

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MAMOEIRO RELACIONADO
À DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO NO SOLO

Eng^o Agr^o LUIZ ANTONIO DE ARAÚJO CRUZ
Orientador: PROF. DR. RUBENS JOSÉ PIETSCH CUNHA

Dissertação apresentada à Faculdade
de Ciências Agronômicas do Campus de
Botucatu - UNESP, para obtenção do
título de Mestre em Agronomia Área
de concentração Horticultura.

BOTUCATU - SP
SETEMBRO - 1994

Aos meus pais
pelo carinho, estímulo
e compreensão

minha

GRATIDÃO

À minha esposa,

Lívia

À minha filha,

Camila

DEDICO

HOMENAGEM

À minha mãe

Zélia

À meus avós

Luiz Araújo (in memorian) e Olívia

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Rubens José P. Cunha, pela orientação, apoio, amizade e atenção constantes.

Ao Prof. Dr. Leonardo T. Büll, pela dedicação, pelas valiosas sugestões no trabalho e pela amizade.

Aos Professores Ary A. Salibe, Ede Cereda e Rodolfo Carbonari, pela colaboração e amizade.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, especialmente ao Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Ocidental, pela oportunidade concedida para realização deste curso.

À Faculdade de Ciências Agronômicas do Campus de Botucatu - UNESP, que possibilitou a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Norberto da Silva, pela colaboração na versão do resumo para a língua inglesa.

Ao colega Antonio D. Santiago, da EMBRAPA, pela revisão dos originais.

Ao Prof. Dr. Ângelo Catâneo, pela orientação na realização das análises estatísticas e pela amizade.

A Srt^a Maria Inês Andrade e Cruz, bibliotecária da UNESP - Botucatu, pela revisão das referências bibliográficas.

Aos funcionários do Laboratório de Análises de Solo e de Planta do Departamento de Ciências do Solo da FCA pelas determinações químicas em laboratório.

Aos meus irmãos José Cruz e Tereza pelo incentivo e palavras de apoio.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação do Departamento de Horticultura pela amizade e incentivo.

A Sr^a Dulce M. S. Montenegro pelo apoio e dedicação.

Aos funcionários do Departamento de Horticultura, Benedito Thomé Franco, Waldemar dos Santos, Antonio Aparecido de Lima, Osmar Martins, Amauri Alves, José Walter Lourençon, Edivaldo Matos Almeida, Admilson Moisés Gonçalves, Luiz Fernando Conte, Marcos Pena, Fátima Maria C. de Arruda, Rosemeire P. de Almeida, Neuza Fragoso e Ana Maria dos S. Ferreira, pela valiosa colaboração na condução deste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE QUADROS	VIII
LISTA DE FIGURAS	XII
1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	6
3.1. Fósforo	7
3.1.1. Fósforo no solo	8
3.1.2. Aspecto gerais de fixação de fósforo	11
3.2. Mamoeiro	15
3.2.1. Clima	16
3.2.2. Solo	17
3.2.3. Exigências nutricionais	18
3.2.4. Fósforo no mamoeiro	19
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1. Material	30
4.1.1. Tipos de substratos	30
4.1.2. Cultivar utilizada	30
4.1.3. Recipientes utilizados	30
4.1.4. Fertilizantes	32
4.2. Métodos	32
4.2.1. Delineamento experimental	32
4.2.2. Instalação e condução do experimento	32
4.2.3. Avaliações realizadas	34
4.2.4. Análises estatísticas	36

	PÁGINA
5. RESULTADOS	37
5.1. Desenvolvimento vegetativo inicial	37
5.1.1. Altura das plantas	37
5.1.2. Taxa de crescimento	39
5.1.3. Diâmetro do caule	39
5.1.4. Nota de aparência das plantas	42
5.1.5. Número de folhas emitidas pelas plantas .	44
5.1.6. Número de folhas no momento da coleta das plantas	46
5.1.7. Peso da matéria seca da parte aérea	48
5.1.8. Peso da matéria seca da raiz	48
5.1.9. Peso da matéria seca total	51
5.2. Absorção de fósforo pelo mamoeiro	53
5.3. Concentração de fósforo na folha do mamoeiro ...	55
5.4. Nível crítico de fósforo no solo para o mamoeiro	57
5.5. Observações realizadas durante a condução do experimento	57
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	62
7. CONCLUSÕES	71
8. SUMMARY	73
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
10. APÊNDICE	93

LISTA DE QUADROS

	PÁGINA
1. Resultados de análises químicas das amostras dos três solos, utilizados como substrato	31
2. Resultados de análises físicas das amostras dos três solos, utilizados como substrato	31
3. Análise de variância da altura do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo	38
4. Alturas médias do mamoeiro, em cm, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos adubados com doses crescentes de fósforo	38
5. Análise de variância das taxas de crescimento do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo ..	40
6. Taxas médias de crescimento em mm/dia do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo	40

PÁGINA

7. Análise de variância do diâmetro do caule do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo 41
8. Diâmetros médios em mm do caule do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo 42
9. Análise de variância das notas de aparência do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo 43
10. Notas médias de aparência do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo 43
11. Análise de variância do número de folhas emitidas pelo mamoeiro, durante 170 dias, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo 45

12. Números médios de folhas emitidas pelo mamoeiro, durante 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos adubados com doses crescentes de fósforo 45
13. Análise de variância do número de folhas presentes no momento da coleta do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo 47
14. Números médios de folhas presentes no mamoeiro, no momento da coleta das plantas, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo 47
15. Análise de variância do peso da matéria seca da parte aérea do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo 49
16. Pesos médios da matéria seca da parte aérea, em g/planta, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo 49

17. Análise de variância do peso da matéria seca da raiz do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo 50
18. Pesos médios da matéria seca da raiz do mamoeiro, em g/planta, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo 51
19. Análise de variância do peso da matéria seca total do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo 52
20. Pesos médios da matéria seca total do mamoeiro, em g/planta, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo 53

LISTA DE FIGURAS

PÁGINA

1. Equações de regressão para cada solo, relacionadas aos teores disponíveis de fósforo nos solos, e absorção de fósforo pelo mamoeiro, coletados aos 170 dias pós-semeadura 54
2. Equações de regressão para cada solo relacionadas aos teores disponíveis de fósforo nos solos, e concentrações de fósforo nas folhas do mamoeiro, coletados aos 170 dias pós-semeadura 56
3. Equação de regressão dos teores do fósforo disponível no solo e matéria seca total do mamoeiro, coletados aos 170 dias pós-semeadura 58
4. Desenvolvimento das plantas de mamão *Carica papaya* L. cv. solo em doses crescentes de fósforo no Latossolo Roxo, aos 170 dias pós-semeadura 59
5. Desenvolvimento das plantas de mamão *Carica papaya* L. cv. solo em doses crescentes de fósforo no Latossolo Vermelho Escuro, aos 170 dias pós-semeadura 60

6. Desenvolvimento das plantas de mamão *Carica papaya*
L. cv. solo em doses crescentes de fósforo na
Areia Quartzosa, aos 170 dias pós-semeadura 61

1. RESUMO

O presente trabalho foi conduzido no Departamento de Horticultura da Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, Campus de Botucatu, em túnel plástico, de abril a novembro de 1993 com os objetivos de relacionar o desenvolvimento vegetativo inicial do mamoeiro (*Carica papaya* L. cv. solo) com os teores de fósforo disponíveis em solos com diferentes classes texturais e estabelecer o nível crítico de fósforo disponível no solo para o desenvolvimento vegetativo inicial do mamoeiro.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 3, com quatro repetições e três plantas por parcela. Os tratamentos foram compostos de cinco doses de fósforo (0, 50, 100, 200 e 400 $\mu\text{gP}/\text{cm}^3$) e três tipos de solos (Latosolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro e Areia Quartzosa).

Foram feitas avaliações de altura de planta, taxa de crescimento, diâmetro do caule, número de folhas

emitidas pelas plantas, número de folhas no momento da coleta do experimento, nota de aparência das plantas, peso da matéria seca das folhas, caule e raiz e análise da concentração de fósforo nas folhas.

Os resultados e análise obtidos mostraram que a aplicação de fósforo nos três solos incrementou o desenvolvimento vegetativo inicial do mamoeiro; a dose de $400 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$ foi a que proporcionou o maior desenvolvimento vegetativo das plantas. O Latossolo Roxo foi o solo que propiciou o melhor desenvolvimento do mamoeiro, e o nível crítico de fósforo disponível no solo para o desenvolvimento vegetativo inicial do mamoeiro foi o de aproximadamente $32 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$.

2. INTRODUÇÃO

O mamoeiro é uma espécie nativa da América Tropical, e está distribuído por todos os estados brasileiros (MANICA, 1971; MEDINA, 1980).

O cultivo desta espécie vem ganhando importância no cenário da fruticultura brasileira, seja pelo aumento do consumo do fruto "in natura", devido as suas excelentes características organolépticas e elevado teor vitamínico, seja pela extração da papaína, uma enzima proteolítica com grande aplicação na medicina e na indústria.

O Brasil é o maior produtor de mamão com uma produção de 1,6 milhões de toneladas o que representa quase 50% da produção mundial (FAO, 1991), mas a exportação de fruta fresca tem sido insignificante, em torno de 1% do total produzido no país (HORTINEXA, 1990).

A expansão da exploração do mamoeiro, principalmente nos estados do Pará, Bahia, Minas Gerais e mais recentemente no Espírito Santo, se deve a introdução de

linhagens do cultivar solo provenientes do Hawaii (AMARO, 1980; NAKASONE, 1980). Características desta cultivar como reduzido tamanho do fruto, cor atraente da polpa e alto teor de açúcares proporcionaram rápida aceitação pelos consumidores (AMARO, 1980; NAKASONE, 1980; RUGGIERO, 1980).

GEUS (1964), MORIN (1967) e XABREGAS e SANTOS (1967) são unânimes em afirmar que as exigências de nutrientes pelo mamoeiro são altas em virtude do seu desenvolvimento rápido e contínuo, acompanhado de floração precoce e contínua, paralelas à frutificação e maturação dos frutos.

Segundo CAVALCANTI (1974) o suprimento de fósforo às plantas é, sem dúvida, um problema crítico, pois além do baixo teor de fósforo presente na maioria dos nossos solos os fertilizantes fosfatados adicionados sofrem transformações que resultam em formas pouco solúveis.

Conforme BRADY (1989), na maioria dos solos, o montante de fósforo sob forma assimilável é muito reduzido, raramente excede cerca de 0,01% do fósforo no solo. É por esta razão que os níveis de fósforo assimilável deverão ser suplementados mediante adição de fertilizantes químicos.

Dentre os macronutrientes extraídos pelo mamoeiro, o nitrogênio e o potássio, são os determinados em maiores teores. Com relação ao efeito destes macronutrientes no mamoeiro, já existem alguns trabalhos que demonstram a sua importância (MALAVOLTA, 1970).

Para o fósforo, cálcio e magnésio os resultados de pesquisa são escassos e foram obtidos na sua grande maioria no exterior (MORIN, 1967; CUNHA, 1979).

De acordo com SILVA (1981), NICOLI (1982) e BUENO (1984), o fósforo, o cálcio e o magnésio foram os nutrientes que promoveram respostas no desenvolvimento vegetativo de frutíferas.

A maior resposta pelas plantas à aplicação de fósforo é na fase inicial do crescimento, pois o acúmulo de matéria seca é grande, e o fósforo absorvido nesta fase pode chegar a 50% do total que é absorvido em todo o ciclo da planta (BLACK, 1968).

Segundo AWADA (1976), grande parte dos estudos da necessidade da adubação do mamoeiro são para as fases de florescimento e frutificação, sendo portanto necessário o estudo da adubação durante a fase de crescimento vegetativo.

Os objetivos deste trabalho foram relacionar o desenvolvimento vegetativo inicial do mamoeiro "solo" com os teores de fósforo disponível em solos com diferentes classes texturais; e estabelecer o nível crítico de fósforo disponível no solo para o desenvolvimento vegetativo inicial do mamoeiro 'solo'.

3. REVISÃO DE LITERATURA

O mamoeiro, como todos vegetais superiores, necessitam para o seu desenvolvimento de nutrientes para a sua constituição e/ou metabolismo. Estes são fornecidos através do solo, do ar ou da água. (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, 1980; BRAGANÇA, 1984 e BUENO, 1984).

Os fatores ambientais e fisiológicos influenciam na absorção dos nutrientes, na sua translocação e na sua utilização pela planta. A falta de pelo menos um desses nutrientes causa distúrbios na planta, comprometendo o seu desenvolvimento, e conseqüentemente sua produção (MALAVOLTA et al., 1974; MALAVOLTA, 1980 e JONES, 1982).

Para que as plantas tenham uma nutrição equilibrada, cada nutriente deve estar disponível na solução do solo durante todo o ciclo da cultura (JANICK, 1966; MALAVOLTA, 1980 e BRADY, 1989). Entre esses nutrientes encontra-se o fósforo, que segundo HUME (1952), desempenha papel importante na fisiologia vegetal, participando na

formação de carboidratos, gorduras e proteínas e de acordo com KAMPFER e VEXKULL (1966) e MALAVOLTA et al. (1974), o fósforo tem um papel fundamental no desdobramento da glicose, no armazenamento, transferência e utilização de energia para os processos vitais da planta, além de funções estruturais. Participa, ainda, das núcleo-proteínas e da divisão celular.

3.1. Fósforo

O fósforo é o elemento que na maioria das vezes limita as produções agrícolas nas regiões de clima tropical e subtropical.

Devido a alta retenção de fósforo dos solos brasileiro, doses elevadas de fertilizantes fosfatados são necessários.

Embora o fósforo, dentre os três macronutrientes primários seja o menos exigido em quantidade pelas plantas, é com certeza o mais utilizado em adubação. Isto explica-se pela carência generalizada de fósforo nos nossos solos, em especial os da fronteira agrícola (GOEDERT e SOUZA, 1984), e também porque o elemento tem forte interação com o solo (RAIJ, 1991).

Segundo SOUZA (1976), o fósforo participa na fotossíntese, respiração e degradação de açúcares.

É também necessário na iniciação floral, formação e maturação dos frutos e no estágio inicial de

crescimento, especialmente no desenvolvimento do sistema radicular. A sua translocação se dá com rapidez para os centros de crescimento (KAMPFER e VEXKULL, 1966; RIVERO, 1968 e ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS, 1975).

3.1.1. Fósforo no solo

Segundo MALAVOLTA et al., (1974) e BRADY (1989), o fósforo é aplicado ao solo em quantidades maiores do que o exigido, pois além de sua utilização pela planta, parte do fósforo torna-se indisponível. Este montante varia com a fonte do nutriente, espessura das partículas, composição química, textura e pH do solo.

Trabalhos de Bobnov e Heck, citados por MALAVOLTA et al. (1974) e ROY et al. (1978) mostraram que somente 10 - 30% dos fosfatos adicionados ao solo são aproveitados pelas plantas. As fixações e imobilizações são responsáveis pelo baixo aproveitamento do fósforo.

O fósforo do solo de acordo com SANCHEZ (1976), pode ser encontrado sob diferentes formas. O total, sem importância agrícola, apresenta-se sob as formas de fosfatos de cálcio, fosfatos de alumínio e fosfatos de ferro. O fósforo orgânico, que é a principal forma de fósforo para as plantas em plantios sem fertilizantes químicos, apresenta-se ligado à matéria orgânica. O fósforo inorgânico apresenta-se no solo sob formas ativas e inativas, dependendo do estágio de intemperização química do mesmo.

O fósforo encontra-se na solução do solo como ion ortofosfato, que é derivado do ácido fosfórico (H_3PO_4) que em solução dissocia-se em $H_2PO_4^-$, HPO_4^{-2} e PO_4^{-3} . Como a maioria dos solos brasileiros é ácido, quase todo o fósforo em solução está na forma $H_2PO_4^-$.

O fósforo na solução do solo encontra-se em equilíbrio com o fósforo da fase sólida, que é conhecido como fósforo lábil e fósforo não lábil.

Segundo RAIJ (1991), o fósforo lábil está em equilíbrio com o fósforo da solução, enquanto o fósforo inorgânico do solo, é representado por compostos insolúveis, e que lentamente podem transformar-se em fosfatos lábeis.

De acordo com OLSEN et al. (1962), a disponibilidade de fósforo para as plantas está diretamente ligada à concentração deste na solução do solo, e sua absorção varia com a espécie de planta, estágio de crescimento, com a formulação do adubo e com a maneira de aplicação ao solo.

Os mesmos autores afirmam que o fósforo para ser absorvido pelo sistema radicular precisa estar em contato com este, sendo a absorção feita quase totalmente através da difusão, embora possa ocorrer em pequena proporção através da intercepção radicular e fluxo de massa.

Conforme EPSTEIN (1975), alguns fatores podem interferir na absorção do fósforo. Os mais importantes são a mineralogia da argila, teor de argila, presença de matéria

orgânica, nível de alumínio no solo, umidade do solo, pH e presença de outros nutrientes.

CANESSA et al. (1987) estudaram a adubação fosfatada em quinze solos na Costa Rica, usando como planta o sorgo e concluíram que com o aumento na retenção de fósforo, a produção da matéria seca foi menor em virtude da menor disponibilidade de fósforo na solução do solo.

As fontes de fósforo na natureza são as rochas fosfáticas, que são moídas e usadas como adubos fosfatados. Outras fontes de fósforo são os fosfatos industrializados, que apresentam maior disponibilidade de fósforo. Estes são obtidos pela acidificação das fontes naturais e posteriormente neutralização. São representados pelos superfosfato simples, superfosfato triplo, fosfato diamônico e fosfato monoamônico (ASSOC. NAC. PARA DIF. DE ADUBOS 1975).

De acordo com Chandler citado por BIASI (1978), os níveis de fósforo presentes no solo são determinados através de soluções extratoras que simulam a sua absorção pelas plantas. Para Bray citado por SANCHEZ (1976), um método para ser eficiente deve seguir três critérios: a. deve extrair toda ou uma parte proporcional das formas disponíveis do nutriente em solos com amplas diferenças em propriedades; b. deve ser rápido e preciso; e c. as quantidades extraídas devem ser correlacionadas com o crescimento e resposta de cada cultura para o nutriente em estudo, sob várias condições.

3.1.2. Aspectos gerais de fixação de fósforo

Segundo SANTANA e MOURA FILHO (1978), o baixo teor de fósforo disponível é considerado um dos fatores limitantes da produtividade de nossos solos e uma das causas que contribuem para esta limitação é a elevada capacidade de fixação de fosfatos pelos solos.

Conforme SINGH et al. (1983), os solos variam em suas capacidade de fixação de fósforo, sobretudo devido às suas características físico-químicas.

MELLO (1970) afirma que a fixação do ion ortofosfato pelo solo é incontestável, e que deve ser considerada na adubação.

A capacidade de fixação de fosfato é uma importante característica do solo que afeta diretamente a resposta de planta à aplicação de fertilizantes fosfatados (FOX e KAMPRATH, 1970; HOLFORD e MATTINGLY, 1976).

Trabalhos sobre fixação de fosfatos descrevem os mecanismos envolvidos como sendo a precipitação ou adsorção. HSU (1965), define precipitação como um processo no qual os fosfatos são precipitados em compostos de baixa solubilidade com alumínio ou ferro em solos ácidos, ou cálcio em solos alcalinos ou neutros. Já a adsorção é o mecanismo por meio do qual o fosfato é retido. KITTRICK e JACKSON (1957) e HSU (1965), afirmam que a precipitação e a adsorção resultam do mesmo tipo de força química.

CATANI (1969) observou que alguns solos brasileiros chegam a fixar 24 eq. $\text{mgPO}_4^{3-}/100\text{g}$ (2.481 ppm de P).

FASSBENDER (1969), estudou a retenção de fosfatos nos solos da Costa Rica e verificou que a média de retenção foi de 42%, 58,2% e 86,4% para solos Aluviais, Latossolos e Andossolos, respectivamente.

As características físicas do solo, especialmente a textura, influenciam os teores de fósforo nas plantas, fazendo com que haja dificuldade na absorção de fósforo para um máximo desenvolvimento (LOPES, 1972; MALAVOLTA, 1980; BRADY, 1989).

De acordo com OLSEN e DEAN (1965), para um mesmo nível de absorção pelas plantas, a quantidade de fósforo a ser fornecida em solos argilosos deve ser maior que a de solos com textura arenosa, isto devido a maior capacidade tampão ou de fixação em solos argilosos.

WOODRUF e KAMPRATH (1965) demonstraram existir uma relação entre textura do solo e a máxima absorção de fosfato necessitando de 18, 104 e 342 ppm de fósforo para se obter a máxima absorção em solos com 2%, 7,5% e 38% de argila respectivamente.

SANTANA e MOURA FILHO (1978) estudaram a fixação de fosfatos em solos do Triângulo Mineiro e Viçosa, encontraram uma correlação significativa entre textura do solo e a fixação de fosfato. Os solos de textura média

apresentaram menores valores de fixação que os de textura argilosa.

SYERS et al. (1971) estudando 15 solos do Rio Grande do Sul determinaram a fixação de fósforo que variou de 12% em solo arenoso a 98% em solo rico em sesquióxido.

COLEMAN (1944) constatou, que a retenção de fósforo pelos solos e pelas argilas do solo ocorre nos estádios iniciais, mas uma pequena reação de fixação continua por muitas semanas.

HASEMAN et al. (1950), observaram que a fixação de fosfato pelas argilas se dá em dois estádios um muito rápido e outro mais lento. O estádio mais rápido é resultado da reação entre ions fosfatos e ions alumínio e ferro em solução, e o estádio mais lento resulta da reação com ions alumínio e ferro liberados por meio da intemperização dos mineirais argilosos.

Conforme SANCHEZ (1976), o pH do solo controla a disponibilidade de fósforo de diferentes formas, pois à medida que os solos tornam-se mais ácidos, a atividade do ferro e alumínio aumenta e, as formas relativamente solúveis de fosfato de cálcio são convertidas para as formas insolúveis de fosfato de alumínio e fosfato de ferro.

CATANI e PELLEGRINO (1960), pesquisaram a capacidade de fixação de fósforo em quinze solos do Estado de São Paulo, e detectaram que o solo que mais fixou foi o que apresentou o menor pH, o menor índice de saturação de bases e a maior percentagem de argila. O solo que menos fixou

apresenta um pH muito ácido, baixa saturação de bases e baixa percentagem de argila.

CABALA e FASSBENDER (1971) estudaram oito solos ácidos da Bahia, observaram que a calagem diminuiu a capacidade de fixação até um pH 5,8 e a partir deste pH houve aumento da fixação.

MURRMANN e PEECH (1969) observando o efeito do pH sobre o fósforo lábil e em solução usando CaCl_2 0,01 M, concluíram que a calagem diminui o fósforo em solução e lábil até pH 5,0. A partir deste pH, o fósforo lábil e em solução aumentaram com o aumento do pH.

Segundo SOLIS (1981) em um mesmo tempo de incubação (10 a 20 dias), a quantidade de fósforo fixado aumentou com a dose de fósforo aplicado (50 e 100 ppm), mas o percentual de fósforo diminuiu, indicando a saturação do solo com o ion fosfato.

Para MENDOZA e BARROW (1987), o efeito do tempo na absorção de fósforo é importante pois o fosfato continua a reagir com o solo, tendo portanto um efeito considerável no valor residual do adubo fosfatado. Observaram que em cinco solos da Argentina não adubados com fosfato, ocorreu uma variação na concentração de fosfatos em função do tempo e da temperatura de incubação. As maiores concentrações de fosfato foram detectadas em solos com grandes períodos de incubação e altas temperaturas.

ALMEIDA NETO e BRASIL SOBRINHO (1977) estudaram a fixação de fósforo em três solos, (dois Latossolo

Vermelho Amarelo (Anápolis e Morrinho) e um Latossolo Roxo (Itumbiara)) sob vegetação de cerrado, através de testes de laboratório e teste biológico (painço), com dosagens de 0 a 1.500 ppm e 0 a 400 ppm, respectivamente. Obtiveram, no ensaio de laboratório, a maior fixação (86%) para o LVa de Anápolis na dosagem de 50 ppm, e o LVa de Morrinho foi o que mais fixou (28%) quando lhe foi adicionado 1.000 ppm de fósforo. No ensaio biológico, a produção máxima de painço para o LVa de Anápolis foi obtida quando adicionadas as doses de 300 e 400 ppm de fósforo, 175 e 300 ppm de fósforo para LVa de Itumbiara e 175 ppm de fósforo para o LVa de Morrinho.

3.2. Mamoeiro

O mamoeiro é uma planta frutífera de rápido crescimento e florescimento precoce e contínuo, produzindo em um período curto de tempo uma grande safra de frutos. Exige, portanto, solos férteis em condições de suprimento correto e simultâneo dos nutrientes durante todo o ciclo.

Sob condições naturais poucos são os solos que podem suprir a demanda de nutrientes pelo mamoeiro sem a aplicação de fertilizantes. O correto fornecimento de nutrientes em combinação com adequadas condições climáticas, reflete no mamoeiro através de um bom desenvolvimento da planta e de uma produção precoce.

Embora a cultura do mamoeiro esteja difundida em todas as áreas tropicais e subtropicais do mundo, pouco se

conhece do comportamento e da reação da planta às adubações minerais, particularmente no Brasil.

3.2.1. Clima

GEUS (1964) afirma que para um desenvolvimento pleno, o mamoeiro requer regiões equatoriais quentes e úmidas, podendo apresentar um ótimo desenvolvimento em regiões tropicais e subtropicais.

Segundo SIMÃO (1971) a temperatura mais favorável para o mamoeiro, é aquela por volta de 25°C como média; não suporta temperaturas próximas à 0°C. As condições mais favoráveis são encontradas à altitudes máximas de 600 metros.

Conforme o mesmo autor, o mamoeiro exige grandes teores de umidade, pois 85% da planta e do fruto são constituídos de água, por isso, uma precipitação acima de 1.200 mm anuais mostra-se satisfatória, desde que não ocorra período seco por mais de quatro meses.

Para NAKASONE (1980), o mamão pode crescer e produzir bem sem irrigação suplementar se um mínimo de precipitação mensal de 100 - 140 mm for disponível.

De acordo com GONZALES et al. (1972), para a espécie *Carica candamarcensis* HOOK, as características climáticas que favorecem seu cultivo são: temperatura homogênea, poucas oscilações térmicas diárias e anuais e umidade relativa alta e permanente.

Segundo CARVALHO (1962), o mamoeiro encontra condições de cultivo econômico desde o norte do Brasil até o norte do Estado do Paraná.

3.2.2. Solo

Conforme MANICA (1968), deve-se dar preferência aos solos férteis de boa composição química objetivando conseguir boa produtividade com menos gastos de adubação. É muito importante que os solos sejam profundos, drenados e dotados de boa capacidade de retenção de umidade. São contra indicados os solos excessivamente arenosos por serem sujeitos às lavagens e à seca, com perda rápida da fertilidade.

CARVALHO (1966) afirma que a produção do mamoeiro é prejudicada em solos cujo pH (água) é inferior a 5,5 e o teor de alumínio superior a 0,5 eq.mg/100 ml de TFSA. Para AWADA et al. (1975), a faixa de pH ideal para a cultura varia entre 5,5 a 6,7.

MORIN (1967), PIZA Jr (1967) e SIMÃO (1971) informam que o mamoeiro se adapta bem em vários solos, não suportando porém, os úmidos ou mal drenados. Nestes a planta tem um desenvolvimento anormal, as folhas caem prematuramente e as que permanecem apresentam uma coloração verde-amarelada, sintoma típico de desenvolvimento em solos onde a aeração é deficiente.

3.2.3. Exigências nutricionais

GEUS (1964), MORIN (1967) e XABREGAS E SANTOS (1967) são unânimes em afirmar que as exigências de nutrientes pelo mamoeiro são altas em virtude do seu desenvolvimento rápido e contínuo, acompanhado de floração precoce e contínua, paralelas à frutificação e maturação dos frutos. O fornecimento constante de nitrogênio e adequadas doses de fósforo e potássio são necessárias para o desenvolvimento vigoroso da planta, a fim de se obter boas produções e frutos de alta qualidade. Conforme o primeiro autor, o potássio só adquire importância após o florescimento.

Para Shoji et al. citados por MORIN (1967), a aplicação de fertilizantes durante os estádios iniciais de desenvolvimento do mamoeiro é muito importante. Se as plantas jovens apresentarem retardamento durante a fase juvenil de desenvolvimento, por uma deficiência de nutrientes, as aplicações subsequentes de fertilizantes não terão o mesmo efeito que poderia ter se fossem aplicados na época adequada.

Deste modo, para atender as exigências nutricionais do mamoeiro, o solo deverá ser capaz de fornecer os nutrientes no tempo certo, e a planta, por sua vez, deverá ter a capacidade de aproveitar esses nutrientes.

3.2.4. Fósforo no mamoeiro

O fornecimento correto de fósforo para as mudas frutíferas faz com que ela apresente um excelente desenvolvimento vegetativo (GEUS, 1964). Este autor afirma ainda que os melhores resultados com fósforo no mamoeiro são obtidos durante a fase inicial, e que um substrato deficiente em fósforo ocasiona o retardamento do sistema radicular e da parte aérea, fatores básicos para o desenvolvimento das plantas.

Para o mesmo autor, a alta demanda de fósforo na fase de crescimento é devido ao grande acúmulo deste elemento para manter a taxa de crescimento.

Utilizando-se de oito níveis crescentes de fósforo em condições controladas, MUNÓZ et al. (1968) determinaram que a faixa de concentração de fósforo que proporcionou o maior desenvolvimento vegetativo da espécie *Carica candamarcensis* HOOK, foi de 1,10% a 1,12% em pecíolos de nº 5 a nº 8 a partir do ápice. AWADA (1976) constatou que a percentagem de fósforo no pecíolo que proporcionou maior crescimento vegetativo foi a de 0,41% para a espécie *Carica papaya* L.

Segundo AWADA e LONG (1969) e REDDY et al. (1988) o melhor órgão da planta para ser utilizado na diagnose nutricional da espécie *Carica papaya* cv. solo, é o pecíolo da folha recentemente madura. Os primeiros autores

Para se obter uma boa produção de frutos comerciais, a concentração de fósforo no pecíolo deverá estar entre 0,18% a 0,25%, de acordo com AWADA et al. (1975), AWADA (1976), AWADA e LONG (1977).

Trabalhando com a espécie *Carica candamarcensis* HOOK, GONZALEZ et al. (1972), constataram que a concentração de fósforo nas folhas variavam com a idade da planta e com as estações do ano. Os valores extremos obtidos pelos autores foram: no limbo foliar a percentagem de fósforo variou de 0,27% a 0,64% e no pecíolo de 0,14% a 0,54%. Estes resultados discordam dos obtidos por CUNHA (1979), que não detectou variação nas concentrações de fósforo nas folhas em função da idade. E concordam com os obtidos por AWADA (1976), que verificou variações no teor de fósforo em pecíolo de *Carica papaya* em função da idade.

Conforme AWADA e LONG (1977), o nível crítico de fósforo é de 0,185% e reportam, também, que o fósforo é mais importante durante a etapa inicial de crescimento até o florescimento, para desenvolver mamoeiros vigorosos.

Para CIBES e GAZTAMBIDE (1978), o nível crítico de fósforo na folha está por volta de 0,20%. REDDY et al. (1988) determinaram que o nível crítico de fósforo no pecíolo é de 0,21%.

De acordo com AWADA (1976), um dos objetivos mais importantes da adubação do mamoeiro, no Hawaii, é aumentar o rendimento em frutos por hectare sem afetar o tamanho do fruto e altura da planta, procurando sempre

plantas mais baixas para facilitar os tratos culturais e a colheita; nestas condições a aplicação de fósforo no estágio vegetativo deve ser moderada, pois o fósforo estimula o aumento do diâmetro do caule e altura da planta. Para o autor, nas condições de solo e clima de Puna no Hawaii, deve-se aplicar 115 Kg/ha de fósforo associado com um teor no pecíolo variando entre 0,16% a 0,22%.

Estudando os efeitos de níveis de calagens e adubação fosfatada em latossolos do Hawaii, para a espécie *Carica papaya* L., AWADA et al. (1975) concluíram que com a elevação da adubação fosfatada houve um aumento na concentração de fósforo no pecíolo. Este resultado concorda com os obtidos por AWADA (1976), REDDY et al. (1986) e REDDY et al. (1989).

Em condições de casa de vegetação e solução nutritiva CUNHA (1979), utilizando mamoeiros da espécie *Carica papaya* L. cv. solo, obteve as seguintes porcentagens de fósforo: nas folhas as concentrações médias foram 0,52% e 0,14% e no caule 0,66% e 0,06%, respectivamente para solução completa e deficiente.

CIBES e GAZTAMBIDE (1978) trabalhando com a mesma espécie e nas mesmas condições obtiveram as seguintes porcentagens de fósforo: nas folhas foram 0,82% e 0,14% e no caule 0,98% e 0,07%, respectivamente para solução completa e deficiente.

No Estado de São Paulo, em solo arenito de Bauru, CARVALHO et al. (1963) estudaram doses de N, P e K e

mostraram que nas condições do experimento, a adubação fosfatada foi a única que apresentou resposta efetiva nos mamoeiros proporcionando um aumento de 21% na produção em relação ao tratamento sem fósforo.

CARVALHO et al. (1964) em um outro experimento de doses de N, P e K, agora sobre o desenvolvimento vegetativo do mamoeiro concluíram que o nitrogênio isoladamente ou associado com o fósforo influenciaram positivamente na altura da planta e diâmetro do caule.

LUNA e CALDAS (1984) trabalhando em Latossolo Vermelho Amarelo com cv. solo e com diferentes doses de N, P e K verificaram que a aplicação de nitrogênio e fósforo aumentaram a altura da planta, diâmetro do caule e a produção de frutos, sendo a maior produção obtida com a utilização de 200 Kg de N e 160 Kg P_2O_5 por hectare.

O crescimento da planta em altura e o aumento no diâmetro do caule são incrementados de maneira significativa com a aplicação de fósforo. A resposta à adubação com este elemento se dá com grande eficiência nos primeiros estádios de desenvolvimento do mamoeiro (AWADA et al. 1975; AWADA, 1976; AWADA e LONG, 1977; REDDY et al., 1988).

PUROHIT (1977), testou três doses de fósforo e concluiu que durante todos os estádios do ciclo do mamoeiro, a altura da planta e o diâmetro do caule aumentaram significativamente com o aumento da dose de fósforo.

Segundo AWADA (1977), o aumento da fertilização com fósforo proporcionou um rápido crescimento da planta e incrementou o peso da matéria seca do pecíolo, somente durante o estágio vegetativo.

De acordo com MUNÓZ et al. (1968), doses crescentes de fósforo proporcionaram um aumento no peso da matéria fresca e seca das raízes. A aplicação da maior dose (128 ppm) resultou na diminuição do peso da matéria fresca e seca das raízes.

OLIVEIRA (1986) aplicou doses crescentes de calcário dolomítico e de superfosfato simples, na cv. solo, e chegou a conclusão de que aplicações crescentes de fósforo e cálcio no substrato resultam em maiores pesos da matéria seca total das plantas, na fase inicial de desenvolvimento.

O mesmo autor constatou um aumento linear na matéria seca total dos mamoeiros com doses crescentes de superfosfato simples no substrato. Esta observação está de acordo com BUENO (1984), GALLO et al. (1960), HAAG e MALAVOLTA (1960), NICOLI (1982), OLIVEIRA et al. (1977), que observaram aumentos nos teores de fósforo na matéria seca de outras espécies frutíferas, também com aplicações crescentes de superfosfato simples no substrato.

A aplicação de fósforo e potássio tende a promover um rápido crescimento e florescimento precoce do mamoeiro (GEUS, 1964).

A altura da planta é um parâmetro de grande importância fisiológica segundo EPSTEIN (1975) e FERRI

(1979), pois além de se correlacionar com o diâmetro do caule reflete de modo prático, o crescimento e a diferenciação do vegetal.

Utilizando calcário e fósforo, em três níveis, em Latossolo no Hawaii com a espécie *Carica papaya* L., AWADA et al. (1975), demonstraram que em geral todas as plantas eram vigorosas, porém o nível médio de fósforo foi o mais efetivo, aumentando a produtividade.

De acordo com REDDY et al. (1986), a adubação com nitrogênio e fósforo apresentaram diferenças significativas na altura da planta, mas somente o fósforo apresentou diferenças significativas em relação ao rendimento de fruto.

Para AWADA e LONG (1980) a fertilização com fósforo é importante para as plantas jovens e provavelmente não tão necessária para plantas velhas (mais de 24 meses).

JAUHARI e SINGH (1971), aplicaram três doses de fósforo em plantas de mamoeiro e observaram que o fósforo não proporcionou acréscimo na altura da planta. Mas quando combinou-se N, P e K ocorreram diferenças significativas na altura da planta e no diâmetro do caule, sendo a melhor combinação 140 g de N/planta, 70 g de P_2O_5 /planta e 140 g de KCl/planta.

GRASSI FILHO et al. (1992), conduziram um ensaio com mudas de mamoeiro em latossolo vermelho escuro, utilizando diferentes doses de adubos orgânicos e de fósforo. Para os parâmetros avaliados, altura de planta e número de

folhas, diferentes doses de fósforo não apresentaram efeitos significativos.

De acordo com AWADA (1977), o excesso de adubação fosfatada na fase vegetativa determina mamoeiro altamente produtivo, porém com alta proporção de frutos de menor tamanho.

CORREA et al. (1989), testaram o efeito da aplicação de três doses de N, P e K sobre a produção do mamoeiro cv. solo, plantados em Latossolo Vermelho Escuro e observaram que com relação ao fósforo, doses crescentes deste elemento aumentaram significativamente o número de frutos/planta, bem como o peso médio dos frutos.

REDDY et al. (1989), identificaram diferenças significativas entre três níveis de fósforo (125, 250 e 375 g P_2O_5 /pl/ano). O máximo rendimento de frutos (132,5 t/ha) foi obtido com 375 g de P_2O_5 . Estes resultados coincidem com os observados por CARVALHO (1963) e PUROHIT (1977), que verificaram um maior efeito de fósforo no rendimento de frutos em relação ao nitrogênio e potássio, e discordam dos observados por AWADA e LONG (1978), onde a adubação nitrogenada incrementou o rendimento de frutos para o mercado e a adubação fosfatada só incrementou o número de frutos colhidos.

CUNHA e HAAG (1980) estudaram a absorção de fósforo no mamoeiro cv. solo e verificaram que a absorção pelas folhas foi maior do que a do caule até 270 dias de

idade. Isto ocorreu devido ao maior teor do nutriente nas folhas.

Em mamoeiros jovens, com menos de sete meses de idade, a matéria seca produzida pelas folhas é maior do que a acumulada pelo caule, ocorrendo o inverso com plantas com maior idade (CUNHA e HAAG, 1980).

CIBES e GAZTAMBIDE (1978) estudaram a omissão de macro e alguns micronutrientes na produção da matéria seca da cv. solo e observaram que os tratamentos influenciaram o crescimento do mamoeiro na seguinte ordem decrescente: -N,-P, -K = -Ca = -B, -Mn = -Mg, -S = -Fe.

Os sintomas de deficiência de fósforo para a espécie *Carica candamarcensis* HOOK, segundo MUNÓZ et al. (1968), inicia-se por uma cor verde escura nas folhas mais jovens, que logo progride até as mais inferiores. Junto com a coloração verde escura, as folhas adquirem uma consistência mais grossa e dura. Com o prosseguimento da deficiência, as folhas inferiores apresentam uma clorose generalizada. Os pecíolos adquirem uma coloração avermelhada devido ao aparecimento de pontos vermelhos. A deficiência de fósforo provocou a queda prematura das folhas.

Para a espécie *Carica papaya* L., os sintomas de deficiência de fósforo de acordo com CIBES e GAZTAMBIDE (1978) e CUNHA E HAAG (1980), iniciam-se nas folhas mais velhas, com o aparecimento de pequenas áreas amareladas ao longo das margens do limbo. Com o avanço da deficiência, as pequenas áreas amareladas tornam-se necróticas e as pontas

dos lóbulos e margens enrodam-se. As folhas mais novas são pequenas, apresentando um verde mais escuro do que as folhas normais. O desenvolvimento da planta é bastante reduzido, apresentando um caule fino com internódios curtos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de abril a novembro de 1993, no Departamento de Horticultura da Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, Campus de Botucatu, em túnel plástico localizado dentro do ripado. O local do experimento apresenta as seguintes coordenadas: 22°52'55'' de latitude sul e 48°26'22'' de longitude oeste. A altitude é de 786 m acima do nível do mar, segundo dado fornecido pelo Departamento de Ciências Ambientais da FCA/UNESP.

TUBELIS et al. (1972), baseados no sistema internacional de Koeppen, incluíram o clima de Botucatu no tipo Cf.b.

De acordo com a classificação de Thornthwaite, o município de Botucatu, segundo CURI (1972), apresenta clima do tipo B₁rB'₃a'.

Os dados de temperatura registrados durante o transcorrer do ensaio encontram-se na Tabela 1, no apêndice.

4.1. Material

4.1.1. Tipos de substratos

Foram utilizados solos de três classes texturais diferentes (Latosolo Roxo Distrófico, Latossolo Vermelho Escuro Distrófico e Areia Quartzosa Distrófica^(a)) coletados a uma profundidade de 0 - 20 cm. Os valores da análise de componentes químicos, físicos e pH estão apresentados nos Quadros 1 e 2. O substrato utilizado para a germinação das sementes foi o PLANTIMAX.

4.1.2. Cultivar utilizada

Utilizou-se sementes de mamoeiro da espécie *Carica papaya* L. cv. solo. As sementes foram retiradas de frutos característicos da cultivar.

4.1.3. Recipientes utilizados

Foram utilizados vasos plásticos com capacidade para 10 litros de terra. As sementes germinaram em 4 bandejas de isopor cada uma com 128 células.

^(a) Indicação e classificação dos tipos de solo feito pela Prof^a MARIA HELENA MORAES do Departamento de Ciências do Solo da FCA/UNESP.

QUADRO 1: Resultados de análises químicas das amostras dos três solos, utilizados como substrato.

=====			
CARACTERÍSTICAS	R E S U L T A D O S		
QUÍMICAS	LAT ROXO	LAT VER ESC	AR QUART

pH em CaCl ₂	4,1	4,0	4,3
MAT ORG (%)	2,2	2,6	2,0
P µg/cm ³	2,0	2,0	3,0
K ⁺ meq/100 cm ³ TFSA	0,09	0,06	0,08
Ca ⁺² meq/100 cm ³ TFSA	0,3	0,1	0,3
Mg ⁺² meq/100 cm ³ TFSA	0,1	TR	0,1
H ⁺ + Al ⁺³ meq/100 cm ³ TFSA	7,2	6,4	3,8
SATURAÇÃO DE BASES (%)	6,0	3,0	1,1
CTC meq/100 cm ³ TFSA	7,6	6,6	4,3
=====			

QUADRO 2: Resultados de análises físicas das amostras dos três solos, utilizados como substrato.

=====				
SOLO	AREIA	ARGILA	SILTE	CLASSE
	%	%	%	TEXTURAL

LAT ROXO	22	56	22	ARGILOSO
LAT VER ESC	67	28	05	ARGILO-ARENOSO
AR QUART	92	08	00	AREIA
=====				

4.1.4. Fertilizantes

Os fertilizantes aplicados durante o ensaio foram superfosfato simples, calcário dolomítico (PRNT 94%), sulfato de amônio, cloreto de potássio e as soluções A e B de HOAGLAND e ARNON (1950).

4.2. Métodos

4.2.1. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 3, com quatro repetições e três plantas por parcela.

Os tratamentos foram compostos de cinco doses de fósforo, testemunha (sem adição de fósforo), 50, 100, 200 e 400 $\mu\text{gP}/\text{cm}^3$, e três diferentes solos (Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro e Areia Quartzosa).

4.2.2. Instalação e condução do experimento

Em cada vaso foram misturadas, junto com o solo (8 l/vaso), dosagens individuais de fósforo e de calcário.

Adicionou-se em todos os vasos calcário dolomítico para elevar a saturação de bases a 70%, conforme recomendação de RAIJ (1981). Isto correspondeu a 21 g/vaso

para o Latossolo Roxo, 19 g/vaso para o Latossolo Vermelho Escuro e 11 g/vaso para Areia Quartzosa. Concomitantemente adicionou-se o fósforo nas dosagens de 4,7 g, 9,2 g, 18,3 g, 36,7 g de superfosfato simples, correspondentes a 50, 100, 200 e 400 $\mu\text{gP}/\text{cm}^3$.

Após a adubação com fósforo e correção com calcário dos vasos individualmente, estes foram colocados no túnel plástico cobertos com plástico preto, para evitar incidência de luz e reduzir a evaporação da água, e mantidos próximos a capacidade de campo por um período de 120 dias, para que todos os processos de equilíbrio de fósforo ocorressem.

Os frutos selecionados para a retirada das sementes eram piriformes, homogêneos, maduros e com peso médio de 500 g. Após retiradas as sementes dos frutos, estas foram preparadas seguindo-se a técnica recomendada por MANICA (1971).

A semeadura com 3 - 4 sementes por célula da bandeja de isopor, ocorreu em 02 de junho de 1993. As bandejas foram colocadas em casa de vegetação.

A germinação ocorreu no dia 29 de junho de 1993; 7 dias após procedeu-se o desbaste deixando 1 plântula por célula. Quando as plântulas apresentaram de 4 - 6 cm de altura (14/8/93), foi feito o transplântio para os vasos (1 planta/vaso).

Da semeadura até a germinação foram feitas regas mantendo o substrato sempre úmido. Após a germinação e

até a data do transplântio as plântulas foram irrigadas quinzenalmente com a solução nº 1 completa de HOAGLAND e ARNON (1950), diluídas em água na proporção de 1:3.

Antes do transplântio foi aplicado em cada vaso o equivalente a 120 ppm de potássio e 30 ppm de nitrogênio. À partir do transplântio a cada 20 dias adubou-se todos os tratamentos com 30 ppm de nitrogênio e a cada quinze dias aplicavam-se as soluções A e B (100 ml/vaso) de HOAGLAND e ARNON (1950) como fonte de micronutrientes.

Realizou-se uma aplicação de Deltamethirin (DECIS 25 CE) quinze dias após o transplântio na dosagem de 0,1 ml/l, para controle do pulgão.

4.2.3. Avaliações realizadas

Antes do transplântio foram coletadas amostras de solo de todos os tratamentos para analisar fósforo e determinar o pH (Tabela 2 e 3, no apêndice). À partir do transplântio e até o final do experimento em 22 de novembro de 1993, foram feitas avaliações quinzenais da altura das plantas, do número de folhas emitidas pelas plantas e o número de folhas presentes nos dias de avaliação; medições mensais do diâmetro do caule e duas avaliações através de notas de aparência dada por dois observadores.

Após o desplântio foram feitas as seguintes avaliações:

- 1a) Coleta de amostra de terra de todos os tratamentos para análise de fósforo e determinação do pH (Tabela 2 e 3 no apêndice);
- 2a) Peso da matéria seca das folhas, caules e raízes e;
- 3a) Análise da concentração de fósforo nas folhas.

O fósforo e o pH das amostras de terra foram determinados no laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciências do Solo da FCA/UNESP, respectivamente através do método de Resina Trocadora de Ions e de extração através de cloreto de cálcio (CaCl_2) 0,01M.

A concentração de fósforo na folhas foi determinado no laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Agricultura da FCA/UNESP, segundo metodologia descrita por MALAVOLTA et al. (1989).

O peso da matéria seca foi determinado em balança eletrônica com precisão de 0,001 g.

Para a obtenção da altura utilizou-se uma régua milimetrada a partir do solo até a gema apical.

Na determinação do diâmetro do caule utilizou-se um paquímetro na altura imediatamente abaixo da inserção das folhas cotiledonares.

As notas de aparência variaram de 1 à 5 onde, a nota 1 correspondeu à pior e a nota 5 à melhor planta em relação ao desenvolvimento e aparência.

4.2.4. Análises estatísticas

As análises dos dados foram baseados em modelos recomendados para o delineamento experimental, descritos por STEEL e TORRIE (1960) e PIMENTEL GOMES (1976).

Os parâmetros de desenvolvimento vegetativo inicial foram submetidos a análise de variância utilizando-se os níveis de significância de 1% e 5% de probabilidade para o teste F. As médias destes mesmos parâmetros foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As análises de regressão foram feitas entre os teores de fósforo disponível nos solos e as concentrações de fósforo nas folhas, matéria seca total da planta e absorção total de fósforo pelas plantas.

As equações de regressão foram selecionadas baseando-se na significância de seus coeficientes, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade.

A determinação do nível crítico de fósforo disponível no solo para o mamoeiro 'solo' foi feita pelo método de CATE e NELSON (1965).

5. RESULTADOS

5.1. Desenvolvimento vegetativo inicial

5.1.1. Altura das plantas

Verifica-se pelo Quadro 3 que houve um efeito altamente significativo, pelo teste F, das variáveis: tipos de solos e doses de fósforo sobre a altura das plantas. Não houve efeito significativo da interação entre solo e fósforo.

De acordo com o Quadro 4, observa-se que ocorreu diferença significativa entre os solos em relação à altura das plantas. O Latossolo Roxo proporcionou uma maior altura em relação ao Latossolo Vermelho Escuro e a Areia Quartzosa. Não houve diferença significativa entre estes dois últimos solos para o parâmetro estudado. No mesmo quadro observa-se que quando adicionou-se doses crescentes de fósforo aos solos, os valores de altura das plantas

QUADRO 3: Análise de variância da altura do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F	CV%
BLOCO	03	780.25	260.08	7.23**	
SOLO	02	2056.39	1028.19	28.58**	
FÓSFORO	04	1865.77	466.44	12.46**	
SOLO X FOSF	08	307.13	38.39	1.07 ^{ns}	
RESÍDUO	42	1511.14	35.98		10.26

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo.

QUADRO 4: Alturas médias do mamoeiro, em cm, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo.

DOSES DE FÓSFORO ($\mu\text{gP}/\text{cm}^3$)	SOLOS			MÉDIA DE DOSES
	LAT ROXO	LAT VER ESC	AR QUART	
0	54.8	45.0	46.6	48.8c
50	72.3	52.3	52.7	59.1ab
100	66.0	54.4	53.2	57.9b
200	70.1	57.0	54.7	60.6ab
400	70.5	65.7	61.9	66.0a
MÉDIA DE SOLOS	66.7A	54.9B	53.8B	

As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

apresentaram um aumento, com diferenças significativas entre a testemunha e as demais doses de fósforo aplicadas.

5.1.2. Taxa de crescimento

A análise de variância da taxa de crescimento, no Quadro 5, mostra que houve um efeito altamente significativo para as variáveis: tipos de solos e doses de fósforo. A interação entre solo e fósforo não apresentou efeito significativo.

Observa-se no Quadro 6 que houve diferença significativa entre os solos, para o parâmetro taxa de crescimento. O Latossolo Roxo proporcionou ao mamoeiro uma maior taxa de crescimento quando comparado com o Latossolo Vermelho Escuro e a Areia Quartzosa. Não ocorreu diferença significativa entre o Latossolo Vermelho Escuro e a Areia Quartzosa. A aplicação de doses crescentes de fósforo nos solos favoreceu a taxa de crescimento do mamoeiro em todos os solos, como pode ser visto no mesmo quadro, apresentando diferenças significativas entre a testemunha e as demais doses de fósforo aplicadas.

5.1.3. Diâmetro do caule

A análise de variância no Quadro 7 mostra que houve efeito altamente significativo para as variáveis: tipos de solo e doses de fósforo em relação ao parâmetro

QUADRO 5: Análise de variância das taxas de crescimento do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F	CV%
BLOCO	03	7.48	2.49	6.74**	
SOLO	02	21.66	10.83	29.27**	
FÓSFORO	04	19.44	4.86	13.13**	
SOLO X FOSF	08	3.22	0.40	1.09 ^{ns}	
RESÍDUO	42	15.54	0.37		11.15

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo.

QUADRO 6: Taxas médias de crescimento em mm/dia do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo.

DOSES DE FÓSFORO ($\mu\text{gP}/\text{cm}^3$)	SOLOS			MÉDIA DE DOSES
	LAT ROXO	LAT VER ESC	AR QUART	
0	5.09	4.06	4.25	4.47c
50	6.86	4.83	4.85	5.51ab
100	6.22	5.03	4.91	5.39b
200	6.65	5.33	5.07	5.69ab
400	6.69	6.19	5.78	6.22a
MÉDIA DE SOLOS	6.30A	5.09B	4.97B	

As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 7: Análise de variância do diâmetro do caule do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F	CV%
BLOCO	03	3.26	1.09	1.37**	
SOLO	02	8.54	4.27	5.36**	
FÓSFORO	04	140.59	35.15	44.17**	
SOLO X FOSF	08	8.14	1.02	1.28 ^{ns}	
RESÍDUO	42	33.42	0.80		6.81

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo.

diâmetro do caule. A interação entre solo e fósforo não apresentou efeito significativo.

De acordo com o Quadro 8 observa-se que houve diferença significativa entre o Latossolo Roxo e o Latossolo Vermelho Escuro para o parâmetro estudado. A Areia Quartzosa não diferiu estatisticamente do Latossolo Roxo e do Latossolo Vermelho Escuro. No mesmo quadro verifica-se que a adição de doses crescentes de fósforo aos solos proporcionou diferenças significativas no diâmetro do caule do mamoeiro. O menor diâmetro foi constatado onde não se aplicou fósforo, e o maior diâmetro na dose mais alta de fósforo (400 $\mu\text{gP}/\text{cm}^3$).

QUADRO 8: Diâmetros médios em mm do caule do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo.

DOSES DE FÓSFORO ($\mu\text{gP}/\text{cm}^3$)	S O L O S			MÉDIA DE DOSES
	LAT ROXO	LAT VER ESC	AR QUART	
0	10.79	10.61	11.69	11.03d
50	13.40	11.80	12.22	12.47c
100	12.71	12.64	12.49	12.63c
200	14.19	12.96	13.88	13.68b
400	16.53	14.95	15.46	15.65a
MÉDIA DE SOLOS	13.52A	12.61B	13.15AB	

As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5.1.4. Nota de aparência das plantas

A análise de variância no Quadro 9 mostra que houve efeito altamente significativo para as variáveis: tipos de solos e doses de fósforo em relação as notas de aparência das plantas. A interação entre solo e fósforo não foi significativa.

No Quadro 10 constatou-se que houve diferença significativa entre os solos para notas de aparência das plantas. O Latossolo Roxo foi superior ao Latossolo Vermelho Escuro e a Areia Quartzosa. Estes dois últimos solos não diferiram estatisticamente entre si. No mesmo quadro,

QUADRO 9: Análise de variância das notas de aparência do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F	CV%
BLOCO	03	2.12	0.70	2.47**	
SOLO	02	6.18	3.09	10.81**	
FÓSFORO	04	34.55	8.64	30.22**	
SOLO X FOSF	08	1.15	0.14	0.50 ^{ns}	
RESÍDUO	42	12.01	0.29		15.47

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo.

QUADRO 10: Notas médias de aparência do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo.

DOSES DE FÓSFORO ($\mu\text{gP}/\text{cm}^3$)	SOLOS			MÉDIA DE DOSES
	LAT ROXO	LAT VER ESC	AR QUART	
0	2.62	2.00	2.13	2.25c
50	4.04	2.87	3.04	3.32b
100	3.71	3.33	3.00	3.35b
200	4.29	3.37	3.63	3.76b
400	4.87	4.41	4.50	4.60a
MÉDIA DE SOLOS	3.91A	3.20B	3.26B	

As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

observa-se que as aplicações de doses crescentes de fósforo nos solos proporcionaram diferenças significativas, sendo a menor nota de aparência atribuída ao tratamento sem a adição de fósforo e a maior nota à dose mais alta de fósforo ($400 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$).

5.1.5. Número de folhas emitidas pelas plantas

A análise de variância do número de folhas emitidas por planta, Quadro 11, mostra que houve efeito altamente significativo para as variáveis: tipos de solos e doses de fósforo. A interação entre solo e fósforo não apresentou efeito significativo.

Através do Quadro 12 verifica-se que houve diferença significativa entre os solos. O Latossolo Roxo foi superior ao Latossolo Vermelho Escuro e a Areia Quartzosa, proporcionando as plantas a emissão de um maior número de folhas. O Latossolo Vermelho Escuro e a Areia Quartzosa não diferiram estatisticamente entre si. No mesmo quadro pode-se observar que, aplicações de doses crescentes de fósforo, proporcionaram diferenças significativas, sendo que o menor número de folhas emitidas foi obtido no tratamento sem aplicação de fósforo e o maior número na maior dosagem de fósforo aplicado ($400 \mu\text{g}/\text{cm}^3$).

QUADRO 11: Análise de variância do número de folhas emitidas pelo mamoeiro, durante 170 dias, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F	CV%
BLOCO	03	14.43	4.81	7.08*	
SOLO	02	14.50	7.25	10.67**	
FÓSFORO	04	40.72	10.18	14.98**	
SOLO X FOSF	08	3.42	0.43	0.63 ^{ns}	
RESÍDUO	42	28.54	0.68		3.42

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo.

QUADRO 12: Números médios de folhas emitidas pelo mamoeiro, durante 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos adubados com doses crescentes de fósforo.

DOSES DE FÓSFORO ($\mu\text{gP}/\text{cm}^3$)	SOLOS			MÉDIA DE DOSES
	LAT ROXO	LAT VER ESC	AR QUART	
0	23.5	23.0	23.0	23.2c
50	24.7	23.1	22.9	23.5bc
100	24.8	23.6	23.4	23.9bc
200	25.2	24.2	23.8	24.4b
400	25.9	25.2	25.6	25.6a
MÉDIA DE SOLOS	24.8A	23.8B	23.7B	

As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5.1.6. Número de folhas no momento da coleta das plantas

No Quadro 13 está a análise de variância do número de folhas no momento da coleta das plantas. Nesta análise observa-se que houve um efeito altamente significativo para as variáveis: tipos de solos e doses de fósforo. A interação entre solo e fósforo não apresentou efeito significativo.

De acordo com o Quadro 14 constata-se que ocorreu diferença significativa entre os solos em relação ao número de folhas presentes na planta no momento da coleta. Os mamoeiros desenvolvidos nos solos Latossolo Vermelho Escuro e Areia Quartzosa apresentaram um maior número de folhas no momento da coleta, não havendo diferenças significativas, entre si. O Latossolo Roxo foi inferior, para este parâmetro, aos outros dois solos, diferindo estatisticamente. Através do mesmo quadro observa-se que, a adição de doses crescentes de fósforo nos solos, proporcionou um aumento estatisticamente significativo no parâmetro estudado. O menor número de folhas nas plantas no momento da coleta, foi observado no tratamento sem fósforo e o maior número, na mais alta dose desse nutriente ($400 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$).

QUADRO 13: Análise de variância do número de folhas presentes no momento da coleta do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F	CV%
BLOCO	03	14.21	4.74	4.25*	
SOLO	02	17.08	8.54	7.67**	
FÓSFORO	04	179.83	44.96	40.36**	
SOLO X FOSF	08	14.79	1.85	1.66 ^{ns}	
RESÍDUO	42	46.79	1.11		1.66

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo.

QUADRO 14: Números médios de folhas presentes no mamoeiro, no momento da coleta das plantas, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo.

DOSES DE FÓSFORO ($\mu\text{gP}/\text{cm}^3$)	SOLOS			MÉDIA DE DOSES
	LAT ROXO	LAT VER ESC	AR QUART	
0	12.2	13.7	13.3	13.1d
50	16.2	15.7	15.7	15.9bc
100	14.8	16.4	15.6	15.6c
200	16.1	18.2	16.8	17.1ab
400	16.9	18.6	19.3	18.3a
MÉDIA DE SOLOS	15.2B	16.5A	16.2A	

As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5.1.7. Peso da matéria seca da parte aérea

A análise de variância do peso da matéria seca da parte aérea, Quadro 15, mostra que houve um efeito altamente significativo para as variáveis: tipos de solos e doses de fósforo. A interação entre solo e fósforo não apresentou efeito significativo.

De acordo com o Quadro 16, o Latossolo Roxo apresentou um comportamento superior, em relação ao parâmetro estudado, diferindo estatisticamente do Latossolo Vermelho Escuro e da Areia Quartzosa. Esses não diferiram estatisticamente entre si. No mesmo quadro verifica-se que ocorreram diferenças estatísticas quando aplicou-se doses crescentes de fósforo. O menor peso da matéria seca foi detectado no tratamento sem aplicação de fósforo e o maior peso da matéria seca na dosagem mais alta de fósforo ($400 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$).

5.1.8. Peso da matéria seca da raiz

A análise de variância do Quadro 17 nos mostra que não houve efeito significativo para a variável tipos de solos. Para a variável doses de fósforo, ocorreu um efeito altamente significativo sobre o peso da matéria seca da raiz. A interação entre as variáveis solo e fósforo apresentou um efeito significativo.

QUADRO 15: Análise de variância do peso da matéria seca da parte aérea do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F	CV%
BLOCO	03	358.42	119.47	6.85**	
SOLO	02	294.31	147.15	8.44**	
FÓSFORO ¹⁾	04	3571.55	892.89	51.23**	
SOLO X FOSF	08	179.46	22.43	1.29 ^{ns}	
RESÍDUO ¹⁾	42	732.07	17.43		17.19

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo.

QUADRO 16: Pesos médios da matéria seca da parte aérea, em g/planta, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo.

DOSES DE FÓSFORO ¹⁾ ($\mu\text{gP}/\text{cm}^3$)	SOLOS			MÉDIA DE DOSES
	LAT ROXO	LAT VER ESC	AR QUART	
0	13.8	13.5	15.3	14.2d
50	25.7	20.0	17.5	21.0c
100	24.4	22.6	18.3	21.8c
200	30.9	23.6	26.5	27.0b
400	42.2	35.2	34.8	37.4a
MÉDIA DE SOLOS	27.4A	23.0B	22.5B	

As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

QUADRO 17: Análise de variância do peso da matéria seca da raiz do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F	CV%
BLOCO	03	5.78	1.93	1.98 ^{ns}	
SOLO	02	3.13	1.57	1.61 ^{ns}	
FÓSFORO	04	112.24	28.06	28.78 ^{**}	
SOLO X FOSF	08	18.70	2.34	2.40 [*]	
RESÍDUO	42	40.95	0.97		19.83

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo.

No Quadro 18 observa-se que dentro de cada tipo de solo, as doses de 0 a 200 $\mu\text{gP}/\text{cm}^3$ não apresentaram diferenças estatísticas. Na maior dose aplicada (400 $\mu\text{gP}/\text{cm}^3$), o Latossolo Roxo foi estatisticamente superior ao Latossolo Vermelho Escuro e a Areia Quartzosa, proporcionando um maior peso da matéria seca da raiz. Pelo mesmo quadro verifica-se que nos três solos, na maior dose aplicada (400 $\mu\text{gP}/\text{cm}^3$), o peso da matéria seca da raiz foi superior estatisticamente as demais.

QUADRO 18: Pesos médios da matéria seca da raiz do mamoeiro, em g/planta, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo.

DOSES DE FÓSFORO ($\mu\text{gP}/\text{cm}^3$)	S O L O S			MÉDIA DE DOSES
	LAT ROXO	LAT VER ESC	AR QUART	
0	3.6bA	3.7bA	4.2bA	3.8c
50	4.0bA	4.3bA	3.7bA	4.0c
100	4.4bA	4.6bA	3.8bA	4.3bc
200	5.3bA	4.6bA	5.8bA	5.3b
400	9.1aA	7.1aB	6.3aB	7.5a
MÉDIA DE SOLOS	5.3A	4.9A	4.8A	

As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5.1.9. Peso da matéria seca total

Na análise de variância para peso da matéria seca total apresentada no Quadro 19, constata-se que houve um efeito significativo para a variável tipo de solo e altamente significativo para a variável doses de fósforo. Constata-se, também, que a interação entre solo e níveis de fósforo não apresentou efeito significativo.

QUADRO 19: Análise de variância do peso da matéria seca total do mamoeiro, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F	CV%
BLOCO	03	454.47	151.49	6.13*	
SOLO	02	358.43	179.22	7.26*	
FÓSFORO	04	4901.16	1225.29	49.60**	
SOLO X FOSF	08	276.08	34.51	1.40 ^{ns}	
RESÍDUO	42	1037.47	24.70		16.98

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo.

De acordo com o Quadro 20, observa-se que houve diferença significativa no peso da matéria seca total quando se utilizou diferentes tipos de solos. O Latossolo Roxo foi superior, diferindo estatisticamente do Latossolo Vermelho Escuro e da Areia Quartzosa. Esses não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si. No mesmo quadro verifica-se que quando se adicionou doses crescentes de fósforo, ocorreram diferenças estatísticas entre os tratamentos. O menor peso da matéria seca total foi observado no tratamento sem adição de fósforo e o maior peso na dose maior de fósforo aplicado nos solos ($400 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$).

QUADRO 20: Pesos médios da matéria seca total do mamoeiro, em g/planta, aos 170 dias pós-semeadura, em três tipos de solos, adubados com doses crescentes de fósforo.

DOSES DE FÓSFORO ($\mu\text{gP}/\text{cm}^3$)	S O L O S			MÉDIA DE DOSES
	LAT ROXO	LAT VER ESC	AR QUART	
0	17.4	17.2	19.5	18.0d
50	30.0	24.3	21.2	25.0c
100	28.8	27.2	22.1	26.1c
200	36.2	28.2	32.3	32.3b
400	51.3	42.4	41.1	44.9a
MÉDIA DE SOLOS	32.7A	27.8B	27.2B	

As médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5.2. Absorção de fósforo pelo mamoeiro

As equações de regressão e seus coeficientes de determinação para absorção de fósforo pela planta em relação a fósforo disponível nos três tipos de solos estão na Fig. 1. As representações das equações foram lineares. A curva do Latossolo Roxo mostra que neste solo a planta apresentou uma maior absorção de fósforo em relação ao Latossolo Vermelho Escuro e a Areia Quartzosa. O Latossolo Vermelho Escuro embora inicialmente, até $90 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$,

$$\text{LR} - Y = 1253.012 \pm 13.0997 x ; R^2 = 0.88$$

$$\text{LVE} - Y = 1135.149 \pm 11.5200 x ; R^2 = 0.87$$

$$\text{AQ} - Y = 726.5685 \pm 15.85579x ; R^2 = 0.92$$

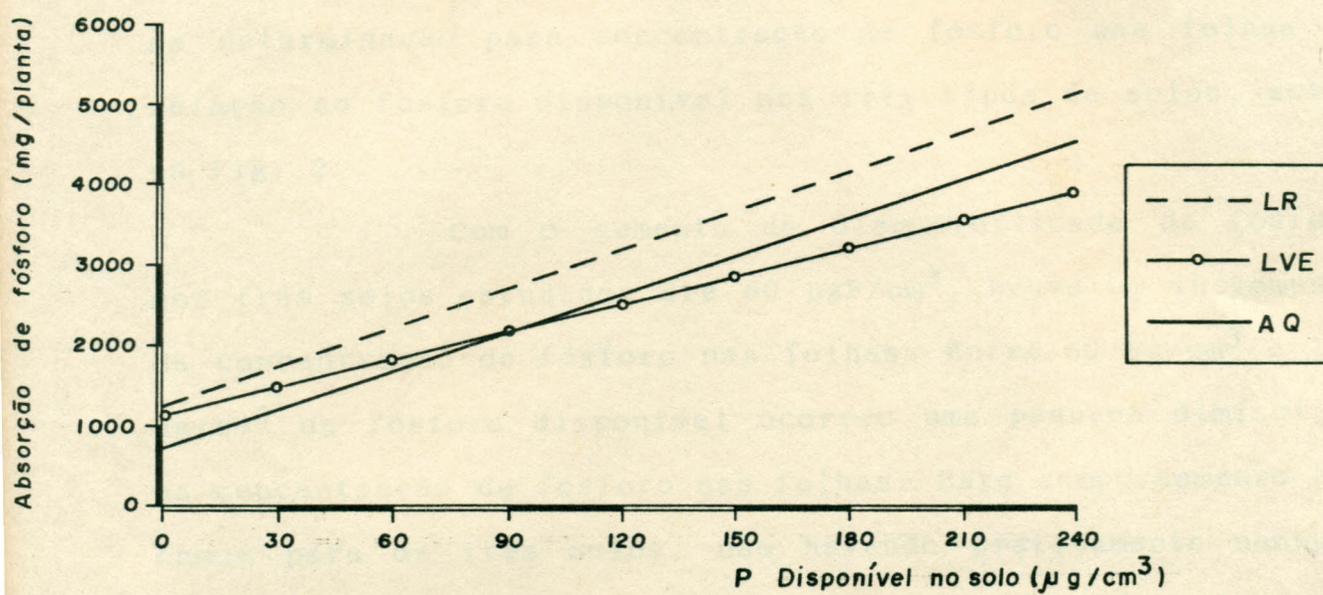


FIGURA 1: Equações de regressão para cada solo, relacionadas aos teores disponíveis (P-resina) de fósforo no solos e absorção de fósforo pelo mamoeiro coletados aos 170 dias pós-semeadura.

tenha proporcionado à planta uma maior absorção em comparação com a Areia Quartzosa, acima de $90 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ de fósforo disponível a absorção de fósforo pela planta no Latossolo Vermelho Escuro foi inferior à Areia Quartzosa.

5.3. Concentração de fósforo na folha do mamoeiro

As equações de regressão e seus coeficientes de determinação para concentração de fósforo nas folhas em relação ao fósforo disponível nos três tipos de solos, estão na Fig. 2.

Com o aumento da disponibilidade de fósforo nos três solos estudados até $60 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$, houve um incremento da concentração de fósforo nas folhas. Entre $60 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ e $150 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ de fósforo disponível ocorreu uma pequena diminuição na concentração de fósforo nas folhas. Este comportamento foi comum para os três solos, não havendo praticamente nenhuma diferença na concentração de fósforo nos três solos. A partir de $150 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ de fósforo disponível, a concentração de fósforo na folha voltou a crescer nos três solos, sendo este crescimento maior no Latossolo Vermelho Escuro e o menor na Areia Quartzosa (Fig. 2).

$$\text{LR} - Y = 0.1624 \pm 0.0055x - 0.000064x^2 + 0.00000021x^3 ; R^2 = 0.88$$

$$\text{LVE} - Y = 0.1643 \pm 0.0054x - 0.000066x^2 + 0.00000023x^3 ; R^2 = 0.87$$

$$\text{AQ} - Y = 0.1656 \pm 0.0038x - 0.000040x^2 + 0.00000013x^3 ; R^2 = 0.92$$

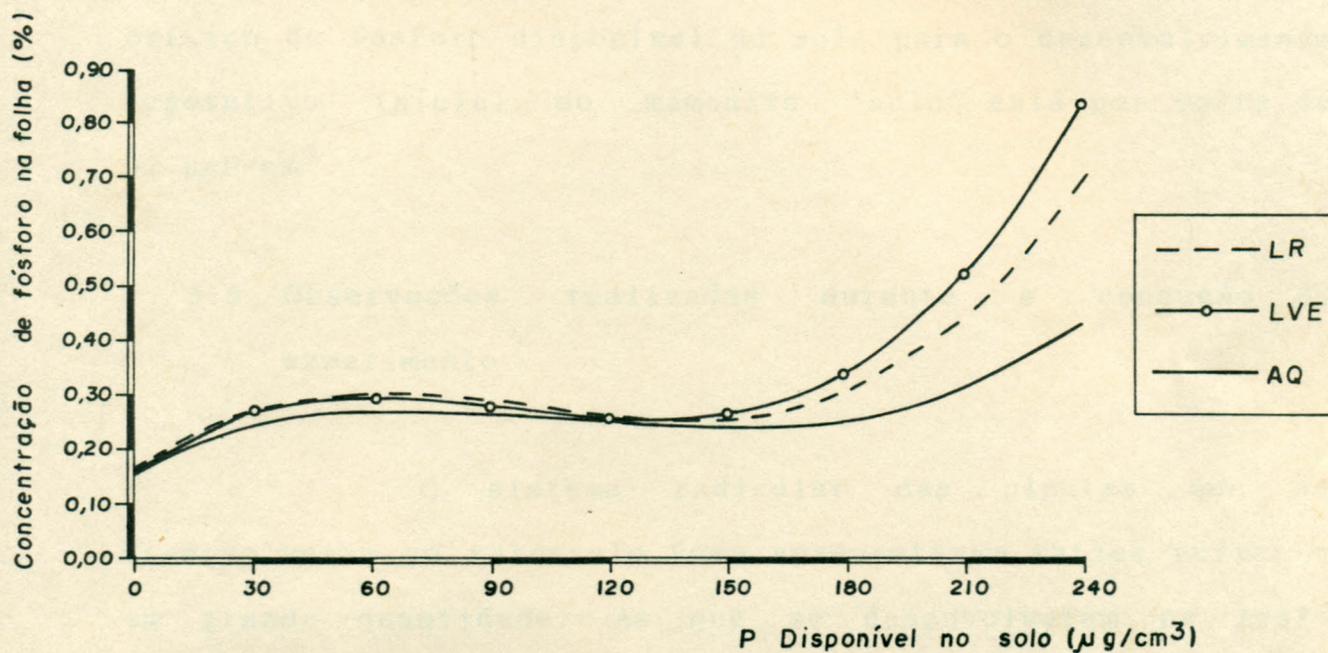


FIGURA 2: Equações de regressão para cada solo, relacionadas aos teores disponíveis (P-resina) de fósforo nos solos e as concentrações de fósforo nas folhas do mamoeiro, coletados aos 170 dias pós-semeadura.

5.4. Nível crítico de fósforo no solo para o mamoeiro

A equação de regressão e seu coeficiente de determinação para o peso da matéria seca total em relação ao fósforo disponível no solo está na Fig. 3. A representação da equação é do tipo hiperbólica. Na mesma figura observa-se, através do método de CATE e NELSON (1965), que o nível crítico de fósforo disponível no solo para o desenvolvimento vegetativo inicial do mamoeiro 'solo' está por volta de $32 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$.

5.5. Observações realizadas durante a condução do experimento

O sistema radicular das plantas que se desenvolveram no Latossolo Roxo apresentaram raízes curtas e em grande quantidade. As que se desenvolveram na Areia Quartzosa apresentaram raízes longas e em menor quantidade. O sistema radicular das plantas do Latossolo Vermelho Escuro era muito semelhante ao das plantas da Areia Quartzosa.

As plantas que fizeram parte do tratamento sem adição de fósforo (testemunha) apresentaram sintomas de deficiência de fósforo em todos os três tipos de solos.

Não foram feitas análises estatísticas dos dados de observações.

$$Y = 33.8728x / 6.4478 + x ; R^2 = 0.71$$

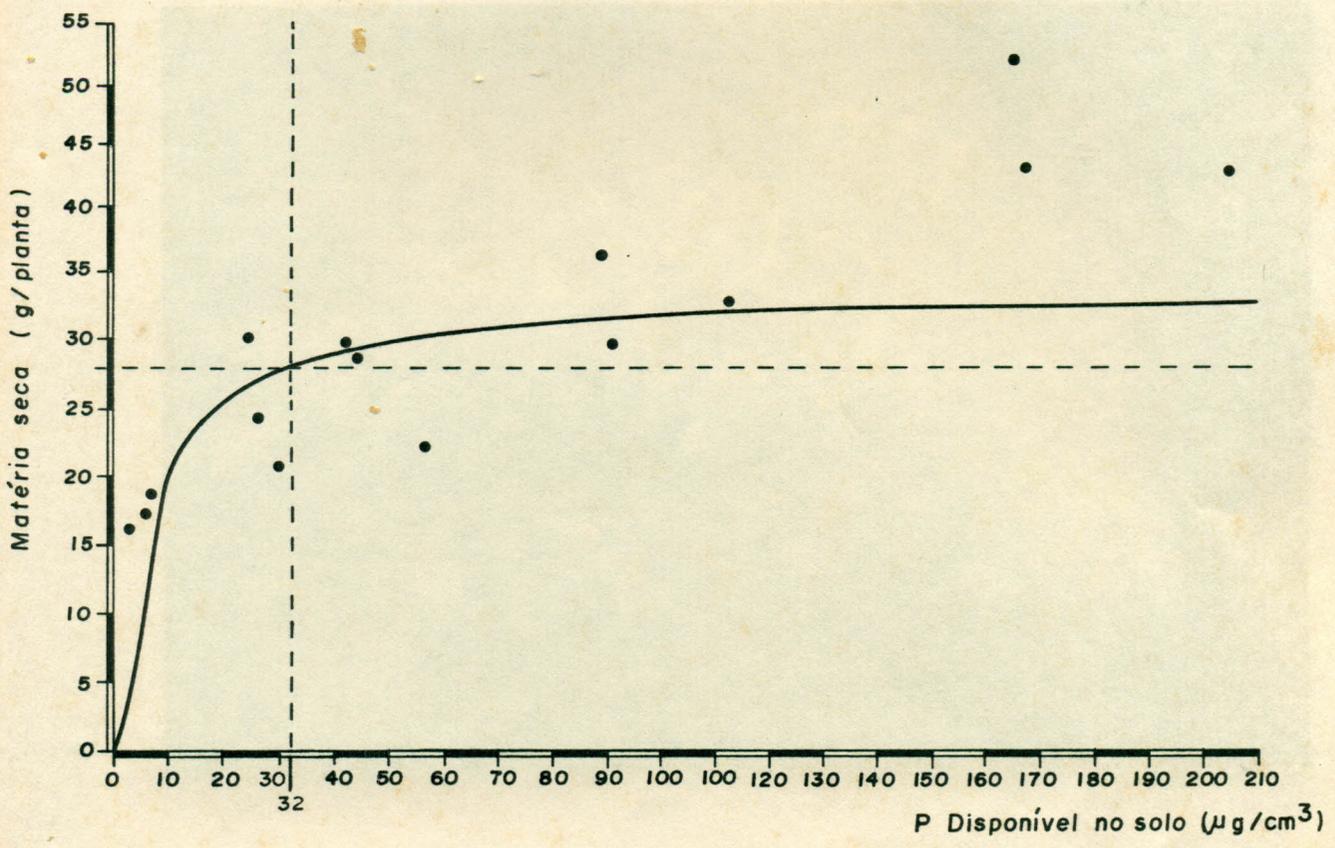


FIGURA 3: Equações de regressão dos teores do fósforo disponível (P-resina) no solo e matéria seca total do mamoeiro, coletados aos 170 dias pós-semeadura.



FIGURA 4: Desenvolvimento das plantas de mamão *Carica papaya* L. cv. solo em doses crescentes de fósforo no Latossolo Roxo, aos 170 dias pós-semeadura.



FIGURA 5: Desenvolvimento das plantas de mamão *Carica papaya* L. cv. solo em doses crescentes de fósforo no Latossolo Vermelho Escuro, aos 170 dias pós-semeadura.



FIGURA 6: Desenvolvimento das plantas de mamão *Carica papaya* L. cv. solo em doses crescentes de fósforo na Areia Quartzosa, aos 170 dias pós-semeadura.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Um maior desenvolvimento do mamoeiro atribuído à aplicação de fósforo, tem sido constatado por diversos autores, CARVALHO et al. (1964), AWADA (1977), LUNA e CALDAS (1984) e REDDY et al. (1986). Estas respostas são marcantes na fase inicial de desenvolvimento das plantas, pois devido a elevada taxa de crescimento, as exigências de fósforo são maiores nesta fase, segundo BLACK (1968).

Neste trabalho quando se aplicou nos solos doses crescentes de fósforo constatou-se os mesmos resultados obtidos pelos autores citados anteriormente. A altura das plantas, a taxa de crescimento, o diâmetro do caule, a emissão de folhas pelas plantas e o número de folhas presentes no momento da coleta apresentaram diferenças significativas entre a testemunha e a dose mais alta de fósforo aplicado ($400 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$), como pode ser verificado nos Quadros 4, 6, 8, 12 e 14 e Figuras 4, 5 e 6. Isto significa que a dose mais alta de fósforo proporcionou um maior

crescimento da planta em altura e em diâmetro, incrementou o número de folhas emitidas, além de aumentar o tempo de permanência das folhas nas plantas. Isto ocorreu provavelmente devida a maior absorção de fósforo pelas plantas deste tratamento (Fig. 1). Como o fósforo, segundo KAMPFER e VEXKULL (1966), MALAVOLTA et al. (1974) e SOUZA (1976) tem participação essencial na fotossíntese, respiração, degradação de açúcares e no armazenamento, transferência e utilização de energia para processos vitais da planta, além de participar na divisão celular, uma maior quantidade de fósforo absorvido pelas plantas proporcionou um aumento na sua atividade metabólica, favorecendo o desenvolvimento destas como um todo. A não significância da interação entre tipos de solos e doses de fósforo, nestes parâmetros, significa que as respostas pelas plantas aos diferentes níveis de fósforo apresentaram o mesmo comportamento para os três solos estudados.

De acordo com AWADA (1976), AWADA e LONG (1977) e REDDY et al. (1988), o crescimento de plantas de mamoeiro em altura e em diâmetro do caule são incrementadas de maneira significativa com a aplicação de fósforo. Afirmam, ainda, que a resposta à adubação com fósforo se dá com grande eficiência nos primeiros estádios de desenvolvimento do mamoeiro.

PUROHIT (1977), aplicou três doses crescentes de fósforo no solo e conclui que durante todas as fases do ciclo do mamoeiro, a altura e o diâmetro das plantas

aumentaram significativamente com o aumento da dose de fósforo.

De acordo com EPSTEIN (1975) e FERRI (1979), a altura da planta é um parâmetro de grande importância fisiológica, pois além de se correlacionar com o diâmetro do caule, reflete de modo prático o crescimento e a diferenciação do vegetal.

Observa-se através do Quadro 10 que a nota de aparência das plantas tomada no momento da coleta, aos 170 dias pós-semeadura, apresentou diferença significativa entre a testemunha e a maior dose ($400 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$), e respostas intermediárias para doses intermediárias. Como a nota de aparência retratou o desenvolvimento e aspecto da parte aérea das plantas como um todo, e todos os parâmetros de crescimento tais como, altura, diâmetro, taxa de crescimento e número de folhas emitidas e presentes na coleta, apresentaram diferenças significativas entre a testemunha e as demais doses, a nota de aparência só expressou esta diferença, confirmando que a maior dose de fósforo aplicado proporcionou às plantas um maior desenvolvimento vegetativo inicial (Figuras 4, 5 e 6). Este comportamento foi semelhante para os três tipos de solos, uma vez que não houve interação entre tipos de solos e doses de fósforo.

O peso da matéria seca da parte aérea e o peso da matéria seca total apresentaram um incremento altamente significativo entre a testemunha e o maior nível de fósforo aplicado (Quadro 16 e 20). O incremento médio entre a

testemunha e a maior dose de fósforo aplicado aos solos foi de 163,3% e 149,4% para peso da matéria seca da parte aérea e peso da matéria seca total, respectivamente. Estes resultados confirmam os obtidos com os parâmetros de crescimento, reiterando que uma maior absorção de fósforo pelas plantas, submetidas a este tratamento ($400 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$), favoreceu suas atividades metabólicas, tendo como consequência um maior desenvolvimento, que pode ser constatado, também, pelo incremento no peso da matéria seca da parte aérea e total. A não significância da interação entre tipos de solos e doses de fósforo, para peso da matéria seca da parte aérea e peso da matéria seca total, demonstra que o comportamento destes parâmetros em relação as doses de fósforo foi semelhante nos três solos estudados.

Estes resultados concordam com os obtidos por OLIVEIRA (1986), que aplicou doses crescentes de superfosfato simples e calcário dolomítico no mamoeiro e concluiu que a aplicação de doses crescentes de fósforo e calcário resultaram em maiores pesos da matéria seca total das plantas, na fase inicial de desenvolvimento.

MUNÕZ et al. (1968) aplicou doses crescentes de fósforo no mamoeiro cv. solo e observou um aumento no peso da matéria fresca e seca das raízes. A aplicação da maior dose (128 ppm) resultou na diminuição destes pesos.

Neste trabalho, foi significativa a interação entre tipos de solos e doses de fósforo para o peso da matéria seca das raízes. Para todos os solos, não houve

diferença estatística do peso da matéria seca das raízes entre a testemunha e a dosagem de $200 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$. Entretanto, as plantas desenvolvidas em Latossolo Roxo e que receberam $400 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$, apresentaram maior peso da matéria seca das raízes. Este resultado foi provavelmente o responsável pela significância da interação (Quadro 18).

O provável motivo pelo qual a dosagem mais elevada de fósforo aplicado ao Latossolo Roxo proporcionou maior peso da matéria seca da raiz foi uma interação sinérgica entre o fósforo e o magnésio, pois no Latossolo Roxo foi utilizada uma maior quantidade de calcário dolomítico para elevar a saturação de bases à 70%, conseqüentemente maior quantidade de magnésio.

Segundo EDWARDS (1968), FRANKLIN (1969) e AGBIM (1981), a presença de magnésio na solução do solo favorece a absorção de fósforo, e isto provavelmente está associado com o fato de que o magnésio é um ativador de quase todas as reações envolvendo a transferência do fosfato através da planta.

De acordo com MALAVOLTA (1980), na presença do magnésio aumenta a absorção de fósforo pela planta. Segundo este autor, acredita-se que o efeito seja devido ao papel do magnésio nas reações de fosforilação e que este papel tem um possível aspecto prático que é o de aumentar a eficiência da absorção de fósforo pelas raízes.

Pode-se deduzir que, como nos tratamentos que receberam a maior dose de fósforo, a quantidade de fósforo

disponível na solução do solo era grande e como havia magnésio suficiente uma vez que se elevou a saturação de bases dos solos para 70% com calcário dolomítico, que contém porcentagem de magnésio, provavelmente ocorreu nestes tratamentos uma maior absorção de fósforo pelas plantas, e este fósforo concentrou-se preferencialmente nas raízes.

Para todos os parâmetros de desenvolvimento vegetativo estudados, com exceção do número de folhas presentes no momento da coleta onde a diferença em relação aos outros solos foi de somente uma folha, o Latossolo Roxo sempre foi superior ao Latossolo Vermelho Escuro e a Areia Quartzosa. Esta superioridade deveu-se provavelmente as características físicas e químicas daquele solo, pois a maior porcentagem de argila do Latossolo Roxo (56%) proporcionou uma melhor agregação e estruturação deste, favorecendo as trocas gasosas e conseqüentemente proporcionando um maior crescimento radicular, além do favorecimento da CTC devido a presença de grande número de cargas negativas. Aliado a este fato acrescenta-se a maior quantidade de calcário dolomítico aplicado ao Latossolo Roxo, para alcançar 70% da saturação de bases, conseqüentemente maior quantidade de cálcio e magnésio. Esta maior quantidade de magnésio presente na solução do solo proporcionou uma maior absorção de fósforo pelas plantas neste solo. Todos estes fatores levaram o Latossolo Roxo a proporcionar às plantas um melhor desenvolvimento vegetativo inicial.

Os três solos estudados apresentaram o mesmo comportamento em relação à absorção de fósforo pela planta, porém o Latossolo Roxo proporcionou uma maior absorção de fósforo em relação aos demais. (Figura 1). Esta maior absorção no Latossolo Roxo deveu-se provavelmente a presença do magnésio em maior proporção na solução do solo, e segundo EDWARDS (1968), FRANKLIN (1969), MALAVOLTA (1980) e AGBIM (1981) a presença do magnésio na solução do solo aumenta a absorção de fósforo pelos vegetais.

Analisando a Figura 2 observa-se que as curvas para concentração de fósforo nas folhas em relação ao teor de fósforo disponível no solo foram semelhantes para os três solos. O comportamento destas curvas pode ser explicado da seguinte maneira. Todas as plantas receberam quantidades ideais de macro e micronutrientes, exceção feita ao fósforo que variou da testemunha (sem adição de fósforo) até 400 $\mu\text{gP}/\text{cm}^3$ aplicado aos solos. No tratamento que não foi adicionado fósforo (testemunha) a quantidade deste elemento disponível nos solos era muito pequena, o que levou a uma baixa concentração deste elemento nas folhas, limitando o desenvolvimento das plantas. À medida que se aumentou o teor de fósforo disponível nos solos, até aproximadamente 60 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$, a concentração de fósforo nas folhas também aumentou. A partir de 60 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$, embora a quantidade de fósforo disponível nos solos tenha aumentado, a concentração de fósforo nas folhas apresentou um pequeno decréscimo em virtude do fator diluição, uma vez que provavelmente a

concentração de fósforo nas folhas tenha atingido uma faixa adequada para o desenvolvimento das plantas. Com o aumento do fósforo disponível nos solos, acima de $150 \mu\text{g}/\text{cm}^3$, a concentração deste elemento nas folhas voltou a crescer em decorrência provavelmente da absorção de luxo, significando que apesar dos maiores teores de fósforo disponível nos solos continuarem proporcionando desenvolvimento às plantas, a absorção foi proporcionalmente maior do que o crescimento destas.

Trabalhando com oito doses crescentes de fósforo em condições controladas MUNÓZ et al. (1968) determinaram que a faixa de concentração de fósforo no pecíolo que proporcionou o maior desenvolvimento vegetativo da espécie *Carica candamarcensis* HOOK, foi de 1,10% a 1,12%. AWADA (1976) constatou que a percentagem de fósforo no pecíolo que proporcionou maior desenvolvimento vegetativo foi a de 0,41% para a espécie *Carica papaya* L.

Segundo AWADA e LONG (1977), o nível crítico de fósforo nas folhas é de 0,185%. Para CIBES e GAZTAMBIDE (1978) e REDDY et al. (1988) este nível crítico é de 0,20% e 0,21%, respectivamente.

Através de um método gráfico desenvolvido por CATE e NELSON (1965) foi determinado o nível crítico de fósforo disponível no solo para o desenvolvimento vegetativo inicial do mamoeiro *Carica papaya* L. (Figura 3). Este nível crítico é de aproximadamente $32 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$, significando que abaixo deste nível existe uma grande probabilidade de

resposta por parte da planta de mamão a aplicação de fósforo e, acima deste nível a resposta é muito pequena.

Há necessidade de se desenvolver outros trabalhos para observar o desenvolvimento das plantas posteriormente no campo, como também determinar o nível crítico para os outros nutrientes.

7. CONCLUSÕES

A avaliação dos efeitos de diferentes doses de fósforo em três tipos de solos no desenvolvimento vegetativo inicial do mamoeiro, para as condições em que foi conduzido este trabalho, permitiu as seguintes conclusões:

1) A aplicação de fósforo no Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro e Areia Quartzosa promoveu o desenvolvimento vegetativo inicial do mamoeiro, sendo a dose de $400 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$ a que proporcionou o maior desenvolvimento das plantas.

2) O maior desenvolvimento vegetativo inicial do mamoeiro foi constatado no Latossolo Roxo. A aplicação de $400 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$ neste solo proporcionou um incremento de 349% no peso da matéria seca total em relação ao tratamento sem adição de fósforo (testemunha). Este incremento no Latossolo Vermelho Escuro e na Areia Quartzosa foi de 246,5% e 210,8%, respectivamente.

3) O nível crítico de fósforo disponível no solo para o desenvolvimento vegetativo inicial do mamoeiro é de aproximadamente $32 \mu\text{gP}/\text{cm}^3$.

8. SUMMARY

INITIAL DEVELOPMENT OF THE PAPAYA PLANTS

(*Carica papaya* L. cv. solo)

RELATED TO PHOSPHORUS AVAILABILITY IN THE SOIL.

This research was carried out in the Horticulture Department of the Faculdade of Ciências Agronômicas/UNESP, Campus of Botucatu, under tunnel plastic conditions from April to September 1993 with the purpose to relate the initial vegetative development of the papaya plants (*Carica papaya* L. cv. solo) with the contents of available phosphorus in different types of soils as well as to determine the critical level of available phosphorus in the soil for the initial vegetative development of papaya plants.

The experimental design was a randomized blocks in a factorial combination 5 x 3 with four replicates and three plants per plot. The treatments consisted of five

rates of phosphorus (0, 50, 100, 200 and 400 $\mu\text{gP}/\text{cm}^3$) and three types of soils ("Latossolo Roxo", Dark Red Latossol and Quartz Sand),

Evaluations of plants height growth rate, diameter of stem, leaves number, appearance plants grade, dry matter weight of leaves, stems and roots and content of phosphorus on the leaves were made during one hundred days of growing.

Through the results it is shown that phosphorus fertilization on three types of soil promoted the initial vegetative development of the papaya plants. The rate of 400 ppm of phosphorus proportioned the best vegetative development of the plants. The "Latossolo Roxo" was the soil where the best development of papaya plants was observed and the initial vegetative development of papaya plants was about 32 $\mu\text{gP}/\text{cm}^3$.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

AGBIM, N.M. Interactions of phosphorus, magnesium and zinc on the yield and nutrient content of maize. J. Agr. Sci. Camb., v. 96, p.509-14, 1981.

ALMEIDA NETO, J.X. BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Fixação de fósforo em três solos sob cerrado de Goiás. Rev. Bras. Cien. Solo, v.1, p.12-5, 1977.

AMARO, A.A. Aspectos econômicos e comerciais da cultura de mamão no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MAMOEIRO, 1, 1980, Jaboticabal. Cultura de mamoeiro. Piracicaba: Livroceres, 1980. 29-57.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. Manual de adubação. 2.ed. São Paulo: Ceres, 1975. 338p.

* ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR6023: referências bibliográficas. Rio de Janeiro, 1989. 19p.

AWADA, M. Relation of phosphorus fertilization to petiole phosphorus concentration and vegetative growth of young papaya plants. Trop. Agric., v.53, p.173-81, 1976.

AWADA, M. Relation of N, P, K fertilization to nutrient composition of the petiole growth of papaya. J. Am. Soc. Hortic. Sci., v.102, p.413-8, 1977.

AWADA, M., LONG, C. The selection of the phosphorus index in papaya tissue analysis. J. Am. Soc. Hortic. Sci., v.94, p.501-4, 1969.

AWADA, M., LONG, C. Critical phosphorus level in petioles of papaya. Hawaii Agric. Exp. Stn. Tech. Bull., n.97, p.1-25, 1977.

AWADA, M., LONG, C. Relation of nitrogen and phosphorus fertilization of fruiting and petiole composition of solo papaya. J. Am. Soc. Hortic. Sci., v.103, p.217-9, 1978.

AWADA, M., LONG, C. Nitrogen and potassium fertilization effects of fruiting and petiole composition of 24 to 48 months old papaya plants. J. Am. Soc. Hortic. Sci., v.105, p.505-7, 1980.

- AWADA, M., SUEHISA, Y., KANEHIRO, Y. Effects of lime and phosphorus on yield, growth and petiole composition of papaya. J. Am. Soc. Hortic. Sci., v.100, p.294-8, 1975.
- BIASI, J. Avaliação do fósforo relacionado a diversos extratores químicos em solo de Santa Catarina. Piracicaba, 1978. 181p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BLACK, C.A. Phosphorus. In: _____. Soil plants relationships. 2.ed. New York: J. Wiley, 1968. p.558-653.
- BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastas, 1989. 878p.
- BRAGANÇA, S.M. Efeito de fontes e doses de fósforos no desenvolvimento de mudas de cafeeiro (Coffea arabica, L.). Lavras, 1984. 94p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- BUENO, D.M. Efeito do superfosfato triplo no crescimento de porta-enxerto de citros , em diferentes tipos de solos. Lavras, 1984. Tese (Doutorado em Agricultura) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.

- CABALA, R.P., FASSBENDER, H.W. Efecto del encalado en las formas y disponibilidad de fosfatos em suelos de la región cacaotera de Bahia, Brasil. Turrialba, n.21, p.38-46, 1971.
- CANESSA, J. SANCHO, F., ALVARADO, A. Retención de fosfatos en Andepts de Costa Rica. II. Resposta a la fertilización fosfórica. Turrialba, v.32, p.211-8, 1987.
- CARVALHO, A.M. Instruções para a cultura do mamoeiro. Bol. Inst. Agron. (Campinas), n.127, p.1-45, 1962.
- CARVALHO, A.M. Adubação do mamoeiro em solo derivado de arenito de Bauru. Agrônômico (Campinas), v.18, p.5-6, 1966.
- CARVALHO, A.M. et al. Adubação do mamoeiro. Ciênc. Cult. (São Paulo), v.15, p.226, 1963.
- CARVALHO, A.M., SCARINI, H., ABRAMIDES, E. Efeito da adubação química no desenvolvimento do mamoeiro. Ciênc. Cult. (São Paulo), v.16, p.148-9, 1964.
- CATANI, R.A. A fixação do fósforo por alguns solos do Brasil e a adubação fosfatada. Rev. Agron. (Lisboa), v.52, p.83-7, 1969.

- CATANI, R.A., PELEGRINO, D. Avaliação da capacidade de fixação de fósforo pelo solo. An. Esc. Super. Agric. "Luiz de Queiroz", Univ. São Paulo, v.17, n.127, p.19-28, 1960.
- CATE, R.B. NELSON, L.A. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response date. North Carolina Agric. Exp. Stn. Tech. Bull., n.1, p.1-13, 1965.
- CAVALCANTI, J. de A.C. Alguns aspectos da fixação do fósforo por solos da região de Piracicaba. Piracicaba, 1974. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CIBES, H.R., GAZTAMBIDE, S. Mineral-deficiency symptoms displayed by papaya plants grown under controlled conditions. J. Agr. Univ. P. R., v.62, p.413-23. 1978.
- COLEMAN, R. Phosphorus fixation by the coarse and fine clay fractions of kaolinitic and montmorillonitic clays. Soil. Sci., v. 58, m.1., p.71-7, 1944.
- CORREA, L. de S., FERNANDES, F.M., NASCIMENTO, V.N. Adubação do mamoeiro (Carica papaya) cv. solo. I Efeitos sobre a produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 10, 1989, Fortaleza. Anais... Fortaleza: EPACE, 1989. p.285-90.

CUNHA, R.J.P. Marcha de absorção de nutrientes em condições de campo e sintomatologia de deficiências de macronutrientes e do boro no mamoeiro (Carica papaya L.). Piracicaba, 1979. 131p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

CUNHA, R.J.P., HAAG, H.P. Nutrição mineral do mamoeiro (Carica papaya L.). III - Sintomatologia de Carências nutricionais. An. Esc. Super. Agric. "Luiz de Queiroz" Univ. São Paulo, v.37, p.303-17, 1980.

CURI, P.R. Relações entre evaporação medida pelo tanque IA-58 e evapotranspiração calculada pelas equações de Thornthwaite e Camargo para o município de Botucatu. Botucatu, 1972. 88p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu.

EDWARDS, D.G. Cation effects on phosphate absorption from solution by Trifolium subterraneum. Aust. J. Biol. Sci., v.21, p.1-11, 1968.

EPSTEIN, E. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Rio de Janeiro: Liveros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.

FAO PRODUCTION YEARBOOK. 1990. Rome: FAO, v.44, 1991. 283p.

FASSBENDER, H.W. Estudio del fósforo en suelos de América Central. IV Capacidad de fijación de fósforo y su relación con características edáficas. Turrialba, v.19, p.497-505, 1969.

FERRI, M.G. Fisiologia vegetal. São Paulo: EDUSP, 1979. v.1, 331p.

FOX, R.L., KAMPRATH, E.J. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirement of soil. Proc. Soil Sci. Soc. Am., v.34, p.902-7, 1970.

FRANKLIN, R.E. Effect of absorbed cations on phosphorus uptake by excised roots. Plant Physiol. (Sofia), v.44, p.697-700, 1969.

GALLO et al. Composição inorgânica das folhas de laranjeira baianinha com referência à época de amostragem e adubação química. Bragantia, v.19, p.229-46, 1960.

GEUS, J.C. Fertilizer requirements of tropical fruit crops. Stikstoj, v.8, p.41-64, 1964.

GOEDERT, W., SOUZA, O.M.G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. Anais... Campinas: CARGILL, 1984. P.255-89.

GONZALEZ, C.O., ODA, J., BRITAN, R.N. Estudio del equilibrio nutricional del papayo (Carica Candamarcensis, HOOK, f.). I - Evolución estacional de macro y micro nutrientes. Agrochimica, v.16, p.216-23, 1972.

GONZALEZ, C.O., MARIN, E.B., BRITAN, R.N. Estudio del equilibrio nutricional del papayo (Carica Candamarcensis, HOOK, f.). III - Evolución estacional de macro y micro nutrientes en plantas dioicas. Agrochimica, v.19, p.348-52, 1975.

GRASSI FILHO, H. et al. Efeito do fósforo e da adubação orgânica na produção de mudas de mamoeiro (Carica papaya L.). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 4, 1992, Araçatuba. Resumos... Araçatuba: UNESP, 1992, p.8.

HAAG, H.P., MALAVOLTA, E. Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. IV - Efeito dos excessos de macronutrientes no crescimento e composição química do cafeeiro (Coffea arabica L., var. Bombon (B. Rodri.) Chousri) cultivado em solução nutritiva. Rev. Agric., v.35, p.338-47, 1960.

HASEMAN, J.F., BROWN, E.H., WHITT, C.D. Some reactions of phosphate with clays and hydrous oxides of iron and aluminium. Soil Sci., v.70, p.257-71, 1950.

HOAGLAND, D.R., ARNON, D.I. The water culture method of growing plants without soil. Circ. Univ. Calif., n.347, p.1-34, 1950.

HOLFORD, I.C.R., MATTINGLY, G.E. Phosphate adsorption and plant availability of phosphate. Plant Soil, v.44, p.377-89, 1976.

HORTINEXA. Comercialização: Mercado externo. Rio de Janeiro: BANERJ, 1990. 39p.

HSU, P.U. Fixation of phosphate by aluminum and iron in acidic soils. Soil Sci., v.99, p.392-402, 1965.

HUME, H.H. Cultura das plantas cítricas. Rio de Janeiro: SIA, 1952. 562p.

JANICK, J. A ciência da horticultura. Rio de Janeiro: USAID, 1966. 485p.

- JAUHARI, O.S., SINGH, D.V. Effect of N, P and K on growth, yield and quality of papaya (Carica papaya L.) var. Coorg Honey Dew. Prog. Hortic., v.2, n.4, p.81-9, 1971.
- JONES, U.S. Calcium, magnesium and finely ground limestone. In: ____ Fertilizers and soil fertility. 2.ed. Reston: 1982. p.215-44.
- KAMPFER, M. VEXKULL, H.R. Nuevas conocimientos sobre la fertilization de citros. 3.ed. Hannover, Verlags Gesellschat fur Ackerbon, 1966, 104p. (Boletin verde, 1).
- KITTRICK, J.A., JACKSON, M.L. Electron microscope observation of the reactions of phosphate with minerals leading to a unified theory of phosphate fixation in soils. J. Soil Sci., v.7, p.81-9, 1957.
- LOPES, E.S. Alguns aspectos da microbiologia do solo. In: MONIZ, A.C. Elementos de pedologia. São Paulo: Polígono, 1972. Cap.22, p.257-71.
- LUNA, J.V.U., CALDAS, R.C. Adubação mineral do mamão (Carica papaya L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7, 1984, Florianópolis. Anais... Florianópolis: EMPASC, 1984. v.3, p.946,52.

MALAVOLTA, E. ABC da adubação. São Paulo: CERES, 1970.
183p.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: CERES, 1980. 254p.

MALAVOLTA, E. et al. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo: Pioneira, 1974. 727p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. São Paulo: POTAFOS, 1989. 201p.

MANICA, I. Cultura do mamoeiro. Seiva, v.28, n.6, p.33-9, 1968.

MANICA, I. Cultura do mamoeiro. Bol. Univ. Viçosa, n.28, p.1-20, 1971.

MANICA, I. Fruticultura tropical: mamão. São Paulo: CERES, 1982. 255p.

MARRANCA, G. Fruticultura comercial: mamão, goiaba e abacaxi. São Paulo: NOBEL, 1978. 121p.

- MEDINA, J.C. Mamão: da cultura ao processamento e comercialização. Campinas: ITAL, 1980. p.7-112. (Frutas Tropicais, 7.).
- MELLO, F.A.F. Um método para avaliar a capacidade de fixação de fosfato pelo solo empregando o $^{32}\text{P}15$. An. Esc. Super. Agric. "Luiz de Queiroz", Univer. São Paulo, v.37, p.347-52, 1970.
- MENDOZA, R.E., BARROW, N.J. Characterizing the rate of reaction of some Argentinian soils with phosphate. Soil Sci., v.143, p.105-12, 1987.
- MORIN, C. El papayo: cultivo de frutales tropicales. 2.ed. Lima: Librerías ABC, 1967. p.231-88.
- MUNHOZ, I.H., KOCHER, F.G., VILLALOBOS, A.P. Determacion de las concentraciones criticas de fósforo y boro para el crecimiento del papayo (Carica candamarcensis, Hook.f.). Agric. Tec., n.28, p.119-24, 1968.
- MURRMANN, R.P., PEECH, M. Effect of pH on labile and soluble phosphate in soil. Proc. Soil. Sci. Soc. Am., n.107, p.249-55, 1969.

NAKASONE, H.Y. Práticas culturais nos trópicos com ênfase especial para a cultura de mamão havaiano. In: CONGRESSO SOBRE A CULTURA DO MAMOEIRO, 1, 1980, Jaboticabal. Cultura do mamoeiro. Piracicaba: Livroceres, 1980. p.15-28.

NICOLI, A.M. Influência de fontes e níveis de fósforo no crescimento e nutrição mineral do limoeiro cravo (Citrus limonia, Osbeck) em vasos até a repicagem. Lavras, 1982. 103p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.

OLIVEIRA, J.A. et al. Efeito de doses crescentes de superfosfato em substratos na formação de mudas de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 5, 1977, Guarapari. Resumos ... Rio de Janeiro: IBC/EMBRAPA, 1977. p.177-82.

OLIVEIRA, P.R.A. Efeito do superfosfato simples e do calcário dolomítico na formação de mudas do mamoeiro (Carica papaya L. cn. Solo). Lavras, 1986. 110p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.

OLSEN S.R., KEMPER, W.D., JACKSON, R.D. Phosphate diffusion to plants roots. Soil Sci. Soc. Am. Proc., v.26, p.222-7, 1962.

OLSEN, S.R., DEAN, L.A. Phosphorus. In: BLACK, C.A. Method of soil analysis: chemical and microbiological properties. Madison: American Society of Agronomy, 1965. v.7, p.1035-58.

PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. Piracicaba: NOBEL, 1976. 430p.

PIZA JUNIOR, C.T., A cultura do mamoeiro. Bol. Tec. Secret. Agric. (Campinas), n.13, p.1-17, 1967.

PUROHIT, A.G. Response of papaya (C.papaya) to nitrogen, phosphorus and potassium. Indian J. Hortic., v.34, p.350-3, 1977.

RAIJ, B. Avaliação de fertilidade do solo. Piracicaba: POTAFOS, 1981, 142p.

RAIJ, B. Fósforo. In: _____. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ed. Agronomica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e Fosfato, 1991. Cap.10, p.181-203.

REDDY, V.T.N., KOHLI, R.R., BHARGAVA, B.S. Effect on N, P and K on growth, yield and petiole Composition in papaya (C.papaya L.) cv. Coorg. Honey Dew. Singapore J. Primary Ind., n.14, p.118-23, 1986.

REDDY, Y.T.N., BHARGAVA, B.S., KOHLI, R.R. Seletion of papaya tissue for nutritional diagnosis. Indian J. Hortic., n.45, p.18-22, 1988.

REDDY, Y.T.N., KOHLI, R.R., BHARGAVA, B.S. Yield and petiole nutrient composition of papaya as influenced by differents levels of N, P and K. Progr. Hortic., n.21, n.1-2, p.26-31, 1989.

RIVERO, J.M. Los estados de carencia de los agrios. 2.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1968. 510p.

RODRIGUEZ, M.M., CALVO, M.B.B., CORDOVA, P.P. Estudio de la distribucion de nutrientes en jugos de peciolos de papayas (Carica candamarcensis, Hook f.). In: Eleccion del órgano de referencia . Agrochimica, n.20, p.70-6, 1976.

ROY, N.R., SEETHARAMAN, N., SINGH, R.N. Fertilizer use research in India. Phosphorus Agric., n.32, n.74, p.15-25, 1978.

RUGGIERO, C. Situação da cultura no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MAMOEIRO, 1, 1980, Jaboticabal. Cultura do mamoeiro. Piracicaba: Livro Ceres, 1980. p.3-13.

- SANCHEZ, P.A. Phosphorus silicon and sulfur. In: ____.
Properties and Management of soils in the tropica.
Raleigh: John Wiley, 1976. p.401-46.
- SANTANA, D.P., MOURA FILHO, W. Estudo de solos do triângulo mineiro e de Viçosa: II Adsorção de fosfatos. Rev. ceres, n.25, p.301-10, 1978.
- SANYAL, D., GHANTA, P. MITRA, S.K. Sampling for mineral content in leaf and petiole of papaya cvs. Washington and Pusa Delicious. Indian Hortic., n.47, p.318-22, 1990.
- SILVA, J.V.B. Efeitos do superfosfato simples e de seus nutrientes principais no crescimento do limoeiro cravo (Citrus limonia, Osbeck) em vasos até a repicagem. Lavras, 1981. 100p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- SIMÃO, S. Manual de Fruticultura. São Paulo: CERES, 1971. 530p.
- SINGH, R., MOLLER, M.R.F., FERREIRA, W.A. Cinética da sorção de fósforo em solos dos trópicos úmidos da Amazônia. Rev. Bras. Cien. Solo, n.7, p.227-31, 1983.

- SOLIS, F.A.M. Fixação de fósforo em solos que receberam quantidades variáveis das argilas vermiculita e caulinita. Piracicaba, 1981. 88p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SOUZA, M. Efeito do P, K e Ca no crescimento da laranjeira "Pera-Rio" (Citrus sinensis, L. Osbeck) em Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado. Piracicaba, 1976. 132p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- STEEL, R.G.D., TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York: Mac-Graw Hill, 1960. 320p.
- SYERS, J.K. et al. Phosphate sorption parameters of representative soils from Rio Grande do Sul, Brasil. Soil. Sci., n.112, p.267-75, 1971.
- TUBELIS, A., NASCIMENTO, F.J.L., FOLONI, L.L. Metereologia e climatologia. Botucatu: FCMBB, 1972. n.3, p.334-62. (mimeogr.).
- VILLACHICA, H., RAVEN, K. Deficiencias nutricionales del papayo (Carica papaya L.) en la selva central del Peru. Turrialba, n.36, p.523-31, 1986.

WOODRUF, J.R., KAMPRATH, E.J. Phosphorus adsorption maximum as measured by the langmur isotherm and its relationships to phosphorus availability. Soil. Sci. Soc. Am. Proc., n.29, p.148-50, 1965.

XABREGAS, J., SANTOS, A.S. Mamoeiro. Div. Agron., n.8, p.57-9, 1967.

A P Ê N D I C E

TABELA 1: TEMPERATURAS MÉDIAS MENS AIS NO INTERIOR DO TÚNEL PLÁSTICO DURANTE A CONDUÇÃO DO ENSAIO.

MESES	TEMP. MÍNIMA	TEMP. MÁXIMA	TEMP. MÉDIA
	°C	°C	°C
AGOSTO	13.1	28.1	21.9
SETEMBRO	15.1	27.9	22.6
OUTUBRO	17.4	31.3	25.8
NOVEMBRO	18.9	33.7	26.2

Obs.: As temperaturas foram coletadas sempre às 10:00 h de cada dia

TABELA 3: RESULTADO DAS DETERMINAÇÕES DE pH (CaCl₂)
REALIZADAS ANTES DO PLANTIO E APÓS A COLETA DO
ENSAIO NOS SOLOS COM DIFERENTES CLASSES TEXTURAIS.

B L O C O S										
			I		II		III		IV	
SOLO NÍVEIS			ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS
P										
L	R	0	5.8	4.8	5.8	4.6	5.9	5.0	5.7	5.3
A	O	50	5.8	5.1	6.0	5.1	5.8	5.0	5.7	5.0
T	X	100	5.7	4.3	5.7	4.6	5.8	4.8	5.9	5.1
.	O	200	5.8	4.6	5.7	4.5	5.8	5.2	5.8	5.1
		400	5.7	4.4	5.8	5.2	5.6	4.8	5.8	5.2
L		0	5.6	4.2	5.7	4.4	5.5	4.4	5.7	4.5
A	E	50	5.6	4.2	5.7	4.6	5.6	4.7	5.8	4.8
T	S	100	5.6	4.5	5.6	4.5	5.6	4.7	5.5	4.6
	C	200	5.5	4.4	5.4	4.7	5.7	4.8	5.6	4.7
V		400	5.4	4.3	5.7	4.6	5.4	4.6	5.5	4.8
A		0	5.9	4.0	5.9	4.4	5.8	4.8	5.7	4.5
R	Q	50	6.0	4.5	5.9	4.5	5.7	4.1	5.5	4.2
.	U	100	5.8	4.3	6.0	4.3	5.7	4.2	5.8	4.8
	A	200	5.8	4.3	5.7	4.2	5.8	4.7	5.8	4.5
	R	400	5.6	4.3	5.7	4.8	5.6	4.3	5.7	4.5