, da densidade populacional, mas principalmente, do balanço entre os elementos no solo, além do sistema radicular que interferirá na absorção (SOTO BALLESTERO, 2000). Assim, um

sistema radicular mais desenvolvido e extenso permite maior absorção de íons pouco móveis, como o fosfato.

Estudando o uso de bactérias que solubilizam P (BSP) (*Pseudomonas spp.* e *Bacillus spp.*) e doses de fósforo (25%, 50% e 75% P_2O_5) em relação à dose comercial (100% P_2O_5), nas características dos frutos da bananeira ‘Maghrabi’, Attia et al. (2009) constataram que, quando utilizadas as bactérias junto com a dose de 25% P_2O_5 , houve aumento no número de frutos e pencas por cacho, assim como maior peso e diâmetro do fruto.

Nas condições edáficas e climáticas de São Manuel-SP, as bananeiras ‘Prata Anã’ se mostraram mais produtivas quando submetidas à aplicação de doses de fósforo acima da recomendada (40 kg ha⁻¹ de P_2O_5) por Raj et al. (1997). Contudo, acima das doses estimadas, os componentes de produção da bananeira ‘Prata Anã’ foram afetados negativamente, indicando que o aumento da adubação fosfatada pode ter alterado a disponibilidade de outros nutrientes essenciais ao desenvolvimento e à produtividade da cultura.

Em quantidades adequadas, o fósforo estimula o crescimento e desenvolvimento radicular, permitindo maior eficiência na utilização da água e na absorção iônica de outros elementos (MALAVOLTA et al., 1997). No entanto, conforme Peryea (1990), a elevação da salinidade e toxidez proporcionada por altas concentrações do adubo fosfatado reduzem o crescimento das raízes e, conseqüentemente afetam a absorção dos nutrientes. Ainda, altos teores de P_2O_5 podem provocar deficiência de Zn às plantas, pois os fosfatos tendem a reduzir a solubilidade do zinco, pela formação de fosfatos de zinco no solo (DECHEN; NACHTIGAL, 2007). De acordo com Adriano et al. (1981), a alta disponibilidade de fósforo no solo também possui a capacidade de reduzir a absorção de cobre pelas plantas, mas isso se deve aos fatores fisiológicos e não decorrentes às reações de precipitação no solo.

5.3.6. Caracterização física e físico-química dos frutos

5.3.6.1 Qualidade da banana verde

A aplicação de fósforo não influenciou significativamente o teor de umidade, matéria seca, açúcares totais, açúcares redutores e amido nos frutos verdes da bananeira ‘Prata Anã’ (Tabela 6).

Tabela 6. Teores médios de umidade, matéria seca, açúcar total, açúcar redutor e amido nos frutos verdes da bananeira ‘Prata Anã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

Dose de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$)	Umidade	Matéria seca	g $100g^{-1}$		
			Açúcar total	Açúcar redutor	Amido
0	59,27	40,73	1,54	1,17	23,47
40	59,20	40,80	1,61	1,36	23,31
60	59,14	40,86	1,55	1,27	23,52
80	59,74	40,26	1,72	1,38	23,14
100	59,33	40,67	1,58	1,46	23,06
120	59,46	40,54	1,41	1,20	22,39
Efeito	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	2,57	3,76	11,99	9,96	6,36

NS: diferença não-significativa pelo teste F ($p > 0,05$).

O teor de matéria seca no fruto é um parâmetro de qualidade importante para as indústrias de alimento, pois afetam o rendimento na elaboração de produtos concentrados e/ou desidratados, como a farinha produzida a partir banana verde, por exemplo.

O valor médio de umidade encontrado nos frutos foi de 59,36%, conferindo um teor de 40,64% de matéria seca (Tabela 6). Leonel et al. (2011), em frutos verdes de bananeiras ‘Prata Anã’, cultivadas em Botucatu-SP, obtiveram um teor médio de umidade igual a 67,9% e 32,1% de matéria seca. Por outro lado, Aquino et al. (2014) encontrou na polpa dos frutos verdes do mesmo cultivar, valor médio de 31,63% de matéria seca. Essas diferenças podem estar associadas às distintas condições de clima, solo

e manejo, as quais as bananeiras foram submetidas, pois os fatores de produção determinam a qualidade final dos frutos.

A polpa de banana, quando verde, trata-se de uma massa com alto teor de amido e baixo teor de açúcares (RAMOS et al., 2009). Os teores médios de açúcares totais e açúcares redutores encontrados na polpa dos frutos verdes foram de 1,57% e 1,31%, respectivamente (Tabela 6). Segundo Álvares (2003), os teores de açúcares presentes em bananas verdes variam de 1-2%, sendo que essa variação deve-se às características metabólicas intrínsecas do cultivar, bem como às condições de cultivo. Ainda vale mencionar que o ponto de maturação do fruto também altera a quantidade de açúcares presentes no mesmo. Gomes (2004) trabalhando com a bananeira ‘Prata Anã’ e cinco níveis de adubação potássica, encontrou para o primeiro ciclo de produção, um teor médio de açúcares totais nos frutos verdes de 3,12%. Souza et al. (2013), avaliando as características físico-químicas de frutos de diferentes genótipos de bananeiras, cultivados em Nitossolo Vermelho, obtiveram um teor de açúcares totais para o mesmo cultivar de 0,37%. Já Leonel et al. (2011) reportam que os frutos verdes da bananeira ‘Prata Anã’ apresentaram, 0,46% de açúcares totais e 0,20% de açúcares redutores.

Conforme Marriott (1980) e Palmer (1971), a polpa de frutos verdes de banana apresenta entre 20 e 25% de amido, logo, o teor médio obtido no experimento, que foi de 23,15% (Tabela 6), corrobora com a faixa citada por esses autores. Gomes (2004), em Botucatu-SP, verificou que os frutos verdes do cv. Prata Anã apresentaram um teor médio de amido referente a 21,98%. Entretanto, Ramos et al. (2009) e Souza et al. (2013) relataram para os frutos do mesmo cultivar, teores de 16,07% e 29,68% de amido, respectivamente. Essa variação nos teores de amido, observadas nas pesquisas, pode ser resultante dos diferentes pontos de maturação em que os frutos foram analisados.

Bleinroth (1990) relata que os sais minerais apresentam pequena variação durante a maturação da fruta, sendo que seus teores na banana verde são um pouco maiores do que na banana madura, em vista disso, no presente estudo, os teores de nutrientes foram determinados nos frutos verdes.

Em relação aos teores de macronutrientes presentes nos frutos verdes da bananeira ‘Prata Anã’, foi verificado efeito dos tratamentos nos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), porém, não houve diferença significativa no teor de nitrogênio (N) (Figura 10).

O teor de fósforo nos frutos (P) apresentou aumento linear em função das doses crescentes de superfosfato triplo, aplicadas ao solo, atingindo o valor máximo no tratamento onde foi aplicada a maior quantidade do adubo (120 kg ha^{-1} de P_2O_5) (Figura 10B). Considerando a exportação de nutrientes pelos órgãos vegetais, efeito semelhante foi verificado por Silva et al. (2011) nas folhas das mudas da bananeira ‘Prata Anã’, onde com as maiores doses de fósforo aplicadas tanto em Latossolo Vermelho de textura argilosa, quanto em Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média, houve incremento linear no teor de P foliar. Segundo Silva (1990), o nível de fósforo nas plantas eleva-se à medida que o P-remanescente do solo aumenta.

O maior teor de fósforo (P) encontrado nos frutos foi de $0,87 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria seca (Figura 10B). Moreira et al. (2007) trabalhando com diferentes densidades de plantio, encontraram para os frutos da bananeira cv. Thap Maeo (grupo genômico AAB), no primeiro ciclo de produção, um teor médio de P referente a $1,1 \text{ g kg}^{-1}$.

A banana é considerada uma importante fonte alimentar de potássio, a concentração desse mineral na fruta madura é de $350\text{-}400 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de matéria seca, o que corresponde a $0,35\text{-}0,40\%$ (BLEINROTH, 1990). Conforme Borges e Oliveira (2000), o potássio (K) é o macronutriente mais extraído pela bananeira, apresentando importância na qualidade e resistência dos frutos.

O modelo matemático que melhor representou os teores de K encontrados nos frutos verdes foi o quadrático, sendo que o teor máximo de potássio encontrado $11,68 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria seca foi obtido com a dose de 56 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Em relação à omissão de fósforo no solo, a dose estimada promoveu um incremento de $5,9\%$ nos teores de K nos frutos (Figura 10C).

Assim como observado para as variáveis de crescimento e produção, as altas doses de fósforo também promoveram efeito depressivo sobre os teores de potássio nos frutos, isso provavelmente deve-se aos prejuízos no desenvolvimento normal das raízes das bananeiras, impedindo a absorção e o acúmulo de outros nutrientes, como o potássio, elemento facilmente lixiviado. No entanto, Attia et al. (2009) avaliando o efeito de três doses de P, 25% , 50% e 75% de P_2O_5 , em relação à dose comercial, sobre os teores de macro e micronutrientes nos frutos da bananeira ‘Maghrabi’, encontraram resposta linear da adubação fosfatada sobre o teor de potássio nos frutos.

Damatto Júnior (2005), em Botucatu-SP, reporta para a bananeira 'Prata Anã', no primeiro ciclo de produção, um teor médio de K nos frutos verdes de $12,3 \pm 0,4 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria seca, valor este próximo ao encontrado no presente estudo.

Com o acréscimo das doses de fósforo, o teor de cálcio nos frutos aumentou linearmente, sendo encontrados os menores teores na testemunha ($0,56 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria seca), indicando que o fósforo permitiu maior absorção de cálcio pelos frutos (Figura 10D). Moreira et al. (2007) para a bananeira cv. Thap Maeo obtiveram um teor médio de Ca nos frutos referente a $0,50 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria seca.

Os conteúdos de enxofre (S) nos frutos apresentaram comportamento quadrático em função da adubação fosfatada, com máximo teor (1 g kg^{-1} de matéria seca) na dose estimada de 38 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 10E). Resposta semelhante foi relatada por Maia et al. (2003b), o qual observou acréscimo de forma quadrática nos teores de enxofre, nos frutos da bananeira 'Prata Anã', frente à aplicação de quatro doses de fósforo em solo de textura arenosa.

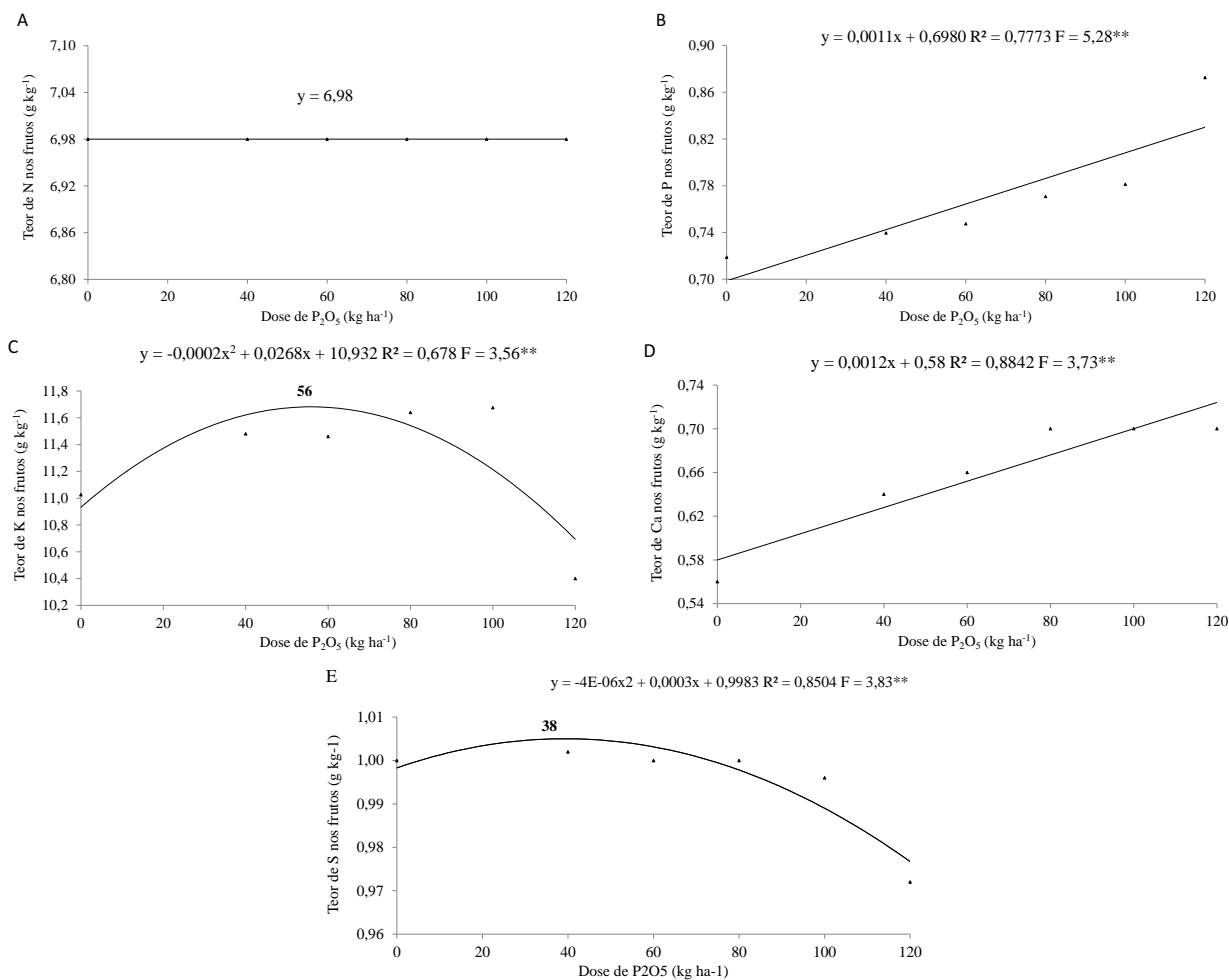


Figura 10. Teores de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D) e enxofre (E) na matéria seca de frutos verdes da bananeira ‘Prata Anã’, em função das diferentes doses de P₂O₅, em kg ha⁻¹, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

Para os teores de micronutrientes presentes nos frutos verdes houve influência significativa das doses de fósforo somente para o ferro (Tabela 7).

Tabela 7. Teores médios de micronutrientes, em mg kg^{-1} de matéria seca, nos frutos verdes da bananeira ‘Prata Anã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

Dose de P_2O_5 (kg ha^{-1})	Boro	Cobre	Ferro mg kg^{-1}	Manganês	Zinco
0	9,17	4,67	16,00	28,00	7,80
40	9,42	5,00	17,00	27,83	8,20
60	9,57	4,00	19,00	30,00	8,00
80	9,23	4,67	20,50	30,33	8,40
100	10,02	4,50	18,20	30,13	8,00
120	9,51	4,00	15,80	29,89	8,00
Efeito	NS	NS	Q**	NS	NS
CV (%)	8,22	12,64	14,39	8,83	8,32

NS: diferença não-significativa pelo teste F ($p > 0,05$); Q: efeito quadrático; ** $p < 0,01$.

O máximo teor de ferro nos frutos verdes ($19,03 \text{ mg kg}^{-1}$ de matéria seca) foi obtido com a dose estimada de 63 kg ha^{-1} de P_2O_5 , sendo que esta proporcionou aumento de 18,9% no conteúdo, em relação à testemunha (Figura 11). Esse incremento deve-se provavelmente ao maior desenvolvimento radicular das bananeiras, que foi favorecido pelas doses de fósforo. De acordo com Novais e Mello (2007), elementos como o Fe, que são transportados predominantemente por difusão, apresentam a quantidade total absorvida bastante influenciada pelo crescimento das raízes. Em contrapartida, altas doses de fósforo podem conferir efeitos depressivos sobre a utilização dos micronutrientes catiônicos (PRADO, 2008), como o ferro, por exemplo, o que foi constatado no presente trabalho.

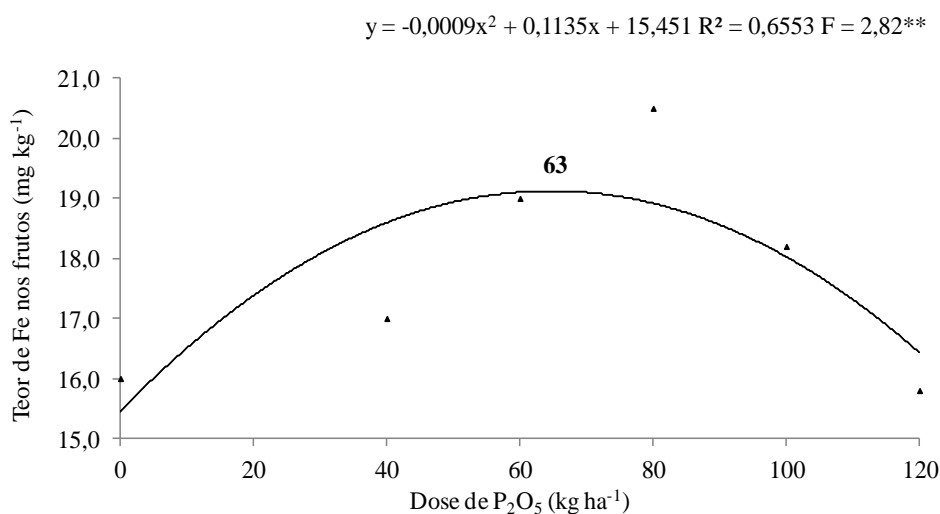


Figura 11. Teor de ferro na matéria seca de frutos verdes da bananeira ‘Prata Anã’, em função das diferentes doses de P₂O₅, em kg ha⁻¹, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

5.3.6.2 Qualidade da banana madura

Praticamente todas as variáveis de qualidade da banana madura não foram influenciadas significativamente pela adubação fosfatada (Tabela 8), exceto quanto ao teor de sólidos solúveis (SS), que apresentou aumento quadrático em função das doses crescentes de fósforo.

O máximo teor de sólidos solúveis (26,1° Brix) encontrado nos frutos foi obtido com a dose estimada de 65 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a qual proporcionou um incremento de 2% nos teores de SS, em relação aos alcançados na ausência da aplicação de fósforo (Figura 12). Entretanto, sob doses acima da ótima estimada houve decréscimo nos teores de sólidos solúveis. Segundo Silva et al. (1999) o baixo suprimento de fósforo à bananeira contribui para a formação de frutos pouco saborosos, isto é, com menos teor de açúcares. Como vários processos metabólicos vitais são dependentes do suprimento de energia (ATP), a nutrição adequada de fósforo tende a favorecê-los (MARSCHNER, 2005) e, conseqüentemente, por exemplo, incrementar a síntese de açúcares. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o teor de sólidos solúveis é considerado uma medida indireta do teor de açúcares (glicose, frutose e sacarose), uma vez que este teor aumenta à medida que os açúcares vão se acumulando no fruto.

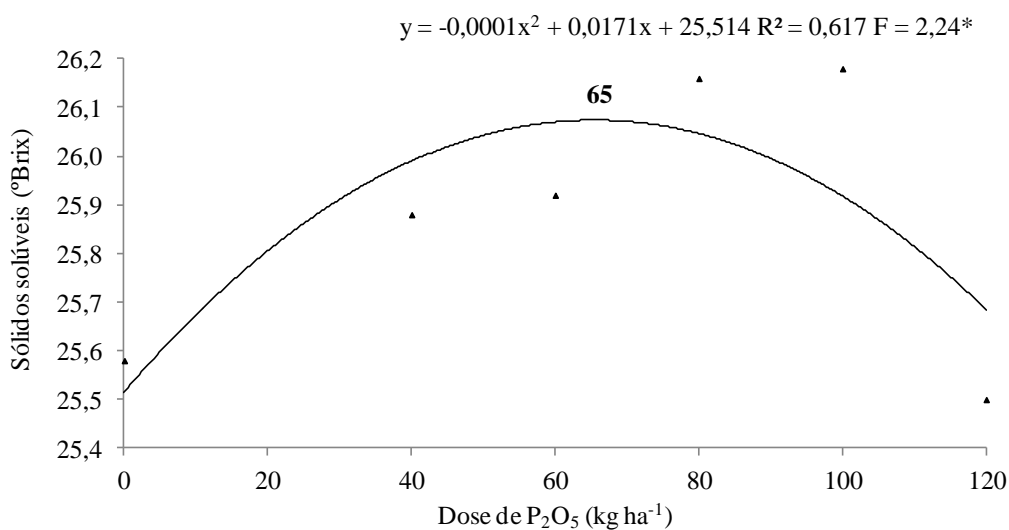


Figura 12. Teores de sólidos solúveis nos frutos maduros da bananeira ‘Prata Anã’, em função das diferentes doses de P₂O₅, em kg ha⁻¹, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

Esperava-se que o efeito da aplicação de fósforo nas variáveis de produção promovesse reflexos na qualidade dos frutos de forma geral, porém tal fato não foi observado no presente estudo. A falta de resposta da adubação fosfatada sobre a maioria dos atributos de qualidade dos frutos também foi mencionada em outras pesquisas. Crisostomo et al. (2008), ao avaliar a influência da adubação NPK, em solo arenoso com teor médio de P disponível (25 mg dm⁻³ - extrator resina), sobre a produção e qualidade dos frutos da bananeira cv. Pacovan (AAB), não observaram efeito significativo da aplicação de fósforo sobre os componentes de qualidade dos frutos (pH, sólidos solúveis e açúcares totais), no primeiro ciclo de cultivo. Em mangueiras cultivar Tommy Atkins, Medeiros (2009) constatou que a firmeza, coloração da casca e polpa, pH, sólidos solúveis (%), teor de vitamina C e acidez total titulável não diferiram significativamente quanto às doses de fósforo aplicadas. Mendonça et al. (2006), testando fontes e doses de fósforo para o maracujazeiro-amarelo, verificaram que a adubação fosfatada, independente da fonte utilizada, não alterou o rendimento de suco, porcentagem de sólidos solúveis totais e a relação SST/ATT. Os autores mencionam que a falta de influência da adubação fosfatada sobre essas variáveis de qualidade, deve-se provavelmente à alta dose de N aplicada para balancear os nutrientes em cada tratamento, o que pode ter contribuído para aumentar a disponibilidade de P e, conseqüentemente, favorecido a absorção do fósforo sob condição

de baixa disponibilidade no solo. De acordo ainda com esses autores, as plantas utilizam com maior eficiência o fósforo quando esse se encontra em baixas concentrações no solo.

Os valores de firmeza dos frutos (média de 2,53 N) (Tabela 8) estão próximos aos relatados por Ribeiro et al. (2013), que citam para frutos maduros da bananeira 'Prata Anã', uma firmeza de 3,15 N. A redução da firmeza é consequência do processo de amadurecimento dos frutos, sendo que as alterações nos valores devem-se principalmente às condições ambientais, ao grau de maturação e a forma imprópria de utilização dos aparelhos manuais durante sua medição (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

A coloração da fruta influencia diretamente os atributos sensoriais e, conseqüentemente, a sua aceitabilidade pelo consumidor. A banana, durante seu amadurecimento, apresenta uma mudança de coloração da casca de verde para amarelo, resultando em aumento nos valores dos parâmetros de cor a^* e b^* , sendo que o valor de L representa o brilho. O aumento da coordenada a^* reflete a redução da cor verde e o aumento de b^* caracteriza o amarelecimento da casca (YANG et al., 2009). Santana et al. (2010) avaliando a cor da casca de frutos maduros do cv. Prata Anã, também utilizando o colorímetro digital Minolta®, encontraram valores médios de $64,58 \pm 5,16$, $0,76 \pm 2,40$ e $50,64 \pm 10,04$, para luminosidade, coordenada a^* e coordenada b^* , respectivamente.

Durante o amadurecimento das bananas ocorre o aumento no teor de açúcares simples, diminuição dos ácidos simples e orgânicos e de compostos fenólicos, culminando com a redução na adstringência e acidez, bem como na liberação de substâncias voláteis, fatores estes responsáveis pelo aroma e sabor, os quais são atributos essenciais para a aceitação da fruta (SOTO BALLESTERO, 2000). As médias obtidas para pH, acidez titulável, índice de maturação (SS/AT) e açúcares redutores (Tabela 8), no presente trabalho, estão de acordo com os valores encontrados por Jesus et al. (2004) em bananas maduras do cv. Prata Anã. Nesse sentido, verifica-se que as doses de fósforo não modificaram de modo geral as características organolépticas da banana madura para esse cultivar.

Tabela 8. Valores médios de firmeza, luminosidade (L), coordenadas *a e *b, pH, acidez titulável (AT), índice de maturação 'Ratio' (SS/AT) e açúcares redutores (AR), nos frutos maduros da bananeira 'Prata Anã', adubada com diferentes doses de fósforo (P₂O₅). FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Firmeza (N)	Coloração da casca			pH	AT ¹ (g 100g ⁻¹)	SS/AT	AR (%)
		L	a*	b*				
0	2,47	65,45	4,97	45,39	4,37	0,46	55,40	19,07
40	2,50	66,03	5,10	45,40	4,40	0,45	58,10	19,49
60	2,53	65,79	4,72	45,83	4,42	0,45	58,19	19,54
80	2,58	66,25	5,13	45,98	4,44	0,45	57,68	19,65
100	2,65	65,95	5,33	46,24	4,45	0,44	60,19	19,68
120	2,44	65,26	4,85	45,22	4,35	0,47	54,98	18,67
Efeito	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	5,52	3,99	7,35	8,86	1,93	5,76	6,01	7,05

NS: diferença não-significativa pelo teste F ($p > 0,05$);

¹Acidez titulável (AT): expressa em g de ácido málico 100 g⁻¹ de polpa.

5.4. CONCLUSÃO

No primeiro ciclo de produção da bananeira 'Prata Anã', cultivada em Latossolo Vermelho Distrófico típico, com estande de 1000 plantas ha⁻¹, a adubação fosfatada promoveu resposta quadrática sobre o crescimento vegetativo, a duração do ciclo das plantas e os componentes de produção, sendo possível determinar as doses mais adequadas de fósforo, que variaram entre 53 a 78 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

As bananeiras apresentaram melhor desempenho agrônômico quando submetidas à doses de fósforo acima da recomendação fornecida para cultura, no estado de São Paulo, 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Constatou-se que os teores de umidade, matéria seca, açúcares e amido nos frutos verdes não foram influenciados pelos tratamentos estudados.

O teor de nitrogênio nos frutos não foi afetado de forma significativa pela variação da dose de fósforo aplicada. Quanto maior a dose de adubo fosfatado, maiores os conteúdos de fósforo e cálcio. Para o potássio e o enxofre houve aumento quadrático em função das doses crescentes de P₂O₅, atingindo valores máximos com as doses de 56 e 38 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. Em relação aos teores de micronutrientes, apenas o ferro foi alterado, com maior teor na dose de 63 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Embora tenha sido observada resposta quadrática nos teores de sólidos solúveis na banana madura, obtendo-se o máximo valor, 26,1° Brix, com a dose de 65 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a aplicação do adubo fosfatado não afetou a qualidade geral dos frutos.

6. Capítulo II – CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DOS FRUTOS DA BANANEIRA ‘MAÇÃ’ EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE FÓSFORO

6.1. INTRODUÇÃO

A adubação caracteriza-se como prática indispensável para a maioria das culturas, uma vez que seu correto manejo proporciona ganhos substanciais em produção e ainda contribui para o aumento na resistência às doenças, bem como na qualidade dos frutos.

A banana é uma das frutas mais consumidas e produzidas no mundo, sendo cultivada principalmente nos países de clima tropical. Atualmente, o Brasil ocupa o quinto lugar no ranking mundial com uma produção de 6,9 milhões de toneladas da fruta em uma área de 481.116 mil hectares, estando atrás do Equador, China, Filipinas e Índia (FAO, 2014).

A evolução da bananicultura brasileira foi possível em virtude dos progressos obtidos no que se refere à comercialização de mudas sadias e de boa qualidade genética, às práticas culturais de manejo pré e pós-colheita, ao desenvolvimento de técnicas fitossanitárias, nutricionais e de irrigação e à melhoria do nível técnico e organizacional do bananicultor brasileiro (LICHTENBERG; LICHTENBERG, 2011).

O estado nutricional das bananeiras é de grande importância, pois a dinâmica dos nutrientes atua diretamente no desenvolvimento vegetativo, amadurecimento e envelhecimento das plantas (FERGUNSON et al., 1999). A exigência em nutrientes pela cultura varia entre os cultivares e até mesmo dentro de um mesmo grupo genômico, em razão, principalmente, das características intrínsecas do cultivar, dos teores de nutrientes no solo e do manejo adotado (BORGES et al., 1999).

O elemento fósforo (P) atua no desenvolvimento do sistema radicular da bananeira, o qual tem grande capacidade de extração desse nutriente do solo, no processo de conversão da energia solar em aminoácidos e fibras, assim como em todos os processos metabólicos que envolvem transferência de energia, através do ATP (adenosina trifosfato) (MARSCHNER, 2005).

O interesse pelo cultivo da bananeira ‘Maçã’ tem apresentado um expressivo aumento devido aos seus frutos atingirem maior preço no mercado, pois nas principais regiões produtoras de banana ocorre uma doença fúngica que dificulta seu cultivo por vários ciclos, que é o “Mal-do-Panamá” (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*). Em regiões do Brasil onde há menor incidência do agente causal do “Mal-do-Panamá”, a produção do cv. Maçã pode ser uma alternativa bastante lucrativa de diversificação das atividades da propriedade agrícola (LEONEL; DAMATTO JÚNIOR, 2007). Entretanto, a maioria dos produtores adeptos ao seu cultivo, visando obter altos rendimentos produtivos no primeiro ciclo de produção, aplicam doses de adubos acima da considerada ideal, contribuindo para o aumento no custo de produção e nos riscos de contaminação ao solo, além de favorecer o desequilíbrio nutricional das plantas.

Tendo em vista a ausência de pesquisas sobre a resposta da bananeira ‘Maçã’ à adubação fosfatada, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de fósforo no solo sobre o crescimento, ciclo cultural, produção e qualidade dos frutos do cv. Maçã.

6.2. MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1. Localização e caracterização da área experimental

O presente trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental São Manuel da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, localizada nas seguintes coordenadas geográficas: 22° 44' 28" S e 48° 34' 37" O e a 740 m de altitude. O clima predominante no município de São Manuel-SP é o temperado mesotérmico (Cfa), conforme os critérios estabelecidos por Köppen, onde a temperatura média do mês mais quente situa-se acima de 22°C e a precipitação pluvial média anual em 1377 mm (CUNHA; MARTINS, 2009). Conforme Espíndola et al. (1974) o solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa, denominado pela nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRAPA, 2006) como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico Típico.

6.2.2. Dados meteorológicos

Durante a condução do experimento (novembro de 2012 a maio de 2014) foram coletados os dados de temperaturas máximas, mínimas, médias e a precipitação pluvial, obtidos junto ao Posto Meteorológico do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP de Botucatu – SP (Figura 1).

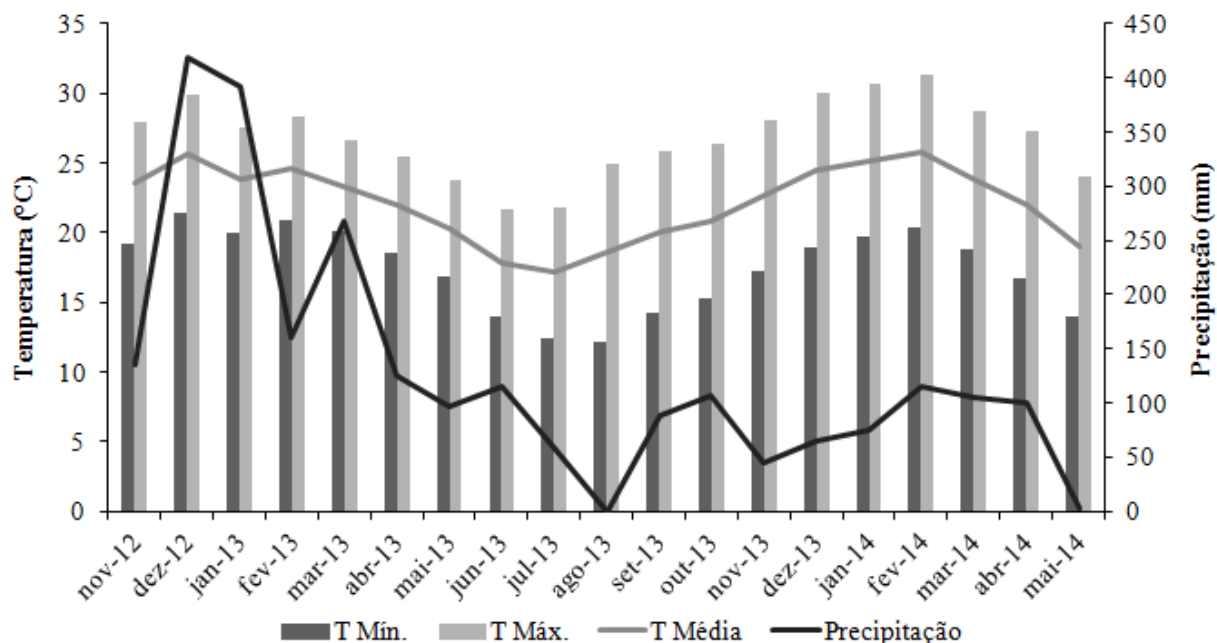


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) e temperaturas máxima, média e mínima (°C) no município de São Manuel-SP, de novembro de 2012 a maio de 2014.

6.2.3. Instalação do experimento

Anteriormente à implantação do bananal foram coletadas amostras de solo da área seguindo a metodologia descrita por Raij e Quaggio (1983), e posteriormente analisadas para a determinação das suas propriedades químicas (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química inicial do solo da área experimental, na profundidade de 0-20 cm. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2012.

pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						mg dm ⁻³	
5,5	12	16	15	1	13	5	19	34	57	1
Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco		
-----mg dm ⁻³ -----										
0,30		0,86		20		13		1,40		

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP/FCA.

Dois meses antes do plantio, a área foi arada e gradeada. No mês de novembro de 2012 as mudas da bananeira 'Maçã' foram transplantadas para o campo, adotando-se o espaçamento de 4 m entre linhas e 2,5 m entre plantas, totalizando 1000 plantas ha⁻¹. Esse espaçamento foi utilizado com a finalidade de permitir a mecanização de alguns tratamentos culturais.

As covas de plantio foram abertas com brocas, nas dimensões de 60 cm de diâmetro por 60 cm de profundidade, sendo aplicados 10 L de esterco de curral, mais a metade das doses de fósforo avaliadas no trabalho em questão, exceto na testemunha, onde a adubação inicial foi realizada apenas com esterco. Também foi adicionado por cova 0,5 kg de calcário dolomítico (PRNT = 96%), visando elevar o índice de saturação por bases para 60% e o teor de magnésio a 9 mmolc dm⁻³ (RAIJ et al., 1997).

As mudas utilizadas no ensaio foram produzidas pelo Laboratório de Biotecnologia do Núcleo de Produção de Mudas de Tietê/SP, do Departamento de Sementes, Mudas e Matrizes/CATI, por intermédio do processo de micropropagação e aclimatizadas em estufa, apresentando certificação de sanidade vegetal. Quando adquiridas, as mudas apresentavam a altura da parte aérea entre 15 e 20 cm e torrão de 6 cm, as quais, logo em seguida, foram repicadas para sacolas de polietileno preto de 18,5 x 10,0 cm, preenchidas com mistura de terra e esterco de curral, na proporção de 2:1 e irrigadas diariamente até o momento do transplante no campo.

O cultivo das bananeiras cv. Maçã foi realizado sob o sistema de sequeiro.

6.2.4. Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos por seis doses de superfosfato triplo, contendo 46% de P₂O₅, de acordo com os dados do fabricante.

A adubação fosfatada consistiu da aplicação das seis doses de fósforo, sendo metade delas aplicada de forma localizada na cova de plantio e o restante das doses aplicado aos 80 dias após o plantio em círculos de 100 cm de diâmetro ao redor das plantas, segundo recomendações propostas por Raij et al. (1997). As doses de superfosfato triplo avaliadas no experimento foram determinadas com base no teor de fósforo no solo igual a 16 mg dm⁻³ (Tabela 1) e em uma produtividade esperada no

primeiro ciclo de cultivo, menor que 20 t ha^{-1} . O teor inicial de fósforo no solo da área experimental foi considerado como médio ($P_{\text{resina}} = 13\text{-}30 \text{ mg dm}^{-3}$) (RAIJ et al., 1997).

Assim, os tratamentos utilizados foram:

Tratamento 1 (T1) = 0 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Testemunha);

Tratamento 2 (T2) = 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 (87 g de superfosfato triplo planta⁻¹);

Tratamento 3 (T3) = 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 (130,4 g de superfosfato triplo planta⁻¹);

Tratamento 4 (T4) = 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 (174 g de superfosfato triplo planta⁻¹);

Tratamento 5 (T5) = 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 (217,4 g de superfosfato triplo planta⁻¹);

Tratamento 6 (T6) = 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 (260,8 g de superfosfato triplo planta⁻¹).

O tratamento dois (T2) correspondeu à dose de fósforo recomendada para a bananeira ‘Maçã’, nas condições experimentais do presente trabalho, conforme critérios preconizados por Raji et al. (1997).

6.2.5. Delineamento experimental

O experimento foi constituído por um total de 60 plantas do cv. Maçã, onde 42 plantas foram consideradas como úteis e as demais como bordadura.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e sete repetições. Para as avaliações pós-colheita utilizaram-se cinco plantas de cada tratamento.

6.2.6. Condução do experimento

- Adubação de formação

A adubação de formação foi realizada 40 dias depois do plantio (dezembro de 2012), utilizando 20% das doses de nitrogênio e potássio recomendadas por Raji et al. (1997), com isso, aplicaram-se 120 g de sulfato de amônio e 110 g de cloreto de potássio. Aos 80 dias após o plantio (fevereiro de 2013) aplicaram-se o restante das doses de superfosfato simples (43,5; 65,2; 87,0; 108,7; 130,4 g planta⁻¹) e 50% das doses de nitrogênio e potássio, isto é, 300 g de sulfato de amônio e 275 g de cloreto de potássio. A

última parcela da adubação com N e K foi aos 140 dias do plantio (junho de 2013), aplicando-se 180 g de sulfato de amônio e 165 g de cloreto de potássio. Os fertilizantes foram aplicados em círculos de 100 cm de diâmetro ao redor da planta, segundo recomendações de Raij et al. (1997).

Em outubro de 2013, aplicou-se 1 kg do composto orgânico PROVASO[®] (0,5% de N, 0,6% de P₂O₅, 0,4% de K₂O, e 15% de carbono orgânico) por família.

- Adubação de produção

No mês de novembro de 2013, foi realizada análise química do solo em área total (Tabela 2). A adubação de produção foi definida de acordo com uma produtividade esperada menor que 20 t ha⁻¹ e com os resultados da análise de solo, sendo parcelada em três aplicações, como recomendada por Raij et al. (1997). Como o teor de fósforo no solo estava alto (RAIJ et al., 2001), não foi preciso fazer uma aplicação em cobertura do nutriente. Os adubos foram aplicados em semicírculos de 100 cm de raio, na frente do rebento mais jovem. Também foi aplicado 10 g de ácido bórico, que foi parcelado em duas vezes, segundo recomendações de Raij et al. (1997).

Tabela 2. Análise química do solo referente a novembro de 2013, na profundidade de 0-20 cm, utilizada para o cálculo da adubação de produção. FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2013.

pH	M.O.	P_{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----							mg dm ⁻³
4,7	10	112	26	2,3	30	15	47	73	64	27
Boro		Cobre		Ferro		Manganês		Zinco		
-----mg dm ⁻³ -----										
0,11		1,1		28		9		0,8		

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP/FCA.

- Outros tratamentos culturais

O controle de plantas daninhas foi realizado sempre que necessário. Nos períodos de chuva e calor intenso, mesmo com o sombreamento do dossel das

bananeiras e os restos das folhas retiradas formando uma cobertura no solo, houve a necessidade de controlar as plantas invasoras por meio de capina manual.

No experimento optou-se pela ausência da eliminação dos perfilhos, visando a não intervenção com ferramentas na área próxima ao sistema radicular das plantas, as quais poderiam provocar ferimentos e atuar como porta de entrada para o agente causal do “Mal-do-Panamá” (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*).

As folhas secas e doentes foram retiradas semanalmente e mantidas na entrelinha com a face adaxial voltada para o solo, a fim de evitar a disseminação de inóculos do fungo causador da “Sigatoka-amarela” (*Mycosphaerella musicola*).

Nos períodos quentes e de maior índice pluviométrico foi constatada a incidência da “Sigatoka-amarela” (*Mycosphaerella musicola*) nas bananeiras, sendo necessária a aplicação do fungicida Tebuconazole (FOLICUR 200 CE - 0,5 L/ha), mais óleo mineral para o controle da doença. O monitoramento da broca-do-rizoma da bananeira (*Cosmopolites sordidus*) foi realizado em fevereiro de 2014, utilizando isca tipo telha e queijo (100 iscas ha⁻¹) e quando atingido o nível de controle, fez-se a aplicação do inseticida Carbofuran, colocando-se cinco gramas do produto por isca. Quinzenalmente, as iscas foram trocadas e o procedimento de controle foi repetido até a diminuição da praga.

A porção terminal da ráquis, conhecida por coração, foi eliminada quando esta se distanciava 10 a 12 cm da última penca.

A colheita dos cachos foi realizada através da observação de parâmetros visuais das frutas, levando-se em consideração a redução da angulosidade das quinias (CAMPOS et al., 2003) e a coloração totalmente verde da casca, correspondendo ao estágio 1 de maturação (CEAGESP, 2006). Os cachos foram colhidos por duas pessoas, sendo que uma cortava o pseudocaule e a outra recebia o cacho sobre o ombro.

Após a colheita, os cachos foram encaminhados ao Laboratório de Fruticultura, do Departamento de Horticultura da FCA/UNESP, para serem submetidos às análises pós-colheita.

6.2.7. Variáveis avaliadas

As avaliações do experimento referem-se ao primeiro ciclo agrícola do cultivar Maçã, compreendendo setembro de 2013 a novembro de 2014.

6.2.7.1. Diagnose nutricional das plantas

Para verificar o estado nutricional das bananeiras ‘Maçã’, em função dos tratamentos avaliados, foram retiradas amostras de tecido foliar de quatro plantas por tratamento. Essas amostras formaram uma amostra composta, que foi utilizada para a determinação dos teores de nutrientes. A amostragem dos tecidos foliares seguiu os procedimentos descritos por Martin-Prével (1984), onde se recomenda coletar uma faixa de 5-10 cm de largura da região central da terceira folha a partir do ápice, descartando o pecíolo e as bordas. A coleta das folhas foi realizada quando a inflorescência encontrava-se com todas as pencas femininas descobertas (sem brácteas) e com no máximo três pencas de flores masculinas (MARTIN-PRÉVEL, 1984). Após a coleta, as amostras foliares foram lavadas rapidamente com água deionizada, secas em estufa com circulação forçada de ar, a 65 °C, por 60 horas, moídas e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Ambientais da UNESP/FCA, onde se realizou a análise química foliar, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

6.2.7.2. Atributos químicos do solo

Após a colheita dos cachos (abril de 2014), foram retiradas quatro amostras simples de solo por tratamento, na profundidade de 0-20 cm, as quais constituíram uma amostra composta. Nestas determinaram-se os teores de macronutrientes (potássio, fósforo, cálcio e magnésio) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn). Avaliou-se também o pH, o teor de matéria orgânica (M.O.), a soma de bases (SB), a capacidade de troca catiônica (CTC) e a saturação por bases (V%). A amostragem do solo foi realizada segundo recomendações de Raij et al. (1997) e as amostras coletadas, analisadas conforme metodologia preconizada por Raij e Quaggio (1983).

6.2.7.3. Desempenho agrônômico vegetativo

Foram avaliados os atributos de crescimento das plantas, como: altura, circunferência do pseudocaule e número de folhas ativas, mensurando-se tais variáveis biométricas no momento da emissão da inflorescência.

- **Altura das plantas:** distância entre o nível do solo e a inserção da roseta foliar, medida com régua graduada e os resultados expressos em metros (m);

- **Diâmetro do pseudocaule (DP):** mensurado a 30 cm da superfície do solo, medindo sua circunferência (C) com o auxílio de uma fita métrica e obtendo-se o diâmetro pela fórmula: $DP = C/\pi$, sendo os resultados expressos em centímetros (cm);

- **Número de folhas ativas:** contagem do número de folhas que apresentavam mais da metade (50%) da área verde.

6.2.7.4. Duração do ciclo das plantas

O ciclo da cultura foi avaliado determinando-se a duração das seguintes principais fases de desenvolvimento das bananeiras:

- **Plantio ao florescimento:** intervalo de tempo, em dias, entre o plantio e o surgimento da inflorescência.

- **Florescimento a colheita:** intervalo de tempo, em dias, entre a emissão da inflorescência e a colheita do cacho.

- **Plantio a colheita (ciclo da cultura):** intervalo, em dias, do transplante da muda no campo à colheita do cacho.

6.2.7.5. Desempenho agrônômico produtivo

Com a colheita dos cachos, avaliaram-se as seguintes variáveis: massa dos frutos (kg), massa da ráquis (kg), massa do cacho (kg), número de frutos por cacho, produtividade ($t\ ha^{-1}$) e número de pencas. Na segunda penca foi determinada a

massa (kg), o número de frutos, o comprimento (cm) e o diâmetro (mm) dos cinco frutos centrais.

- **Produtividade:** foi calculada considerando-se a massa do cacho e um estande de 1000 plantas ha⁻¹.

- **Comprimento dos frutos:** distância entre as extremidades de cinco frutos centrais da segunda penca, com o uso de fita métrica, sendo os resultados expressos em centímetros (cm).

- **Diâmetro dos frutos:** foi medido na região central de cinco frutos da segunda penca, com o auxílio de um paquímetro digital e os resultados expressos em mm.

6.2.7.6. Caracterização física e físico-química dos frutos

6.2.7.6.1. Avaliações nos frutos verdes

Para as avaliações físicas e físico-químicas da banana verde, selecionaram-se aleatoriamente de cada cacho colhido, doze frutos no estágio 1 de maturação (casca totalmente verde) de acordo com Von Loesecke (CEAGESP, 2006). Os frutos foram higienizados com água potável, descascados e fatiados em espessuras de aproximadamente 0,6 cm, sendo retirada uma amostra para a análise da umidade. O restante foi acondicionado em bandejas e levados para estufa com circulação de ar forçado, a 50°C, por 48 horas. Após desidratadas, as fatias foram moídas em moinho tipo faca.

Nos frutos desidratados foram realizadas as análises dos teores de umidade, açúcares totais, açúcares redutores, amido e de macro e micronutrientes, cujas metodologias utilizadas estão descritas abaixo. Os resultados dos teores de amido e açúcares foram posteriormente convertidos para a base úmida, utilizando-se para isso os valores de umidade presentes tanto nos frutos verdes, quanto no material desidratado.

Teor de umidade e matéria seca:

Para a determinação do teor de umidade no fruto e, conseqüentemente, da matéria seca, primeiramente secaram-se cadinhos de porcelana vazios em estufa de circulação forçada à temperatura de 104°C por 1 hora. Em seguida, os

cadinhos foram retirados, deixados em dessecador para esfriar durante 30 minutos e então pesados. Em cada cadinho adicionou aproximadamente 3 g de amostra (fatia de banana ou material desidratado), anotando-se a massa exata do conjunto. Os cadinhos contendo a amostra foram levados para estufa à 104°C durante 8 horas, sendo depois retirados, resfriados em dessecador por 30 minutos e pesados. O procedimento foi repetido até a obtenção de massas constantes e realizado conforme as recomendações estabelecidas pela AACC (1983).

Os resultados do teor de matéria seca e umidade foram expressos em porcentagem e obtidos através dos cálculos descritos a seguir.

- Cálculo 1

$$\text{E.S.T.} = \frac{(\text{Peso do cadinho com amostra seca} - \text{Peso do cadinho vazio}) \times 100}{\text{Amostra}}$$

- Cálculo 2

$$\% \text{ Umidade} = 100 - \text{Matéria seca}$$

Açúcar total e açúcar redutor:

A análise dos teores de açúcares seguiu a metodologia descrita por Somogy e adaptada por Nelson (1944), com algumas modificações. Pesou-se próximo de 1g de amostra em um erlenmeyer de 250 ml e anotado sua massa exata, adicionando-se logo em seguida 50 ml de água destilada. Os erlenmeyers foram submetidos à agitação constante em mesa agitadora por 15 minutos e posteriormente, o conteúdo presente foi transferido para balão volumétrico de 100 ml, sendo completado o volume com água destilada. Após a diluição, a solução foi filtrada com papel filtro simples, despejando o filtrado em um becker.

Para a determinação dos açúcares redutores foram transferidos 20 ml da solução filtrada para balão volumétrico de 100 ml, completando seu volume com água destilada. Dessa diluição, retirou-se 1 ml, que foi adicionado em tubo de ensaio, onde acrescentou-se 1 ml da solução de Somogy. Os tubos de ensaio foram tampados com bolinhas de vidro para evitar a evaporação e encaminhados para o banho de aquecimento a 65°C durante 30 minutos sob agitação constante. Com a retirada dos tubos e o esfriamento à temperatura ambiente, acrescentou-se nos mesmos 1 ml do reativo de Nelson e 7 ml de água destilada. Também foi preparada uma prova em branco contendo todos os reagentes,

exceto a amostra. Após os tubos de ensaio serem homogeneizados em agitador de tubos Vortex, realizou-se a leitura dos valores de absorvância no espectrofotômetro Celm E-225D com fluxo contínuo EVLAB, EV 013 a 535 nm, zerando este com a prova em branco. Quando as leituras ultrapassaram a constante da curva padrão de glicose, foi realizada uma nova diluição com a segunda solução preparada, diluindo-se 25 ml em 100 ml de água destilada.

Quanto à determinação dos açúcares totais, foram transferidos 10 ml da solução filtrada para balão volumétrico, acrescentando-se 50 ml de água destilada e 6 ml de HCl 0,1 N. Os balões volumétricos foram levados para autoclave, onde permaneceram por 15 minutos sob 1 ATM. Após o arrefecimento das amostras à temperatura ambiente, essas foram neutralizadas com 1,5 ml de carbonato de sódio concentrado e transferidas quantitativamente para um novo balão volumétrico de 100 ml, completando-se o volume com água destilada. Pipetou-se 1 ml da solução diluída e transferiu-se para um tubo de ensaio, acrescentando-se 1ml do reativo de Somogy. Os tubos foram tampados com bolinhas de vidro e levados ao banho de aquecimento com água em ebulição, durante 10 minutos. Após a retirada dos tubos do banho, estes foram esfriados até atingir a temperatura ambiente, sendo acrescentado 1 ml do reativo de Nelson e 7 ml de água destilada. Em seguida, os tubos foram homogeneizados em agitador de tubos Vortex e fez-se a leitura da absorvância no espectrofotômetro a 535 nm, zerando com a prova em branco. Os resultados dos teores de açúcares foram expressos em porcentagem e obtidos conforme os cálculos demonstrados.

Açúcar total e açúcar redutor (%) = $(A \times K \times 100) / \mu\text{g}$

Onde:

A = leitura da absorvância a 535 nm;

K = constante da curva padrão de glicose;

μg = massa da amostra em microgramas presente na alíquota da reação.

Teor de Amido:

Pesou-se aproximadamente 1g do material desidratado em um erlenmeyer de 125 ml, anotando sua massa exata, sendo também preparada uma prova em branco em outro erlenmeyer com todos os reagentes, exceto a amostra. Em seguida, adicionaram-se 50 ml de água destilada e 6 ml de HCl 0,1 N. Tampou-se o erlenmeyer com

papel alumínio, onde foi mantido em autoclave, por 15 minutos, sob 1 ATM. As amostras foram esfriadas, neutralizadas com carbonato de sódio, até atingirem pH 7 e transferidas para um balão volumétrico, sendo completado seu volume para 100 ml. Posteriormente, o conteúdo do balão foi filtrado em papel filtro simples, recebendo o filtrado em becker, e retirado deste 1 ml para ser diluído novamente em balão de 100 ml. Após a diluição, adicionou-se 1 ml do conteúdo presente no balão volumétrico em tubos de ensaio, acrescentando-se 1 ml da solução de Somogy. Assim, os tubos de ensaio foram tampados com bolinhas de vidro para evitar a evaporação e mantidos em banho de aquecimento a 65°C, por 30 minutos, com agitação constante. Depois do banho, os tubos foram esfriados até atingirem a temperatura ambiente, acrescentando-se 1 ml do reativo de Nelson e 7 ml de água destilada. Após a homogeneização dos tubos de ensaio, no agitador Vortex, foi realizada a leitura da absorbância no espectrofotômetro, marca Celm, modelo E-225D com fluxo contínuo a 535 nm, zerando o aparelho com a prova em branco. O teor de amido presente nas amostras foi determinado segundo a metodologia descrita por Somogy (1937), adaptada por Nelson (1944). Os resultados foram expressos em % e obtidos por meio dos cálculos descritos abaixo.

- Cálculo 1

% de amido = (Leitura da absorbância x K x 100) / μg

- Cálculo 2

Teor de Amido (%) = Resultado do cálculo 1 – % AT x 0,9

Onde:

K = constante da curva padrão de glicose;

μg = massa da amostra em microgramas presente na alíquota da reação;

AT = açúcar total;

0,9 = fator de correção do amido.

Teores de macro e micronutrientes nos frutos:

A determinação dos teores de macro e micronutrientes foi efetuada conforme as metodologias descritas por Malavolta et al. (1997), cujos resultados foram representados em gramas por quilograma (g kg^{-1}) e miligramas por quilograma (mg kg^{-1}) de matéria seca, respectivamente. O N foi extraído por digestão sulfúrica e determinado

pelo método semi-micro-Kjeldahl. O P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn foram extraídos por digestão nítrico-perclórica e determinados por colorimetria do metavanadato (P), espectrofotometria de absorção atômica (K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn) e turbidimetria do sulfato de bário (S). Quanto ao B, este foi extraído por incineração, via seca e determinado por colorimetria da azometina H. O método, Colorimetria do metavanadato, utilizado na determinação do teor de fósforo (P) no tecido vegetal baseia-se na formação de um composto amarelo do sistema vanadomolibdofosfórico em acidez de 0,2 a 1,6 N, sendo que a cor desenvolvida foi medida em espectrofotômetro UV/VIS.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Ambientais da UNESP/FCA.

6.2.7.6.2. Avaliações na banana madura

As pencas utilizadas nas avaliações foram mantidas em bancadas expostas à temperatura ambiente (valor mediano de 25°C), até sua completa maturação. Quando os frutos atingiram o estágio de amadurecimento 6 (casca 100% amarela), de acordo com a escala de Von Loesecke (CEAGESP, 2006) foram analisados. Dessa forma, procederam-se às seguintes análises nos cinco frutos centrais da segunda penca madura:

Firmeza:

Para a avaliação da firmeza utilizou-se o texturômetro (TA. XT Plus Texture Analyser) com ponta de prova SMS P/2N e velocidade de penetração de 2,0 mm s⁻¹. A leitura foi realizada em dois diferentes pontos centrais dos frutos com casca, cujos resultados obtidos foram expressos em Newton (N).

Coloração da casca:

Determinada na região equatorial do fruto, com auxílio do Colorímetro marca Minolta, modelo CR-300. Os resultados foram expressos em coordenadas de cor no espaço L*a*b, onde o L indica luminosidade ou brilho, a* está relacionada com a intensidade de verde/amarelo e b* com a intensidade azul/amarelo.

pH:

Foi mensurado em polpa homogeneizada dos frutos, triturados com auxílio de um ‘mixer’, utilizando o potenciômetro da marca Digimed DMPH-2, seguindo os procedimentos recomendados pela AOAC (2005).

Acidez titulável (AT):

Obtida de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005), utilizando-se 5 g de polpa homogeneizada em triturador doméstico tipo ‘mixer’ e diluída em 95 mL de água destilada, seguida da titulação com solução padronizada de NaOH a 0,1N, tendo como indicador o ponto de viragem da fenolftaleína. Os resultados foram expressos em porcentagem, correspondente a g de ácido málico 100 g⁻¹ da amostra.

Sólidos solúveis (SS):

Determinado pela leitura refratométrica direta em graus Brix (°Brix) de uma alíquota da polpa homogeneizada, em refratômetro digital tipo Palette PR – 32, marca ATAGO, com compensação de temperatura automática, conforme critérios da AOAC (2005).

Índice de maturação ‘Ratio’ (SS/AT):

Calculado através da relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável.

Açúcares redutores (frutose e glicose):

A análise dos teores de açúcares presente na polpa dos frutos maduros, também foi realizada conforme a metodologia descrita por Somogy, adaptada por Nelson (1944). O aparelho utilizado foi o espectrofotômetro Celm E-225D com fluxo contínuo EVLAB, EV 013 a 535 nm, e leitura realizada a 535 nm. Os resultados foram expressos em porcentagem.

6.2.8. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando houve efeito significativo para doses de fósforo, de acordo com o teste F a 5% de probabilidade ($p < 0,05$), foi realizada a análise de regressão visando constatar o efeito da adubação fosfatada sobre as características avaliadas. As análises foram realizadas no programa

SISVAR 5.0 - Programa de Análises Estatísticas e Planejamento de Experimentos da Universidade de Lavras (FERREIRA, 2000).

6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1. Diagnose nutricional das plantas

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3 observa-se de forma geral que os teores de nutrientes revelados na época de florescimento nas folhas da bananeira ‘Maçã’, obedeceram a seguinte ordem de concentração: macronutrientes N>K>Ca>Mg>S>P e micronutrientes Mn>Fe>B>Zn>Cu.

Tomando como padrão nutricional a faixa de macronutrientes considerada adequada para o cv. Prata Anã (AAB), os teores foliares de cálcio e magnésio nas bananeiras ‘Maçã’ encontravam-se dentro do intervalo recomendado (Ca = 4,5 - 7,5 g kg⁻¹ e Mg = 2,4 - 4,0 g kg⁻¹), porém, na testemunha, os teores de fósforo nas folhas (1,4 g kg⁻¹) mostraram-se abaixo do valor adequado. No tratamento correspondente a maior dose de P₂O₅, os teores de nitrogênio (24 g kg⁻¹) e enxofre (1,6 g kg⁻¹) estavam deficientes. O teor de potássio, em todos os níveis de fósforo aplicados ao solo, foi inferior ao intervalo-padrão recomendado (SILVA et al., 2002). Entretanto, não foram verificados sintomas de deficiência de potássio nas bananeiras.

Em relação aos micronutrientes, os teores médios de B, Cu e Fe estavam na faixa de suficiência estabelecida por Borges e Souza (2009b), somente os teores de manganês mostraram-se excessivos para todos os tratamentos, contudo, as plantas não apresentaram sintomas visuais de toxidez. A concentração média de zinco na testemunha foi de 13 mg kg⁻¹, valor abaixo do intervalo adequado para a cultura (BORGES; SOUZA, 2009b).

Por meio da Tabela 3, verifica-se que o conteúdo de P foliar variou muito pouco quando comparado à alteração ocorrida no solo (Tabela 4). O mesmo comportamento foi constatado em experimento realizado por Silva et al. (2013), onde a elevação do teor de P no solo promovida pela aplicação de fósforo não alterou o nível do nutriente na folha da bananeira Prata Anã, nos quatro ciclos de produção. Com isso, é possível inferir que a terceira folha a partir do ápice, utilizada comumente na análise dos

teores de nutrientes, não apresenta sensibilidade para detectar deficiência ou excesso de P na bananeira. De acordo com Lahav e Turner (1983), a análise do pecíolo ou da nervura central pode ser mais precisa que o limbo foliar para determinar o teor de P.

Tabela 3. Teores médios de macro e micronutrientes em folhas de bananeira ‘Maçã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2013.

Doses de P_2O_5 (t ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0	26	1,4	21	8	3,5	1,7	15	8	176	1493	14
40	27	1,5	23	11	4,1	1,9	17	7	188	1285	16
60	28	1,7	25	10	5,0	1,8	20	7	137	1228	14
80	25	1,8	22	8	4,2	1,8	16	7	125	1900	14
100	27	1,6	20	7	3,7	1,7	14	7	120	1052	15
120	24	1,5	17	7	3,1	1,6	12	6	114	1840	13

Fonte: Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP/FCA.

6.3.2. Atributos químicos do solo

Nas tabelas 4 e 5 são apresentados os efeitos dos tratamentos sobre os atributos químicos do solo, após o primeiro ciclo de cultivo da bananeira ‘Maçã’. Com exceção para as maiores doses de fósforo, que apresentaram valores baixos de pH, os demais tratamentos encontravam-se dentro de uma faixa considerada como média (pH = 5,1-5,5) (RAIJ et al., 1997). O maior teor de matéria orgânica (13 g dm⁻³) foi verificado nas doses 40 e 60 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , enquanto o teor mais baixo (9 g dm⁻³) na dose 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 .

Quanto ao fósforo, somente na testemunha o nível de P disponível (5 mg dm⁻³) foi classificado como baixo (RAIJ et al., 1997). Os altos teores de P disponível no solo em função da aplicação de fósforo (Tabela 4) devem-se possivelmente à capacidade da adsorção do P diminuir com a elevação da concentração deste nutriente no solo (WHALEN; CHANG, 2002). Por outro lado, os níveis de potássio estavam dentro da faixa considerada como média (1,6-3,0 mmol_c dm⁻³). Os teores de cálcio se mostraram alto para todas as doses de fósforo aplicadas, diferentemente para o magnésio, que foi considerado médio (5-8 mmol_c dm⁻³) na dose 100 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , de acordo com Raij et al. (1997). A saturação por bases (V%) esteve acima da recomendada para a cultura da

bananeira (60%) nas doses 0, 40 e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, entretanto, nos demais tratamentos a V% mostrou-se em níveis abaixo do sugerido por Rajj et al. (1997).

Com relação aos micronutrientes, os conteúdos de cobre, ferro e manganês encontravam-se altos no solo, enquanto para o boro, o teor mostrou-se médio (0,21-0,60 mg dm⁻³) para todos os tratamentos (Tabela 5). Os teores de zinco foram considerados baixos (0,0-0,5 mg dm⁻³) na maior dose de fósforo aplicada e médios (0,6-1,2 mg dm⁻³) nos demais níveis de P₂O₅, conforme estabelecido por Rajj et al. (1997).

Tabela 4. Teores de macronutrientes e valores de pH, M.O., SB, CTC e V%, na camada de 0-20 cm de profundidade, em solo cultivado com bananeira ‘Maçã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P₂O₅). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2014.

Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						
0	5,1	12	5	21	2,0	21	10	33	53	62
40	5,4	13	85	19	2,4	23	11	36	55	65
60	5,2	13	238	20	2,3	24	10	36	56	64
80	5,1	10	253	22	2,1	20	9	31	53	58
100	5,0	11	249	22	2,0	20	8	30	52	58
120	5,0	9	265	21	2,1	19	9	30	51	59

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP/FCA.

Tabela 5. Teores de micronutrientes, na camada de 0-20 cm de profundidade, em solo cultivado com bananeira ‘Maçã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P₂O₅). FCA/UNESP, São Manuel-SP, 2014.

Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco
	mg/dm ³				
0	0,30	1,0	20	5,3	0,7
40	0,44	1,2	26	5,5	1,0
60	0,39	1,0	32	5,8	0,8
80	0,28	1,1	18	6,0	0,6
100	0,25	1,1	16	4,7	0,7
120	0,22	0,9	13	5,1	0,4

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP/FCA.

6.3.3. Desempenho agrônômico vegetativo

As variáveis de crescimento foram influenciadas de forma significativa pelas doses crescentes de superfosfato triplo, sendo que todos os ajustes obtidos foram de ordem quadrática (Figuras 2, 3 e 4).

Para a altura de plantas, o maior valor alcançado foi de 2,84 m com a dose 51 kg ha⁻¹ de P₂O₅. As bananeiras que não receberam a adubação fosfatada apresentaram uma redução em altura de 4,1%, quando em comparação com a dose ótima de fósforo (Figura 2).

Segundo Gonçalves et al. (2008), a altura das plantas é uma característica vegetativa relevante para a cultura da bananeira, pois está relacionada ao adensamento do plantio e, conseqüentemente, ao manejo e à produtividade. Aliado a isso, em estudo realizado por Leonel et al. (2004), estimando correlações entre características de crescimento e produção em diferentes genótipos de bananeira, esses autores observaram que o peso das pencas e o número de frutos por cacho se relacionaram de forma significativa e positivamente com a altura de plantas para o cultivar Maçã.

Em bananeiras cv. Pacovan (AAB) de primeiro ciclo, Reis e Chepote (2008) estudando o efeito da aplicação de fósforo (0, 50, 100, 150 e 200 kg de P₂O₅ ha⁻¹) em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, também encontraram resposta quadrática para a variável altura de plantas, sendo alcançado o maior valor com a aplicação de 144 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Por outro lado, Silva et al. (2013) em Latossolo Vermelho, argiloso, com teor de P disponível igual a 4,6 mg dm⁻³, verificaram aumento linear para a altura de plantas, em bananeiras do subgrupo Prata, frente as diferentes doses de superfosfato triplo avaliadas (0, 50, 100, 200 e 300 g de P₂O₅ por planta).

Considerando a resposta da adubação fosfatada em outros grupos genômicos de bananeira, Navaneethakrishnan et al. (2013), avaliando a influência de doses de nitrogênio e fósforo sobre o crescimento do cv. Grand Naine (AAA) observaram que houve diferença significativa entre os dois níveis de P testados (60 g e 90 de P₂O₅ por planta), onde a menor dose de P resultou na formação de plantas maiores.

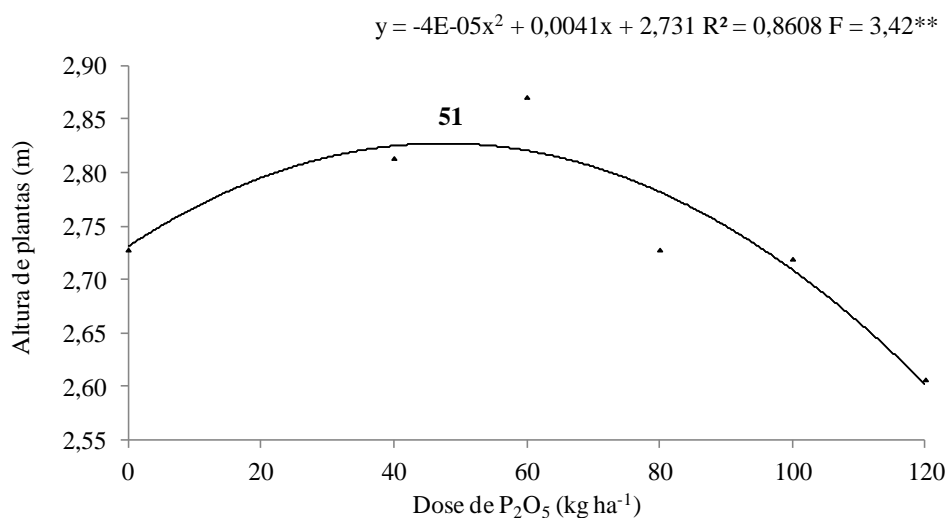


Figura 2. Altura da bananeira ‘Maçã’, na emissão da inflorescência, em função das diferentes doses de P₂O₅, em kg ha⁻¹, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

O valor máximo de diâmetro do pseudocaule foi obtido com a dose estimada correspondente a 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 3). Comparando o valor de 20,87 cm, obtido com as plantas que não foram suplementadas com fósforo, e o ponto de máximo calculado, houve um incremento de 4,6%, sendo que doses acima da ótima promoveram progressiva redução no diâmetro. Comportamento semelhante foi registrado por Silva et al. (2011), que ao avaliarem o efeito da aplicação de fósforo em dois tipos de Latossolos sobre o desenvolvimento de mudas de bananeira ‘Prata Anã’, identificaram aumento quadrático no diâmetro do pseudocaule, em função da adubação fosfatada. Conforme esses autores a aplicação de fósforo na cultura da banana é necessária, pois garante que as plantas desenvolvam-se com maior vigor no estágio inicial de crescimento, principalmente quando cultivadas em solo com baixo teor de fósforo disponível. Reis e Chepote (2008) também mencionaram resposta quadrática da aplicação de fósforo sobre o diâmetro do pseudocaule das bananeiras ‘Pacovan’. Entretanto, Silva et al. (2013) em ensaio avaliando o efeito de diferentes doses de fósforo sobre o crescimento e produção da bananeira ‘Prata Anã’, verificaram que o fósforo promoveu aumento linear no diâmetro do pseudocaule.

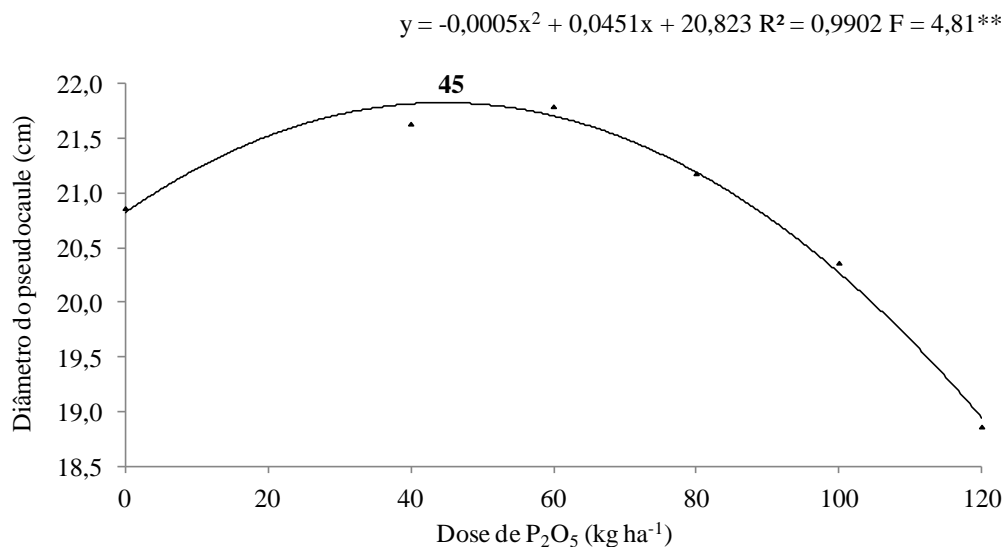


Figura 3. Diâmetro do pseudocaule da bananeira ‘Maçã’, na emissão da inflorescência, em função das diferentes doses de P₂O₅, em kg ha⁻¹, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

Conforme Hinz e Lichtemberg (2004), para o alcance de uma boa produção é adequado que as bananeiras apresentem um número de 12 folhas funcionais na ocasião da emissão da inflorescência e no mínimo 9 no momento da colheita.

Da mesma maneira para o diâmetro do pseudocaule, o valor máximo do número de folhas ativas (15 folhas) também foi estimado com 44 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 4), indicando que a dose ideal de fósforo para o maior crescimento vegetativo da bananeira ‘Maçã’ encontra-se próximo a esse valor. Em relação à testemunha, a dose estimada de 44 kg ha⁻¹ de P₂O₅ propiciou um aumento de 3,8% no número de folhas ativas. Contrariamente, Silva et al. (2013) não observaram efeito significativo da aplicação de fósforo em Latossolo Vermelho, argiloso, com teor de P disponível igual a 4,6 mg dm⁻³, sobre o número de folhas da bananeira ‘Prata Anã’, pois segundo os autores a cultura é pouco exigente em fósforo.

Nunes (2009) trabalhando com diferentes doses de fósforo (17, 122, 175, 227 e 332 kg ha⁻¹ de P₂O₅), combinadas com 490 e 576 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente, obtiveram resposta linear crescente para o número de folhas em função das doses de P, aos 120 e 150 dias após o plantio.

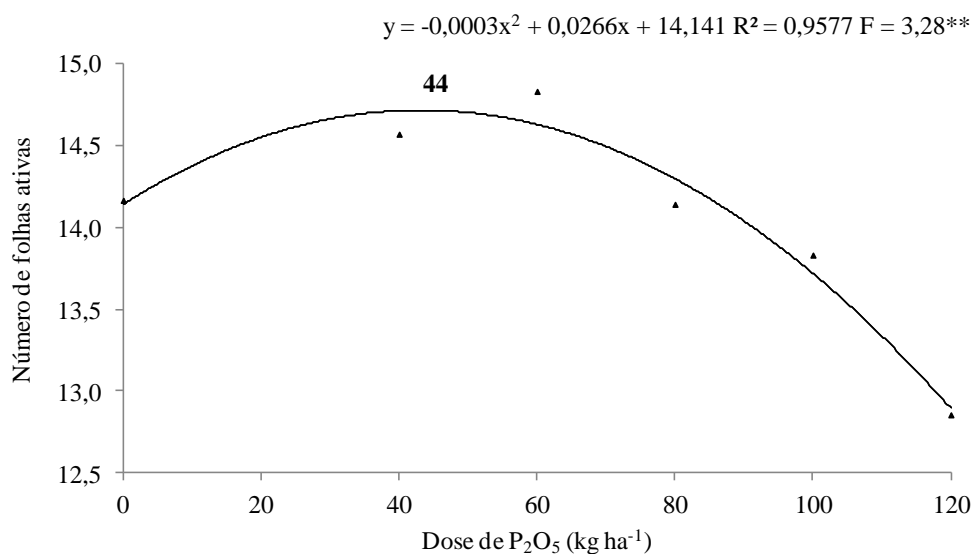


Figura 4. Número de folhas ativas da bananeira ‘Maçã’, na emissão da inflorescência, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

Embora a bananeira não necessite de grandes quantidades de fósforo e o teor inicial de P disponível do solo ($16\ mg\ dm^{-3}$), no presente experimento, seja considerado como médio, a adubação fosfatada influenciou significativamente o desempenho vegetativo das plantas, mostrando que a aplicação de fósforo é relevante para o desenvolvimento e crescimento da bananeira ‘Maçã’.

O incremento nas variáveis de crescimento vegetativo, proporcionado pela aplicação de fósforo, deve-se provavelmente a este nutriente ser essencial ao crescimento das plantas, pois está envolvido na síntese de proteínas, constituindo nucleoproteínas necessárias à divisão celular (MALAVOLTA, 2006). Porém, o efeito depressivo observado a partir das doses estimadas de fósforo, pode estar relacionado às elevadas concentrações de P reduzirem a atividade fotossintética, uma vez que ocorre exportação excessiva de triose-P da mitocôndria para o citosol, prejudicando a regeneração da RuBP (Ribulose-1,5-bifosfato) e, conseqüentemente, a fixação de CO_2 no processo fotossintético (MARSCHNER, 2005). No entanto, somente um diagnóstico nutricional preciso pode confirmar essa afirmação.

6.3.4. Duração do ciclo das plantas

As doses de fósforo, aplicadas na forma de superfosfato triplo, influenciaram significativamente a duração, em dias, do plantio ao florescimento, do florescimento a colheita e o ciclo cultural das bananeiras ‘Maçã’, cujos efeitos foram quadráticos. A mínima duração em dias do plantio ao florescimento, 367 dias, foi alcançada com a dose estimada de 61 kg ha⁻¹ de P₂O₅, por outro lado, para o número de dias do florescimento a colheita, a menor duração (114 dias) foi obtida com a dose de 53 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Quanto ao ciclo total ou cultural, a maior precocidade das plantas, 480 dias, foi proporcionada pela dose estimada de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figuras 5, 6 e 7).

A antecipação da colheita dos cachos, favorecida pela dose ótima de fósforo determinada no estudo, constitui um resultado de grande interesse para os bananicultores, pois quanto menor a permanência dos frutos no campo, menores são as chances de ocorrerem danos aos mesmos, além do retorno econômico ser mais rápido. Para a bananeira ‘Maçã’, fatores de cultivo que permitam reduzir seu ciclo de produção é extremamente relevante, uma vez que nas principais regiões produtoras de banana há a ocorrência da doença fúngica “Mal-do-Panamá” (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*), que dificulta o seu cultivo por vários anos. Porém, de acordo com a análise de regressão, doses acima da estimada estenderam o ciclo cultural das bananeiras, assumindo efeito negativo.

Altas concentrações de fósforo no solo podem afetar a disponibilidade de outros nutrientes e, conseqüentemente, prejudicar o desenvolvimento vegetal. Os fosfatos tendem a reduzir a solubilidade do zinco, pela formação de fosfatos de zinco no solo e induzir a deficiência de ferro, por meio da redução de sua mobilidade na planta (DECHEN; NACHTIGAL, 2007).

A aplicação de doses adequadas de P estimula a floração, pois favorece o desenvolvimento do sistema radicular, elevando a absorção de água e nutrientes (MARSCHNER, 2005). Aliado a isso, segundo Raij (1991), o suprimento adequado de fósforo garante a formação dos primórdios das partes reprodutivas e incrementa a precocidade da produção.

Harthi e Yahya (2009) avaliando o crescimento e a produção da bananeira cv. Williams (AAA), submetida à aplicação de quatro combinações de N (uréia), P₂O₅ (superfosfato triplo) e K₂O (cloreto de potássio): 0-0-0; 300-50-250; 600-100-500 e 900-150-750 g planta⁻¹ ano⁻¹, em solo arenoso, verificaram que o número total de dias do

plântio à colheita não foi significativamente afetado pelos tratamentos, porém, a combinação contendo a maior dose de todos os nutrientes, contribuiu para um menor ciclo cultural das bananeiras.

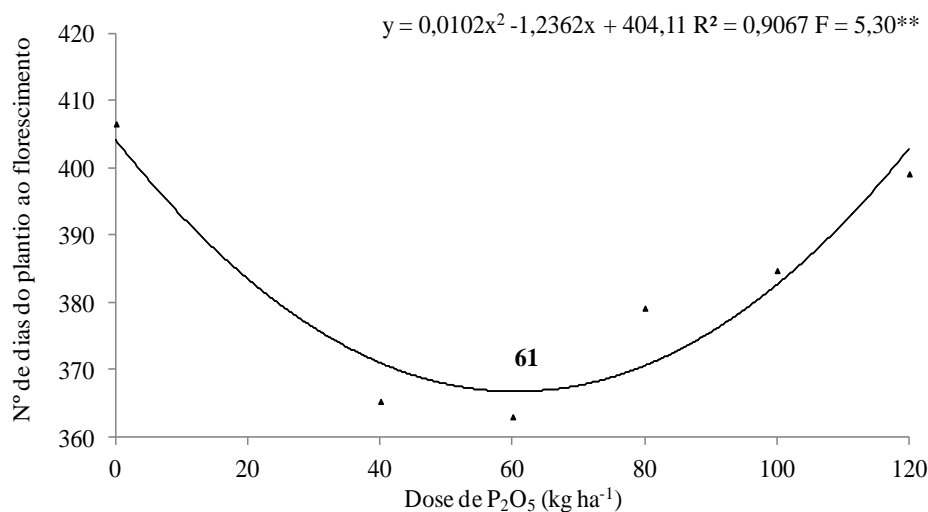


Figura 5. Número de dias do plantio ao florescimento na bananeira ‘Maçã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

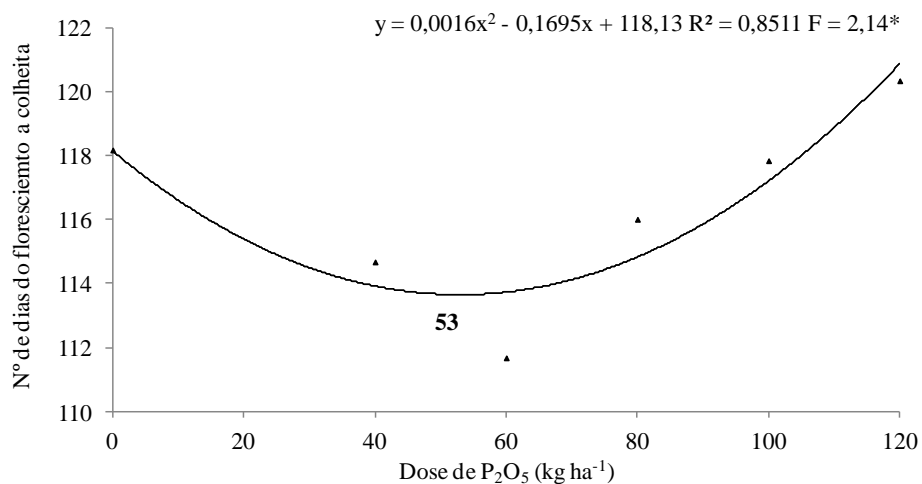


Figura 6. Número de dias do florescimento a colheita na bananeira ‘Maçã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

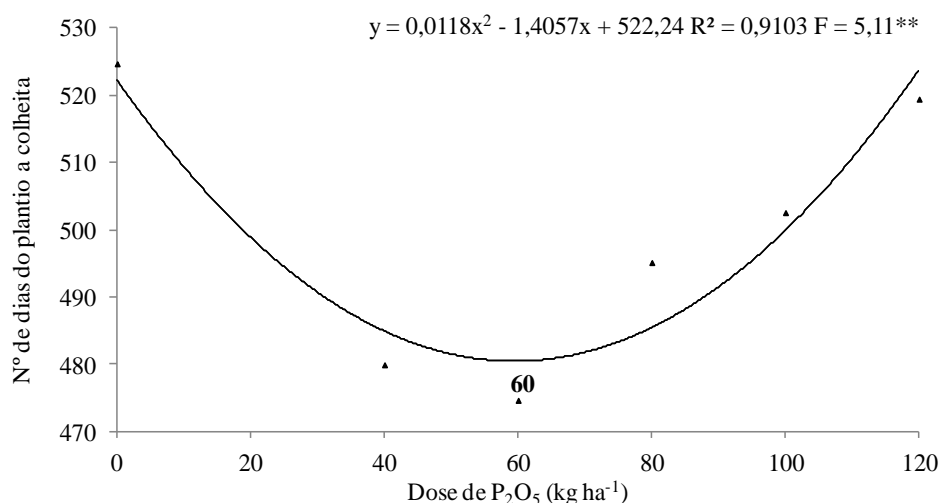


Figura 7. Número de dias do plantio a colheita (ciclo cultural) na bananeira ‘Maçã’, em função das diferentes doses de P₂O₅, em kg ha⁻¹, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

6.3.5. Desempenho agrônômico produtivo

A adubação fosfatada promoveu efeito significativo sobre a produção da bananeira ‘Maçã’. De acordo com a análise de regressão, o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou às variáveis produtivas em função das doses crescentes de fósforo (Figuras 8 e 9).

Tanto para a massa do cacho como para a produtividade, os pontos de máximo calculados foram obtidos com a dose 34 kg de P₂O₅ kg ha⁻¹, sendo que esta propiciou um acréscimo de 9,9% sobre esses componentes. A máxima produtividade alcançada foi de 11,9 t ha⁻¹. Ramos et al. (2009) avaliando genótipos de bananeira no município de Botucatu-SP, cultivados em Nitossolo Vermelho, sob espaçamento de 2,5 x 2,5 m, reportaram para o cv. Maçã uma massa de cacho e produtividade referente a 7 kg e 9,9 t ha⁻¹, respectivamente.

A maior massa de frutos (10,59 kg) e o maior número de pencas por cacho (7 pencas) também foram estimados em doses muito próximas à determinada para a massa do cacho, bem como para a produtividade, apontando que a máxima eficiência produtiva da bananeira ‘Maçã’ pode ser assegurada com uma dose semelhante a esses níveis determinados.

Quanto à massa da ráquis, o ponto de máximo da função (1,33 kg) foi atingido com a dose 41 kg de P_2O_5 kg ha⁻¹ (Figura 8B). Comparando o valor de 1,17 kg das plantas que não receberam adubação fosfatada com a dose máxima estimada, obteve-se um incremento de 13,3%. Entretanto, convém salientar que a ráquis não possui valor comercial, assim, o aumento na sua massa é pouco interessante para o produtor.

O número máximo de frutos por cacho (82 frutos) foi alcançado com a dose de 41 kg de P_2O_5 kg ha⁻¹ (Figura 8D). Ramos et al. (2009) encontraram para o cv. Maçã, no primeiro ciclo de produção, um número total de 60 frutos por cacho, semelhante ao valor obtido neste estudo.

Em relação às variáveis produtivas da segunda penca, as doses de fósforo aplicadas para obter a máxima massa (1,60 kg), o máximo número de frutos (13 frutos), o comprimento (14,73 cm) e o diâmetro máximo (35,69 mm) dos cinco frutos centrais foram de 41, 42, 42 e 40 kg de P_2O_5 kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 9). Com esses resultados, pode-se inferir que a dose ideal para maximizar os componentes de produção da segunda penca está próxima a essas doses de fósforo estabelecidas.

A influência positiva da adubação fosfatada sobre a produção das bananeiras, também foi reportada em outros estudos. Silva et al. (2013), verificaram que as doses de superfosfato triplo aplicadas (0, 50, 100, 200 e 300 g de P_2O_5 planta⁻¹) em Latossolo Vermelho, argiloso, aumentaram linearmente a massa do cacho e o número de frutos por cacho da bananeira Prata Anã (AAB), no primeiro ciclo de cultivo. Já Nunes (2009) testando diferentes doses de fósforo no crescimento e produção da bananeira ‘Pacovan Apodi’ (AAB), cultivadas em Cambissolo, encontrou efeito linear dos níveis de P_2O_5 para o número de pencas por cacho e aumento quadrático para as variáveis, massa do cacho e produtividade. No trabalho com a aplicação de cinco doses de fósforo (0, 50, 100, 150 e 200 kg de P_2O_5 ha⁻¹) em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, Reis e Chepote (2008) observaram resposta quadrática da adubação fosfatada sobre a massa do cacho, a massa de pencas e, o número de cachos e de pencas, na bananeira ‘Pacovan’. Quanto ao peso dos cachos, a dose máxima obtida por esses autores foi de 154 kg de P_2O_5 ha⁻¹. Dantas et al. (1977), estudando o efeito de doses de fósforo em bananeiras cv. Prata, concluíram que a máxima produção foi alcançada com a dose de 160 kg ha⁻¹ de P_2O_5 .

Contrariamente, Rocha (2006) avaliando a produção da bananeira ‘Pacovan’ (AAB) em função da adubação com NPK, sob Neossolo Quartzarênico, observou efeito linear negativo das doses de fósforo para o número de pencas por cacho e

ausência de efeito significativo para o peso do cacho e produtividade das bananeiras, no primeiro ciclo. Assim como Maia et al. (2003a) que trabalhando com a bananeira ‘Prata Anã’ em solo arenoso, com teor de P classificado como muito baixo ($1,3 \text{ mg dm}^{-3}$), não observaram influência das doses de fósforo (25, 45, 70 e 100 g de P_2O_5 / touceira) sobre a massa do cacho, número de pencas por cacho, massa média da penca, número de frutos por cacho, massa média do fruto, comprimento comercial e diâmetro do fruto. Para os autores, tal fato deve-se ao baixo requerimento de P pela cultura. De forma diferente ao observado no presente estudo, Maia et al. (2003a) verificaram que as doses de fósforo proporcionaram redução linear significativa no comprimento total do fruto, o que segundo Marschner (2005), citado por Maia et al. (2003a), pode ter sido decorrente da inibição da síntese de amido pelas altas concentrações de fósforo inorgânico, além da redução da concentração de potássio no fruto, elemento-chave na síntese de amido e na expansão celular. Melo et al. (2006) também não encontraram efeito do fósforo sobre a produtividade da bananeira ‘Grand Naine’ (AAA), pois segundo esses autores o teor de P no solo, provavelmente conseguiu atender as necessidades da planta durante o primeiro ciclo. Resultados semelhantes foram obtidos por Crisostomo et al. (2008), onde não encontraram resposta das doses de fósforo (0, 100, 200 e 300 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de P_2O_5), aplicadas em solo arenoso com teor médio de P disponível (25 mg dm^{-3}), sobre o número de pencas por cacho, o peso dos frutos e a produtividade nos três ciclos de produção da bananeira ‘Pacovan’.

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, verifica-se que a dose ideal de fósforo para a máxima eficiência produtiva da bananeira ‘Maçã’ encontra-se próxima a recomenda (40 kg ha^{-1} de P_2O_5) por Raij et al. (1997). Contudo, sob as altas doses de P_2O_5 aplicadas, os componentes de produção foram intensamente prejudicados, indicando que o aumento da adubação fosfatada pode ter alterado a disponibilidade de outros nutrientes essenciais ao desenvolvimento e à produtividade da cultura.

Em quantidades adequadas, o fósforo estimula o crescimento e desenvolvimento radicular, permitindo maior eficiência na utilização da água e na absorção iônica de outros elementos (MALAVOLTA et al., 1997). Segundo Taiz e Zeiger (2004), o fósforo aumenta a eficiência do nitrogênio absorvido, que se une às cadeias carbonadas, incrementando a formação de novos tecidos e, conseqüentemente, elevando o índice de área foliar e a longevidade das folhas fotossinteticamente ativas, as quais por sua vez,

elevam o acúmulo de fotoassimilados. Porém, Peryea (1990) salienta que a elevação da salinidade e toxidez proporcionada por altas concentrações do adubo fosfatado reduzem o crescimento das raízes e, conseqüentemente afetam a absorção dos nutrientes.

Vale considerar que altos teores de fósforo também podem provocar deficiência de Zn às plantas, pois os fosfatos tendem a reduzir a solubilidade do zinco (DECHEN; NACHTIGAL, 2007). Essa informação apresenta grande relevância para a bananeira ‘Maçã’, pois a redução na absorção do zinco pode interferir no mecanismo de resistência da planta ao patógeno *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, agente causal do “Mal-do-Panamá”, uma vez que o nutriente é fundamental na síntese de triptofano, precursor do ácido indolacético, que induz a produção de tilose e completa a resistência da bananeira à doença (CORDEIRO, 1984). A bananeira ‘Maçã’ é altamente suscetível ao “Mal-do-Panamá”, sendo responsável por elevadas perdas na produção.

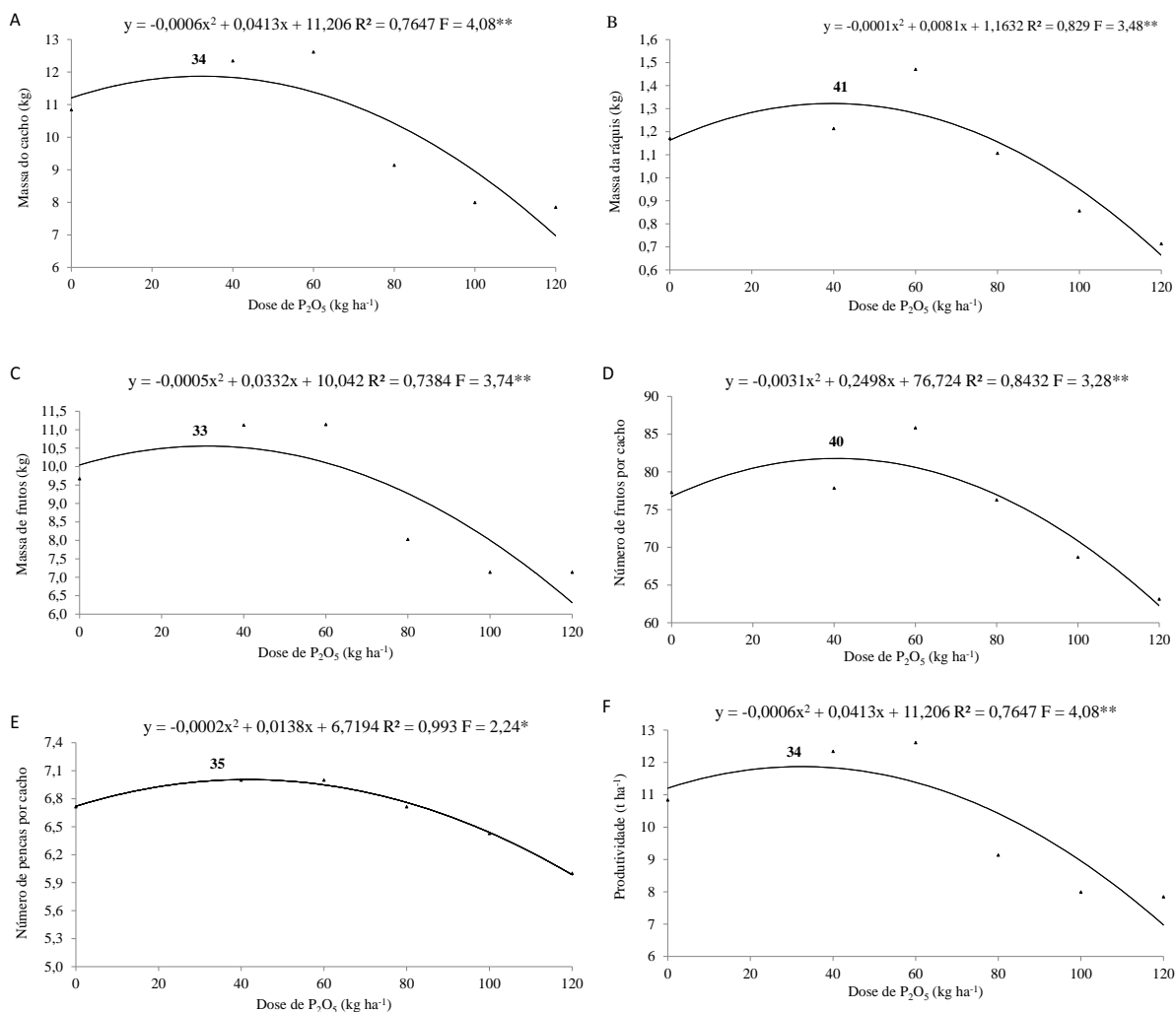


Figura 8. Massa do cacho (A), massa da ráquis (B), massa de frutos (C), número de frutos por cacho (D), número de pencas por cacho (E) e produtividade (F) da bananeira ‘Maçã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em $kg\ ha^{-1}$, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

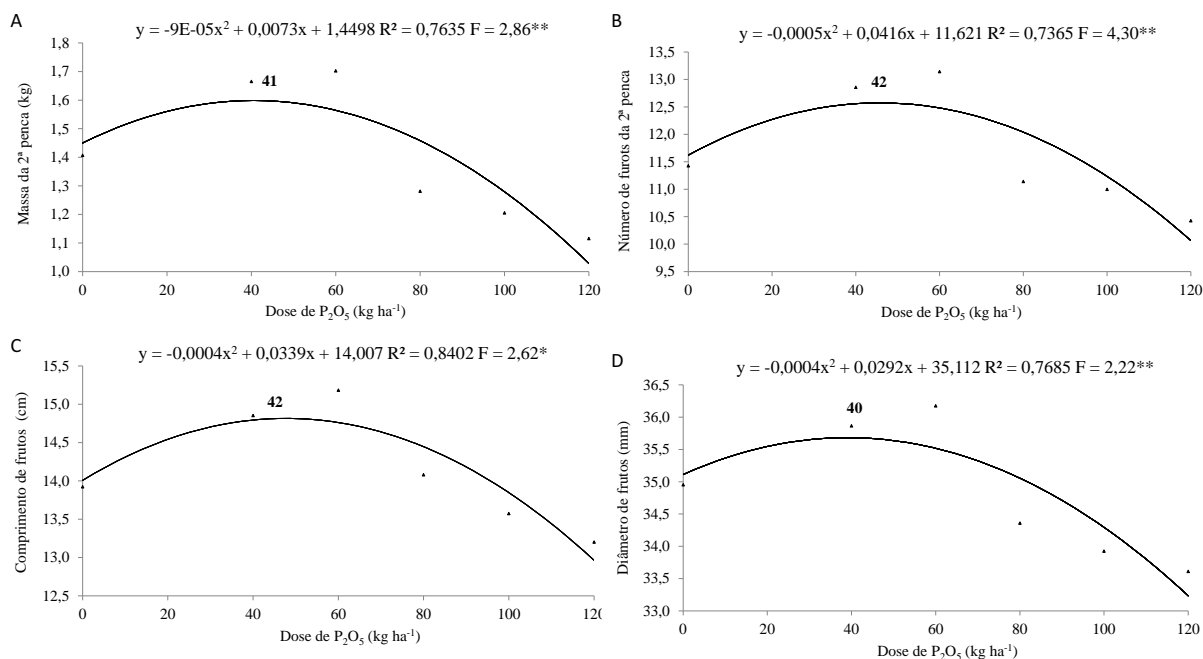


Figura 9. Massa da segunda penca (A), número de frutos da segunda penca (B), comprimento de frutos (C) e diâmetro de frutos (D) da bananeira ‘Maçã’, em função das diferentes doses de P_2O_5 , em kg ha⁻¹, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

6.3.6. Caracterização física e físico-química dos frutos

6.3.6.1 Qualidade da banana verde

As doses crescentes de fósforo não promoveram alterações significativas no percentual de umidade nos frutos e, portanto, não modificaram o teor de matéria seca (Tabela 6), com isso, pode-se inferir que o rendimento de produtos alimentícios concentrados e/ou desidratados a partir dos mesmos não será modificado.

O valor médio de umidade encontrado nos frutos foi de 62,08%, correspondendo a um teor de 37,92% de matéria seca (Tabela 6). Aquino et al. (2014) relata para os frutos verdes do cv. ‘Maçã’, 29,94% de matéria seca. Essas variações podem estar associadas às diferentes condições de clima, solo e manejo, onde as bananeiras foram cultivadas, pois os fatores de produção determinam a qualidade final dos frutos.

Para o teor de açúcar total, também não houve efeito da aplicação das diferentes doses de fósforo (Tabela 6), cujo teor médio encontrado foi de 0,69%. Conforme Marriot (1980), os teores de açúcares constituem normalmente 0,5 a 2% da polpa das bananas verdes. Ramos et al. (2009), em frutos verdes da bananeira ‘Maçã’, cultivada em Botucatu-SP, obtiveram um teor médio de açúcar total referente a 0,26%. Embora a adubação fosfatada pudesse gerar variações nos teores de açúcares totais, uma vez que a nutrição adequada de fósforo tende a favorecer os processos metabólicos pelo fornecimento de energia (MARSCHNER, 2005) e logo, incrementar a síntese de açúcares, os resultados demonstraram que os valores médios permaneceram em níveis normais segundo os teores de referência registrados para esse cultivar.

As doses de fósforo influenciaram positivamente o teor de açúcar redutor nos frutos verdes (Figura 10). O ponto de máximo obtido foi de 0,52% com a dose estimada de 47 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Assim como observado para as variáveis de crescimento e produção, as maiores doses de fósforo promoveram redução na deposição de açúcares redutores nos frutos, isso provavelmente comprova a hipótese do efeito tóxico dos altos níveis de adubo fosfatado, prejudicando a função das raízes e reduzindo a absorção de nutrientes fundamentais para a síntese dos açúcares redutores. Aliado a isso, conforme Marschner (2005), elevadas concentrações de fósforo tendem a reduzir o processo fotossintético.

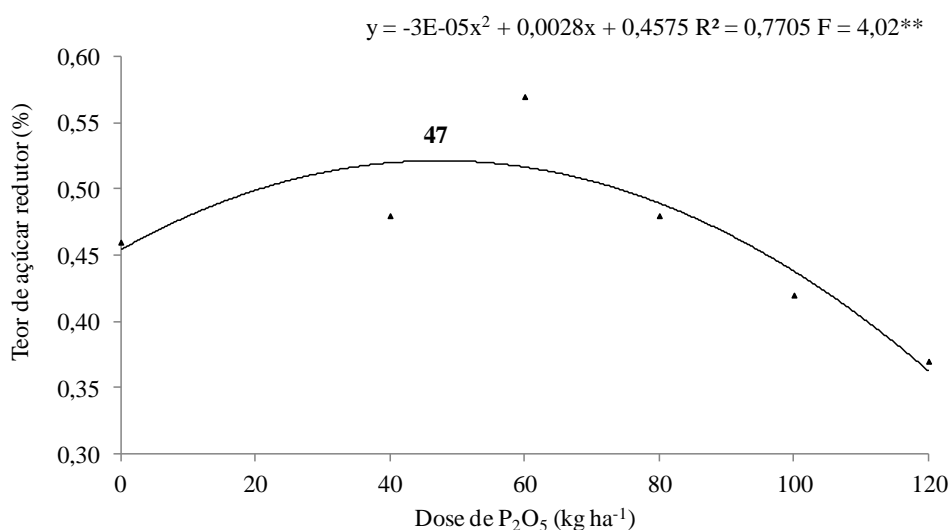


Figura 10. Teor de açúcar redutor nos frutos verdes da bananeira ‘Maçã’, em função das diferentes doses de P₂O₅, em kg ha⁻¹, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

Quanto ao teor de amido nos frutos verdes, não foi verificado efeito das diferentes doses de P_2O_5 . A ausência de aumento no carboidrato de reserva pode indicar que não houve aumento substancial na atividade fotossintética, onde o fósforo exerce papel essencial. Os teores médios de amido variaram de 21,89% na testemunha a 20,77% com a maior dose avaliada, conferindo uma média geral de 21,59% (Tabela 6), valor semelhante ao reportado por Gomes (2004), em Botucatu-SP, que obteve um teor médio de amido igual a 21,80% para o cultivar Maçã.

Tabela 6. Teores médios de umidade, matéria seca, açúcar total, açúcar redutor e amido nos frutos verdes da bananeira ‘Maçã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

Dose de P_2O_5 (kg ha ⁻¹)	Umidade	Matéria seca	g 100g ⁻¹		
			Açúcar total	Açúcar redutor	Amido
0	61,93	38,07	0,65	0,46	21,89
40	61,78	38,22	0,72	0,48	22,02
60	61,82	38,18	0,78	0,57	21,91
80	62,11	37,89	0,69	0,48	21,53
100	62,24	37,76	0,63	0,42	21,44
120	62,59	37,41	0,66	0,37	20,77
Efeito	NS	NS	NS	Q**	NS
CV (%)	5,04	8,25	13,68	9,89	10,03

NS: diferença não-significativa pelo teste F ($p > 0,05$); Q: efeito quadrático; ** $p < 0,01$.

Em relação aos teores de macronutrientes foi observada influência dos tratamentos somente para o fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). O teor de P nos frutos apresentou resposta quadrática em função das doses crescentes de superfosfato triplo, atingindo o valor máximo com a dose estimada de 74 kg ha⁻¹ de P_2O_5 (Figura 11A), quanto ao Ca, o maior valor foi atingido com a dose estimada de 41 kg ha⁻¹ de P_2O_5 (Figura 11B), e, para o Mg, o teor máximo encontra-se na dose estimada de 58 kg ha⁻¹ (Figura 11C).

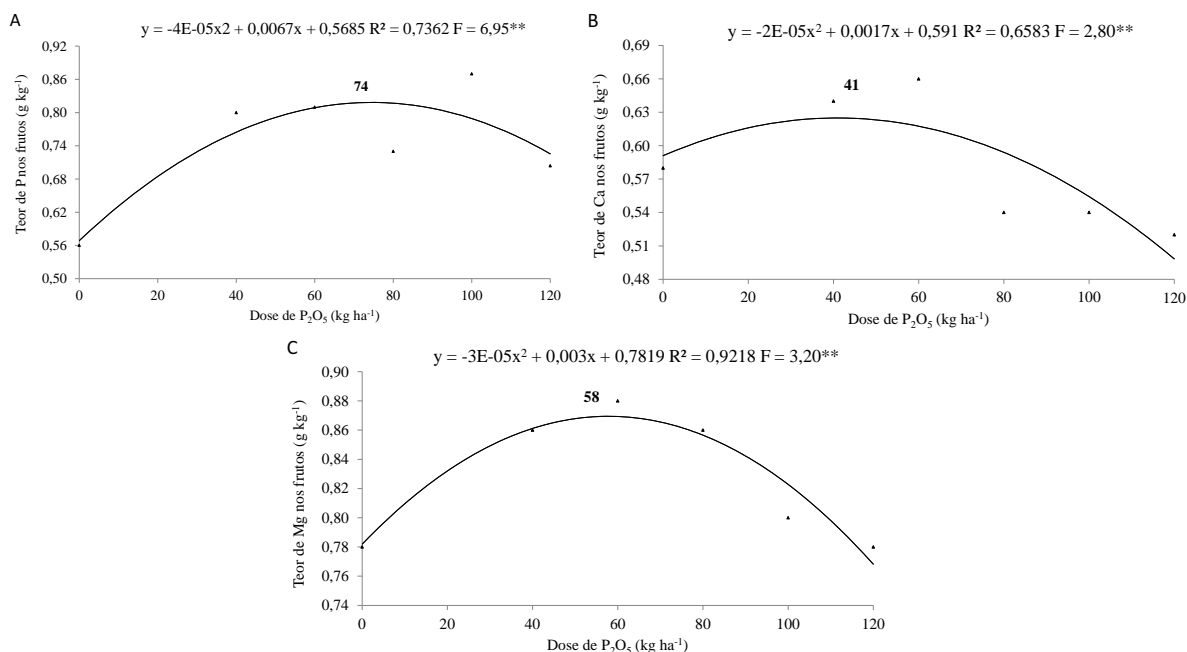


Figura 11. Teores de fósforo (A), cálcio (B) e magnésio (C) na matéria seca de frutos verdes da bananeira ‘Maçã’, em função das diferentes doses de P₂O₅, em kg ha⁻¹, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

O efeito depressivo observado sobre o acúmulo dos elementos minerais nos frutos a partir das doses ótimas de fósforo pode estar associado aos danos provocados no sistema radicular pelas maiores doses de fósforo, prejudicando a absorção dos nutrientes pelas raízes (PERYEA, 1990).

Os teores de micronutrientes nos frutos não responderam à aplicação de fósforo no solo (Tabela 7), pois a absorção de elementos necessários em pequenas quantidades parece sofrer pouca influência quando comparado a nutrientes requeridos em grandes proporções pelos órgãos da bananeira. Dessa forma, sugere-se que possíveis alterações na absorção de micronutrientes não são significativas, uma vez que estes elementos são absorvidos e requeridos pelas plantas em baixas proporções.

Tabela 7. Teores médios de macro e micronutrientes nos frutos verdes da bananeira ‘Maçã’, adubada com diferentes doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

Dose de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$)	N	K	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- $g\ kg^{-1}$ -----			----- $mg\ kg^{-1}$ -----				
0	6,04	10,70	0,97	6,98	4,00	17,30	13,33	5,60
40	6,06	11,08	0,97	7,07	4,50	18,10	15,33	5,80
60	6,19	11,00	0,97	7,29	4,50	18,00	14,67	6,00
80	6,08	10,37	0,98	7,16	4,25	16,20	13,92	5,40
100	5,91	10,58	0,97	7,07	4,00	16,35	14,50	5,40
120	5,98	10,28	0,98	6,44	3,75	16,00	14,00	5,25
Efeito	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	8,83	5,96	1,25	9,94	17,44	12,98	14,71	9,79

NS: diferença não-significativa pelo teste F ($p > 0,05$).

6.3.6.2 Qualidade da banana madura

De acordo com a análise de variância, apenas a firmeza dos frutos foi influenciada significativamente pela adubação fosfatada, sendo que os valores ajustaram-se ao modelo de regressão quadrático. A máxima firmeza dos frutos (3,07 N) foi obtida com a dose estimada de $63\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , a qual proporcionou um acréscimo de 14,1% na firmeza, quando comparada à testemunha (Figura 12).

A firmeza dos frutos está relacionada com os teores de cálcio presentes no mesmo, uma vez que esse nutriente atua no fortalecimento da parede celular a partir da formação de ligações cruzadas entre ácidos pécnicos e polissacarídeos (MOTA et al., 2002). Com isso, pode-se concluir que o aumento nos teores de cálcio nos frutos proporcionado pelas doses de fósforo contribuiu para o incremento na firmeza da banana madura. Este resultado é bastante relevante, pois frutos com maior firmeza apresentam maior resistência ao transporte e, conseqüentemente, maior durabilidade pós-colheita, principalmente quando se trata da banana, fruto climatérico, altamente perecível.

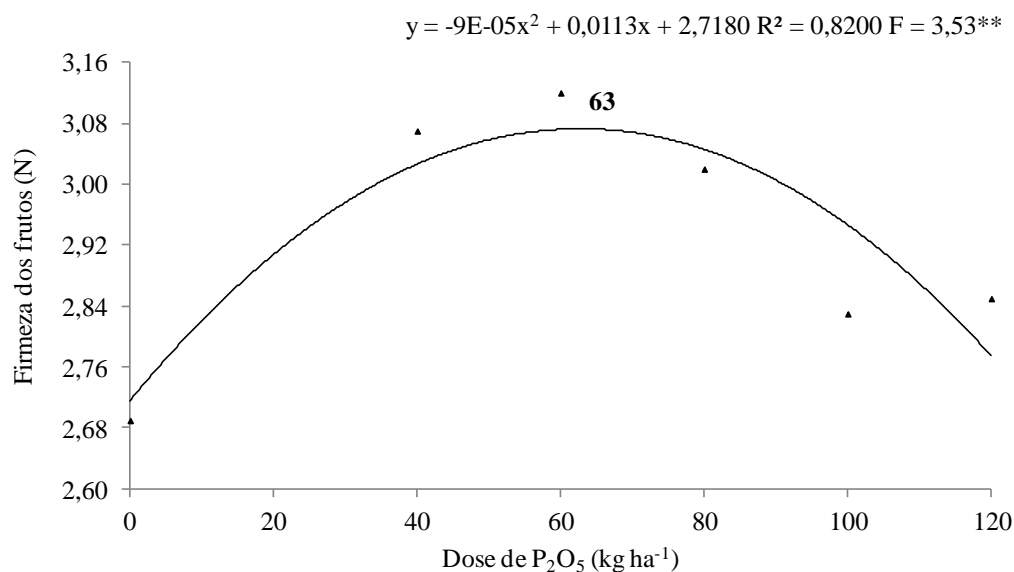


Figura 12. Firmeza dos frutos maduros da bananeira ‘Maçã’, em função das diferentes doses de P₂O₅, em kg ha⁻¹, aplicadas no solo. FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

Embora tenha sido observada a influência das doses de fósforo sobre os teores de açúcares redutores nos frutos verdes, a tendência não foi observada nos frutos maduros (Tabela 8), nestes os níveis de açúcares redutores permaneceram inalterados em proporções normais. A ausência de diferença nos teores de amido na banana verde refletiu-se nos níveis de açúcares redutores nos frutos maduros, uma vez que estes são resultantes da hidrólise do amido.

Os tratamentos não promoveram efeitos significativos na coloração da casca (Tabela 8), Pinheiro et al. (2007) reportam para bananas maduras do cv. Maçã, valores de b* correspondente a 47,50, resultado próximo ao valor médio obtido no presente estudo (47,33).

O pH dos frutos maduros não foi influenciado pelos tratamentos (Tabela 8). Soto Ballester (2000) relata que o pH nos frutos maduros de bananeiras varia em torno de 4,2 a 4,8%, valores semelhantes aos encontrados neste estudo.

Os teores de sólidos solúveis, acidez dos frutos, índice de maturação e os teores de açúcares redutores também não foram afetados pelos tratamentos (Tabela 8). O teor de açúcares chega a 19% (LIMA et al. 2000) e o de sólidos solúveis atinge um máximo de 26,3% (PINHEIRO et al., 2007). Portanto, as doses de fósforo não modificaram de modo geral as características organolépticas da banana madura.

Crisostomo et al. (2008), ao avaliar a influência da adubação NPK, em solo arenoso com teor médio de P disponível (25 mg dm^{-3} - extrator resina), sobre a produção e qualidade dos frutos da bananeira cv. Pacovan (AAB), também não observaram efeito significativo da aplicação de fósforo sobre os componentes de qualidade dos frutos maduros (pH, sólidos solúveis e açúcares totais), no primeiro ciclo de cultivo. Para os autores, a ausência de resposta deve-se à baixa exigência da bananeira pelo fósforo. Em abacaxizeiro, Caetano et al. (2013) também constataram que o teor de sólidos solúveis e a acidez nos frutos não foram afetados pela adubação fosfatada.

Tabela 8. Valores médios de luminosidade (L), coordenadas *a e *b, pH, sólidos solúveis, acidez titulável (AT), índice de maturação 'Ratio' (SS/AT) e açúcares redutores (AR) nos frutos maduros da bananeira 'Maçã', adubada com diferentes doses de fósforo (P_2O_5). FCA/UNESP, São Manuel-SP (nov. de 2012 a maio de 2014).

Dose de P_2O_5 (kg ha^{-1})	Coloração da casca			pH	SS (°Brix)	AT ¹ ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	SS/AT	AR (%)
	L	a*	b*					
0	69,97	4,10	46,18	4,37	23,60	0,51	46,68	16,88
40	70,67	4,74	47,85	4,38	23,88	0,50	47,70	17,09
60	70,92	4,14	47,73	4,40	24,00	0,48	50,02	17,13
80	70,41	3,91	47,58	4,35	23,56	0,52	45,66	16,79
100	68,79	3,94	47,28	4,38	23,48	0,53	44,24	16,70
120	68,68	4,12	47,35	4,33	23,42	0,53	43,93	16,65
Efeito	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	3,05	14,38	8,92	0,98	3,54	7,03	9,46	7,34

NS: diferença não-significativa pelo teste F ($p > 0,05$);

¹Acidez titulável (AT): expressa em g de ácido málico 100 g^{-1} de polpa.

6.4. CONCLUSÃO

Nas condições edafoclimáticas de São Manuel-SP, o crescimento, a duração do ciclo das plantas e os componentes de produção da bananeira 'Maçã', no primeiro ciclo produtivo, aumentaram com as doses de fósforo aplicadas, atingindo valores máximos entre 33 e 61 kg ha^{-1} de P_2O_5 , portanto, o melhor desempenho agrônômico das bananeiras foi alcançado com doses de fósforo próximas à recomendada para cultura no estado de São Paulo, 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

Na banana verde, a adubação fosfatada proporcionou aumento quadrático sobre o teor de açúcar redutor, apresentando valor máximo com a dose de 47 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Contudo, os tratamentos estudados não influenciaram de forma significativa os teores de umidade, matéria seca, açúcar total e amido.

Os conteúdos de fósforo, cálcio e magnésio nos frutos elevaram-se até as doses de 74, 41 e 58 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente, enquanto os teores de nitrogênio, potássio, enxofre, assim como o de micronutrientes não foram afetados pela aplicação de fósforo no solo.

Embora tenha sido observada resposta quadrática da aplicação de fósforo na firmeza da banana madura, obtendo-se o máximo valor, 3,07 N, com a dose de 63 kg ha⁻¹ de P₂O₅, a variação não permite concluir que houve resposta sobre a qualidade final dos frutos maduros, pois para os demais atributos de qualidade não foi observada influência da adubação fosfatada.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, L. M. A. **Avaliação do processo de concentração osmótica para obtenção de banana-passa.** 2006. 103 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

ÁLVARES, V. S. **Amadurecimento e qualidade da banana 'Prata' (Musa AAB subgrupo Prata) submetida a diferentes concentrações de etileno.** 2003. 70 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

ALVES, E. J. **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais.** 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa, 1999. 585 p.

ALVES, E. J. **Planejamento, implantação e manutenção de um plantio comercial de banana.** Cruz das Almas, BA: Embrapa-CNPMPF, 1997. 36p. Apostila do 3º Curso Intensivo Nacional de Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 1997.

ALVES, E. J. et al. Exigências climáticas. In: ALVES, E. J. (Org.) **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais.** Cruz das Almas: Embrapa CNPMPF, 1997. p. 35-46.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists.** Saint Paul, v.1, 1983.
AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry International.** 18th ed. Gaithersburg, 2005. 1015 p.

AQUINO, C. F.; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; RIBEIRO, S. M. R. Teores de minerais em polpas e cascas de frutos de cultivares de bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 49, p. 546-553, 2014.

ATTIA, M.; AHMED, M. A.; EL-SONBATY, M. R. Use of biotechnologies to increase growth, productivity and fruit quality of 'Maghrabi' banana under different rates of phosphorus. **World Journal of Agricultural Sciences**, Deira, v. 5, n. 22, p. 211-220, 2009.

AUBERT, B. Action du climat sur le comportement du bananier en zones tropicales et subtropicales. **Fruits**, Paris, v.26, n.3, p. 175-188, 1971.

BANANA: produção brasileira. **Agrianual 2014**: Anuário da Agricultura Brasileira, São Paulo, p. 167, 2013.

BLEINROTH, E. W. Matéria-prima. In: ITAL. **Banana**: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2. ed. Campinas, 1990. p. 163-96. (Série Frutas Tropicais, 3).

BORGES, A. L. **Recomendação de adubação para a bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 4 p. (Comunicado Técnico, 106).

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G. Nutrição, calagem e adubação. In: CORDEIRO, Z. J. M. **Banana**: produção: aspectos técnicos. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 47-59. (Frutas do Brasil, 1).

BORGES, A. L.; SILVA JÚNIOR, J. F. Calagem e adubação. In: ALVES, E.J. **Cultivo de bananeira tipo terra**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2001. p 35-40.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. **Atributos físicos e químicos de solos cultivados com bananeira, sob irrigação, no Projeto Formoso, Bom Jesus da Lapa, Bahia**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2009a. 33 p. (Boletim de Pesquisa, 42).

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. Calagem e adubação para bananeira. In: _____. (Ed.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, laranja, tangerina, lima ácida, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2009b. p. 57-73.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. Exigências edafoclimáticas. In: _____. (Ed.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279 p.

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. S. Solos, nutrição e adubação. In: ALVES, E. J. **A cultura da banana**: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa, 1999. p. 197-260.

BORGES, A. L. et al. **A cultura da banana**. 2. ed. rev. aum. Brasília, DF: Embrapa, 1998. 94 p. (Coleção Plantar, 38).

BORGES, A. L. et al. **Fertirrigação da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 8 p. (Circular Técnica, 84).

BORGES, A. L. et al. **Nutrição e adubação da bananeira irrigada**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. 8 p. (Circular Técnica, 48).

BORGES, A. L. et al. Teores foliares de nutrientes em genótipos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 314-318, 2006.

CAETANO, L. C. S. et al. Efeito da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento, na produção e na qualidade de frutos do abacaxi 'Vitória'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 883-890, 2013.

CAMPOS, R. P.; VALENTE, J. P.; PEREIRA, W. E. Conservação pós-colheita de banana cv. Nanicao climatizada e comercializada em Cuiabá - MT e região. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 172-174, 2003.

CARVALHO, A. V. et al. Qualidade pós-colheita de cultivares de bananeira do grupo 'Maçã', na Região de Belém-PA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33. n. 4, p.1095-1102, 2011.

CARVALHO, J. G. et al. Influência dos nutrientes na qualidade de frutos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n. 180, p. 52-55, 1994.

CAVALCANTE, A. T.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CAVALCANTE, U. M. T. Interdependência na absorção e redistribuição de fósforo entre planta mãe e filha de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n.2, p. 255-259, 2005.

CEAGESP. Programa Brasileiro Para a Modernização da Horticultura e Produção Integrada de Frutas. **Normas de classificação de banana**. São Paulo, 2006. (Documento, 29).

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005.

COELHO, E. F. **Curso de bananicultura irrigada**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. (Documentos, 176).

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400 p.

CORDEIRO, Z. J. M. Mal-do-Panamá ou murcha de *fusarium* da bananeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 1., 1984, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Unesp/Funep, 1984. p. 307-321.

CORDEIRO, Z. J. M.; MOREIRA, R. S. A bananicultura brasileira: um negócio sustentável. In: REUNIÃO INTERNACIONAL ACORBAT, 17., 2006, Joinville. **Anais...** Joinville: ACORBAT/ACAFRUTA, 2006, v. 1, p. 36-47.

CRISOSTOMO, L. A.; MONTENEGRO, A. A. T.; SOUSA NETO, J. DE; LIMA, R. N. DE. Influência da adubação NPK sobre a produção e qualidade dos frutos de bananeira cv. Pacovan. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.39, n.1, p. 45-52, 2008.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

DANTAS, A. P. et al. Estudo de adubação fosfatada em bananeira cv. Prata (*Musa* sp). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 4., 1977, Salvador. **Anais...** Cruz das Almas: SBF, 1977. p. 59-63.

DANTAS, J. L. L. et al. Citogenética e melhoramento genético. In: ALVES, E. J. (Org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa SPI, 1999. p. 107-150.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 3, p. 91-132.

DEVLIN, R. **Fisiología vegetal**. 4. ed. Barcelona: Editorial Omega, 1982, 516 p.

DONATO, S. L. R. **Comportamento de variedades e híbridos de bananeira (*Musa* spp.), em primeiro ciclo de produção no Sudoeste da Bahia, Região de Guanambi**. 2003. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes)-Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

DAMATTO JUNIOR, E. R. **Adubação orgânica da bananeira Prata-Anã e experiências com outras cultivares nas Ilhas Canárias**. 2008. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

DAMATTO JÚNIOR, E. R. **Efeitos da adubação com composto orgânico na fertilidade do solo, desenvolvimento, produção e qualidade de frutos de bananeira 'Prata-anã' (*Musa* AAB)**. 2005. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

ESPÍNDOLA, C. R.; TOSIN, W. A. C.; PACCOLA, A. A. Levantamento pedológico da Fazenda Experimental São Manuel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., 1974, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1974. p. 650-654.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA, 2005. 183 p.

FERGUNSON, I.; VOLZ, R.; WOOLF, A. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 15, p. 255-262, 1999.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2000. (SISVAR 4. 1. pacote computacional).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. **FAOSTAT**: Producción. Roma, 2013. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 18 ago. 2014.

FURTINI NETO, A. E. et al. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEP, 2001. 252 p.

GALÁN SAÚCO, V. et al. Comparison of protected and open-air cultivation of Grand Naine and Dwarf Cavendish banana. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 490, p. 247-259, 1998.

GATIBONI, C. L. **Disponibilidade de formas de Fósforo do solo às plantas**. 2003. 247 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Biodinâmica dos Solos)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

GOEDERT, W. J.; SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. Fósforo In: GOEDERT, W. J. **Solos de Cerrados: tecnologia e estratégias de manejo**. Brasília: Embrapa/CPAC, 1986. p. 129-166.

GOMES, E. M. **Crescimento e produção de bananeiras ‘Prata-anã’ e ‘Maçã’ fertirrigadas com potássio**. 2004. 76 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

GONÇALVES, V. D. et al. Avaliação das cultivares de bananeira Prata-Anã, Thap-Maeo e Caipira em diferentes sistemas de plantio no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, p. 371-376, 2008.

GRANT, C. A. et al. Importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 95, 2001.

GRANT, C. Effects of nitrogen and phosphorus fertilizers on the environment. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Org.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: contexto mundial e práticas de suporte**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2010. v. 1, cap. 3, p. 62-76.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Adubação do cafeeiro e a qualidade do produto colhido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 39-51, 2011.

GUTIERREZ, C. A. L. Diagnóstico del estado nutricional de plantaciones bananeras. **Asbana**, San Jose, v. 6, n. 19, p. 13-18, 1983.

HARTHI, K.; YAHYAI, R. Effect of NPK fertilizer on growth and yield of banana in northern Oman. **Journal of Horticulture and Forestry**, Peshawar, v. 1, n. 8, p. 160-167, 2009.

HEGDE, D. M.; SRINIVAS, K. Growth, yield, nutrient uptake and water use of bananas crops under drip and basin irrigation with N and K fertilization. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 69, n. 4, p. 331-334, 1991.

HINZ, R. H.; LICHTEMBERG, L. **Banana: produção, pós-colheita e mercado**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2004. p. 62-89.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físicoquímicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo, 2005. 1018p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática**. 2013. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp>>. Acesso em: 18 jul. 2014.

JAIN, A.; VASCONCELOS, M. J.; RAGHOTHAMA, K. G. Molecular mechanisms of plant adaptations to phosphate deficiency. **Plant Breeding Reviews**, Westport, v. 29, p. 359-419, 2007.

JESUS, S. C. et al. Caracterização física e química de frutos de diferentes genótipos de bananeira. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 315-323, 2004.

KLUGE, R. A. Bananeira. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Coord.). **Ecofisiologia de fruteiras tropicais: abacaxizeiro, maracujazeiro, mangueira, bananeira e cacauero**. São Paulo: Nobel, 1998. p. 69-88.

LAHAV, E. Banana nutrition. In: GOWEN, S. (Ed.). **Banana and plantains**. London: Chapman e Hall, 1995. p. 258-316.

LAHAV, E.; TURNER, D. **Banana Nutrition**. Bern, Switzerland: International Potash Institute, 1983. 62p. (IPI-Bulletin 7).

LEITE, J. B. V. et al. Caracteres da planta e do cacho de genótipos de bananeira, em 4 ciclos de produção, em Belmonte, Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 443-447, dez. 2003.

LEONEL, M. et al. Extração e caracterização do amido de diferentes genótipos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 599-605, 2011.

LEONEL, S.; DAMATTO JUNIOR, E. R. Caracterização das áreas de cultivo da bananeira 'Maçã' na região de Ribeirão do Sul-SP. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 958-965, 2007.

LEONEL, S.; GOMES, E. M.; PEDROSO, C. J. Desempenho agrônomo de bananeiras micropropagadas em Botucatu-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 245-248, 2004.

LESSA, L. S. et al. Características vegetativas e seus efeitos sobre a produção de bananeira em três ciclos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, p. 1098-1104, 2012.

LICHTEMBERG, L. A.; LICHTEMBERG, P. S. F. Avanços na bananicultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, p. 29-36, 2011. Edição Especial.

LIMA, A. G. B.; NEBRA, S. A.; QUEIROZ, M. R. Aspectos científico e tecnológico da banana. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 87-101, 2000.

LIMA, M. B.; SILVA, S. O.; FERREIRA, C. F. **Banana: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. 182 p.

LÓPEZ, A., ESPINOSA, J. **Manual de nutrición y fertilización del banano**. Quito: CORBANA/INPOFOS, 1995. 82 p.

MAIA, V. M. et al. Efeitos de doses de nitrogênio, fósforo, e potássio sobre os componentes da produção e qualidade de banana ‘Prata anã’ no distrito agroindustrial do Jaíba. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 25, p. 319-322, 2003a.

MAIA, V. M. et al. Efeito de doses de nitrogênio, fósforo e potássio sobre o acúmulo de macronutrientes e a suscetibilidade da banana ‘Prata Anã’ ao dano mecânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 292, p. 753-765, 2003b.

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

MALAVOLTA, E. **Nutri-Fatos: informação agrônômica sobre nutrientes para as culturas**. Piracicaba: Potafos, 1996. 24 p. (Arquivo do Agrônomo, 10).

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral. In: FERRI, M. G. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1985. p. 97-116.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. rev. e atual. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
MANICA, I. Principais cultivares e melhoramento. In: _____. **Fruticultura tropical 4: banana**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1997. p. 66-99.

MARRIOT, I. J. Banana: physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. **CRC Critical Review in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 13, n. 1, p. 41- 88, 1980.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 6th ed. London: Academic, 2005. 889 p.

MARTIN-PRÉVEL, P. Bananier. In: MARTINPRÉVEL, P.; GAGNARD, J.; GAUTIER, P. **L’analyse végétale dans le contrôle de l’alimentation des plantes tempérées et tropicales**. Paris: Tec&Doc, 1984. p. 715-751.

MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L.; RIBEIRO, D. E. Qualidade Sensorial de Frutos de Híbridos de Bananeira Cultivar Pacovan. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 263-266, 2002.

MEDEIROS, P. V. Q. **Produção e qualidade de frutos de mangueira ‘tommy atkins’ adubada com superfosfato simples**. 2009. 64 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2009.

MEDINA, J. C. et al. **Banana**: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas: ITAL, 1985. 302 p.

MELO, F. B. et al. Crescimento e produção de frutos de bananeira cultivar “Grand Naine” relacionados à adubação química. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 2, p. 246-249, 2006.

MEMON, N. N. et al. Status and response to improved NPK fertilization practices in Banana. **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v. 42, n.4, p. 2369-2381, 2010.

MENDONÇA, V. et al. Fontes e doses de fósforo para o maracujazeiro-amarelo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 9, p. 65-70, 2006.

MOREIRA, A.; HEINRICHS, R.; PEREIRA, J. C. R. Densidade de plantio na produtividade e nos teores de nutrientes nas folhas e frutos da bananeira cv. Thap Maeo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, p. 626-631, 2007.

MOREIRA, R. S. **Banana**: teoria e prática de cultivo. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1999.

MOTA, W. F. et al. Influência do tratamento pós-colheita com cálcio na conservação de jaboticabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 49-52, 2002.

NATALE, W. et al. Viabilidade econômica do uso do calcário na implantação de pomar de goiabeiras. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 708-713, 2010.

NAVANEETHAKRISHNAN, K. S.; GILL, M. I. S.; KUMAR, S. R. Effect of different levels of N and P on ratoon banana (*Musa* spp. AAA). **Journal of Horticulture and Forestry**, Lagos, v. 5, n.6, p. 81-91, 2013.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of Glucose. **Journal Biological Chemistry**, Bethesda, v. 153, p. 375-80, 1944.

NEWLEY, P.; AKEHURST, A.; CAMPBELL, B. **Banana growing guide**: Cavendish bananas. Sidney: NSW Department of Primary Industries, 2008. 23 p.

NÓBREGA, J. P. R. **Produção de mudas de bananeira (*Musa* sp. AAB) em função da poda e doses de nitrogênio e boro**. 2006. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

NOMURA, E. S. et al. Avaliação agrônômica de genótipos de bananeiras em condições subtropicais, Vale do Ribeira, São Paulo - Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 112-122, 2013.

NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 4, p.133-204.

NUNES, A. P. A. **Crescimento e produção da bananeira em função da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio**. 2009. 51 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

OLIVEIRA, A. P. et al. Produção de batata-doce e teor de amido nas raízes em função de doses de P₂O₅. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 4, p. 747-751, 2005.

OLIVEIRA, E. L. **Sugestões de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 2003. 31 p.

OLIVEIRA, F. H. T. **Sistema para recomendação de calagem e adubação para a cultura da bananeira**. 2002. 78 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

OLIVEIRA, S. O. et al. Cultivares. In: ALVES, E. J. (Org.) **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1999. p. 85-105.

O'TOOLE, J. C.; BLAND, W. L. Genotypic variation in crop plant root systems. **Advances in Agronomy**, New York, v. 41, p. 91-145, 1987.

PALMER, J. K. The banana. In: HUME, A.C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1971. v. 2, p. 65-101.

PEREIRA, F. A.; CARNEIRO, M. R.; ANDRADE, L. M. **Banana**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p. (Coleção Plantar, 56).

PEREIRA, R. D.; SILVA, J. T. A. Produção de bananeira 'Prata-anã' em função de diferentes doses de fósforo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21., 2010, Natal. **Anais...** Natal: SBF, 2010. 1 CD-ROM.

PERIM, S.; LOBATO, E.; COSTA J. R. Efeito de níveis de fósforo no rendimento de mandioca em solo sob vegetação de cerrados. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 2, n. 1, p. 25-30, 1983.

PERYEA, F. J. Phosphate: fertilizer: induced salt toxicity of newly planted apple trees. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 54, n. 6, p. 1778-1783, 1990.

PINHEIRO, A. C. M. et al. Amadurecimento de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-metilciclopropeno (1-mcp). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 1-4, 2007.

- PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora. UNESP, 2008. 407 p.
- RAGHOTHAMA, K. G.; KARTHIKEYAN, A. S. Phosphate acquisition. **Plant and Soil**, The Hague, v. 274, p. 37-49, 2005.
- RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343 p.
- RAIJ, B.; QUAGGIO, J. A. Métodos de análises de solo para fins de fertilidade. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas, n. 81, p. 1-31, 1983.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim técnico, 100).
- RAMOS, D. P.; LEONEL, M.; LEONEL, S. Amido resistente em farinhas de banana verde. **Revista de Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 479-483, 2009.
- RAMOS, D. P.; LEONEL, S.; MISCHAN, M. M. Caracterização físico-química dos frutos de genótipos de bananeira produzidos em Botucatu-SP. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, nesp., p. 1765-1770, 2009.
- RAMOS, D. P. et al. Avaliação de genótipos de bananeira em Botucatu-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 1092-1101, 2009.
- REIS, E. L.; CHEPOTE, R. E. Efeito do nitrogênio, fósforo e potássio no desenvolvimento e produção da bananeira no sul da Bahia. **Agrotropica**, Ilhéus, v. 20, p. 13-20, 2008.
- RIBEIRO, L. R. et al. Avaliação de cultivares de bananeira em sistema de cultivo convencional e orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, p. 508-517, 2013.
- ROBINSON, J. C. **Bananas and plantains**. Cambridge: CAB Internacional, 1996. 238 p.
- ROBINSON, J. C.; GALÁN SAÚCO, V. **Bananas and plantains**. 2nd ed. Oxford: CAB International, 2010. 311 p. (Crop Production Science in Horticulture, 19).
- ROCHA, C. R. T. **Produção da bananeira 'Pacovan' em função da fertilização com NPK**. 2006. 46 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.
- SANTANA, F. A. et al. Avaliação da cor dos frutos de diferentes genótipos de bananeiras por colorímetro digital. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21., 2010, Natal. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010. pdf 2378
- SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008.

SANTOS, F. C. et al. Adubação NPK no crescimento e produção das Bananeiras ‘Prata-Anã’ e ‘Prata-Graúda’ no Tocantins. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22., 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Jaboticabal: SBF, 2012. 1 CD-ROM.

SCARPARE FILHO, J. A. **Produção de Bananeira ‘Nanicão’ em clima tropical de altitude.** 2001. 80 f. Tese (Livre-Docência)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SHEN, J. B. et al. Phosphorus dynamics: from soil to plant. **Plant Physiology**, Vermont, v. 156, p. 997-1005, 2011.

SILVA, E. B.; RODRIGUES, M. G. V.; SANTOS, J. O. Estado nutricional de um bananal irrigado com água subterrânea. In: SIMPÓSIO NORTE MINEIRO SOBRE A CULTURA DA BANANA, 1., 2001, Nova Porteirinha. **Anais...** Montes Claros: Unimontes, 2001. p. 263-266.

SILVA, J. T. A. **Relações entre características do solo que refletem a capacidade-tampão de fósforo e o nível crítico para sorgo, em dez Latossolos de Minas Gerais, em casa de vegetação.** 1990. 87 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.

SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L. Solo, nutrição mineral e adubação da bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, p. 23-34, 2008.

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

SILVA, J. T. A.; RODRIGUES, M. G. V. Produção da bananeira ‘Prata Anã’ em função da aplicação de adubo fosfatado, em quatro ciclos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, p. 613-618, 2013.

SILVA, J. T. A.; PACHECO, D. D.; COSTA, E. L. Atributos químicos e físicos de solos cultivados com bananeira ‘Prata-Anã’ (AAB), em três níveis de produtividade, no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n.1, p. 102-106, 2007.

SILVA, J. T. A.; PEREIRA, R. D.; RODRIGUES, M. G. V. Adubação da bananeira ‘Prata Anã’ com diferentes doses e fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 1314-1320, 2012.

SILVA, J. T. A.; SILVA, I. P.; PEREIRA, R. D. Adubação fosfatada em mudas de bananeira Prata anã (AAB), cultivadas em dois Latossolos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, p. 238-242, 2011.

SILVA, J. T. A. et al. **Diagnóstico nutricional da bananeira ‘Prata Anã’ para o Norte de Minas.** Belo Horizonte: EPAMIG, 2002.16p. (EPAMIG. Boletim técnico, 70).

SILVA, S. O.; SANTOS-SEREJO, J. A.; CORDEIRO, Z. J. M. Variedades. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. (Ed.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p. 45-58.

SILVA, S. O. et al. Avaliação de genótipos de bananeira em diferentes ambientes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, p. 737-748, 2003.

SILVA, S. O. et al. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares e híbridos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 161-169, 2000.

SILVA, S. O. et al. In: ALVES, E. J. **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa - SPI 1999. p. 85-106.

SIQUEIRA, D. L. **Variabilidade e correlação de caracteres em clones da bananeira 'Prata'**. 1984. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1984.

SOLURI, J. Consumo de massas, biodiversidade e fitomelhoramento da banana de exportação 1920-1980. **Varia Historia**, Belo Horizonte, v. 24, n. 39, p. 47-70, 2008.

SOTO BALLESTERO, M. **Banano: cultivo y comercialización**. 2. ed. San José: Imprenta Lil, 2000. 1 CD- ROM.

SOUZA, M. E. et al. Caracterização físico-química e avaliação sensorial dos frutos de bananeira. **Nativa**, Sinop, v. 1, p. 13-17, 2013.

SOUZA, M. et al. Banana Prata Anã. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, CFSEMG, 1999. p. 217-218.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

VIEIRA, D. P. Esperam-se progressos na bananicultura. **Agrianual 2005: anuário estatístico da agricultura brasileira**, São Paulo, p. 221-225, 2004.

VIVIANI, L.; LEAL, P. M. Qualidade pós-colheita de banana Prata Anã armazenada sob diferentes condições. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 465-470, 2007.

WHALEN, J. K.; CHANG, C. Phosphorus sorption capacities of calcareous soils receiving cattle manure applications for 25 years. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 33, n.7/8, p. 1011-1026, 2002.

YANG, X. et al. Characterization of chlorophyll degradation in banana and plantain during ripening at high temperature. **Food Chemistry**, Oxford, v. 114, p. 383-390, 2009.

ZHAO, Z. et al. Effect of nitrogen and phosphorus deficiency on transcriptional regulation of genes encoding key enzymes of starch metabolism in duckweed (*Landoltia punctata*). **Plant physiology and biochemistry**, Paris, v. 86, p. 72-81, 2014.