

WALDÊNIA DE MELO MOURA

EFICIÊNCIA NUTRICIONAL PARA FÓSFORO  
EM LINHAGENS DE PIMENTÃO (*Capsicum annuum* L.)

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

**EFICIÊNCIA NUTRICIONAL PARA FÓSFORO  
EM LINHAGENS DE PIMENTÃO (*Capsicum annuum* L.)**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
JULHO - 1996

WALDÊNIA DE MELO MOURA

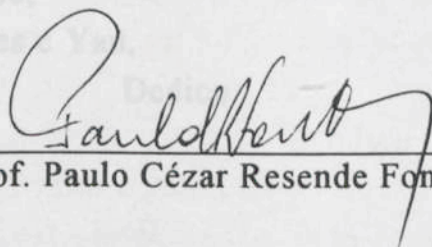
**EFICIÊNCIA NUTRICIONAL PARA FÓSFORO  
EM LINHAGENS DE PIMENTÃO (*Capsicum annuum* L.)**

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

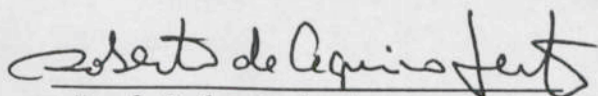
APROVADA: 21 de dezembro de 1995



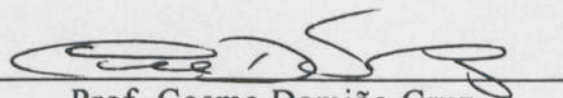
Prof. Cláudio Horst Bruckner



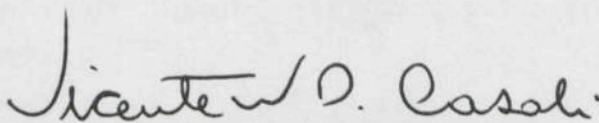
Prof. Paulo César Resende Fontes



Prof. Roberto de Aquino Leite



Prof. Cosme Damião Cruz  
(Conselheiro)



Prof. Vicente Wagner Dias Casali  
(Orientador)

*A grande sabedoria da vida é admitirmos que somos ignorantes e frágeis, que precisamos aprender para crescermos espiritualmente e alcançarmos nossos objetivos.*

Wal

A Deus, pela presença em todos os momentos de minha vida.  
Ao Professor, Vicente W. D. Casali, pela orientação, pela amizade, pela compreensão, pelo apoio e pelos conselhos de vida.

A Paulo, Thales e Yan,

Dedico

A minha mãe, exemplo de otimismo, força, coragem, fé e luta.  
Ao meu pai e aos meus irmãos, pelo amor e pelo incentivo.  
Ao meu esposo Paulo, pelo amor, pela compreensão, pelo apoio nos momentos difíceis e pela colaboração na execução deste trabalho.

Aos meus filhos, pelo amor e pelo incentivo a viver.

A Universidade Federal de Viçosa, pelo oferecimento de realizar este Curso; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, pela ajuda financeira.

Aos Professores Coim: Damão Cruz, Paulo Roberto Gomes Pereira, Victor Hugo Alvarez V., Cláudio Horst Brückner, Paulo César Rezende Santos e Roberto de Aquino Leite, pelas críticas e pelas sugestões.

Ao Professor Paulo Roberto Marquini, pelos ensinamentos, pela atenção e pela amizade.

Aos colegas do Departamento de Física, pelo caloroso convívio, em especial a Janaina, Quintino e aos, Teófilo e Valter.

Agradecimentos especiais a Jorge Magalhães, Domingos Sávio e José Roberto de Freitas, pela dedicada colaboração e pela amizade.

Por fim, a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença em todos os momentos de minha vida.

Ao Professor Vicente Wagner Dias Casali, pela orientação, pela amizade, pela compreensão, pela confiança, pelo apoio e pelos conselhos de vida.

À minha mãe, exemplo de otimismo, força, coragem, fé e luta.

Ao meu pai e aos meus irmãos, pelo amor e pelo incentivo.

Ao meu esposo Paulo, pelo amor, pela compreensão, pelo apoio nos momentos difíceis e pela colaboração na execução deste trabalho.

Aos meus filhos Thales e Yan, minha alegria de viver.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar este Curso, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, pela ajuda financeira.

Aos Professores Cosme Damião Cruz, Paulo Roberto Gomes Pereira, Victor Hugo Alvarez V., Cláudio Horst Bruckner, Paulo César Rezende Fontes e Roberto de Aquino Leite, pelas críticas e pelas sugestões.

Ao Professor Paulo Roberto Mosquim, pelos ensinamentos, pela atenção e pela amizade.

Aos colegas do Departamento de Fitotecnia, pelo caloroso convívio, em especial a Janaina, Quintino e Ana, Teogenes e Valter.

Agradecimentos especiais a Jorge Magalhães, Domingos Sávio e José Roberto de Freitas, pela dedicada colaboração e pela amizade.

Enfim, a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA

WALDÊNIA DE MELO MOURA (Wal), filha de Waldemiro da Cruz Moura e Maria Magnólia de Melo Moura, nasceu em São Luís, MA, em 23 de novembro de 1961.

Em janeiro de 1984, graduou-se em Agronomia pela Federação das Escolas Superiores do Maranhão, em São Luís, MA.

De janeiro de 1984 a julho de 1985, foi bolsista do Programa de Integração Ensino e Pesquisa (PIEP), convênio com o CNPq/EMBRAPA, no Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPq), em Brasília, DF, onde atuou nas áreas de Cultura de Tecidos e Melhoramento Genético.

Em julho de 1989, concluiu o Curso de Mestrado em Genética e Melhoramento na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

Em agosto de 1989, ingressou a Escola de Doutorado em Fitotecnia nessa mesma Universidade.

## BIOGRAFIA

WALDÊNIA DE MELO MOURA (Wal), filha de Waldemiro da Cruz Moura e Maria Magnólia de Melo Moura, nasceu em São Luís, MA, em 23 de novembro de 1961.

Em janeiro de 1984, graduou-se em Agronomia pela Federação das Escolas Superiores do Maranhão, em São Luís, MA.

De janeiro de 1984 a julho de 1985, foi bolsista do Programa de Integração Ensino e Pesquisa (PIEP), convênio com o CNPq/EMBRAPA, no Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPq), em Brasília, DF, onde atuou nas áreas de Cultura de Tecidos e Melhoramento Genético.

Em julho de 1989, concluiu o Curso de Mestrado em Genética e Melhoramento na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

Em agosto de 1989, iniciou o Curso de Doutorado em Fitotecnia nessa mesma Universidade.

2.1.3. Fatores que influenciam a eficiência de utilização de fósforo	6
2.2. Nível crítico de fósforo na planta	7
2.3. Estresse equivalente de fósforo	11
2.4. Diversidade genética, quanto à eficiência nutricional, para fósforo	12

3. MATERIAL E MÉTODOS .....	15
3.1. Obtenção das linhagens de pimentão .....	15
3.2. Delimitação e condução experimental .....	16
3.3. Características avaliadas .....	18
3.4. Estimativa dos índices de eficiência .....	20
3.5. Estimativa dos parâmetros no nível crítico de P .....	20
3.6. Estimativas dos parâmetros no estresse equivalente de P .....	21
3.7. Análise estatística .....	21
3.7.1. Análise univariada .....	21
3.7.2. Análise multivariada .....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
4.1. Características agronômicas .....	23
4.1.1. Altura de planta .....	23
4.1.2. Produção total de frutos e peso médio de frutos .....	25
4.1.3. Área foliar .....	25
4.2. Produção de matéria seca .....	31
EXTRATO .....	viii
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1. Eficiência nutricional para fósforo .....	3
2.1.1. Fatores que influenciam a eficiência de absorção de fósforo .....	4
2.1.2. Fatores que influenciam a eficiência de translocação de fósforo .....	6
2.1.3. Fatores que influenciam a eficiência de utilização de fósforo .....	7
2.2. Nível crítico de fósforo na planta .....	9
2.3. Estresse equivalente de fósforo .....	11
2.4. Divergência genética, quanto à eficiência nutricional, para fósforo .....	12

PÁGINA

3. MATERIAL E MÉTODOS .....	15
3.1. Obtenção das linhagens de pimentão .....	15
3.2. Delineamento e condução experimental .....	16
3.3. Características avaliadas .....	18
3.4. Estimativa dos índices de eficiência .....	20
3.5. Estimativa dos parâmetros no nível crítico de P .....	20
3.6. Estimativas dos parâmetros no estresse equivalente de P .....	21
3.7. Análise estatística .....	21
3.7.1. Análise univariada e análise de regressão .....	21
3.7.2. Análise multivariada .....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
4.1. Características agronômicas .....	23
4.1.1. Altura da planta .....	23
4.1.2. Produção total de frutos e peso médio de frutos .....	25
4.1.3. Área foliar .....	29
4.2. Produção de matéria seca .....	31
4.3. Concentrações, conteúdo e distribuição de fósforo .....	45
4.4. Índices de eficiência .....	49
4.5. Nível crítico de fósforo na planta e estresse equivalente de P ...	65
4.6. Análise multivariada .....	69
5. RESUMO E CONCLUSÕES .....	72
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
APÊNDICE .....	88

exibiram comportamentos intermediários. De modo geral, todas as linhagens apresentaram níveis críticos de P na planta elevados, sendo as linhagens L1, L3, L5 e L7 as mais exigentes em fósforo. Dentre as doses de P aplicadas no solo, a de 250 mg de P/kg foi a que melhor discriminou as linhagens, sendo, portanto, a indicada para estudos genéticos. Nesta dose, constatou-se que a produção de matéria seca da parte aérea foi o caráter que mais contribuiu para a divergência genética entre as linhagens, podendo ser um parâmetro adequado para seleção em estudos genéticos.

## EXTRATO

MOURA, Waldênia de Melo, D.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 1996. **Eficiência nutricional para fósforo em linhagens de pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. Professor Orientador: Vicente Wagner Dias Casali. Professores Conselheiros: Cosme Damião Cruz e Paulo Roberto Gomes Pereira.

Foram avaliadas 10 linhagens de pimentão, quanto às suas exigências e eficiências nutricionais para fósforo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em solo. Os tratamentos foram distribuídos em arranjo fatorial (10 x 5) x 4, constituídos de 10 linhagens, cinco doses de P (0, 250, 500, 750 e 1.000 mg de P/kg de solo) e quatro repetições, em delineamento de blocos casualizados. As linhagens apresentaram comportamentos diferenciados em resposta à adubação fosfatada, os quais foram decorrentes, principalmente, das variações na eficiência de utilização do fósforo no metabolismo e crescimento, uma vez que se observaram poucas diferenças na eficiência de absorção e de translocação do P entre as linhagens. A linhagem L10 destacou-se por apresentar alta eficiência para a maioria dos índices estudados. Também, as linhagens L7 e L8 mostraram bom desempenho, sendo a L8 nas menores doses de P (250 e 500 mg/kg) e a L7 nas maiores doses de P (750 e 1.000 mg/kg). Já as linhagens L1 e L2 apresentaram as menores eficiências para a maioria dos índices estudados. As demais linhagens

exibiram comportamentos intermediários. De modo geral, todas as linhagens apresentaram níveis críticos de P na planta elevados, sendo as linhagens L1, L3, L5 e L7 as mais exigentes em fósforo. Dentre as doses de P aplicadas no solo, a de 250 mg de P/kg foi a que melhor discriminou as linhagens, sendo, portanto, a indicada para estudos genéticos. Nesta dose, constatou-se que a produção de matéria seca da parte aérea foi o caráter que mais contribuiu para a divergência genética entre as linhagens, podendo ser um parâmetro adequado para seleção em estudos genéticos.

#### ABSTRACT

MOURA, Waldéara de Melo, DS., Universidade Federal de Viçosa, July of 1996. Phosphorus efficiency of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) Lines. Adviser: Vicente Wagner Dias Casali. Committee Members: Cosme Damiano Cruz and Paulo Roberto Gomes Pereira. —

Ten sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) lines were screened for phosphorus requirement and efficiency. An experiment was carried out in soil, in a greenhouse. The treatments were in a factorial layout (10 x 5) x 4, comprising ten lines, five doses of P (0, 250, 500, 750 and 1,000 mg P/kg soil) and four replications, in a randomized block design. The differences among lines resulted from the variation in phosphorus utilization efficiency in the metabolism and growing, therefore low differences in the P-efficiency uptake and translocation among lines were observed. The L10 line showed high efficiency for the most index studied. The L8 line in P lowest doses (250 and 500 mg/kg soil) and L7 line in P highest doses (750 and 1,000 mg/kg soil) had both outstanding performance. The L1 and L2 lines, were the least efficient for the most index studied. The other lines were of intermediate efficiency. All lines had high plant critical levels of P, being the L1, L3, L5 and L7 lines the most exigent in phosphorus. The dose 250 mg P/kg soil was the best discrimination to rank the lines,

therefore, being indicated for genetic studies. At this dose, it was verified that shoot dry matter was the characteristic that contributed most for genetic divergence among lines, and it should be an adequate parameter for screening in genetic studies.

## ABSTRACT

MOURA, Waldênia de Melo, DS., Universidade Federal de Viçosa, July of 1996. **Phosphorus efficiency of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) Lines.** Adviser: Vicente Wagner Dias Casali. Committee Members: Cosme Damião Cruz and Paulo Roberto Gomes Pereira.

Ten sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) lines were screened for phosphorus requirement and efficiency. An experiment was carried out in soil, in a greenhouse. The treatments were in a factorial layout (10 x 5) x 4, comprising ten lines, five doses of P (0, 250, 500, 750 and 1.000 mg P/kg soil) and four replications, in a randomized block design. The differences among lines resulted from the variation in phosphorus utilization efficiency in the metabolism and growing, therefore low differences in the P-efficiency uptake and translocation among lines were observed. The L10 line showed high efficiency for the most index studied. The L8 line in P lowest doses (250 and 500 mg/kg soil) and L7 line in P highest doses (750 and 1.000 mg/kg soil) had both outstanding performance. The L1 and L2 lines, were the least efficient for the most index studied. The other lines were of intermediate efficiency. All lines had high plant critical levels of P, being the L1, L3, L5 and L7 lines the most exigent in phosphorus. The dose 250 mg P/kg soil was the best discrimination to rank the lines,

therefore, being indicated for genetic studies. At this dose, it was verified that shoot dry matter was the characteristic that contributed most for genetic divergence among lines, and it should be an adequate parameter for screening in genetic studies.

## 1. INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capiscum annuum* L.) destaca-se dentre as principais hortaliças, apresenta alto valor nutritivo e elevado conteúdo de vitamina C (CAMBRAIA et al., 1971), sendo também considerado fonte de vitaminas A e B, niacina, cálcio, ferro, proteínas e carotenos (PIMENTEL, 1985). Para seu cultivo, empregam-se grandes quantidades de fertilizantes, sendo a adubação mineral uma das práticas que mais afetam o resultado da exploração agrônômica desta cultura.

Tem-se verificado que, de modo geral, os elementos mais absorvidos pelo pimentão são: K, N e Ca (HAAG et al., 1970; FERNANDES e HAAG, 1981; MILLER et al., 1979). Apesar de o P ser absorvido em baixa quantidade, ele é utilizado em maior proporção nas adubações, em decorrência de sua baixa disponibilidade e de sua alta capacidade de adsorção na maioria dos solos brasileiros, constituindo-se um dos fatores limitantes de produção (SANCHEZ, 1981).

A adubação fosfatada influencia o crescimento da planta, a formação de sementes e de frutos (SILVA et al., 1971) e o conteúdo de pigmentação nestes últimos (SOMOS et al., 1978). Entretanto, poucos estudos têm sido feitos com o objetivo de obter níveis críticos de P no solo e, ou, na planta de pimentão.

O uso indiscriminado de adubos fosforados pode contribuir para o aumento nos custos de produção, além de reduzir os recursos naturais não-renováveis que originam esses insumos. Tem-se como alternativa a busca

## 1. INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) destaca-se dentre as principais hortaliças, apresenta alto valor nutritivo e elevado conteúdo de vitamina C (CAMBRAIA et al., 1971), sendo também considerado fonte de vitaminas A e B, niacina, cálcio, ferro, proteínas e carotenos (PIMENTEL, 1985). Para seu cultivo, empregam-se grandes quantidades de fertilizantes, sendo a adubação mineral uma das práticas que mais afetam o resultado da exploração agrônômica desta cultura.

Tem-se verificado que, de modo geral, os elementos mais absorvidos pelo pimentão são: K, N e Ca (HAAG et al., 1970; FERNANDES e HAAG, 1981; MILLER et al., 1979). Apesar de o P ser absorvido em baixa quantidade, ele é utilizado em maior proporção nas adubações, em decorrência de sua baixa disponibilidade e de sua alta capacidade de adsorção na maioria dos solos brasileiros, constituindo-se um dos fatores limitantes de produção (SÁNCHEZ, 1981).

A adubação fosfatada influencia o crescimento da planta, a formação de sementes e de frutos (SILVA et al., 1971) e o conteúdo de pigmentação nestes últimos (SOMOS et al., 1978). Entretanto, poucos estudos têm sido feitos com o objetivo de obter níveis críticos de P no solo e, ou, na planta de pimentão.

O uso indiscriminado de adubos fosfatados pode contribuir para o aumento nos custos de produção, além de reduzir os recursos naturais não-renováveis que originam esses insumos. Têm-se como alternativas a busca

de genótipos mais eficientes no uso de fósforo e a adaptação de genótipos a solos com baixa disponibilidade de fósforo, por meio do melhoramento genético. Embora o interesse dos pesquisadores pelo estudo dos aspectos genéticos da nutrição mineral de plantas venha desde as primeiras décadas deste século, somente nestes últimos anos têm-se intensificado os estudos nesta área. Esse lento progresso deve-se à maior ênfase dada ao manejo dos solos e à falta de um entendimento claro dos mecanismos fisiológicos, morfológicos e bioquímicos envolvidos na adaptação das plantas (ROSEN e KORCAK, 1989). Outro fato a contribuir para o interesse nesta área de pesquisa é a própria conscientização do ser humano quanto às agressões ambientais e às suas conseqüências futuras, cobrando das instituições de pesquisa a geração de informações que permitam melhor harmonia na exploração econômica e na preservação ambiental.

Existem numerosas evidências de variações entre e dentro das espécies de planta, quanto a absorção, translocação, acúmulo e, ou, utilização de fósforo (WHITEAKER et al., 1976; COLTMAN et al., 1985; BUSO e BLISS, 1988; FURLANI et al., 1983; FURLANI et al., 1985). Essas diferenças constituem a base genética para programas de melhoramento. Entretanto, um aspecto crítico na maioria desses programas são a identificação dos mecanismos responsáveis pelas variações genotípicas e a utilização de uma técnica de seleção efetiva para detectar essas diferenças com base em caracteres fenotípicos das plantas. Assim, a busca de novas metodologias e, ou, a identificação de características que facilitem a seleção de genótipos mais eficientes para fósforo contribuiriam para os avanços nesta área de pesquisa.

No presente trabalho, procurou-se avaliar os mecanismos envolvidos na eficiência nutricional para fósforo em 10 linhagens de pimentão, bem como a existência de variabilidade genética, a dose mais adequada de P para estudos genéticos e os genótipos mais promissores.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Eficiência nutricional para fósforo

Inúmeros conceitos do uso eficiente de nutrientes ou eficiência nutricional têm sido relatados na literatura. Esses conceitos variam com o nutriente, a espécie de planta e o pesquisador. Tal variação está sendo amplamente questionada, pois dificulta uma conceituação geral, bem como a interpretação de resultados.

BAILIAN et al. (1991) definiram a eficiência nutricional como sendo a quantidade de biomassa produzida por unidade do nutriente aplicado no solo, que por sua vez, depende de dois componentes principais: a eficiência de aquisição e a eficiência de utilização. A primeira depende das eficiências de absorção e de enraizamento e a segunda, das eficiências de translocação e de conversão em biomassa.

Em se tratando do fósforo, LONERAGAN e ASHER (1967) e GERLOFF (1976) consideraram como plantas eficientes aquelas que produzem maior quantidade de matéria seca por unidade de fósforo absorvido. CLARK e BROWN (1974) definiram plantas eficientes como aquelas que acumulam maiores concentrações de fósforo quando cultivadas em baixas doses deste elemento. FOX (1978) considerou como eficientes plantas que atingem maiores produções por unidade de tempo e área quando cultivadas em um meio deficiente de fósforo. Já FÖHSE et al.

(1988) definiram a eficiência para fósforo como sendo a habilidade das plantas em produzir certa percentagem de produção máxima com certa dose de fósforo no solo. Portanto, basicamente a eficiência para fósforo, seja em baixa disponibilidade, seja em suprimento adequado do elemento, relaciona-se com a maior produção de biomassa, associada ao menor consumo de fósforo.

Tem-se constatado que diferentes espécies de plantas variam quanto à absorção, ao acúmulo e à utilização do fósforo (WHITEAKER et al., 1976; FOWOLE et al., 1982a; FURLANI et al., 1983; COLTMAN et al., 1985; ELLIOTT e LÄUCHLI, 1985; BUSO e BLISS, 1988; ALVES et al., 1988; FAGERIA et al., 1988). Essas variações constituem a base genética para a seleção de genótipos mais eficientes para fósforo, podendo ser exploradas em programas de melhoramento. Diversos mecanismos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos têm sido apontados como responsáveis por essas variações (GERLOFF e GABELMAN, 1983; SARIC, 1987).

#### 2.1.1. Fatores que influenciam a eficiência de absorção de fósforo

A disponibilidade de fósforo para as plantas depende da quantidade adsorvida na superfície das partículas, da atividade na solução do solo e da capacidade do fósforo adsorvido em passar à solução, bem como do transporte na solução do solo até alcançar as raízes. O transporte do fósforo na solução do solo dá-se principalmente por difusão e é apontado como sendo o mecanismo limitante da disponibilidade desse nutriente (BARBER, 1962). Assim, vários aspectos da morfologia e fisiologia do sistema radicular podem favorecer a aquisição de P da solução do solo.

CLAASSEN e BARBER (1976) propuseram um modelo de simulação para absorção de fósforo. Desse modelo, alguns aspectos morfológicos foram significativos: diâmetro e comprimento de raiz e relação superfície de raiz/unidade de peso de parte aérea. Os aspectos fisiológicos significativos foram expressos em fatores que descrevem a cinética de absorção, incluindo  $I_{max}$  (taxa máxima de influxo líquido),  $k_m$  (constante de Michaelis-Menten) e  $C_{min}$  (concentração mínima abaixo da qual não mais ocorre influxo líquido).

Sob baixa disponibilidade de fósforo, várias alterações morfológicas e, ou, fisiológicas têm sido constatadas como responsáveis pela maior eficiência de absorção do elemento, como: desenvolvimento de raízes

laterais (GERLOFF e GABELMAN, 1983) e de pêlos radiculares (FÖHSE e JUNGK, 1983), aumento no comprimento radicular (FURLANI et al., 1983), redução no diâmetro de raízes (SCHENK e BARBER, 1979), aumento na área superficial de raízes (SCHENK e BARBER, 1979; FÖHSE e JUNGK, 1983), aumento na relação raiz/parte aérea (WHITEAKER et al., 1976; ALVES et al., 1988; FÖHSE et al., 1988; FURLANI e USBESTI FILHO, 1990; MARTINEZ et al., 1993a), aumento na velocidade máxima de absorção (MARTINEZ et al., 1993a) e aumento no influxo de P (COLTMAN et al., 1985). Assim, a absorção de fósforo depende das características morfológicas e fisiológicas das raízes. Entretanto, a importância destas no processo de absorção depende do acesso da raiz ao nutriente. As características morfológicas podem ser críticas quando o acesso da raiz ao nutriente é um fator limitante e a eficiência dos mecanismos fisiológicos de absorção pode ter importância secundária. Por outro lado, quando não há limitação da chegada do íon à superfície radicular, os fatores fisiológicos podem ser decisivos (BARBER, 1992).

A absorção de fósforo também pode ser influenciada pelas associações micorrízicas; geralmente, seus efeitos são observados em doses baixas e intermediárias de fósforo no solo. As micorrizas incrementam a absorção de fósforo, principalmente por aumentarem o volume de solo explorado (MARSCHNER, 1986). Tem-se verificado que, em *Plantago major* L. cultivado sob estresse de P, a micorrização elevou a taxa de absorção de P, entretanto não foi suficiente para aumentar a eficiência de utilização de fósforo (BAAS e van BEUSICHEM, 1990). Por outro lado, a micorrização foi associada com a eficiência de absorção e utilização do fósforo em trevo (OLIVER et al., 1983).

Mudanças no pH da rizosfera causadas pelas plantas podem aumentar a disponibilidade de fósforo no solo. Espécies de plantas consideradas particularmente eficientes na obtenção de fósforo em solos pobres, como *Lupinus albus*, *Fagopyrum esculentum* e *Brassica napus* (McLachlan, 1976; Gardner et al., 1981; Grinsted et al., 1982, citados por CLARKSON, 1985), acidificam a rizosfera pela extrusão de prótons. Em colza, a redução no pH da rizosfera foi responsável pela eficiência de absorção de fósforo (HEDLEY et al., 1982). Também, a exsudação de compostos orgânicos pelas raízes pode aumentar a disponibilidade de fosfatos no solo, em razão dos seguintes mecanismos: a) competição com o ortofosfato pelos sítios comuns de adsorção, b) modificação das

características da superfície dos minerais do solo e c) complexação de cátions com os quais o ortofosfato co-precipita ou forma ligações covalentes na superfície de adsorção (BAR-YOSEF, 1991). A maior habilidade da espécie *Cajanus cajan* L. em absorver fósforo, em comparação com milho, soja e ervilha em solos pobres em P, foi atribuída à exsudação de ácidos orgânicos, principalmente o ácido cítrico, que promoveu a quelação do  $Fe^{3+}$ , liberando P para as raízes (AE et al., 1993).

Plantas deficientes em fósforo comumente aumentam os níveis de fosfatase nas células das raízes, ocorrendo a excreção destas para a superfície do sistema radicular. Estas enzimas participam da hidrólise de fosfatos orgânicos presentes na rizosfera, liberando  $P_i$  para as raízes (CLARKSON, 1985). Tem-se constatado que, sob estresse de P, várias espécies de plantas aumentam a atividade de fosfatase ácida nas raízes (BOUTIN et al., 1981; SZABÓ-NAGY et al., 1987; HELAL, 1990). Tal aumento parece ser devido a um incremento na síntese "de novo" da enzima, cuja formação é inibida pelo íon fosfato por um mecanismo de retroinibição (BOUTIN et al., 1981).

A eficiência de absorção de P pode ser influenciada, portanto, por fatores intrínsecos da planta, como também pelo aumento da disponibilidade de P no solo causado pelas próprias plantas.

### 2.1.2. Fatores que influenciam a eficiência de translocação de fósforo

O movimento do íon através das raízes e sua liberação para o xilema envolvem vários passos, que podem limitar sua liberação para a parte aérea das plantas, podendo ser a base das diferenças genótípicas na absorção e no movimento dos nutrientes (GERLOFF e GABELMAN, 1983).

Comumente, plantas deficientes em fósforo retêm mais P nas raízes e o translocam menos para a parte aérea, em comparação com plantas bem-supridas (BIELESKI, 1973; SCHJORRING e JENSÉN, 1987; MARTINEZ et al., 1993b). Em virtude da retenção de P nas raízes, o crescimento radicular é mantido em detrimento do desenvolvimento da parte aérea, aumentando a relação raiz/parte aérea, que é uma característica da deficiência de fósforo. O transporte de P para a parte aérea foi a característica mais importante na diferenciação entre genótipos de capim-colônio (*Panicum maximum* Jacq) cultivado sob estresse de P (FURLANI e USBERTI FILHO, 1990).

Tanto o processo de absorção quanto o de carregamento do xilema requerem carboidratos como fonte de energia. Segundo van Veen (1981), citado por BURAUDEL et al. (1990), os carboidratos das raízes, os quais são importados da assimilação da parte aérea, são fatores críticos envolvidos em processos como crescimento de raiz, transporte de íons, absorção de nutriente e manutenção da taxa metabólica basal. Em soja, os altos níveis de sacarose no sistema radicular da variedade eficiente em absorver e translocar fósforo permaneceram altos, tanto em condições de estresse como em condições de suprimento adequado de P (BURAUDEL et al., 1990).

### 2.1.3. Fatores que influenciam a eficiência de utilização de fósforo

A eficiência de utilização de um elemento mineral no metabolismo e no crescimento tem sido inferida pela quantidade de matéria seca produzida por unidade do nutriente absorvido. Se genótipos apresentarem crescimento diferenciado em relação à mesma quantidade do elemento absorvido, o genótipo com maior produção de matéria seca tem menor concentração do nutriente. Isso pode indicar maior eficiência de utilização do elemento no crescimento e metabolismo. Entretanto, existe a possibilidade de que ocorra maior reexportação para regiões terminais de crescimento em genótipos eficientes, o que pode resultar na manutenção de maiores concentrações do elemento nas regiões ativas (GERLOFF e GABELMAN, 1983). A eficiência de utilização também tem sido denominada coeficiente de utilização, quociente de utilização ou taxa de eficiência (ISRAEL e RUFTY Jr., 1988). Entretanto, tanto a planta deficiente quanto a planta bem-suprida podem apresentar alto coeficiente de utilização. Assim, para evitar a seleção da planta eficiente na utilização de P, porém com baixa produção, SIDDIQI e GLASS (1981) propuseram o índice de eficiência:  $(\text{matéria seca produzida})^2 / \text{unidade de P absorvido}$ , reunindo num mesmo índice a eficiência de utilização de P e o crescimento.

A distribuição dos nutrientes na planta é influenciada pela intensidade de retranslocação e reutilização. A fraca redistribuição pode resultar na retenção do elemento em folhas velhas, relativamente inativas, antes que sejam utilizadas no crescimento de partes terminais. Ao contrário, a redistribuição vigorosa pode exaurir os nutrientes nas folhas mais velhas em benefício das partes mais ativas da planta (GERLOFF e

GABELMAN, 1983), influenciando, assim, a eficiência de utilização no processo de crescimento. Em sorgo (WIENEKE, 1990) e trigo (HORST et al., 1993), a eficiência de utilização de fósforo foi atribuída à maior intensidade de redistribuição.

A incapacidade da planta de um cultivar em liberar determinado nutriente do vacúolo quando o estresse se desenvolve após um período de suprimento adequado pode resultar na menor eficiência de utilização desse elemento. Em espécie do gênero *Spirodela* sob suprimento normal de fósforo, cerca de 75% do P-total celular era fósforo inorgânico (Pi), e 88% deste se encontrava no vacúolo. Com o início do estresse de fósforo, o Pi foi retirado do vacúolo para uso nas reações metabólicas e para manter a concentração mínima de Pi citoplasmático (BIELESKI, 1973). A maior tolerância ao estresse de P observado na espécie *Lotus pedunculatus*, em comparação com *Trifolium repens*, foi atribuída à menor concentração de Pi nos tecidos (Chapin e Bielecki, 1982; Hart e Jessop, 1982 e 1983, citados por ADU-GYAMFI et al., 1990), indicando que espécies que mantêm um "pool" de Pi relativamente baixo devem ser capazes de manter alta atividade metabólica com baixo suprimento de fósforo.

A concentração de Pi nos tecidos da planta interfere em vários processos metabólicos, dentre eles a fotossíntese. Baixas concentrações de Pi no citossol promovem a redução da fotossíntese, por reduzirem a atividade de várias enzimas do ciclo de Calvin, principalmente a atividade da ribulose-5-fosfato cinase, e conseqüentemente a regeneração da ribulose bisfosfato (RuBP) (RAO e TERRY, 1989). Por outro lado, altas concentrações de Pi também reduzem a fotossíntese (MORISON e BATTEN, 1986), pois a exportação excessiva de trioses-P para o citossol influencia a regeneração da RuBP, que é o aceptor de CO<sub>2</sub>. WHITEAKER et al. (1976) observaram que a maior eficiência de utilização de P entre linhagens de feijão cultivadas sob estresse de P foi associada com a maior taxa fotossintética líquida.

Vários aspectos contribuem, portanto, para as diferenças entre genótipos, quanto à eficiência nutricional para fósforo. O conhecimento desses aspectos permitiria uma seleção mais efetiva, contribuindo para o avanço dos programas de melhoramento genético.

## 2.2. Nível crítico de fósforo na planta

O nível crítico é utilizado com a finalidade de quantificar os nutrientes requisitados por uma cultura, visando à otimização da produtividade.

Segundo FRITZ (1976), o nível crítico de um elemento na planta ou concentração crítica é definido como sendo a concentração mínima desse nutriente quando o crescimento máximo é atingido, correspondendo mais a uma zona de transição do que a um ponto definido.

Do ponto de vista econômico, o nível crítico pode ser definido como sendo aquele acima do qual a aplicação de fertilizantes não é econômica (BATES, 1971; MALAVOLTA et al., 1989).

Numa conceituação mais recente, ALVAREZ V. et al. (1988) referiram ao nível crítico como sendo o valor da concentração do nutriente (no solo ou na planta) que corresponde à disponibilidade necessária para se obter a produção de máxima eficiência econômica.

As concentrações críticas são freqüentemente expressas em relação às folhas de idade fisiológica e à localização definidas, pois são estes os órgãos que melhor refletem o estado nutricional das plantas, além de serem a sede da maioria dos processos fisiológicos (BATES, 1971; MALAVOLTA et al., 1989).

A diagnose foliar baseia-se na existência de correlações entre o suprimento do nutriente no solo, o teor do elemento na folha e a produção. Porém, o teor do nutriente na folha é consequência do efeito de vários fatores, como espécie ou cultivar, tecido vegetal e sua idade, forma do nutriente considerado, níveis dos nutrientes e suas interações, práticas culturais, solo, pragas e doenças (BATES, 1971; MALAVOLTA et al., 1989), os quais refletem seus efeitos na absorção, no transporte e na redistribuição interna do elemento.

As hortaliças de modo geral apresentam altas concentrações críticas de fósforo no solo e na planta, em comparação com outras culturas. Plantas de ciclo curto, com intensa produção, em geral necessitam de grandes quantidades de nutrientes. Apesar disso, poucos trabalhos têm sido feitos nesta área, não permitindo, ainda, estabelecer critérios de recomendação de adubação compatíveis com as diversas condições de solo e ambiente.

FÖHSE et al. (1988), trabalhando com diferentes espécies de plantas, cultivadas em solo com doses crescentes de fósforo, constataram

grandes variações nos valores de níveis críticos. Também, observaram que as espécies com menores níveis críticos de P (cebola e feijão) foram as mais exigentes em fósforo no solo, portanto se mostraram as espécies menos eficientes na aquisição de P. As diferenças observadas entre essas espécies foram decorrentes das variações na absorção de P em virtude, principalmente, da relação raiz/parte aérea e do influxo do elemento. Já RODRIGUES (1995) observou poucas diferenças no nível crítico de P entre dois cultivares de alface.

Tem sido constatado que o nível crítico de P na planta é fortemente influenciado por características do solo relacionadas com o fator capacidade de P (MUNIZ et al., 1985; CARVALHO et al., 1995). Nesse sentido, NOVAIS et al. (1993), trabalhando com quatro hortaliças em seis solos com diferentes texturas e doses crescentes de P, constataram diferenças no nível crítico de P entre as espécies e, mais intensivamente, entre os solos utilizados. À medida que aumentou o fator capacidade de P, constataram redução no nível crítico das plantas.

As razões para as variações nos níveis críticos de P nas plantas decorrentes do fator capacidade de P parecem estar relacionadas com o acúmulo de fósforo de reserva nas folhas ( $P_i$ ), sem função metabólica imediata (BIELESKI, 1973). Em solos com baixo fator capacidade de P (mais arenosos), a concentração de P na solução é alta, conseqüentemente ocorrerão maior absorção e acúmulo, na forma inorgânica ( $P_i$ ), nos vacúolos. Assim, o nível crítico na planta seria superestimado ao se incluir o  $P_i$ , de reserva, podendo, algumas vezes, levar a interpretações de consumo de luxo.

Por outro lado, em solos com alto fator capacidade (mais argilosos), a concentração de P na solução é baixa e haverá menor absorção de P e pouco acúmulo de  $P_i$ , pois, nessas condições, o  $P_i$  é utilizado para síntese de compostos orgânicos essenciais para o crescimento e desenvolvimento da planta (BIELESKI, 1973). Assim, a contribuição desse nutriente para a estimativa do nível crítico seria mínima ou, talvez, insignificante. Nesse sentido, FABRES (1986) observou que a variação do nível crítico de P em alface cultivada em diferentes solos foi decorrente do acúmulo diferencial de  $P_i$  nos tecidos da planta. Também, verificou que os níveis críticos de  $P_i$  na planta foram inversamente correlacionados com as características do solo relacionadas com o fator capacidade de P. Isso indica que nos solos com menor fator capacidade ocorreu maior acúmulo de  $P_i$  nos tecidos do que nos solos com maior fator capacidade. Observou também que, dentre

as frações de P, a fração Pi foi a que melhor se correlacionou com a matéria seca da parte aérea. Fato semelhante foi observado em soja (PEREIRA, 1992).

Vários trabalhos têm mostrado diferentes frações de fósforo como melhores indicadores do estado nutricional de P nas plantas (CHISHOLM et al., 1981; CHISHOLM e BLAIR, 1988). Entretanto, recentemente PEREIRA (1992) constatou que tanto a fração Pi como o fósforo total (Pt) podem ser considerados como efetivos para avaliação do estado nutricional das plantas, tanto em condições de deficiência como em condições de nutrição adequada.

### 2.3. Estresse equivalente de fósforo

Na avaliação de genótipos tolerantes ao estresse nutricional, o cultivo de plantas tem sido feito em um único nível de suprimento de nutriente, abaixo do nível adequado para o crescimento ótimo. Segundo COLTMAN et al. (1986), esse procedimento é deficiente na identificação de fatores morfológicos e fisiológicos responsáveis pelas diferenças quanto à tolerância ao estresse, uma vez que são influenciados por fatores genéticos e ambientais. Além disso, genótipos diferencialmente adaptados, cultivados em um único nível de nutriente e colhidos simultaneamente, estão competindo sob diferentes graus de estresse. Isso dificulta distinguir o grau em que as diferenças morfofisiológicas são devidas ao efeito geral do ambiente ou se é uma resposta específica da planta (COLTMAN et al., 1986).

COLTMAN et al. (1985) verificaram que, dentre sete linhagens de tomate cultivadas sob estresse de fósforo, somente uma obteve aumento significativo na relação raiz/parte aérea e foi a menos eficiente na absorção de fósforo. Concluíram que esta linhagem estava sob maior estresse na colheita, provavelmente como um resultado da absorção depressiva de fósforo. Nessa condição é difícil determinar o grau em que a alta relação raiz/parte aérea refletiu uma característica genética da linhagem ou se foi simplesmente uma resposta ao estresse de fósforo. Portanto, é importante distinguir respostas de compensação ao estresse ambiental de diferenças genéticas, pois somente as últimas são herdáveis. Segundo COLTMAN et al. (1986), esta distinção pode ser feita pela avaliação de genótipos no grau equivalente de estresse, o qual consiste em submetê-los a níveis do nutriente que sejam suficientes para lhes

proporcionar 50% do crescimento máximo quando os níveis dos outros nutrientes são ótimos. Com tal propósito, esses autores avaliaram seis linhagens de tomate diferencialmente adaptadas ao estresse de P. Observaram que as respostas, controladas geneticamente, ao estresse contribuíram significativamente para a expressão fenotípica de características morfológicas e fisiológicas quando o "screening" foi realizado com níveis específicos de fósforo para cada linhagem, enquanto as variações observadas para os mesmos caracteres, quando utilizado o método convencional de seleção, não foram consideradas de base genética.

Uma desvantagem desse método de "screening" é o limitado número de genótipos a serem testados. Nesse sentido, GERLOFF (1987) recomendou uma seleção inicial com um único nível de nutriente e uma única colheita. Entretanto, avaliações finais das respostas fenotípicas e seleções de linhagens para estudos genéticos ou fisiológicos detalhados devem ser feitas sob estresse equivalente. Nessas pesquisas é necessário realizar os experimentos em ambiente controlado, a fim de evitar o mascaramento dos efeitos ambientais sobre as respostas ao nutriente, bem como assegurar a repetibilidade do experimento.

#### **2.4. Divergência genética quanto à eficiência nutricional para fósforo**

A importância da diversidade genética para o melhoramento reside no fato de que cruzamentos que envolvem progenitores geneticamente diferentes são os mais convenientes para produzir alto efeito heterótico e, também, maior variabilidade genética em gerações segregantes (RAO et al., 1981).

Tem-se constatado ampla diversidade em várias espécies de plantas quanto à eficiência nutricional para fósforo (WHITEAKER et al., 1976; COLTMAN, 1985). Essa diversidade constitui a base genética para programas de melhoramento e é decorrente de uma série de mecanismos fisiológicos, morfológicos e bioquímicos desenvolvidos pelas plantas quando submetidas às condições adversas de fertilidade do solo, principalmente sob estresse de P.

Na avaliação da variabilidade genética disponível no germoplasma para eficiência de utilização de P, têm-se utilizado várias técnicas de seleção, como: cultivo em solução nutritiva (WHITEAKER et al., 1976; FURLANI et al., 1985); cultivo no solo, em vasos (FÖHSE et al., 1988); cultivo no campo (OLIVEIRA, 1987); e cultivo no sistema areia-alumina

(COLTMAN et al., 1985; BUSO e BLISS, 1988; SILVA e GABELMAN, 1993). Essas técnicas apresentam vantagens e desvantagens na identificação de mecanismos efetivos que ocorrem em condições naturais de campo.

A eficiência para fósforo tem mostrado ser controlada geneticamente. Furlani et al. (1985), citados por CLARK e DUNCAN (1991), observaram efeitos heteróticos em vários híbridos de sorgo para produção total de matéria seca e eficiência de utilização de P (matéria seca produzida/unidade de P absorvido). Também, verificaram que, provavelmente, genes com efeito aditivo e dominante poderiam estar envolvidos na expressão desses caracteres. Resultados semelhantes foram observados em progênies de retrocruzamento em tomate (Coltman et al., 1985, citados por CLARK e DUNCAN, 1991).

O controle genético da eficiência para fósforo foi associado com o número de pêlos radiculares em trevo (Caradus, 1982, citado por CLARK e DUNCAN, 1991) e com pêlos radiculares longos em tomate, demonstrando ser um caráter monogênico e recessivo (HOCHMUTH et al., 1985).

Em feijão, a herança da eficiência de utilização de fósforo com base na produção de matéria seca/unidade de fósforo absorvido foi bastante complexa e apresentou pouca influência da herança citoplasmática (WHITEAKER et al., 1976). Em estudo subsequente, FAWOLE et al. (1982b) verificaram a herança da eficiência de utilização do P com base na produção de matéria seca total, a qual mostrou ser altamente herdável, ressaltando-se que efeitos de genes epistáticos, aditivos e dominantes contribuíram significativamente para a expressão deste caráter. Posteriormente, FAWOLE et al. (1982a), estudando a herança da eficiência de utilização de P relacionada com a produção de matéria seca de raiz, observaram segregação transgressiva, herança quantitativa e alta herdabilidade para este caráter.

Por meio de retrocruzamento, SCHETTINI et al. (1987) obtiveram linhagens melhoradas de feijão eficientes na utilização de P, as quais apresentaram características comerciais semelhantes às do progenitor recorrente "Salinac" e um extenso sistema radicular herdado do progenitor não-recorrente, uma linhagem exótica de feijão. Em geral, as linhagens melhoradas que apresentaram bom desempenho, a despeito de serem cultivadas sob estresse de P em solução nutritiva, mostraram também bom desempenho no campo, em solos moderadamente pobres de fósforo.

Verifica-se, portanto, que a herança da utilização de fósforo é bastante complexa e vários parâmetros têm sido utilizados na tentativa de melhor caracterizá-la. Isto ocorre porque, geralmente, mais de um mecanismo adaptativo está envolvido na eficiência de utilização de fósforo. Assim, a análise de divergência genética, antes de se realizarem os cruzamentos, permitiria aos melhoristas conhecer as combinações com maiores chances de sucesso. Essa determinação poderia ser feita por análise multivariada, em que diversos mecanismos adaptativos poderiam ser dimensionados simultaneamente nos genótipos, que também poderiam ser tomados como estimativas de divergência genética (MALUF et al., 1980). A técnica de análise multivariada foi bastante promissora na discriminação de genótipos de alface em resposta às adubações orgânica e mineral (RODRIGUES, 1995) e na tolerância de genótipos de arroz à toxidez de alumínio (FERREIRA, 1995).

O experimento do presente trabalho foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foi avaliado o comportamento de 10 linhagens de pimentão (*Capiscum annuum* L.), cultivadas em solo sob doses crescentes de fósforo.

### 3.1. Obtenção das linhagens de pimentão

O material vegetal utilizado originou-se do cruzamento entre dois híbridos (BGH 4562 x BGH 4561) e (BGH 18 x BGH 2665). O híbrido duplo obtido foi posteriormente cruzado com um terceiro híbrido (BGH 18 x BGH 2854), obtendo-se 200 linhagens, as quais foram avançadas até as gerações  $F_{12}$ , sem seleção artificial. Em função da quantidade de sementes disponível, selecionaram-se 10 linhagens para este estudo. Todos os progenitores e todas as linhagens fazem parte do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa, cujas origens e identificações se encontram no Quadro 1.

Quadro 1 - Origem e identificação dos progenitores e linhagens de pimentão

Progenitores	Nomes	Origem
BGH 18*		Ponte Nova-MG
BGH 2665	Plantão seleção "Stain"	California-EUA
BGH 2854*	Chinese plant	Michigan-EUA
BGH 4561	Agrônomo 10G (Agrôceres)	Igarapé-MG
BGH 4562	São Carlos (Agrôceres)	Igarapé-MG

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Linhagens	Designação	Origem
P-141-91	L <sub>1</sub>	UFV
P-141-38	L <sub>2</sub>	UFV
P-141-20	L <sub>3</sub>	UFV
P-141-16	L <sub>4</sub>	UFV
P-141-13	L <sub>5</sub>	UFV
P-141-12	L <sub>6</sub>	UFV
P-141-11	L <sub>7</sub>	UFV
P-141-10	L <sub>8</sub>	UFV
P-141-9	L <sub>9</sub>	UFV
P-141-8	L <sub>10</sub>	UFV

O experimento do presente trabalho foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foi avaliado o comportamento de 10 linhagens de pimentão (*Capsicum annuum* L.), cultivadas em solo sob doses crescentes de fósforo.

#### 3.1. Obtenção das linhagens de pimentão

O material vegetal utilizado originou-se do cruzamento entre dois híbridos: (BGH 4562 x BGH 4561) e (BGH 18 x BGH 2665). O híbrido duplo obtido foi posteriormente cruzado com um terceiro híbrido (BGH 18 x BGH 2854), obtendo-se 200 linhagens, as quais foram avançadas até as gerações F<sub>12</sub>, sem seleção artificial. Em função da quantidade de sementes disponível, selecionaram-se 10 linhagens para este estudo. Todos os progenitores e todas as linhagens fazem parte do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa, cujas origens e identificações se encontram no Quadro 1.

As sementes foram armazenadas em ambiente de baixa umidade e temperatura constante (4°C) até o momento da coleta. A amostra de solo foi coletada na camada subsuperficial (0-20 cm), seca ao ar, destorroada, passada em peneira com abertura de 4 mm e homogeneizada. Subamostras foram utilizadas para caracterizações químicas e físicas (Quadro 2).

Quadro 1 - Origem e identificação dos progenitores e linhagens de pimentão

Progenitores	Nomes	Origem
BGH 18*	-	Ponte Nova-MG
BGH 2665	Pimiento seleção "Stain"	California-EUA
BGH 2854*	Chinese giant	Michigan-EUA
BGH 4561	Agronômico 10G (Agroceres)	Igarapé-MG
BGH 4562	São Carlos (Agroceres)	Igarapé-MG

Linhagens	Denominação	Origem
P - 141-91	L1	UFV
P - 141-38	L2	UFV
P - 141-20	L3	UFV
P - 141-16	L4	UFV
P - 141-197	L5	UFV
P - 141-191	L6	UFV
P - 141-190	L7	UFV
P - 141-188	L8	UFV
P - 141-147	L9	UFV
P - 141-182	L10	UFV

\* Germoplasmas com rusticidade.

### 3.2. Delineamento e condução experimental

Os tratamentos foram distribuídos num arranjo fatorial 10 x 5 (dez linhagens x cinco doses de P), com quatro repetições, totalizando-se 200 unidades experimentais. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados.

Foi utilizado um solo com baixo teor de fósforo, classificado como LU (latossolo variação UNA), do Município de Viçosa-MG. A amostra do solo foi coletada na camada subsuperficial (0-20 cm), seca ao ar, destorroada, passada em peneiras com abertura de 4 mm e homogeneizada; subamostras foram utilizadas para caracterizações química e física (Quadro 2).

Quadro 2 - Características química e físicas da amostra do solo utilizado

Característica	Dados (médias do solo)	Fórmula	Solo
pH em H <sub>2</sub> O (1:2,5)	100,00	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> e H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	5,1
P (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>1/</sup>	200,00	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1,5
K (mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>1/</sup>	150,00	KCl, KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	10,0
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>2/</sup>	50,00	MgSO <sub>4</sub>	0,1
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>2/</sup>	4,00	ZnCl <sub>2</sub>	0,0
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) <sup>2/</sup>	1,33	CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0,7
Areia grossa (%) <sup>3/</sup>	1,50	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	14,0
Areia fina (%) <sup>3/</sup>	0,15	NaMoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	14,0
Silte (%) <sup>3/</sup>	0,18	H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub>	3,0
Argila (%) <sup>3/</sup>	3,66	MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	69,0
Capacidade de campo (%) <sup>4/</sup>			33,8
Classificação textural			Muito argiloso

1/ Extrator Mehlich-1 (VETTORI, 1969).

2/ Extrator KCl mol/L (VETTORI, 1969).

3/ Método da Pipeta (EMBRAPA, 1979).

4/ Método da Coluna Transparente (FERNANDES e SYKES, 1968).

A acidez do solo foi corrigida, fazendo-se a calagem de acordo com as recomendações da COMISSÃO DE FERTILIZANTES DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1989) e a aplicação de calcário com dose equivalente a 3,19 t/ha, com relação Ca:Mg de 4:1, em equivalente. Posteriormente, adicionou-se 1 meq/100 cc de Mg (MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O), em coberturas parceladas em cinco aplicações semanais, reduzindo a relação Ca:Mg para 2:1, em equivalente. Após a calagem, adicionou-se o fósforo nas doses de 0, 250, 500, 750 e 1.000 mg de P/kg de solo, fornecidas numa combinação dos seguintes sais P.A.: (NH<sub>4</sub>).H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> e Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>).H<sub>2</sub>O. Os demais macronutrientes e os micronutrientes foram fornecidos conforme mostrado no Quadro 3.

Quadro 3 - Doses dos macro e micronutrientes e respectivas fontes de nutrientes

Elemento	Doses (mg/kg de solo)	Fontes de Nutrientes
N (plantio)	100,00	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> e NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
N (cobertura)	200,00	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>
K	150,00	KCl, KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
S	50,00	MgSO <sub>4</sub>
Zn	4,00	ZnCl <sub>2</sub>
Cu	1,33	CuCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O
Fe	1,56	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O
Mo	0,15	NaMoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O
B	0,18	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
Mn	3,66	MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O

A aplicação de N em cobertura iniciou-se aos 15 dias após o plantio, sendo feitas cinco coberturas em intervalos semanais. Os micronutrientes foram aplicados aos 13, 20 e 29 dias após o plantio.

Após a adubação básica, o solo foi acondicionado em vasos plásticos com capacidade para 5 kg de solo e irrigado com água desmineralizada, mantendo-se a umidade em torno de 80% da capacidade de campo (C.C.). Posteriormente, esses vasos foram submetidos a um período de incubação de 30 dias, à temperatura ambiente, em casa de vegetação. Em seguida, efetuou-se o plantio, utilizando quatro sementes por vaso. Quando as plântulas apresentaram duas folhas definitivas, realizou-se o desbaste, deixando uma planta por vaso.

Durante a condução do experimento, o solo foi mantido com a umidade próxima da C.C., realizando-se as capinas manuais e o tutoramento das plantas. O experimento foi conduzido por 120 dias, quando, então, foi colhido. Durante esse período foram feitas colheitas de frutos à medida que se apresentavam maduros.

### 3.3. Características avaliadas

- Altura da planta: foi medida da base até o ápice da planta, na colheita do experimento.

- Produção total de frutos: obtida pelo peso da matéria fresca total dos frutos colhidos durante todo o experimento.
- Número de frutos produzidos: obtido pela contagem do número de frutos produzidos por planta, durante todo o experimento.
- Peso médio de fruto: obtido pela relação entre o peso total de frutos e o número total de frutos produzidos por planta.
- Área foliar: foi medida após a colheita do experimento; na determinação da área foliar, utilizou-se um medidor de área modelo LI 3.100.
- Peso da matéria seca de raiz, caule, folha e fruto: no final do período experimental, as plantas foram seccionadas rente ao solo. O material vegetal da parte aérea foi separado em caule, folha e fruto. O sistema radicular foi retirado com o auxílio de jato d'água dirigido sobre o substrato. Todos os órgãos da planta foram acondicionados em sacos de papel e secos a 75°C em estufa com circulação de ar forçada até peso constante. Após a secagem, determinou-se o peso da matéria seca de raiz, caule, folha e fruto. Adicionou-se à matéria seca de fruto o peso seco dos frutos colhidos durante o período experimental.
- Relação raiz/parte aérea: obtida pela divisão entre o peso de matéria seca de raiz e o peso de matéria seca da parte aérea.
- Teores de macro e micronutrientes: para determinação dos macros e micronutrientes foi utilizado o material vegetal de cada órgão da planta colhido aos 120 dias, ressaltando-se que para os frutos foram consideradas também todas as colheitas realizadas durante o experimento. Após a secagem, a matéria seca foi moída em moinho Willey, com peneira nº 20, homogeneizada, sendo dela retiradas amostras equivalentes a 2 g, as quais foram submetidas à digestão nitroperclórica; no extrato obtido, foram dosados os teores de P (BRAGA e DEFELIPO, 1974); K, por fotometria de chama; e Ca, Mg, Zn, Fe e Mn, por espectrofotometria de absorção atômica. O N total foi determinado pelo método Kjeldahl (JACKSON, 1976) e o S, por turbidimetria de sulfato bórico (Blanchar et al., 1965), modificado por Alvarez V.\*

---

\* Prof. Victor Hugo Alvarez V. - Departamento de Solos/UFV (comunicação pessoal).

- Conteúdo de macro e micronutrientes: obtido pelo produto entre os teores de macro e micronutrientes e a produção de matéria seca de cada órgão da planta.

### 3.4. Estimativas dos índices de eficiência

Uma vez obtidos os dados de matéria seca e de conteúdos de fósforo, estimaram-se os seguintes índices:

- Eficiência de enraizamento (EE):  $(\text{g de matéria seca de raiz})^2/\text{mg de P na parte aérea}$ .
- Eficiência de absorção de fósforo (EAP):  $\text{mg de P na parte aérea/g de matéria seca de raiz}$ .
- Eficiência de translocação de fósforo (ETP):  $\text{mg de P na parte aérea/mg de P total}$ .
- Eficiência de utilização do fósforo na parte aérea (EUPPA):  $(\text{g de matéria seca da parte aérea})^2/\text{mg de P na parte aérea}$ .
- Eficiência de utilização do fósforo total (EUPT):  $(\text{g de matéria seca total})^2/\text{mg de P total}$ .
- Eficiência de utilização do fósforo foliar para a produção de matéria seca de frutos (EUFRFO):  $(\text{g de matéria seca de fruto})^2/\text{mg de P na folha}$ .
- Eficiência de utilização do fósforo foliar para a produção de matéria seca da parte aérea (EUPAFO):  $(\text{g de matéria seca de parte aérea})^2/\text{mg de P na folha}$ .
- Eficiência de utilização do fósforo foliar para a produção de matéria seca total (EUTFO):  $(\text{g de matéria seca total})^2/\text{mg de P na folha}$ .
- Eficiência de utilização do fósforo da parte aérea para a produção de matéria seca de fruto (EUFRPA):  $(\text{g de matéria seca de fruto})^2/\text{mg de P na parte aérea}$ .

### 3.5. Estimativa dos parâmetros no nível crítico de P

- Nível crítico de P na planta: os modelos de regressão para os dados de matéria seca de fruto como variável dependente das doses de fósforo

proporcionaram, para cada linhagem, as estimativas das doses necessárias à obtenção de 90% da produção máxima (DPr90). Os níveis críticos de fósforo nas plantas foram estimados, por meio da substituição de DPr90, nas equações de regressão que relacionaram os teores de fósforo nas folhas como variável dependente de P.

- Conteúdo de P na folha: substituíram-se os valores de DPr90 nas equações de regressão dos conteúdos de P nas folhas como variável dependente de P.
- Eficiência de utilização de P (EUPC) e coeficiente de utilização de P (CUPC): de posse dos dados de produção de matéria seca de fruto e do conteúdo de P, estimaram-se a EUPC (g de matéria seca de fruto)<sup>2</sup>/mg de P na folha e o CUPC (g de matéria seca de fruto/mg de P na folha).

### **3.6. Estimativas dos parâmetros no estresse equivalente de P**

- Obtenção das doses de P no estresse equivalente de P: os modelos de regressão para os dados de matéria seca de fruto como variável dependente das doses de fósforo proporcionaram, para cada linhagem, as estimativas das doses necessárias à obtenção de 50% da produção máxima (DPr50).
- Conteúdo de P na folha: substituíram-se os valores de DPr50 nas equações de regressão dos conteúdos de P nas folhas como variável dependente de P, para cada linhagem.
- Eficiência de utilização de P (EUP) e coeficiente de utilização de P (CUP): de posse dos dados de produção de matéria seca de fruto e dos conteúdos de P, estimaram-se a EUP (g de matéria seca de fruto)<sup>2</sup>/mg de P na folha e o CUP (g de matéria seca de fruto/mg de P na folha).

### **3.7. Análise estatística**

#### **3.7.1. Análise univariada e análise de regressão**

Os dados obtidos de cada variável foram submetidos à análise de variância, e as fontes de variação consideradas foram blocos, linhagens, dose de fósforo e a interação linhagem x dose de fósforo. As equações de regressão foram ajustadas, em função das doses de fósforo, como variável

independente e, como dependentes, as variáveis avaliadas, nas linhagens. Testaram-se vários modelos de equações, selecionando as de maiores coeficientes de determinação ajustados e significativos até o nível de 5% de probabilidade.

### 3.7.2. Análise multivariada

Na análise multivariada, utilizaram-se somente as variáveis que apresentaram diferenças significativas entre as linhagens nas doses de 250, 500, 750 e 1.000 mg de P/kg de solo.

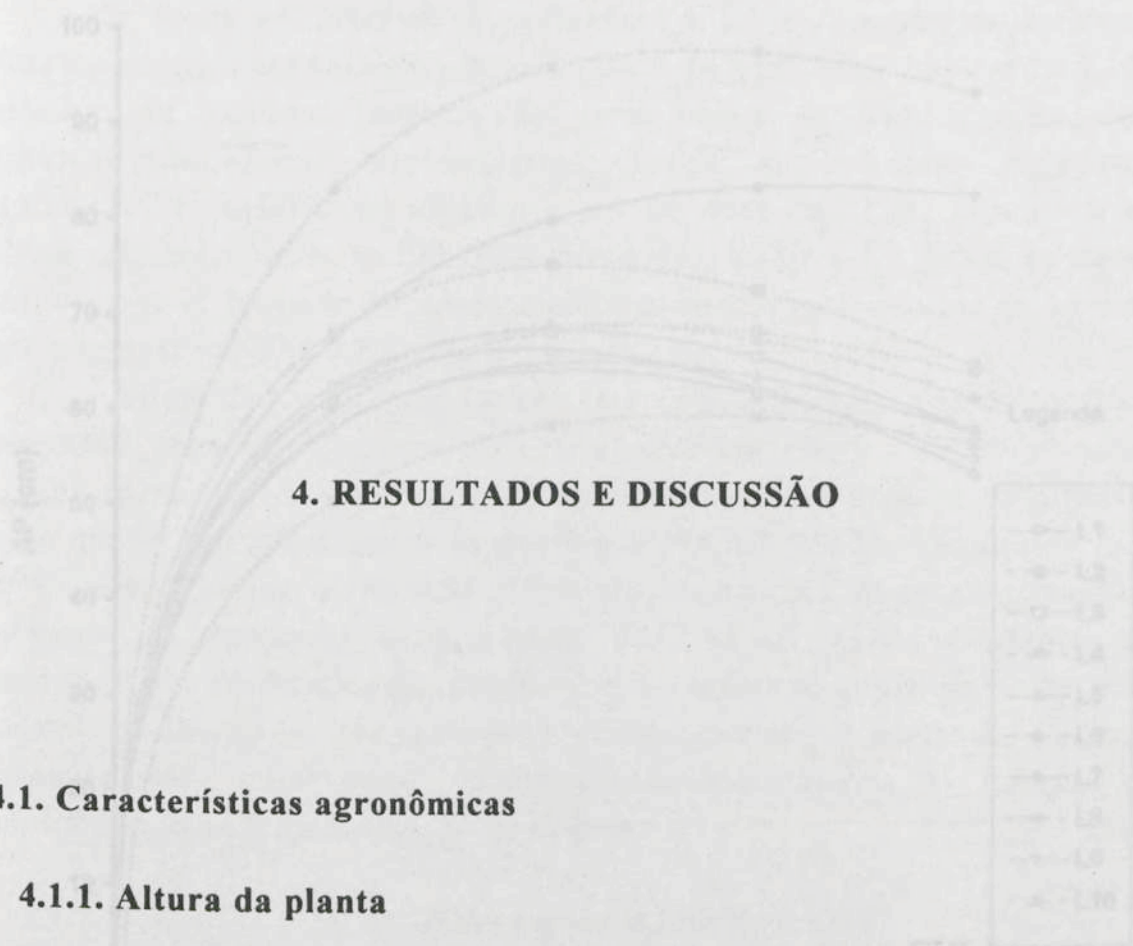
Para discriminação genotípica entre as linhagens em cada dose de P aplicada no solo, utilizou-se a análise de agrupamento, pelo método de Tocher, citado por RAO (1952), baseada na distância generalizada de Mahalanobis. Por meio dessa técnica, o nível de P mais adequado para estudos genéticos foi aquele que proporcionou melhor discriminação entre as linhagens. A importância dos caracteres avaliados para a divergência genética foi obtida pela metodologia proposta por SINGH (1981).

#### 4.1.1. Altura da planta

Em virtude da morte prematura das plantas na dose 0 mg de P/kg de solo, os resultados serão discutidos a partir da dose de 250 mg de P/kg de solo.

Com o aumento das doses de P no solo, todas as linhagens apresentaram respostas com ajuste Modelo Raiz Quadrada para a altura de planta (Figura 1). Entretanto, ocorreram variações de 50 cm na altura das plantas entre as linhagens.

Com base na altura máxima obtida em função das doses de P aplicadas, as linhagens podem ser agrupadas do seguinte modo: linhagens que atingiu a altura máxima na faixa de 250 a 500 mg de P/kg de solo: L5; linhagens que atingiram a altura máxima na faixa de 500 a 750 mg de P/kg de solo: L1, L2, L3, L4, L6, L8, L9 e L10; e linhagem que atingiu a altura máxima na faixa de 750 a 1.000 mg de P/kg de solo: L7. Assim, a linhagem do primeiro grupo seria menos exigente em P que as dos demais grupos, embora não necessariamente tenha sido a mais alta.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Características agronômicas

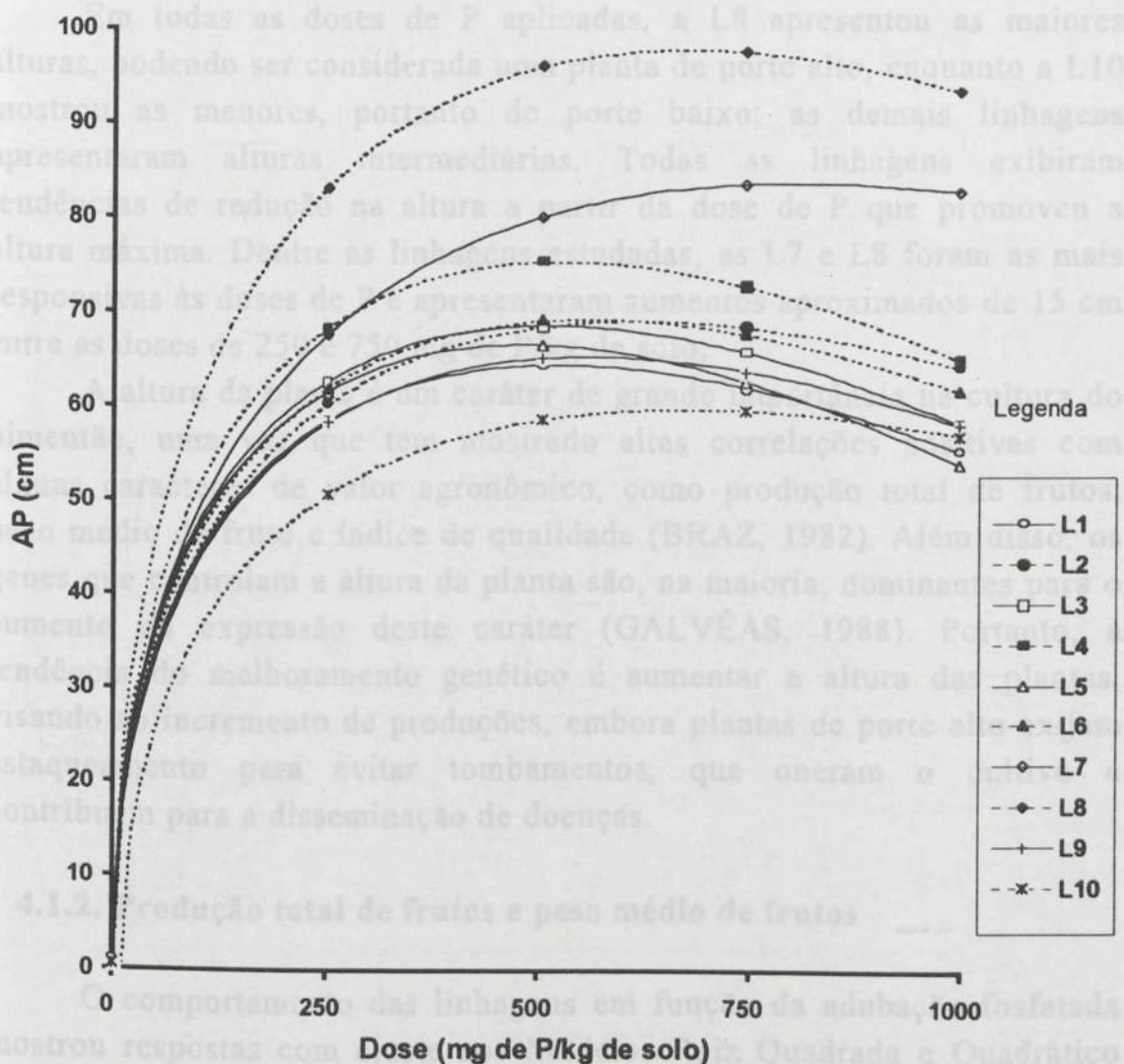
#### 4.1.1. Altura da planta

Em virtude da morte prematura das plantas na dose 0 mg de P/kg de solo, os resultados serão discutidos a partir da dose de 250 mg de P/kg de solo.

Com o aumento das doses de P no solo, todas as linhagens apresentaram respostas com ajuste Modelo Raiz Quadrada para a altura da planta (Figura 1). Entretanto, ocorreram variações de 50 cm na altura das plantas entre as linhagens.

Com base na altura máxima obtida em função das doses de P aplicadas, as linhagens podem ser agrupadas do seguinte modo: linhagem que atingiu a altura máxima na faixa de 250 a 500 mg de P/kg de solo: L5; linhagens que atingiram a altura máxima na faixa de 500 a 750 mg de P/kg de solo: L1, L2, L3, L4, L6, L8, L9 e L10; e linhagem que atingiu a altura máxima na faixa de 750 a 1.000 mg de P/kg de solo: L7. Assim, a linhagem do primeiro grupo seria menos exigente em P que as dos demais grupos, embora não necessariamente tenha sido a mais alta.

Figura 1 - Altura da planta na colheita (AP) de 10 linhagens de pinacoba, em cinco doses de fósforo.



L1	$\hat{Y} = 0,585434 + 5,56212^{**}\sqrt{X} - 0,121314^{**} X$	$R^2 = 0,974$
L2	$\hat{Y} = 0,456757 + 5,51040^{**}\sqrt{X} - 0,110566^{**} X$	$R^2 = 0,992$
L3	$\hat{Y} = 0,979904 + 5,95244^{**}\sqrt{X} - 0,131145^{**} X$	$R^2 = 0,972$
L4	$\hat{Y} = 0,511124 + 6,504448^{**}\sqrt{X} - 0,141317^{**} X$	$R^2 = 0,994$
L5	$\hat{Y} = -0,0116577 + 6,05118^{**}\sqrt{X} - 0,13765^{**} X$	$R^2 = 0,999$
L6	$\hat{Y} = 0,108444 + 5,83425^{**}\sqrt{X} - 0,123008^{**} X$	$R^2 = 0,980$
L7	$\hat{Y} = 0,530991 + 5,84599^{**}\sqrt{X} - 0,102709^{**} X$	$R^2 = 0,994$
L8	$\hat{Y} = 0,343277 + 7,49233^{**}\sqrt{X} - 0,143831^{**} X$	$R^2 = 0,998$
L9	$\hat{Y} = -0,105881 + 5,51323^{**}\sqrt{X} - 0,116300^{**} X$	$R^2 = 0,997$
L10	$\hat{Y} = 0,509155 + 4,58749^{**}\sqrt{X} - 0,0887449^{**} X$	$R^2 = 0,965$

Figura 1 - Altura da planta na colheita (AP) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

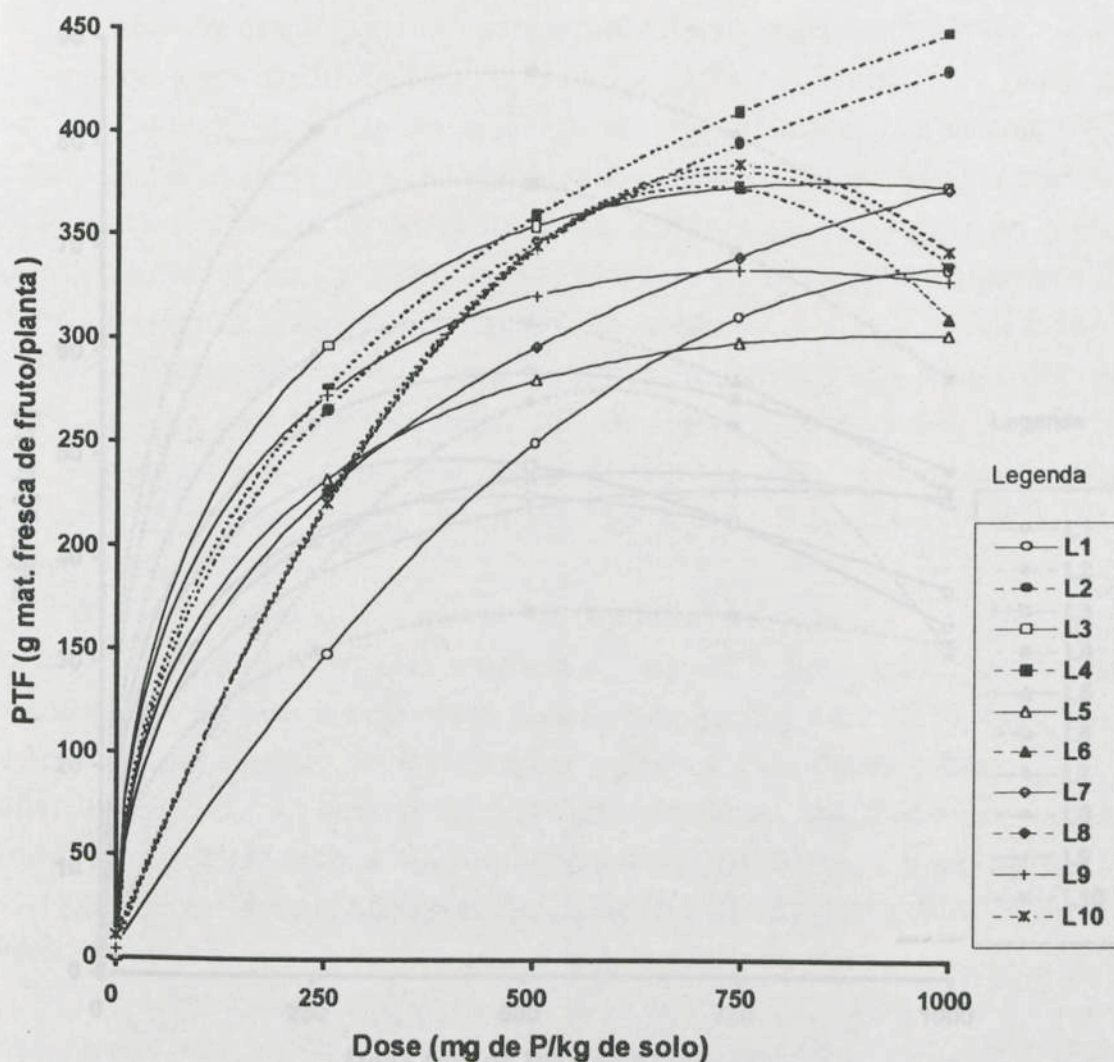
Em todas as doses de P aplicadas, a L8 apresentou as maiores alturas, podendo ser considerada uma planta de porte alto, enquanto a L10 mostrou as menores, portanto de porte baixo; as demais linhagens apresentaram alturas intermediárias. Todas as linhagens exibiram tendências de redução na altura a partir da dose de P que promoveu a altura máxima. Dentre as linhagens estudadas, as L7 e L8 foram as mais responsivas às doses de P e apresentaram aumentos aproximados de 15 cm entre as doses de 250 e 750 mg de P/kg de solo.

A altura da planta é um caráter de grande importância na cultura do pimentão, uma vez que tem mostrado altas correlações positivas com alguns caracteres de valor agrônômico, como produção total de frutos, peso médio de fruto e índice de qualidade (BRAZ, 1982). Além disso, os genes que controlam a altura da planta são, na maioria, dominantes para o aumento da expressão deste caráter (GALVÊAS, 1988). Portanto, a tendência do melhoramento genético é aumentar a altura das plantas, visando ao incremento de produções, embora plantas de porte alto exijam estaqueamento para evitar tombamentos, que oneram o cultivo e contribuem para a disseminação de doenças.

#### **4.1.2. Produção total de frutos e peso médio de frutos**

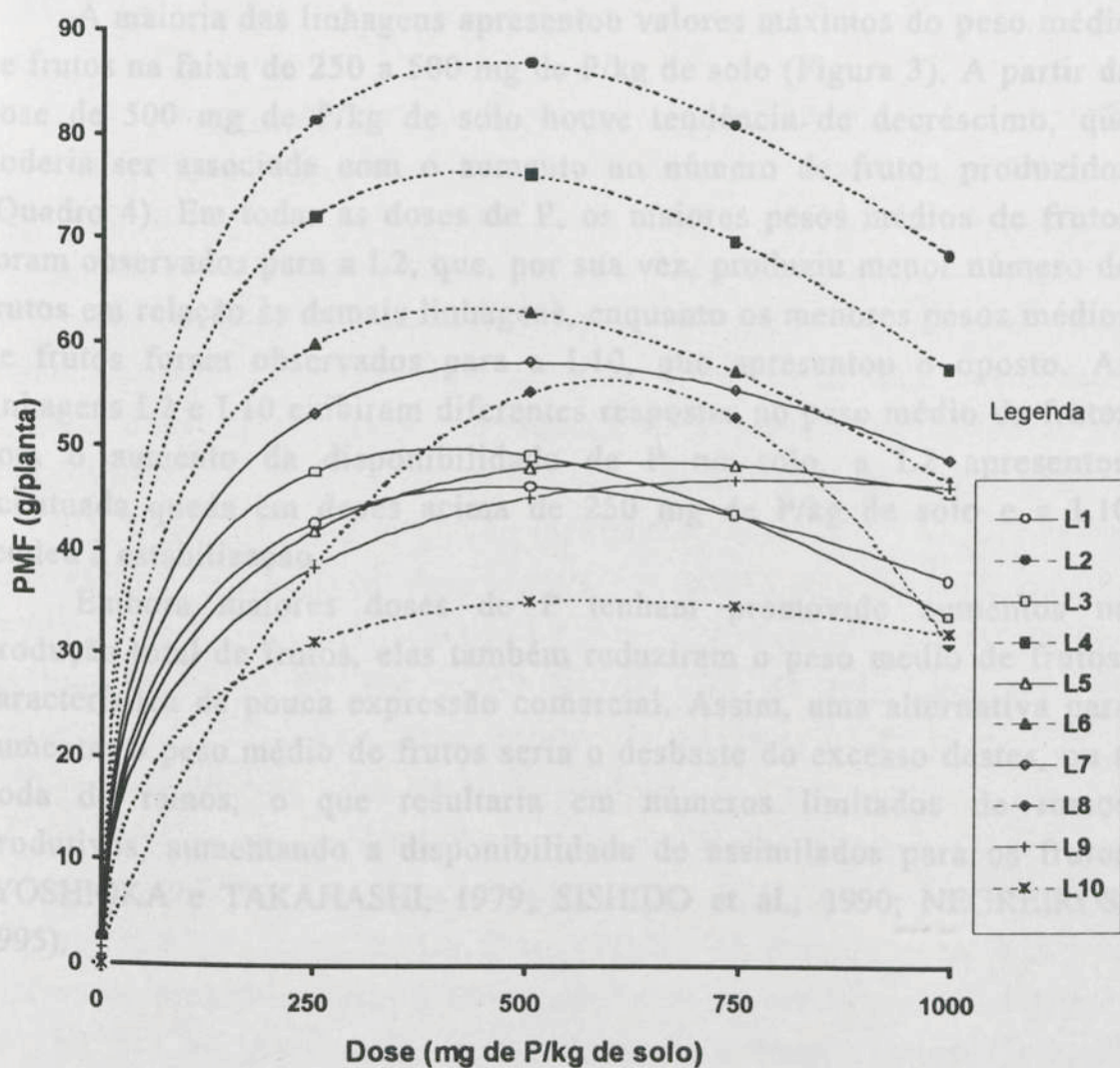
O comportamento das linhagens em função da adubação fosfatada mostrou respostas com ajuste aos Modelos Raiz Quadrada e Quadrático para a produção total de frutos (Figura 2) e para o peso médio de frutos (Figura 3). Contudo, as linhagens mostraram diferenças para ambos os caracteres, o que poderia ser atribuído ao potencial genético e à capacidade de resposta à adubação fosfatada.

Com relação à produção máxima de matéria fresca de frutos (Figura 2), as linhagens podem ser agrupadas do seguinte modo: linhagens que apresentaram a produção máxima na faixa de 500 a 750 mg de P/kg de solo: L6, L8 e L10, ressaltando-se que as mesmas, a partir da dose de 750 mg de P/kg de solo, apresentaram acentuada queda de produção; linhagens que tiveram pequenos incrementos na produção e produções máximas na faixa de 750 a 1.000 mg de P/mg de solo: L3, L5 e L9; e linhagens que foram altamente responsivas, mas não atingiram a produção máxima mesmo com 1.000 mg de P/kg de solo: L1, L2, L4 e L7. De modo geral, todas as linhagens poderiam ser consideradas exigentes em fósforo, embora, para o segundo grupo de linhagens, os incrementos nas maiores doses tenham sido pouco significativos.



L1	$\hat{Y} = 5,41882 + 0,643901^{**}X - 0,000315115^{**}X^2$	$R^2 = 0,993$
L2	$\hat{Y} = 0,477051 + 19,8734^{**}\sqrt{X} - 0,198654^{**}X$	$R^2 = 0,999$
L3	$\hat{Y} = 0,563232 + 25,4924^{**}\sqrt{X} - 0,43352^{**}X$	$R^2 = 0,999$
L4	$\hat{Y} = 2,91406 + 20,3286^{**}\sqrt{X} - 0,198012^{**}X$	$R^2 = 0,988$
L5	$\hat{Y} = 1,06567 + 19,5628^{*}\sqrt{X} - 0,317799^{**}X$	$R^2 = 0,981$
L6	$\hat{Y} = 5,92700 + 1,04841^{**}X - 0,000745416^{**}X^2$	$R^2 = 0,986$
L7	$\hat{Y} = 2,88438 + 16,4428^{**}\sqrt{X} - 0,150549X$	$R^2 = 0,986$
L8	$\hat{Y} = 9,43440 + 1,00471^{**}X - 0,000679149^{**}X^2$	$R^2 = 0,900$
L9	$\hat{Y} = 4,14143 + 23,6096^{**}\sqrt{X} - 0,423239^{**}X$	$R^2 = 0,980$
L10	$\hat{Y} = 10,9353 + 0,999914^{**}X - 0,000669372^{**}X^2$	$R^2 = 0,989$

Figura 2 - Produção total de frutos (PTF) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.



L1	$\hat{Y} = 0,0612183 + 4,19401^{**}\sqrt{X} - 0,0955498^{**} X$	$R^2 = 0,990$
L2	$\hat{Y} = 2,63638 + 7,85441^{**}\sqrt{X} - 0,182718^{**} X$	$R^2 = 0,875$
L3	$\hat{Y} = 0,0558319 + 4,92681^{**}\sqrt{X} - 0,122282^{**} X$	$R^2 = 0,999$
L4	$\hat{Y} = 2,01009 + 7,09673^{**}\sqrt{X} - 0,168952^{**} X$	$R^2 = 0,886$
L5	$\hat{Y} = 0,345505 + 3,79133^{**}\sqrt{X} - 0,0746645^{**} X$	$R^2 = 0,989$
L6	$\hat{Y} = 0,655350 + 6,01896^{**}\sqrt{X} - 0,144494^{**} X$	$R^2 = 0,981$
L7	$\hat{Y} = 0,998077 + 5,07961^{**}\sqrt{X} - 0,112956^{**} X$	$R^2 = 0,960$
L8	$\hat{Y} = 1,91666 + 0,184304^{**} X - 0,000155575^{**} X^2$	$R^2 = 0,964$
L9	$\hat{Y} = 1,50021 + 3,23103^{**}\sqrt{X} - 0,0576058^{**} X$	$R^2 = 0,869$
L10	$\hat{Y} = 0,0450592 + 2,91177^{**}\sqrt{X} - 0,0601121^{**} X$	$R^2 = 0,999$

Figura 3 - Peso médio de fruto (PMF) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

A maioria das linhagens apresentou valores máximos do peso médio de frutos na faixa de 250 a 500 mg de P/kg de solo (Figura 3). A partir da dose de 500 mg de P/kg de solo houve tendência de decréscimo, que poderia ser associada com o aumento no número de frutos produzidos (Quadro 4). Em todas as doses de P, os maiores pesos médios de frutos foram observados para a L2, que, por sua vez, produziu menor número de frutos em relação às demais linhagens, enquanto os menores pesos médios de frutos foram observados para a L10, que apresentou o oposto. As linhagens L2 e L10 exibiram diferentes respostas no peso médio de frutos com o aumento da disponibilidade de P no solo, a L2 apresentou acentuada queda em doses acima de 250 mg de P/kg de solo e a L10 tendeu à estabilização.

Embora maiores doses de P tenham promovido aumentos na produção total de frutos, elas também reduziram o peso médio de frutos, característica de pouca expressão comercial. Assim, uma alternativa para aumentar o peso médio de frutos seria o desbaste do excesso destes, ou a poda de ramos, o que resultaria em números limitados de ramos produtivos, aumentando a disponibilidade de assimilados para os frutos (YOSHIOKA e TAKAHASHI, 1979; SISHIDO et al., 1990; NEGREIROS, 1995).

Quadro 4 - Médias do número de frutos produzidos em 10 linhagens de pimentão e cinco doses de fósforo no solo

Dose de P (mg/kg de Solo)	Linhagens									
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
0 <sup>1/</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
250	3,75	3,00	6,25	3,75	5,75	4,25	4,00	5,50	6,75	8,00
500	6,00	5,00	7,25	5,50	6,00	5,50	5,50	8,75	10,50	10,00
750	6,50	5,25	9,25	6,75	6,75	7,50	6,25	6,50	7,25	10,00
1000	9,75	5,75	11,50	7,75	7,00	6,25	7,75	13,25	7,25	12,75

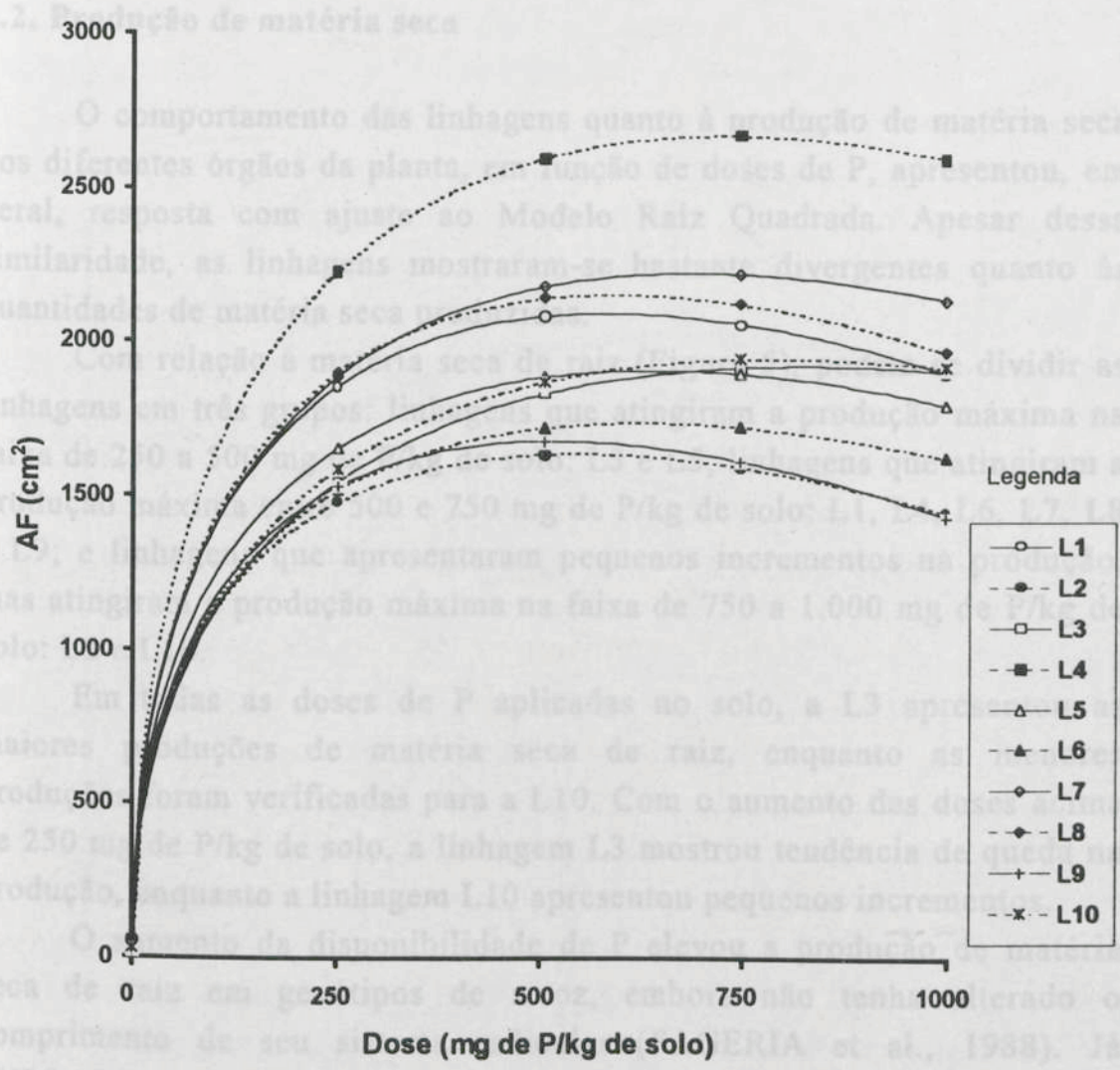
1/ Médias iguais a zero, em decorrência da morte prematura das plantas.

### 4.1.3. Área foliar

As linhagens apresentaram respostas com ajuste ao Modelo Raiz Quadrada para a área foliar com o aumento da aplicação de P no solo (Figura 4). Segundo MILLER et al. (1979), a área foliar específica do pimentão decresceu dos 28 aos 56 dias após o plantio, permanecendo constante até o final do ciclo, enquanto o índice de área foliar aumentou dos 28 aos 98 dias e, a partir daí, decresceu substancialmente, resultando na redução ou paralisação da expansão da área foliar, aliada ao incremento nas taxas de senescência e abscisão.

De acordo com a produção máxima de área foliar, as linhagens poderiam ser divididas em dois grupos, em função do P no solo. Assim, as linhagens L1, L2, L4, L5, L6, L7, L8 e L9 apresentaram produções máximas na faixa de 500 a 750 mg de P/kg de solo, enquanto as linhagens L3 e L10 mostraram produções máximas na faixa de 750 a 1.000 mg de P/kg de solo. Em todas as doses de P fornecidas ao solo, a L4 destacou-se por apresentar os maiores valores de área foliar, que poderiam justificar as altas produções de matéria fresca de fruto (Figura 2) e alto peso médio deste (Figura 3), enquanto os menores valores de área foliar foram observados para as linhagens L2, L3, L5, L6, L9 e L10. As demais linhagens apresentaram valores intermediários.

Maior área foliar é importante, pois aumenta a captação de energia solar e a produção de assimilados, influenciando o crescimento e o desenvolvimento das plantas (KVET et al., 1971).



L1	$\hat{Y} = 56,1375 + 168,503^{**}\sqrt{X} - 3,48962^{**} X$	$R^2 = 0,908$
L2	$\hat{Y} = 51,0400 + 135,863^{**}\sqrt{X} - 2,90506^{**} X$	$R^2 = 0,876$
L3	$\hat{Y} = 24,4124 + 132,047^{**}\sqrt{X} - 2,30026^{**} X$	$R^2 = 0,978$
L4	$\hat{Y} = 41,2820 + 195,026^{**}\sqrt{X} - 3,61800^{**} X$	$R^2 = 0,959$
L5	$\hat{Y} = 63,9214 + 145,784^{**}\sqrt{X} - 2,88279^{**} X$	$R^2 = 0,862$
L6	$\hat{Y} = 56,5613 + 134,658^{**}\sqrt{X} - 2,69336^{**} X$	$R^2 = 0,868$
L7	$\hat{Y} = 48,5947 + 165,735^{**}\sqrt{X} - 3,16000^{**} X$	$R^2 = 0,894$
L8	$\hat{Y} = 28,3267 + 174,628^{**}\sqrt{X} - 3,58691^{**} X$	$R^2 = 0,925$
L9	$\hat{Y} = 21,8459 + 145,568^{**}\sqrt{X} - 3,19877^{**} X$	$R^2 = 0,966$
L10	$\hat{Y} = 28,5935 + 136,748^{**}\sqrt{X} - 2,43751^{**} X$	$R^2 = 0,970$

Figura 4 - Área foliar (AF) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

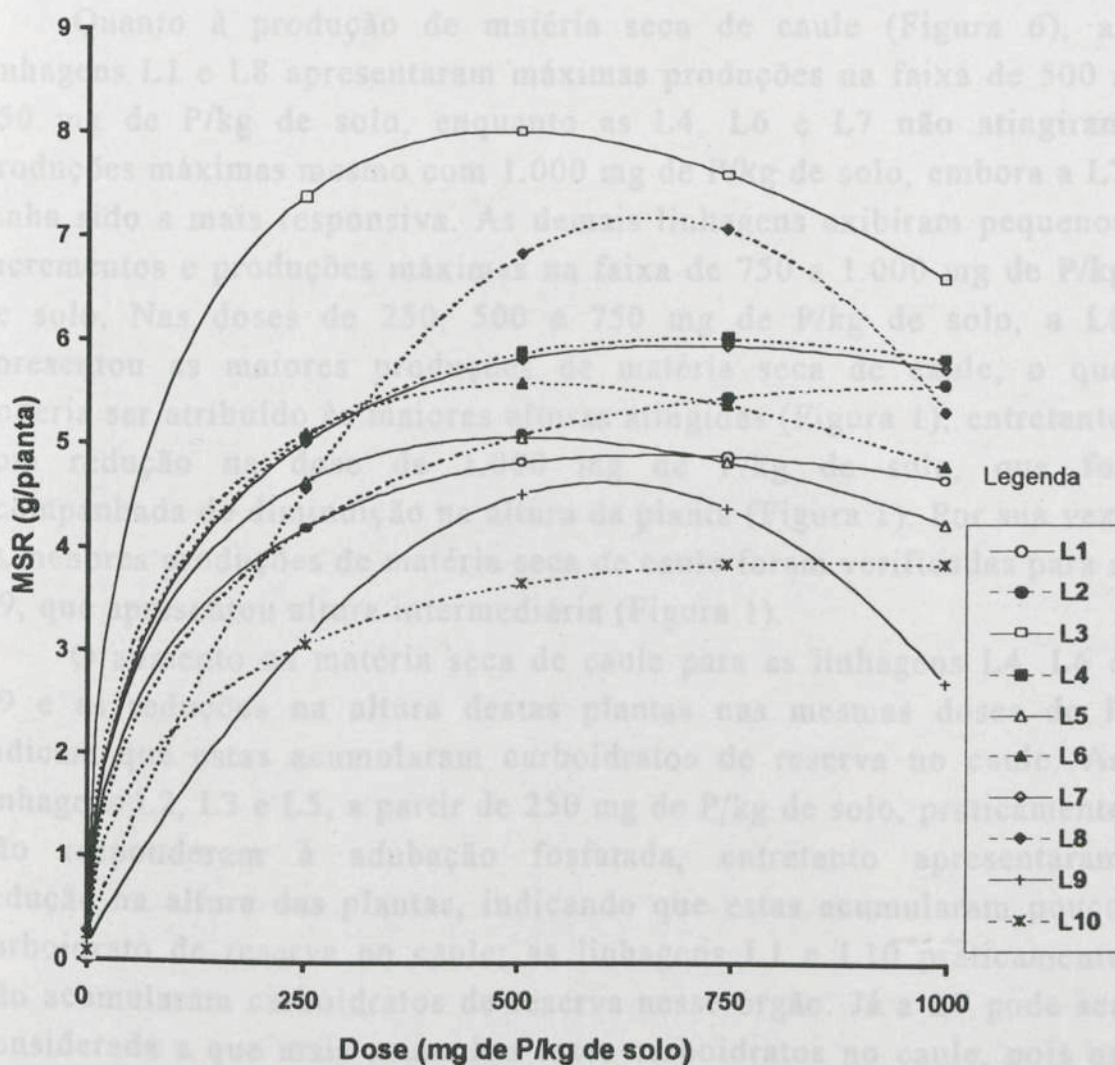
## 4.2. Produção de matéria seca

O comportamento das linhagens quanto à produção de matéria seca nos diferentes órgãos da planta, em função de doses de P, apresentou, em geral, resposta com ajuste ao Modelo Raiz Quadrada. Apesar dessa similaridade, as linhagens mostraram-se bastante divergentes quanto às quantidades de matéria seca produzidas.

Com relação à matéria seca de raiz (Figura 5), podem-se dividir as linhagens em três grupos: linhagens que atingiram a produção máxima na faixa de 250 a 500 mg de P/kg de solo: L3 e L5; linhagens que atingiram a produção máxima entre 500 e 750 mg de P/kg de solo: L1, L4, L6, L7, L8 e L9; e linhagens que apresentaram pequenos incrementos na produção, mas atingiram a produção máxima na faixa de 750 a 1.000 mg de P/kg de solo: L2 e L10.

Em todas as doses de P aplicadas no solo, a L3 apresentou as maiores produções de matéria seca de raiz, enquanto as menores produções foram verificadas para a L10. Com o aumento das doses acima de 250 mg de P/kg de solo, a linhagem L3 mostrou tendência de queda na produção, enquanto a linhagem L10 apresentou pequenos incrementos.

O aumento da disponibilidade de P elevou a produção de matéria seca de raiz em genótipos de arroz, embora não tenha alterado o comprimento de seu sistema radicular (FAGERIA et al., 1988). Já FURLANI et al. (1983) observaram reduções no comprimento radicular, acompanhadas de aumento no número de raízes principais e secundárias. Em tomate, colza e espinafre houve redução no comprimento e na densidade dos pêlos radiculares, reduzindo a área superficial de raiz (FÖHSE e JUNGK, 1983). Em milho, o comprimento radicular não foi afetado pelo suprimento de fósforo, contudo ocorreram redução na área superficial de raiz e aumento no diâmetro desta (SCHENK e BARBER, 1979). Assim, maiores produções de matéria seca de raiz são importantes para a absorção de fósforo, desde que estejam associadas com uma grande área superficial, em virtude da baixa mobilidade desse elemento no solo. Em estudos genéticos, tem-se demonstrado que a produção de matéria seca de raiz, em feijão, é um caráter altamente herdável (FOWOLE et al., 1982a), sendo possível ser transferido para cultivares comerciais, por meio de retrocruzamentos (SCHETTINI et al., 1987).



L1	$\hat{Y} = 0,0469313 + 0,376501^{**}\sqrt{X} - 0,00729496^{**} X$	$R^2 = 0,987$
L2	$\hat{Y} = 0,0239086 + 0,349385^{**}\sqrt{X} - 0,00549224^{**} X$	$R^2 = 0,989$
L3	$\hat{Y} = 0,159006 + 0,709413^{**}\sqrt{X} - 0,0160080^{**} X$	$R^2 = 0,937$
L4	$\hat{Y} = 0,0653276 + 0,449242^{**}\sqrt{X} - 0,00844665^{**} X$	$R^2 = 0,894$
L5	$\hat{Y} = 0,0113955 + 0,449987^{**}\sqrt{X} - 0,0100094^{**} X$	$R^2 = 0,996$
L6	$\hat{Y} = 0,165083 + 0,476453^{**}\sqrt{X} - 0,0104399^{**} X$	$R^2 = 0,859$
L7	$\hat{Y} = 0,0146399 + 0,450043^{**}\sqrt{X} - 0,00851544^{**} X$	$R^2 = 0,996$
L8	$\hat{Y} = 0,277733 + 0,0211130^{**}X - 0,0000160915^{**} X^2$	$R^2 = 0,921$
L9	$\hat{Y} = 0,137759 + 0,0149365^{**}X - 0,0000123915^{**} X^2$	$R^2 = 0,986$
L10	$\hat{Y} = 0,0895576 + 0,256666^{**}\sqrt{X} - 0,00435352^{**} X$	$R^2 = 0,920$

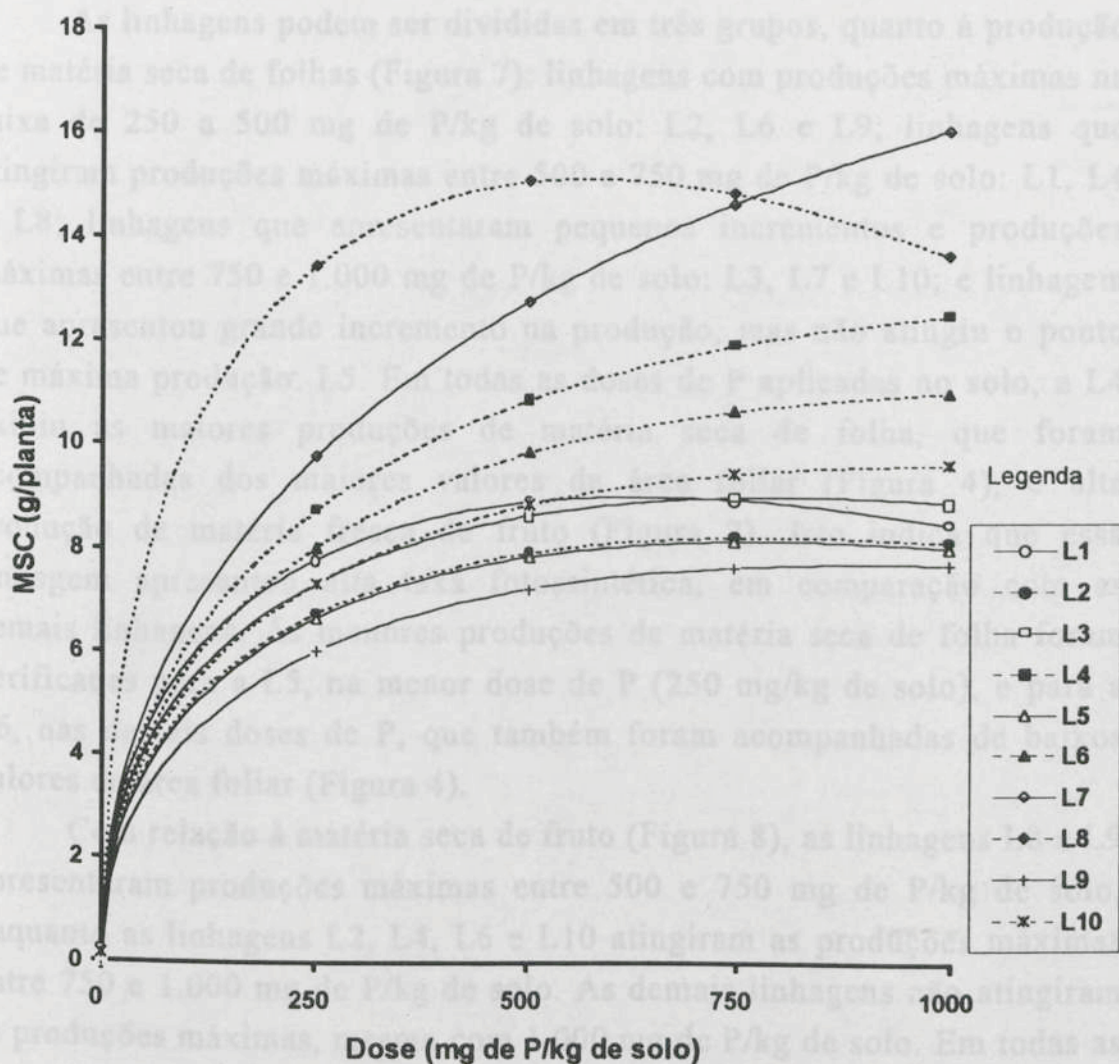
Figura 5 - Matéria seca de raiz (MSR) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

Quanto à produção de matéria seca de caule (Figura 6), as linhagens L1 e L8 apresentaram máximas produções na faixa de 500 a 750 mg de P/kg de solo, enquanto as L4, L6 e L7 não atingiram produções máximas mesmo com 1.000 mg de P/kg de solo, embora a L7 tenha sido a mais responsiva. As demais linhagens exibiram pequenos incrementos e produções máximas na faixa de 750 a 1.000 mg de P/kg de solo. Nas doses de 250, 500 e 750 mg de P/kg de solo, a L8 apresentou as maiores produções de matéria seca de caule, o que poderia ser atribuído às maiores alturas atingidas (Figura 1), entretanto com redução na dose de 1.000 mg de P/kg de solo, que foi acompanhada de diminuição na altura da planta (Figura 1). Por sua vez, as menores produções de matéria seca de caule foram verificadas para a L9, que apresentou altura intermediária (Figura 1).

O aumento na matéria seca de caule para as linhagens L4, L6 e L9 e as reduções na altura destas plantas nas mesmas doses de P indicam que estas acumularam carboidratos de reserva no caule. As linhagens L2, L3 e L5, a partir de 250 mg de P/kg de solo, praticamente não responderam à adubação fosfatada, entretanto apresentaram redução na altura das plantas, indicando que estas acumularam pouco carboidrato de reserva no caule; as linhagens L1 e L10 praticamente não acumularam carboidratos de reserva nesse órgão. Já a L7 pode ser considerada a que mais acumulou esses carboidratos no caule, pois os grandes aumentos na matéria seca de caule foram acompanhados de pequenos incrementos na altura da planta (Figura 1).

O caule, além de condutor de fotoassimilados via floema, pode-se constituir em fonte de assimilados para os frutos, principalmente no final do ciclo da cultura ou quando as folhas são removidas (HOCKING e STEER, 1994).

De modo geral, as linhagens apresentaram comportamentos semelhantes para produção de matéria seca de folhas e área foliar como resposta à adubação fosfatada, embora tenham variado na magnitude dos valores observados, exceto a L5, que exibiu consideráveis aumentos na produção de matéria seca de folhas e pouco incremento na área foliar (Figura 4). Provavelmente, esta linhagem acumulou grande quantidade de carboidratos de reserva na folha e apresentou pouca expansão foliar.

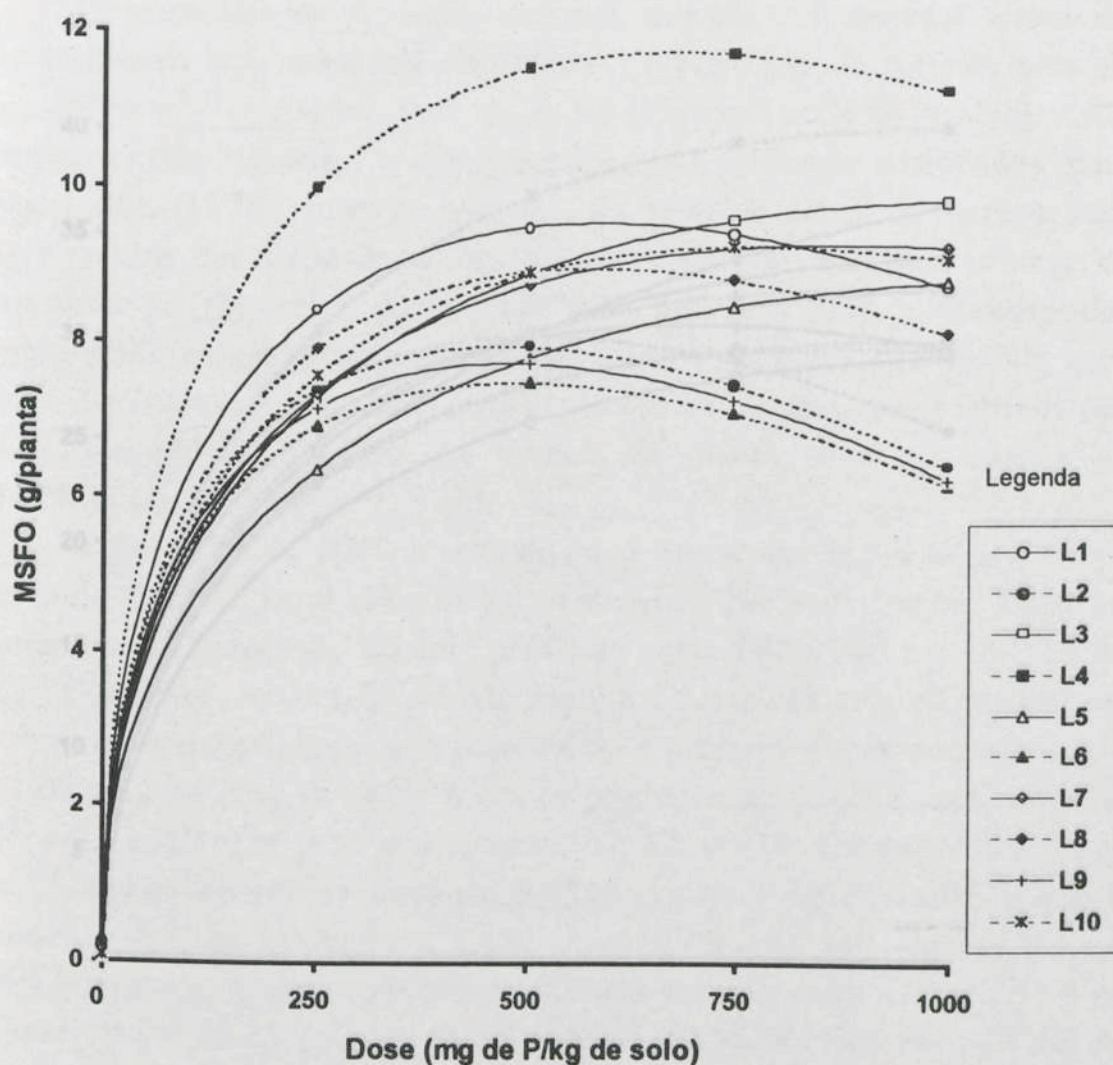


L1	$\hat{Y} = 0,141397 + 0,699509**\sqrt{X} - 0,0138324** X$	$R^2 = 0,953$
L2	$\hat{Y} = 0,144993 + 0,577701**\sqrt{X} - 0,0103053** X$	$R^2 = 0,958$
L3	$\hat{Y} = 0,209046 + 0,620576**\sqrt{X} - 0,0109719** X$	$R^2 = 0,929$
L4	$\hat{Y} = 0,0709200 + 0,696241**\sqrt{X} - 0,00959598** X$	$R^2 = 0,995$
L5	$\hat{Y} = 0,0286837 + 0,580207**\sqrt{X} - 0,0103812** X$	$R^2 = 0,989$
L6	$\hat{Y} = 0,0927200 + 0,651395**\sqrt{X} - 0,00968104** X$	$R^2 = 0,897$
L7	$\hat{Y} = 0,125538 + 0,707719**\sqrt{X} - 0,00645231** X$	$R^2 = 0,985$
L8	$\hat{Y} = 0,107667 + 1,25306**\sqrt{X} - 0,0261069** X$	$R^2 = 0,989$
L9	$\hat{Y} = 0,00574875 + 0,511826**\sqrt{X} - 0,00851459** X$	$R^2 = 0,997$
L10	$\hat{Y} = 0,154149 + 0,602944**\sqrt{X} - 0,00962640** X$	$R^2 = 0,948$

Figura 6 - Matéria seca de caule (MSC) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

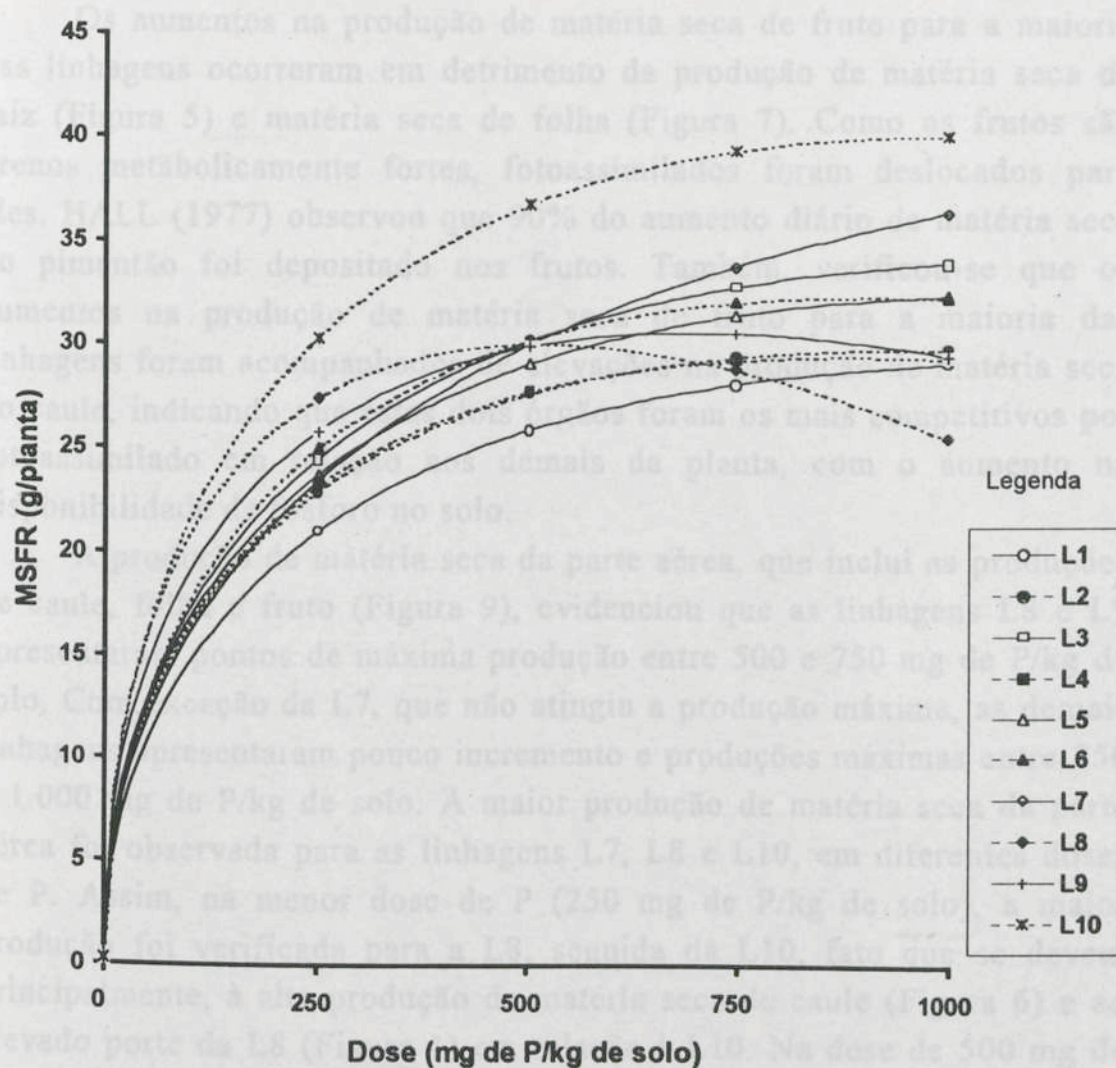
As linhagens podem ser divididas em três grupos, quanto à produção de matéria seca de folhas (Figura 7): linhagens com produções máximas na faixa de 250 a 500 mg de P/kg de solo: L2, L6 e L9; linhagens que atingiram produções máximas entre 500 e 750 mg de P/kg de solo: L1, L4 e L8; linhagens que apresentaram pequenos incrementos e produções máximas entre 750 e 1.000 mg de P/kg de solo: L3, L7 e L10; e linhagem que apresentou grande incremento na produção, mas não atingiu o ponto de máxima produção: L5. Em todas as doses de P aplicadas no solo, a L4 exibiu as maiores produções de matéria seca de folha, que foram acompanhadas dos maiores valores de área foliar (Figura 4), e alta produção de matéria fresca de fruto (Figura 2). Isto indica que essa linhagem apresentou alta taxa fotossintética, em comparação com as demais linhagens. As menores produções de matéria seca de folha foram verificadas para a L5, na menor dose de P (250 mg/kg de solo), e para a L6, nas demais doses de P, que também foram acompanhadas de baixos valores de área foliar (Figura 4).

Com relação à matéria seca de fruto (Figura 8), as linhagens L8 e L9 apresentaram produções máximas entre 500 e 750 mg de P/kg de solo, enquanto as linhagens L2, L4, L6 e L10 atingiram as produções máximas entre 750 e 1.000 mg de P/kg de solo. As demais linhagens não atingiram as produções máximas, mesmo com 1.000 mg de P/kg de solo. Em todas as doses de P aplicadas ao solo, a L10 apresentou as maiores produções de matéria seca de fruto, seguida da L8 nas menores doses e de L7 nas doses elevadas de P. Entretanto, essas linhagens apresentaram comportamentos opostos com o aumento no fornecimento de P no solo. A L10 apresentou pequenos incrementos na produção, tendendo a atingir um patamar entre 750 e 1.000 mg de P/kg de solo. Já a L8 mostrou aumentos até próximo de 500 mg de P/kg de solo, exibindo acima dessa dose acentuada queda na produção, enquanto a L7 apresentou grandes incrementos na produção. A elevada produção de matéria seca de fruto da L10 pode ser atribuída à alta produção de matéria fresca de fruto (Figura 2) e ao elevado número de frutos produzidos (Quadro 4). As menores produções de matéria seca de fruto foram verificadas para a L1, as quais foram acompanhadas de menores produções de matéria fresca de frutos (Figura 2).



L1	$\hat{Y} = 0,143529 + 0,771112^{**}\sqrt{X} - 0,0158479^{**} X$	$R^2 = 0,969$
L2	$\hat{Y} = 0,182881 + 0,711152^{**}\sqrt{X} - 0,0162894^{*} X$	$R^2 = 0,923$
L3	$\hat{Y} = 0,154432 + 0,591263^{**}\sqrt{X} - 0,00904429^{**} X$	$R^2 = 0,966$
L4	$\hat{Y} = 0,180584 + 0,885992^{**}\sqrt{X} - 0,0169792^{**} X$	$R^2 = 0,968$
L5	$\hat{Y} = 0,283014 + 0,495128^{**}\sqrt{X} - 0,00716683^{**} X$	$R^2 = 0,860$
L6	$\hat{Y} = 0,229989 + 0,654913^{**}\sqrt{X} - 0,0147920^{**} X$	$R^2 = 0,875$
L7	$\hat{Y} = 0,254902 + 0,608501^{**}\sqrt{X} - 0,0102930^{**} X$	$R^2 = 0,864$
L8	$\hat{Y} = 0,0133362 + 0,740186^{**}\sqrt{X} - 0,0153189^{**} X$	$R^2 = 0,786$
L9	$\hat{Y} = 0,0453587 + 0,699640^{**}\sqrt{X} - 0,0159559^{**} X$	$R^2 = 0,974$
L10	$\hat{Y} = 0,0832453 + 0,658500^{**}\sqrt{X} - 0,0118469^{**} X$	$R^2 = 0,982$

Figura 7 - Matéria seca de folha (MSFO) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

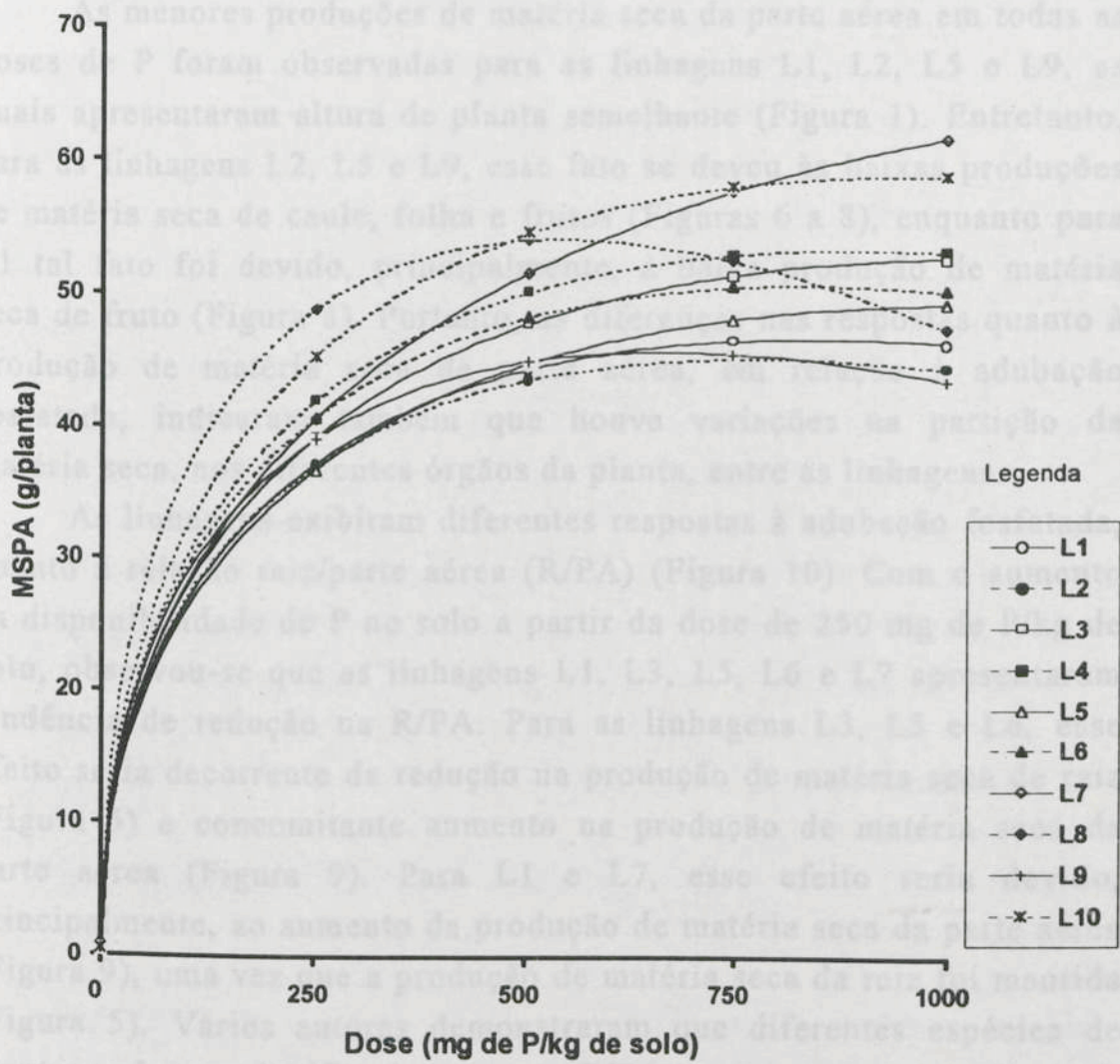


L1	$\hat{Y} = -0,145996 + 1,73339^{**}\sqrt{X} - 0,0256153^{**} X$	$R^2 = 0,993$
L2	$\hat{Y} = 0,192856 + 1,92364^{**}\sqrt{X} - 0,0312614^{*} X$	$R^2 = 0,993$
L3	$\hat{Y} = 0,236313 + 1,98624^{**}\sqrt{X} - 0,0291052^{**} X$	$R^2 = 0,991$
L4	$\hat{Y} = 0,147385 + 1,97477^{**}\sqrt{X} - 0,0332639^{**} X$	$R^2 = 0,987$
L5	$\hat{Y} = 0,408066 + 1,92267^{**}\sqrt{X} - 0,0288548^{**} X$	$R^2 = 0,958$
L6	$\hat{Y} = -0,764008 + 2,19984^{**}\sqrt{X} - 0,0365441^{**} X$	$R^2 = 0,999$
L7	$\hat{Y} = 0,435059 + 1,75541^{**}\sqrt{X} - 0,0195728^{**} X$	$R^2 = 0,974$
L8	$\hat{Y} = 0,500732 + 2,60065^{**}\sqrt{X} - 0,0572845^{**} X$	$R^2 = 0,929$
L9	$\hat{Y} = 0,498184 + 2,27556^{**}\sqrt{X} - 0,0430497^{**} X$	$R^2 = 0,965$
L10	$\hat{Y} = 0,267471 + 2,52577^{**}\sqrt{X} - 0,0400650^{**} X$	$R^2 = 0,987$

Figura 8 - Matéria seca de fruto (MSFR) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

Os aumentos na produção de matéria seca de fruto para a maioria das linhagens ocorreram em detrimento da produção de matéria seca de raiz (Figura 5) e matéria seca de folha (Figura 7). Como os frutos são drenos metabolicamente fortes, fotoassimilados foram deslocados para eles. HALL (1977) observou que 90% do aumento diário de matéria seca do pimentão foi depositado nos frutos. Também, verificou-se que os aumentos na produção de matéria seca de fruto para a maioria das linhagens foram acompanhados de elevações na produção de matéria seca do caule, indicando que estes dois órgãos foram os mais competitivos por fotoassimilado em relação aos demais da planta, com o aumento na disponibilidade de fósforo no solo.

A produção de matéria seca da parte aérea, que inclui as produções de caule, folha e fruto (Figura 9), evidenciou que as linhagens L8 e L9 apresentaram pontos de máxima produção entre 500 e 750 mg de P/kg de solo. Com exceção da L7, que não atingiu a produção máxima, as demais linhagens apresentaram pouco incremento e produções máximas entre 750 e 1.000 mg de P/kg de solo. A maior produção de matéria seca da parte aérea foi observada para as linhagens L7, L8 e L10, em diferentes doses de P. Assim, na menor dose de P (250 mg de P/kg de solo), a maior produção foi verificada para a L8, seguida da L10, fato que se deveu, principalmente, à alta produção de matéria seca de caule (Figura 6) e ao elevado porte da L8 (Figura 1) em relação à L10. Na dose de 500 mg de P/kg de solo, praticamente não houve diferenças na produção de matéria seca da parte aérea entre L8 e L10, fato decorrente da redução de matéria seca de caule, folha e fruto, para L8 (Figuras 6 a 8), e aumento na matéria seca de frutos, para L10 (Figura 8). Já na dose de 750 mg de P/kg de solo, a produção de matéria seca da parte aérea para L10 foi semelhante à da L7, a qual apresentou aumentos até 1.000 mg de P/kg de solo. Tal semelhança foi decorrente das elevadas produções de matéria seca de caule (Figura 6) e maior porte da L7 em relação à L10, nessa dose (Figura 1). Contudo, essas três linhagens apresentaram diferentes comportamentos. Com o aumento da disponibilidade de P, a L8 mostrou tendência de queda na produção da parte aérea, a partir de 500 mg de P/kg de solo, enquanto a L10 apresentou incrementos na produção até 750 mg de P/kg de solo, tendendo, acima dessa dose, a atingir um patamar. Já a L7 foi a mais responsiva, apresentando incremento na produção até 1.000 mg de P/kg de solo. Assim, pode-se considerar a L7 mais exigente em P, seguida da L8 e L10, com relação à produção de matéria seca da parte aérea.



L1	$\hat{Y} = 0,138947 + 3,20401^{**}\sqrt{X} - 0,0552958^{**} X$	$R^2 = 0,996$
L2	$\hat{Y} = 0,520706 + 3,21250^{**}\sqrt{X} - 0,0578562^{**} X$	$R^2 = 0,982$
L3	$\hat{Y} = 0,599747 + 3,19808^{**}\sqrt{X} - 0,0491215^{**} X$	$R^2 = 0,980$
L4	$\hat{Y} = 0,398849 + 3,55700^{**}\sqrt{X} - 0,0598391^{**} X$	$R^2 = 0,990$
L5	$\hat{Y} = 0,719803 + 2,99801^{**}\sqrt{X} - 0,0464028^{**} X$	$R^2 = 0,962$
L6	$\hat{Y} = 0,246292 + 3,50615^{**}\sqrt{X} - 0,0610174^{**} X$	$R^2 = 0,989$
L7	$\hat{Y} = 0,815460 + 3,07163^{**}\sqrt{X} - 0,0363183^{**} X$	$R^2 = 0,974$
L8	$\hat{Y} = 0,621780 + 4,59389^{**}\sqrt{X} - 0,0987102^{**} X$	$R^2 = 0,981$
L9	$\hat{Y} = 0,549194 + 3,48704^{**}\sqrt{X} - 0,0675203^{**} X$	$R^2 = 0,981$
L10	$\hat{Y} = 0,504868 + 3,78722^{**}\sqrt{X} - 0,0615383^{**} X$	$R^2 = 0,982$

Figura 9 - Matéria seca de parte aérea (MSPA) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

As menores produções de matéria seca da parte aérea em todas as doses de P foram observadas para as linhagens L1, L2, L5 e L9, as quais apresentaram altura de planta semelhante (Figura 1). Entretanto, para as linhagens L2, L5 e L9, esse fato se deveu às baixas produções de matéria seca de caule, folha e frutos (Figuras 6 a 8), enquanto para L1 tal fato foi devido, principalmente, à baixa produção de matéria seca de fruto (Figura 8). Portanto, as diferenças nas respostas quanto à produção de matéria seca da parte aérea, em relação à adubação fosfatada, indicaram também que houve variações na partição da matéria seca, nos diferentes órgãos da planta, entre as linhagens.

As linhagens exibiram diferentes respostas à adubação fosfatada, quanto à relação raiz/parte aérea (R/PA) (Figura 10). Com o aumento da disponibilidade de P no solo a partir da dose de 250 mg de P/kg de solo, observou-se que as linhagens L1, L3, L5, L6 e L7 apresentaram tendência de redução na R/PA. Para as linhagens L3, L5 e L6, esse efeito seria decorrente da redução na produção de matéria seca de raiz (Figura 5) e concomitante aumento na produção de matéria seca da parte aérea (Figura 9). Para L1 e L7, esse efeito seria devido, principalmente, ao aumento da produção de matéria seca da parte aérea (Figura 9), uma vez que a produção de matéria seca da raiz foi mantida (Figura 5). Vários autores demonstraram que diferentes espécies de plantas reduzem significativamente a R/PA com o aumento da disponibilidade de P (WHITEAKER et al., 1976; ALVES et al., 1988; FÖHSE et al., 1988; FURLANI e USBERTI FILHO, 1990; MARTINEZ et al., 1993a). Segundo CLARKSON (1985), quando alguns nutrientes limitam o crescimento das plantas, principalmente fósforo e nitrogênio, as raízes tornam-se drenos relativamente mais fortes para carboidratos em relação à parte aérea, ocorrendo, com isso, redução no crescimento desta antes que as raízes sejam afetadas. A taxa de crescimento da parte aérea também pode ser limitada pelo suprimento de assimilados das folhas fontes ou pela limitada capacidade de dreno destas (MARSCHNER, 1986).

Em condições de baixo suprimento de nutrientes, a redução do crescimento da parte aérea, em várias espécies de plantas, foi relacionada com o decréscimo da produção de citocininas nas raízes e a redução na translocação desta para a parte aérea (Wagner e Michael, 1971; Goring e Mandanov, 1976; Sttalmacher e Marschner, 1978; Salama e Waring, 1979, citados por JACKSON, 1993). A citocinina está envolvida na senescência das folhas e, de forma indireta, no fechamento dos estômatos (JACKSON, 1993). Assim, baixos níveis desse fito-hormônio reduzem o crescimento da parte aérea de forma mais acentuada que o da raiz.

As linhagens L2 e L10, contudo, apresentaram tendências em manter a R/PA com o aumento de P no solo a partir da dose de 250 mg de P/kg de solo, em consonância dos aumentos de produção proporcionais em ambas as partes, uma característica típica de plantas adaptadas ao

ambiente de baixa fertilidade (CHAPIN, 1980; GLASS, 1989). Já as linhagens L1 e L9 apresentaram tendências em aumentar a relação R/PA com o aumento das doses (500 - 750 mg de P/kg de solo) e, acima disso, tenderam a reduzir a R/PA. Na L3, este fato foi decorrente do aumento da produção da parte aérea (Figura 9), enquanto para a L9 isso deveu-se ao aumento na produção de matéria seca da raiz, uma vez que a produção de matéria seca da parte aérea foi mantida com a elevação de P

Em condições de alto suprimento de nutrientes, a maioria das linhagens apresentou tendências em aumentar a relação R/PA com o aumento das doses (500 - 750 mg de P/kg de solo) e, acima disso, tenderam a reduzir a R/PA. Na L3, este fato foi decorrente do aumento da produção da parte aérea (Figura 9), enquanto para a L9 isso deveu-se ao aumento na produção de matéria seca da raiz, uma vez que a produção de matéria seca da parte aérea foi mantida com a elevação de P

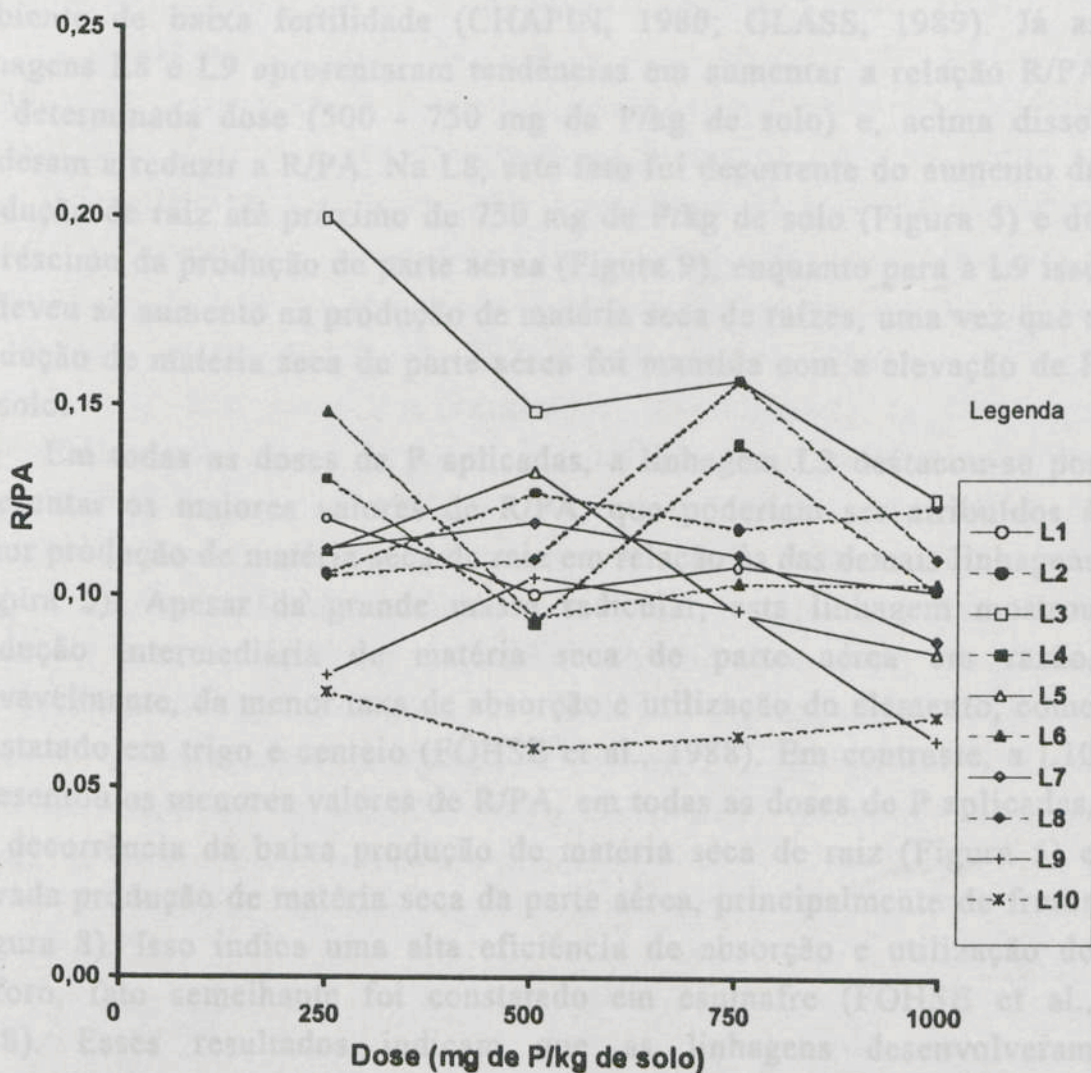


Figura 10 - Médias da relação raiz/parte aérea (R/PA) de 10 linhagens de pimentão, em quatro doses de fósforo.

Em condições de baixo suprimento de nutrientes, a redução do crescimento da parte aérea, em várias espécies de plantas, foi relacionada com o decréscimo da produção de citocinina nas raízes e a redução na translocação desta para a parte aérea (Wagner e Michael, 1971; Goring e Mandanov, 1976; Sttalmacher e Marschner, 1978; Salama e Wareing, 1979, citados por JACKSON, 1993). A citocinina está envolvida na senescência das folhas e, de forma indireta, no fechamento dos estômatos (JACKSON, 1993). Assim, baixos níveis desse fito-hormônio reduzem o crescimento da parte aérea de forma mais acentuada que o da raiz.

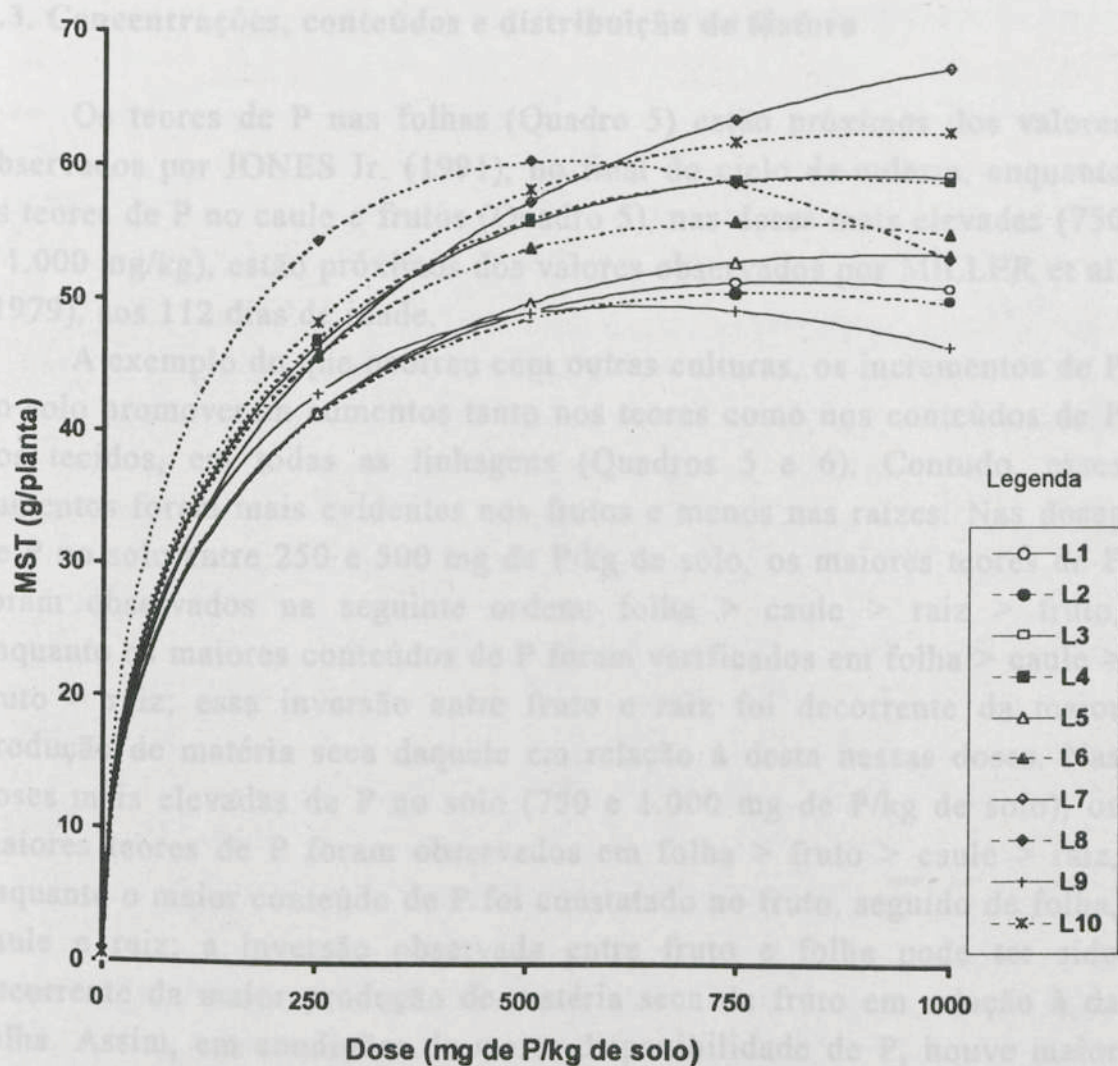
As linhagens L2 e L10, contudo, apresentaram tendências em manter a R/PA com o aumento de P no solo a partir da dose de 250 mg de P/kg de solo, em consequência dos aumentos de produções proporcionais em ambas as partes, uma característica típica de plantas adaptadas ao ambiente de baixa fertilidade (CHAPIN, 1980; GLASS, 1989). Já as linhagens L8 e L9 apresentaram tendências em aumentar a relação R/PA até determinada dose (500 - 750 mg de P/kg de solo) e, acima disso, tenderam a reduzir a R/PA. Na L8, este fato foi decorrente do aumento da produção de raiz até próximo de 750 mg de P/kg de solo (Figura 5) e do decréscimo da produção de parte aérea (Figura 9), enquanto para a L9 isso se deveu ao aumento na produção de matéria seca de raízes, uma vez que a produção de matéria seca de parte aérea foi mantida com a elevação de P no solo.

Em todas as doses de P aplicadas, a linhagem L3 destacou-se por apresentar os maiores valores de R/PA, que poderiam ser atribuídos à maior produção de matéria seca de raiz em relação às demais linhagens (Figura 5). Apesar da grande massa radicular, esta linhagem mostrou produção intermediária de matéria seca de parte aérea em razão, provavelmente, da menor taxa de absorção e utilização do elemento, como constatado em trigo e centeio (FÖHSE et al., 1988). Em contraste, a L10 apresentou os menores valores de R/PA, em todas as doses de P aplicadas, em decorrência da baixa produção de matéria seca de raiz (Figura 5) e elevada produção de matéria seca da parte aérea, principalmente de frutos (Figura 8). Isso indica uma alta eficiência de absorção e utilização do fósforo, fato semelhante foi constatado em espinafre (FÖHSE et al., 1988). Esses resultados indicam que as linhagens desenvolveram diferentes estratégias para promover alterações na relação raiz/parte aérea, em função da disponibilidade de P no solo.

O comportamento das linhagens com relação à matéria seca total (Figura 11) foi muito semelhante ao da matéria seca de parte aérea, embora tenham ocorrido maiores variações entre as produções das linhagens L7, L8 e L10, fato decorrente das diferenças nas produções de matéria seca de raiz (Figura 5). Na faixa de 250-500 mg de P/kg de solo, o maior peso de matéria seca total observado para L8 deveu-se ao grande incremento no peso de matéria seca de raiz (Figura 5), enquanto nas doses de 750 e 1.000 mg de P/kg de solo o maior peso de matéria seca total foi obtido pela L7, seguida da L10; essa diferença também foi atribuída ao maior peso de matéria seca de raiz da L7 em relação à L10 (Figura 5). Novamente, as linhagens L1, L2, L5 e L9 apresentaram os menores pesos de matéria seca total em todas as doses de P, enquanto as linhagens L3, L4 e L6 mostram valores intermediários.

A queda na produção de matéria seca de todos os órgãos da planta, com a elevação de P no solo, pode ser associada à toxicidade causada pelo fósforo, e provavelmente as linhagens L8 e L9 foram as mais sensíveis a este elemento. Altos níveis de  $P_i$  no citossol podem reduzir a fotossíntese, por promover uma excessiva exportação de trioses-P do cloroplasto, reduzindo os intermediários do ciclo de Calvin e inibindo a fixação do  $CO_2$  (MORISON e BATTEN, 1986).

Assim, com base nos resultados apresentados, as linhagens podem constituir cinco grupos com relação à matéria seca total produzida: linhagem com alta produção em todas as doses de P: L10; linhagem com alta produção nas menores doses de P (250 e 500 mg de P/kg de solo): L8; linhagem com alta produção em elevadas doses de P (750 e 1.000 mg de P/kg de solo): L7; linhagens com produções intermediárias em todas as doses acima de 250 mg de P/kg de solo: L3, L4 e L6; e linhagens com baixas produções: L1, L2, L5 e L9. Estes resultados indicam a existência de diversidade genética entre as linhagens em resposta à adubação fosfatada.



L1	$\hat{Y} = 0,185867 + 3,58051^{**}\sqrt{X} - 0,0625907^{**} X$	$R^2 = 0,996$
L2	$\hat{Y} = 0,544632 + 3,56188^{**}\sqrt{X} - 0,0633482^{**} X$	$R^2 = 0,984$
L3	$\hat{Y} = 0,758713 + 3,90751^{**}\sqrt{X} - 0,0651297^{**} X$	$R^2 = 0,978$
L4	$\hat{Y} = 0,464157 + 4,00624^{**}\sqrt{X} - 0,0682857^{**} X$	$R^2 = 0,992$
L5	$\hat{Y} = 0,731216 + 3,44799^{**}\sqrt{X} - 0,0564120^{**} X$	$R^2 = 0,969$
L6	$\hat{Y} = 0,411331 + 3,98260^{**}\sqrt{X} - 0,0714571^{**} X$	$R^2 = 0,983$
L7	$\hat{Y} = 0,830093 + 3,52167^{**}\sqrt{X} - 0,0448336^{**} X$	$R^2 = 0,978$
L8	$\hat{Y} = 0,569458 + 5,11759^{**}\sqrt{X} - 0,109367^{**} X$	$R^2 = 0,988$
L9	$\hat{Y} = 0,471115 + 3,88166^{**}\sqrt{X} - 0,0767856^{**} X$	$R^2 = 0,988$
L10	$\hat{Y} = 0,594437 + 4,04388^{**}\sqrt{X} - 0,0658917^{**} X$	$R^2 = 0,979$

Figura 11 - Matéria seca total (MST) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

### 4.3. Concentrações, conteúdos e distribuição de fósforo

Os teores de P nas folhas (Quadro 5) estão próximos dos valores observados por JONES Jr. (1991), no final do ciclo da cultura, enquanto os teores de P no caule e frutos (Quadro 5), nas doses mais elevadas (750 e 1.000 mg/kg), estão próximos dos valores observados por MILLER et al. (1979), aos 112 dias de idade.

A exemplo do que ocorreu com outras culturas, os incrementos de P no solo promoveram aumentos tanto nos teores como nos conteúdos de P nos tecidos, em todas as linhagens (Quadros 5 e 6). Contudo, esses aumentos foram mais evidentes nos frutos e menos nas raízes. Nas doses de P no solo entre 250 e 500 mg de P/kg de solo, os maiores teores de P foram observados na seguinte ordem: folha > caule > raiz > fruto, enquanto os maiores conteúdos de P foram verificados em folha > caule > fruto > raiz; essa inversão entre fruto e raiz foi decorrente da maior produção de matéria seca daquele em relação à desta nessas doses. Nas doses mais elevadas de P no solo (750 e 1.000 mg de P/kg de solo), os maiores teores de P foram observados em folha > fruto > caule > raiz, enquanto o maior conteúdo de P foi constatado no fruto, seguido de folha, caule e raiz; a inversão observada entre fruto e folha pode ter sido decorrente da maior produção de matéria seca de fruto em relação à da folha. Assim, em condições de maior disponibilidade de P, houve maior translocação do elemento para os frutos, enquanto em baixa disponibilidade esse elemento ficou mais retido nas folhas.

Quanto à distribuição percentual de P na planta (Quadro 7), notaram-se variações decorrentes das doses adicionadas ao solo. Nas doses de 250 e 500 mg de P/kg de solo, as raízes acumularam, aproximadamente, o dobro do P acumulado nas doses de 750 e 1.000 mg de P/kg de solo; efeitos semelhantes foram constatados para caule e folha. Esses resultados são inversos aos constatados para os frutos, o que poderia ser atribuído a uma maior translocação de P para os frutos.

Nas doses mais baixas de P no solo foram constatadas maiores produções de matéria seca de raiz, caule e folha, para a maioria das linhagens (Figuras 5, 6 e 7), enquanto as maiores produções de matéria seca de fruto ocorreram nas doses mais elevadas de P. Esses resultados evidenciaram variações entre órgãos na força de dreno para P. Assim, os frutos tornaram-se drenos mais fortes para P após o suprimento adequado dos outros órgãos.

Quadro 5 - Concentrações de fósforo na raiz, no caule, na folha e no fruto

Dose P mg/kg	Linhagens									
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	L <sub>7</sub>	L <sub>8</sub>	L <sub>9</sub>	L <sub>10</sub>
Raiz (dag/kg)										
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
250	0,12	0,13	0,09	0,11	0,11	0,13	0,12	0,14	0,11	0,14
500	0,15	0,15	0,12	0,15	0,14	0,17	0,15	0,16	0,13	0,18
750	0,17	0,14	0,12	0,19	0,15	0,16	0,13	0,16	0,15	0,17
1000	0,20	0,16	0,15	0,21	0,20	0,21	0,14	0,19	0,16	0,20
Caule (dag/kg)										
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
250	0,13	0,12	0,13	0,11	0,12	0,17	0,11	0,12	0,14	0,12
500	0,16	0,15	0,15	0,15	0,17	0,21	0,14	0,13	0,15	0,15
750	0,17	0,17	0,17	0,15	0,22	0,21	0,12	0,19	0,14	0,18
1000	0,22	0,16	0,17	0,17	0,25	0,24	0,17	0,20	0,22	0,15
Folha (dag/kg)										
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
250	0,21	0,25	0,29	0,19	0,20	0,27	0,24	0,26	0,28	0,24
500	0,29	0,39	0,36	0,33	0,37	0,46	0,36	0,37	0,35	0,37
750	0,40	0,43	0,40	0,42	0,39	0,51	0,37	0,45	0,38	0,36
1000	0,40	0,42	0,44	0,45	0,40	0,49	0,37	0,39	0,36	0,37
Fruto (dag/kg)										
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
250	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
500	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
750	0,33	0,35	0,31	0,30	0,33	0,28	0,29	0,31	0,28	0,25
1000	0,30	0,29	0,28	0,31	0,29	0,28	0,30	0,26	0,26	0,23

Quadro 6 - Conteúdo de fósforo na raiz, no caule, na folha, no fruto, na parte aérea e no total

Dose P mg/kg	Linhagens									
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	L <sub>7</sub>	L <sub>8</sub>	L <sub>9</sub>	L <sub>10</sub>
Raiz (mg/planta)										
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
250	5,37	5,41	7,71	6,48	5,08	7,93	6,14	7,72	3,84	5,04
500	6,82	7,95	8,34	6,87	7,08	7,19	8,43	9,19	6,00	5,24
750	8,32	7,09	8,99	13,10	6,94	8,81	8,13	12,66	6,27	6,68
1000	9,95	9,61	10,21	11,87	8,79	11,03	8,09	9,80	4,38	8,10
Caule (mg/planta)										
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
250	11,32	9,12	11,20	9,73	8,35	15,01	11,72	15,80	8,18	10,06
500	13,59	11,06	11,69	15,49	13,94	15,94	15,93	19,91	11,03	11,09
750	13,13	13,08	13,81	17,69	16,44	26,21	18,69	25,70	10,58	17,28
1000	20,12	13,80	16,47	21,55	20,61	24,85	27,17	27,94	16,85	15,29
Folha (mg/planta)										
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
250	19,94	21,35	23,51	21,13	16,43	22,28	22,20	21,90	19,40	19,48
500	24,72	26,31	29,11	34,62	22,18	27,66	22,95	23,99	28,70	29,45
750	36,15	30,68	35,41	47,60	31,00	33,27	35,17	24,29	24,21	34,24
1000	36,34	29,15	46,28	53,75	38,72	33,13	36,71	26,99	23,75	34,46
Fruto (mg/planta)										
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
250	7,07	8,69	9,15	7,36	8,12	8,58	9,08	9,18	8,79	9,16
500	8,16	8,68	9,56	9,72	9,65	11,21	10,38	10,27	9,79	10,53
750	91,36	97,77	95,18	80,02	109,76	93,46	88,06	71,60	81,60	100,16
1000	86,06	90,85	99,16	94,79	93,51	89,60	115,34	75,89	80,87	91,81
Parte Aérea (mg/planta)										
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
250	38,33	39,34	43,87	38,22	32,91	45,88	43,00	46,88	36,37	38,71
500	46,48	46,05	50,36	59,83	45,76	54,81	49,26	54,17	49,12	58,08
750	140,63	141,53	144,40	145,31	157,21	152,94	141,92	149,90	116,39	151,69
1000	142,53	133,80	161,92	170,09	152,84	147,58	179,22	130,83	121,46	141,56
Total (mg/planta)										
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
250	43,70	44,76	51,58	44,69	37,99	53,81	49,14	54,60	40,21	43,75
500	53,30	54,00	58,70	66,70	52,84	62,00	57,70	63,36	55,12	56,32
750	148,95	148,62	153,39	158,41	164,15	161,76	150,05	162,56	122,66	158,37
1000	152,47	143,41	172,13	181,96	161,63	158,62	187,31	140,63	125,84	149,66

Quadro 7 - Distribuição de fósforo nas diversas partes da planta, em relação ao conteúdo de fósforo total, em cinco doses de fósforo

Dose P mg/kg	Linhagens									
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
----- Raiz (%) -----										
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	12,2	12,1	15,1	14,5	13,4	14,9	12,6	14,0	9,4	11,5
500	12,7	14,7	14,2	10,2	13,4	11,6	14,6	14,5	10,9	9,3
750	5,6	4,8	5,9	8,2	4,2	5,4	5,4	7,8	5,1	4,2
1000	6,5	6,6	5,9	6,5	5,4	7,1	4,4	7,4	3,6	5,4
----- Caule (%) -----										
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	25,9	20,3	21,8	21,7	22,1	27,9	23,8	28,6	20,3	23,0
500	25,4	20,6	20,1	23,4	26,3	25,6	27,6	31,3	20,1	19,7
750	8,8	8,8	9,0	11,2	10,1	16,2	12,4	16,0	8,6	10,9
1000	13,2	9,6	9,6	11,9	12,8	16,1	14,6	20,6	13,7	10,2
----- Folha (%) -----										
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	45,6	48,1	45,2	47,4	43,0	41,1	45,1	40,5	48,3	44,5
500	46,5	48,6	49,4	51,8	41,9	44,6	40,0	37,9	51,8	52,3
750	24,3	20,6	23,1	30,2	18,9	20,5	23,5	32,4	19,5	21,6
1000	23,8	20,4	26,8	29,6	23,9	20,7	19,5	20,6	19,6	23,1
----- Fruto (%) -----										
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	16,2	19,4	17,9	16,4	21,5	16,1	18,5	16,9	21,9	21,0
500	15,3	16,1	16,3	14,5	18,3	18,1	18,0	16,3	17,2	18,7
750	61,3	65,8	62,0	50,4	66,8	57,8	58,7	43,8	66,7	63,2
1000	56,4	63,3	57,7	52,0	58,0	56,1	61,5	51,4	63,1	61,3
----- Parte Aérea (%) -----										
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
250	87,8	87,9	84,9	85,5	86,6	85,1	87,4	86,0	90,6	88,5
500	87,2	85,3	85,8	89,8	86,5	88,4	85,4	85,5	89,1	90,7
750	94,4	95,2	94,1	91,8	95,8	94,6	94,6	92,1	94,8	95,8
1000	93,5	93,3	94,1	93,5	94,6	92,9	95,6	92,6	96,4	94,6

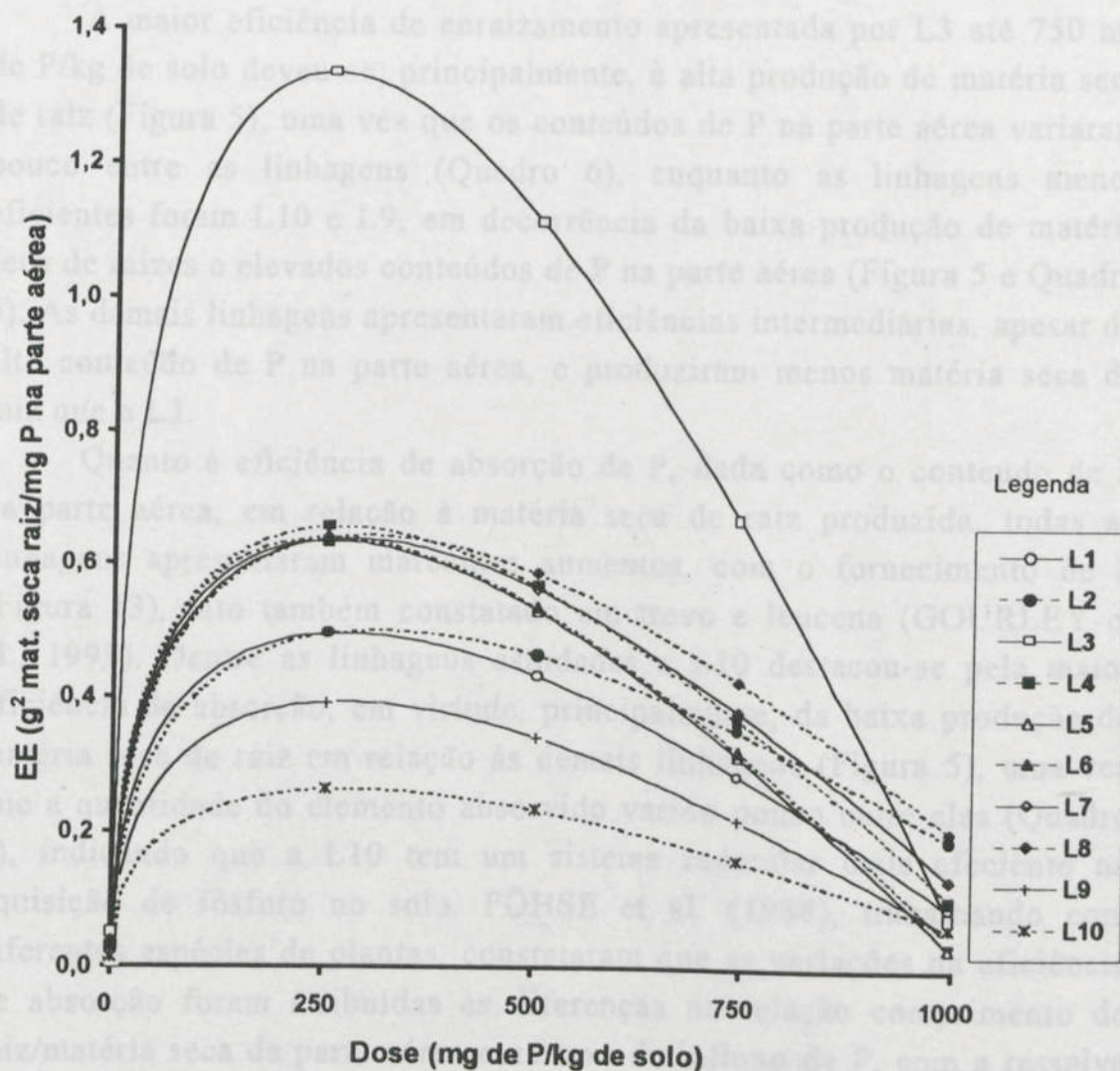
As linhagens L9 e L10 foram as que apresentaram os maiores acúmulos de P na parte aérea. Isso poderia ser decorrente da menor alocação de P na raiz, uma vez que essas linhagens exibiram as menores produções de matéria seca de raiz (Figura 5), indicando maior translocação do elemento para a parte aérea. Contudo, somente a L10 apresentou alta produção de matéria seca da parte aérea, portanto foi mais eficiente na utilização do elemento.

De modo geral, as linhagens L3 e L8 apresentaram maiores acúmulos de P na raiz, em decorrência da elevada produção de matéria seca deste órgão (Figura 5), indicando menor translocação do elemento para a parte aérea. Assim mesmo, a L8 apresentou alta produção de matéria seca da parte aérea, portanto utilizou mais eficientemente o P.

As reduções do P acumulado na raiz, em decorrência do aumento da disponibilidade de P no solo, foram semelhantes aos aumentos constatados na parte aérea, o que poderia ser atribuído a uma maior retenção do P na raiz nas menores doses (250 e 500 mg de P/kg de solo). Segundo BIELESKI (1973), uma planta deficiente em fósforo usualmente retém mais o elemento nas raízes e o transporta menos para a parte aérea, fato constatado em várias espécies de plantas (SCHJORRING e JENSÉN, 1987; COGLIATTI e CLARKSON, 1983; MARTINEZ et al., 1993b). Nessa condição, as raízes tornam-se drenos mais fortes que a parte aérea e levam vantagens, por estarem mais próximas da fonte de suprimento (BIELESKI, 1973).

#### 4.4. Índices de eficiência

A eficiência de enraizamento refere-se à quantidade de matéria seca de raiz produzida em relação ao conteúdo de fósforo na parte aérea. Todas as linhagens apresentaram respostas com ajuste ao Modelo Raiz Quadrada diante da aplicação de P no solo (Figura 12), embora tenham mostrado diferentes magnitudes de eficiência. As linhagens exibiram máximas eficiências de enraizamento entre as doses de 250 e 500 mg de P/kg de solo. A partir dessas doses, com o aumento da disponibilidade de P no solo, a eficiência de enraizamento foi reduzida, em decorrência da queda ou manutenção da produção de matéria seca de raiz (Figura 5) e do concomitante aumento no conteúdo de P na parte aérea (Quadro 6).



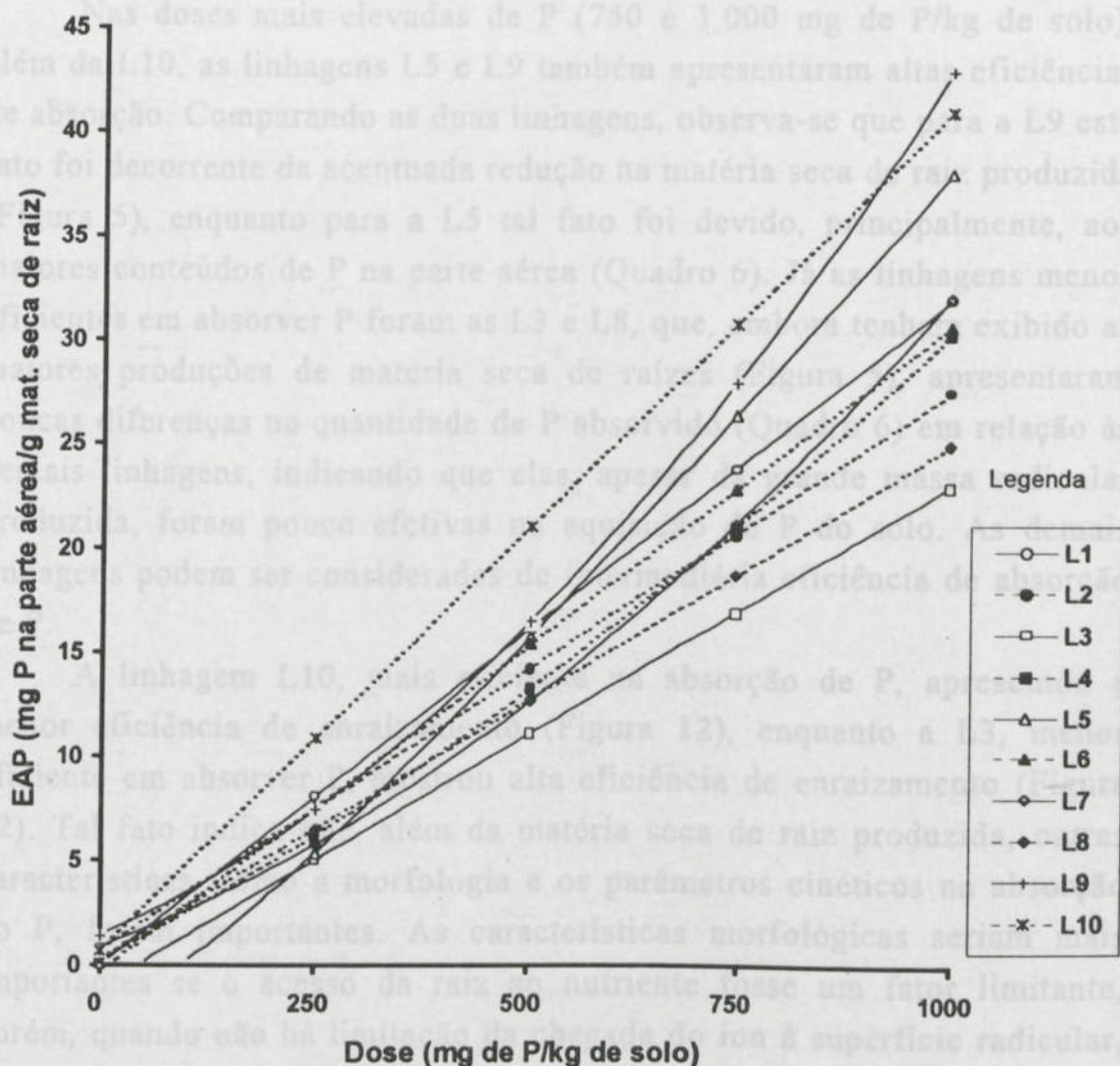
L1	$\hat{Y} = 0,0114191 + 0,0588281 \cdot \sqrt{X} - 0,00178308 \cdot X$	$R^2 = 0,884$
L2	$\hat{Y} = -0,00000268221 + 0,0567797 \cdot \sqrt{X} - 0,00160320 \cdot X$	$R^2 = 0,774$
L3	$\hat{Y} = 0,00512977 + 0,161733 \cdot \sqrt{X} - 0,0050921 \cdot X$	$R^2 = 0,843$
L4	$\hat{Y} = 0,0296699 + 0,0770696 \cdot \sqrt{X} - 0,00236396 \cdot X$	$R^2 = 0,763$
L5	$\hat{Y} = 0,00949895 + 0,0784991 \cdot \sqrt{X} - 0,00246138 \cdot X$	$R^2 = 0,877$
L6	$\hat{Y} = 0,0375990 + 0,0762609 \cdot \sqrt{X} - 0,00240751 \cdot X$	$R^2 = 0,698$
L7	$\hat{Y} = 0,00337046 + 0,0760155 \cdot \sqrt{X} - 0,00227467 \cdot X$	$R^2 = 0,937$
L8	$\hat{Y} = 0,00207746 + 0,0743523 \cdot \sqrt{X} - 0,00214987 \cdot X$	$R^2 = 0,995$
L9	$\hat{Y} = -0,00651270 + 0,0486534 \cdot \sqrt{X} - 0,00147565 \cdot X$	$R^2 = 0,869$
L10	$\hat{Y} = 0,0137294 + 0,0303681 \cdot \sqrt{X} - 0,000911892 \cdot X$	$R^2 = 0,724$

Figura 12 - Eficiência de enraizamento (EE) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

A maior eficiência de enraizamento apresentada por L3 até 750 mg de P/kg de solo deveu-se, principalmente, à alta produção de matéria seca de raiz (Figura 5), uma vez que os conteúdos de P na parte aérea variaram pouco entre as linhagens (Quadro 6), enquanto as linhagens menos eficientes foram L10 e L9, em decorrência da baixa produção de matéria seca de raízes e elevados conteúdos de P na parte aérea (Figura 5 e Quadro 6). As demais linhagens apresentaram eficiências intermediárias, apesar do alto conteúdo de P na parte aérea, e produziram menos matéria seca de raiz que a L3.

Quanto à eficiência de absorção de P, dada como o conteúdo de P na parte aérea, em relação à matéria seca de raiz produzida, todas as linhagens apresentaram marcantes aumentos, com o fornecimento de P (Figura 13), fato também constatado em trevo e leucena (GOURLEY et al., 1993). Dentre as linhagens estudadas a L10 destacou-se pela maior eficiência de absorção, em virtude, principalmente, da baixa produção de matéria seca de raiz em relação às demais linhagens (Figura 5), uma vez que a quantidade do elemento absorvido variou pouco entre elas (Quadro 6), indicando que a L10 tem um sistema radicular mais eficiente na aquisição de fósforo no solo. FÖHSE et al. (1988), trabalhando com diferentes espécies de plantas, constataram que as variações na eficiência de absorção foram atribuídas às diferenças na relação comprimento de raiz/matéria seca da parte aérea e na taxa de influxo de P, com a ressalva de que a espécie mais eficiente na absorção de P decorreu de alta taxa de influxo de P, uma vez que esta apresentou baixa relação raiz/parte aérea. Tal fato também foi observado para a L10 no presente experimento (Figura 10). Diferenças na eficiência de absorção de P entre genótipos de cevada foram decorrentes do comprimento radicular e das taxas de absorção de P por unidade de comprimento de raiz (SCHJORRING e NIELSEN, 1987). FÖHSE et al. (1991) observaram que as diferenças no influxo de P entre várias espécies de plantas foram atribuídas a diferenças de  $V_{max}$ , além do número e comprimento dos pêlos radiculares, que podem ser responsáveis por 90% da absorção total de P. Em trigo, a maior eficiência de absorção de P do cultivar Coris foi relacionada com o menor diâmetro radicular e a presença de longos pêlos radiculares (HORST et al., 1993).

Figura 13 - Eficiência de absorção de fósforo (EAP) de 10 linhagens de cevada, em cinco doses de fósforo.



Linhagem	Equação	R <sup>2</sup>
L1	$\hat{Y} = -0,029525 + 0,0321115^{**}X$	0,908
L2	$\hat{Y} = 0,723641 + 0,0268908^{**}X$	0,803
L3	$\hat{Y} = -1,07130 + 0,0241806^{**}X$	0,950
L4	$\hat{Y} = 0,259000 + 0,0214504^{**}X + 0,00000874407^{**}X^2$	0,999
L5	$\hat{Y} = 0,0331421 - 0,541960^{**}\sqrt{X} + 0,0553027^{**}X$	0,898
L6	$\hat{Y} = -0,326319 + 0,0311716^{**}X$	0,938
L7	$\hat{Y} = 0,870016 + 0,0153325^{**}X + 0,0000160608^{**}X^2$	0,959
L8	$\hat{Y} = 0,278450 + 0,0247956^{**}X$	0,961
L9	$\hat{Y} = 1,41139 + 0,0178954^{**}X + 0,0000239011^{**}X^2$	0,964
L10	$\hat{Y} = 0,677460 + 0,0404679^{**}X$	0,876

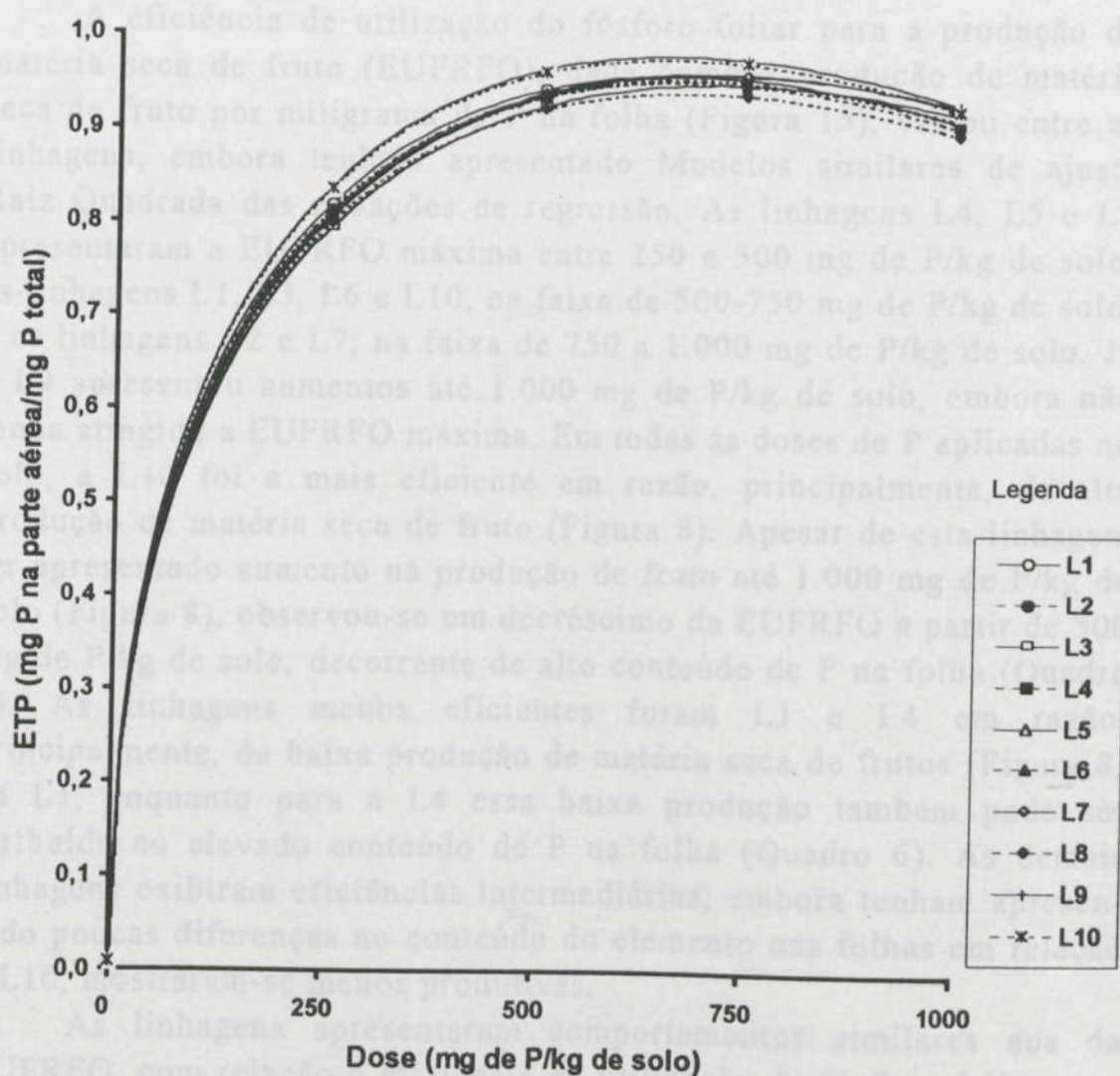
Figura 13 - Eficiência de absorção de fósforo (EAP) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

Nas doses mais elevadas de P (750 e 1.000 mg de P/kg de solo), além da L10, as linhagens L5 e L9 também apresentaram altas eficiências de absorção. Comparando as duas linhagens, observa-se que para a L9 este fato foi decorrente da acentuada redução na matéria seca de raiz produzida (Figura 5), enquanto para a L5 tal fato foi devido, principalmente, aos maiores conteúdos de P na parte aérea (Quadro 6). Já as linhagens menos eficientes em absorver P foram as L3 e L8, que, embora tenham exibido as maiores produções de matéria seca de raízes (Figura 5), apresentaram poucas diferenças na quantidade de P absorvido (Quadro 6) em relação às demais linhagens, indicando que elas, apesar da grande massa radicular produzida, foram pouco efetivas na aquisição de P do solo. As demais linhagens podem ser consideradas de intermediária eficiência de absorção de P.

A linhagem L10, mais eficiente na absorção de P, apresentou a menor eficiência de enraizamento (Figura 12), enquanto a L3, menos eficiente em absorver P, mostrou alta eficiência de enraizamento (Figura 12). Tal fato indica que, além da matéria seca de raiz produzida, outras características, como a morfologia e os parâmetros cinéticos na absorção do P, foram importantes. As características morfológicas seriam mais importantes se o acesso da raiz ao nutriente fosse um fator limitante, porém, quando não há limitação da chegada do íon à superfície radicular, os fatores fisiológicos podem ser mais decisivos.

Com relação à eficiência de translocação de P, considerada como sendo a relação entre o conteúdo de P na parte aérea e o conteúdo de P total absorvido, as linhagens apresentaram respostas similares com ajuste ao Modelo Raiz Quadrada, à aplicação de P no solo (Figura 14). Esses resultados indicaram que a eficiência de translocação de fósforo para a parte aérea pode ser um mecanismo que pouco contribuiu para a diferenciação entre as linhagens em resposta à adubação fosfatada. Resultados semelhantes foram observados em alface (BUSO e BLISS, 1988) e soja (MARTINEZ et al., 1993b), ao contrário do constatado para capim-colônia (FURLANI e USBERTI FILHO, 1990).

Figura 14 - Eficiência de translocação de fósforo (ETP) de 10 linhagens em resposta, em cinco doses de fósforo.

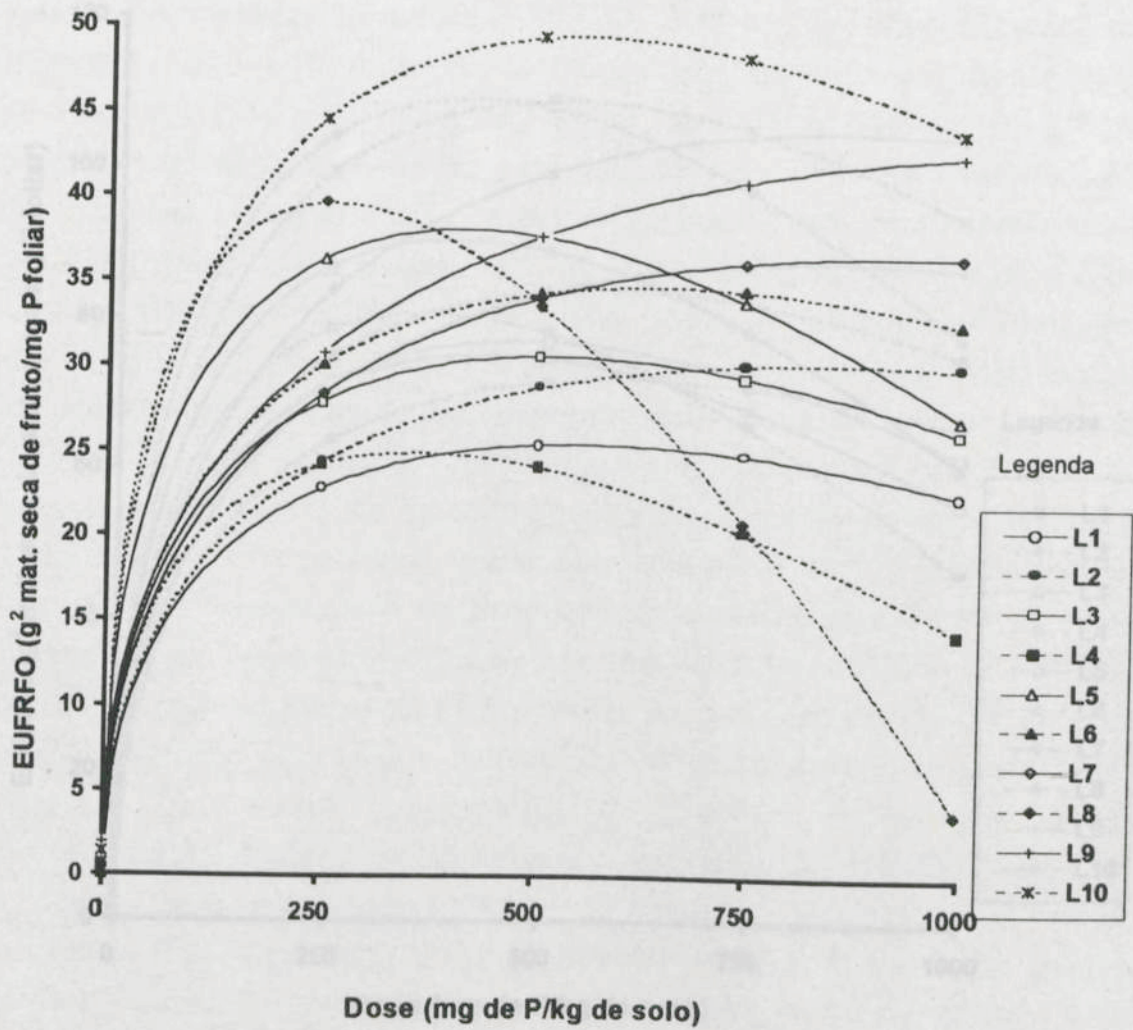


L1	$\hat{Y} = 0,00931764 + 0,0736730^{**}\sqrt{X} - 0,00143060^{**} X$	$R^2 = 0,986$
L2	$\hat{Y} = 0,0100670 + 0,0727963^{**}\sqrt{X} - 0,00140272^{**} X$	$R^2 = 0,981$
L3	$\hat{Y} = 0,00859773 + 0,0703247^{**}\sqrt{X} - 0,00131540^{**} X$	$R^2 = 0,987$
L4	$\hat{Y} = 0,00750768 + 0,0731149^{**}\sqrt{X} - 0,00141519^{**} X$	$R^2 = 0,992$
L5	$\hat{Y} = 0,00885963 + 0,0718659^{**}\sqrt{X} - 0,00135718^{**} X$	$R^2 = 0,986$
L6	$\hat{Y} = 0,00663692 + 0,0725559^{**}\sqrt{X} - 0,00138985^{**} X$	$R^2 = 0,992$
L7	$\hat{Y} = 0,0108724 + 0,0712235^{**}\sqrt{X} - 0,00133792^{**} X$	$R^2 = 0,981$
L8	$\hat{Y} = 0,00964725 + 0,0715623^{**}\sqrt{X} - 0,00137609^{**} X$	$R^2 = 0,985$
L9	$\hat{Y} = 0,0111628 + 0,0753054^{**}\sqrt{X} - 0,00146540^{**} X$	$R^2 = 0,982$
L10	$\hat{Y} = 0,00776857 + 0,0756359^{**}\sqrt{X} - 0,00147743^{**} X$	$R^2 = 0,991$

Figura 14 - Eficiência de translocação de fósforo (ETP) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

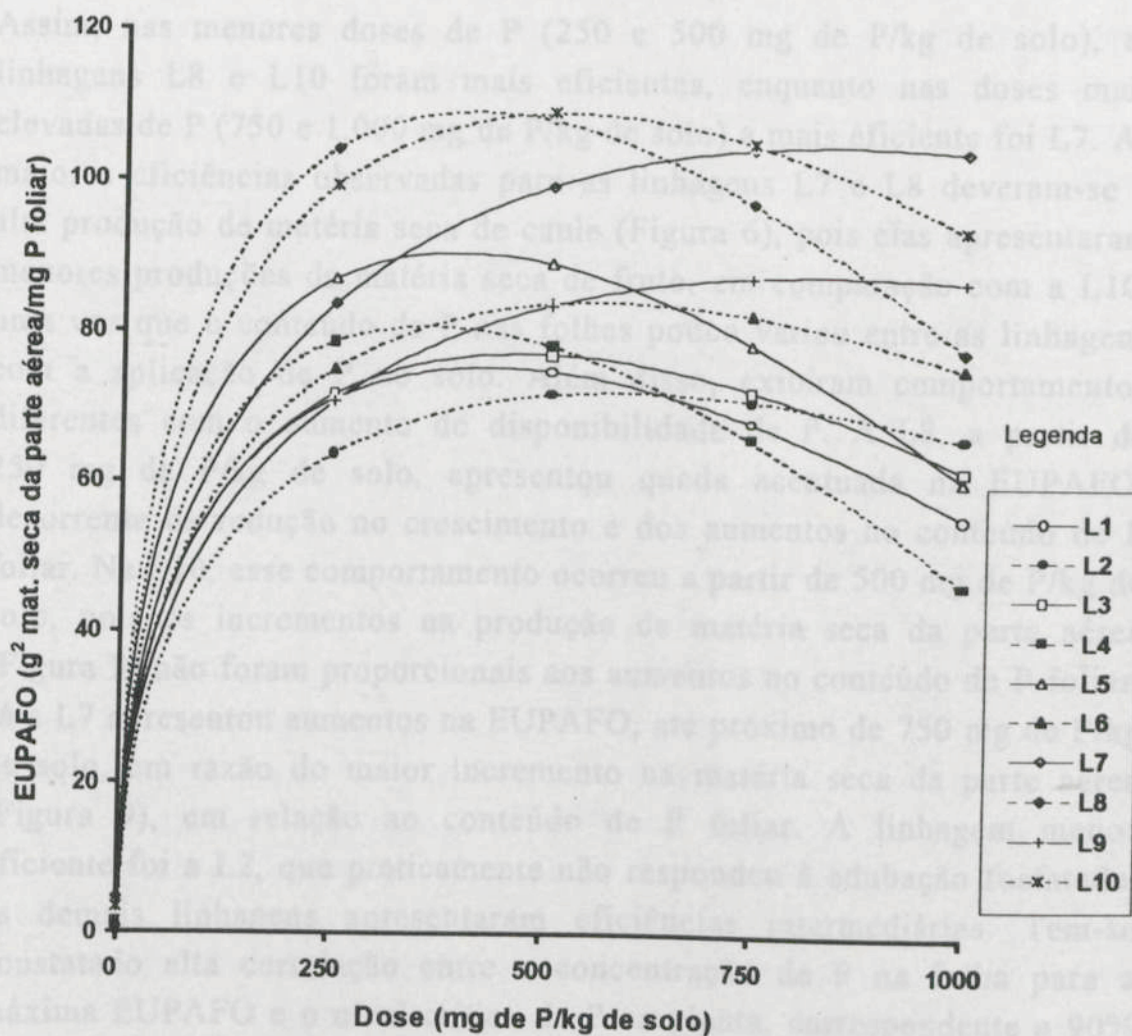
A eficiência de utilização do fósforo foliar para a produção de matéria seca de fruto (EUFRF0), dada como a produção de matéria seca de fruto por miligrama de P na folha (Figura 15), variou entre as linhagens, embora tenham apresentado Modelos similares de ajuste Raiz Quadrada das equações de regressão. As linhagens L4, L5 e L8 apresentaram a EUFRFO máxima entre 250 e 500 mg de P/kg de solo; as linhagens L1, L3, L6 e L10, na faixa de 500-750 mg de P/kg de solo; e as linhagens L2 e L7, na faixa de 750 a 1.000 mg de P/kg de solo. Já a L9 apresentou aumentos até 1.000 mg de P/kg de solo, embora não tenha atingido a EUFRFO máxima. Em todas as doses de P aplicadas no solo, a L10 foi a mais eficiente em razão, principalmente, da alta produção de matéria seca de fruto (Figura 8). Apesar de esta linhagem ter apresentado aumento na produção de fruto até 1.000 mg de P/kg de solo (Figura 8), observou-se um decréscimo da EUFRFO a partir de 500 mg de P/kg de solo, decorrente de alto conteúdo de P na folha (Quadro 6). As linhagens menos eficientes foram L1 e L4 em razão, principalmente, da baixa produção de matéria seca de frutos (Figura 8) da L1, enquanto para a L4 essa baixa produção também pode ser atribuída ao elevado conteúdo de P na folha (Quadro 6). As demais linhagens exibiram eficiências intermediárias, embora tenham apresentado poucas diferenças no conteúdo do elemento nas folhas em relação à L10, mostraram-se menos produtivas.

As linhagens apresentaram comportamentos similares aos da EUFRFO, com relação à eficiência de utilização do fósforo foliar para a produção de matéria seca da parte aérea (EUPAFO) (Figura 16). Em geral, a maioria das linhagens apresentou a EUPAFO máxima entre as doses de 250 e 500 mg de P/kg de solo. Embora a maioria tenha apresentado incrementos na produção de matéria seca da parte aérea com o fornecimento de P (Figura 9), estes foram acompanhados de elevados conteúdos de P na parte aérea (Quadro 6), promovendo queda na EUPAFO acima daquelas doses. As linhagens L7 e L9 apresentaram EUPAFO máxima entre 750 e 1.000 mg de P/kg de solo. Para L7, esse fato pode ser decorrente dos grandes aumentos de matéria seca da parte aérea produzida com o fornecimento de P (Figura 9), enquanto para a L9 tal fato se deveu, principalmente, aos menores conteúdos de P na folha (Quadro 6), uma vez que esta linhagem apresentou pouco incremento na produção de matéria seca da parte aérea (Figura 9). As linhagens mais eficientes quanto à EUPAFO foram L7, L8 e L10, embora essa eficiência tenha variado com a dose de P considerada.



L1	$\hat{Y} = -0,271133 + 2,18663^{**}\sqrt{X} - 0,0463632^{**} X$	$R^2 = 0,918$
L2	$\hat{Y} = 0,476746 + 2,07169^{**}\sqrt{X} - 0,0358889 X$	$R^2 = 0,950$
L3	$\hat{Y} = 0,244156 + 2,67272^{**}\sqrt{X} - 0,0586281^{**} X$	$R^2 = 0,986$
L4	$\hat{Y} = 0,554932 + 2,55722^{**}\sqrt{X} - 0,0670333^{**} X$	$R^2 = 0,904$
L5	$\hat{Y} = 1,17686 + 3,62194^{**}\sqrt{X} - 0,0887328^{**} X$	$R^2 = 0,832$
L6	$\hat{Y} = 0,00645447 + 2,76774^{**}\sqrt{X} - 0,0549083^{**} X$	$R^2 = 0,999$
L7	$\hat{Y} = 0,593521 + 2,36400^{**}\sqrt{X} - 0,0387617^{**} X$	$R^2 = 0,877$
L8	$\hat{Y} = 0,379898 + 4,86170^{**}\sqrt{X} - 0,150447^{**} X$	$R^2 = 0,887$
L9	$\hat{Y} = 1,93925 + 2,5439^{**}\sqrt{X} - 0,033807 X$	$R^2 = 0,757$
L10	$\hat{Y} = 1,33873 + 4,11351^{**}\sqrt{X} - 0,0875801^{**} X$	$R^2 = 0,889$

Figura 15 - Eficiência de utilização de fósforo foliar para a produção de matéria seca de fruto (EUFRFO) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

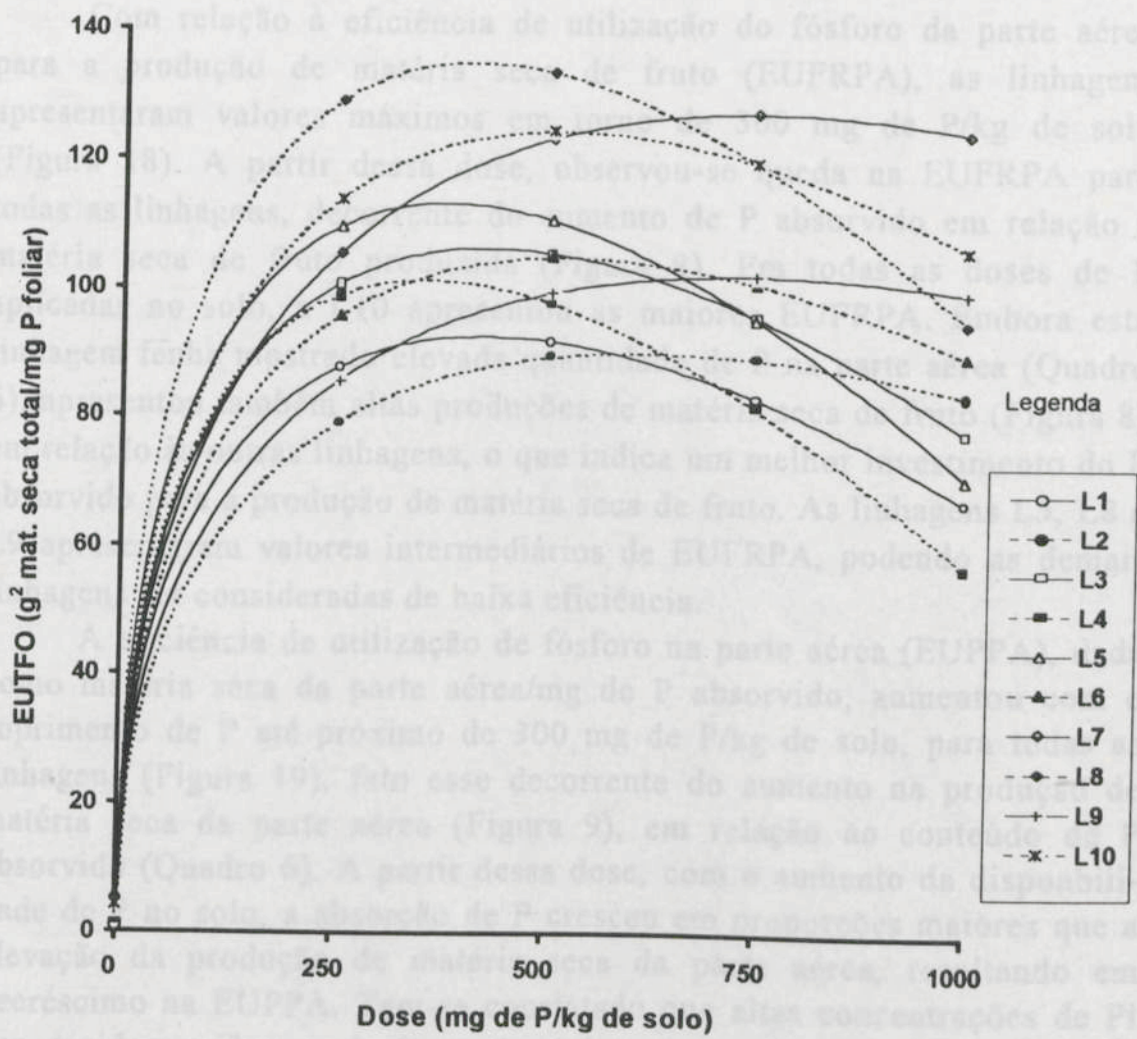


L1	$\hat{Y} = 0,583267 + 7,15886^{**}\sqrt{X} - 0,171537^{**} X$	$R^2 = 0,938$
L2	$\hat{Y} = 1,90196 + 5,78235^{**}\sqrt{X} - 0,118799^{**} X$	$R^2 = 0,905$
L3	$\hat{Y} = 1,32965 + 6,95958^{**}\sqrt{X} - 0,159620^{**} X$	$R^2 = 0,956$
L4	$\hat{Y} = 2,27934 + 8,25766^{**}\sqrt{X} - 0,216963^{**} X$	$R^2 = 0,887$
L5	$\hat{Y} = 2,99214 + 8,79011^{**}\sqrt{X} - 0,220631^{**} X$	$R^2 = 0,840$
L6	$\hat{Y} = 1,31586 + 6,96334^{**}\sqrt{X} - 0,146173^{**} X$	$R^2 = 0,954$
L7	$\hat{Y} = 2,21547 + 7,04028^{**}\sqrt{X} - 0,120629^{**} X$	$R^2 = 0,923$
L8	$\hat{Y} = 4,56317 + 10,2884^{**}\sqrt{X} - 0,252419^{**} X$	$R^2 = 0,641$
L9	$\hat{Y} = 3,32326 + 5,85493^{**}\sqrt{X} - 0,101555^{**} X$	$R^2 = 0,829$
L10	$\hat{Y} = 3,39430 + 9,27238^{**}\sqrt{X} - 0,202958^{**} X$	$R^2 = 0,856$

Figura 16 - Eficiência de utilização do fósforo foliar para produção de matéria seca da parte aérea (EUPAFO) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

Assim, nas menores doses de P (250 e 500 mg de P/kg de solo), as linhagens L8 e L10 foram mais eficientes, enquanto nas doses mais elevadas de P (750 e 1.000 mg de P/kg de solo) a mais eficiente foi L7. As maiores eficiências observadas para as linhagens L7 e L8 deveram-se à alta produção de matéria seca de caule (Figura 6), pois elas apresentaram menores produções de matéria seca de fruto, em comparação com a L10, uma vez que o conteúdo de P nas folhas pouco variou entre as linhagens com a aplicação de P no solo. Além disso, exibiram comportamentos diferentes com o aumento de disponibilidade de P. A L8, a partir de 250 mg de P/kg de solo, apresentou queda acentuada na EUPAFO, decorrente da redução no crescimento e dos aumentos no conteúdo de P foliar. Na L10, esse comportamento ocorreu a partir de 500 mg de P/kg de solo, pois os incrementos na produção de matéria seca da parte aérea (Figura 9) não foram proporcionais aos aumentos no conteúdo de P foliar. Já a L7 apresentou aumentos na EUPAFO, até próximo de 750 mg de P/kg de solo, em razão do maior incremento na matéria seca da parte aérea (Figura 9), em relação ao conteúdo de P foliar. A linhagem menos eficiente foi a L2, que praticamente não respondeu à adubação fosfatada; as demais linhagens apresentaram eficiências intermediárias. Tem-se constatado alta correlação entre a concentração de P na folha para a máxima EUPAFO e o nível crítico de P na planta, correspondente a 90% da produção máxima de matéria seca da parte aérea (PEREIRA, 1992; ISRAEL e RUFTY Jr., 1988). Essa proximidade de valores explica por que a EUPAFO se reduz após certa dose de P, ou seja, a concentração de P aumenta sem a concomitante resposta ao crescimento.

Comportamento semelhante ao da EUPAFO foi observado para a eficiência de utilização do P foliar para produção de matéria seca total (EUTFO) (Figura 17). A L8 destacou-se pela maior EUTFO, nas menores doses de P (250 e 500 mg/kg de solo), fato que poderia ser atribuído à maior produção de matéria seca de raízes em relação às linhagens L7 e L10, enquanto nas doses mais elevadas de P (750 e 1.000 mg/kg de solo) a L7 se destacou, fato que poderia ser atribuído à sua maior produção de matéria seca de caule em relação à L8 (Figura 6) e também de raízes em relação à L10 (Figura 5). Observou-se que a L3 apresentou melhora na EUTFO em relação à EUPAFO, em decorrência da alta produção de matéria seca de raiz (Figura 5). As demais linhagens exibiram poucas variações, e novamente a linhagem L2 mostrou baixa eficiência.

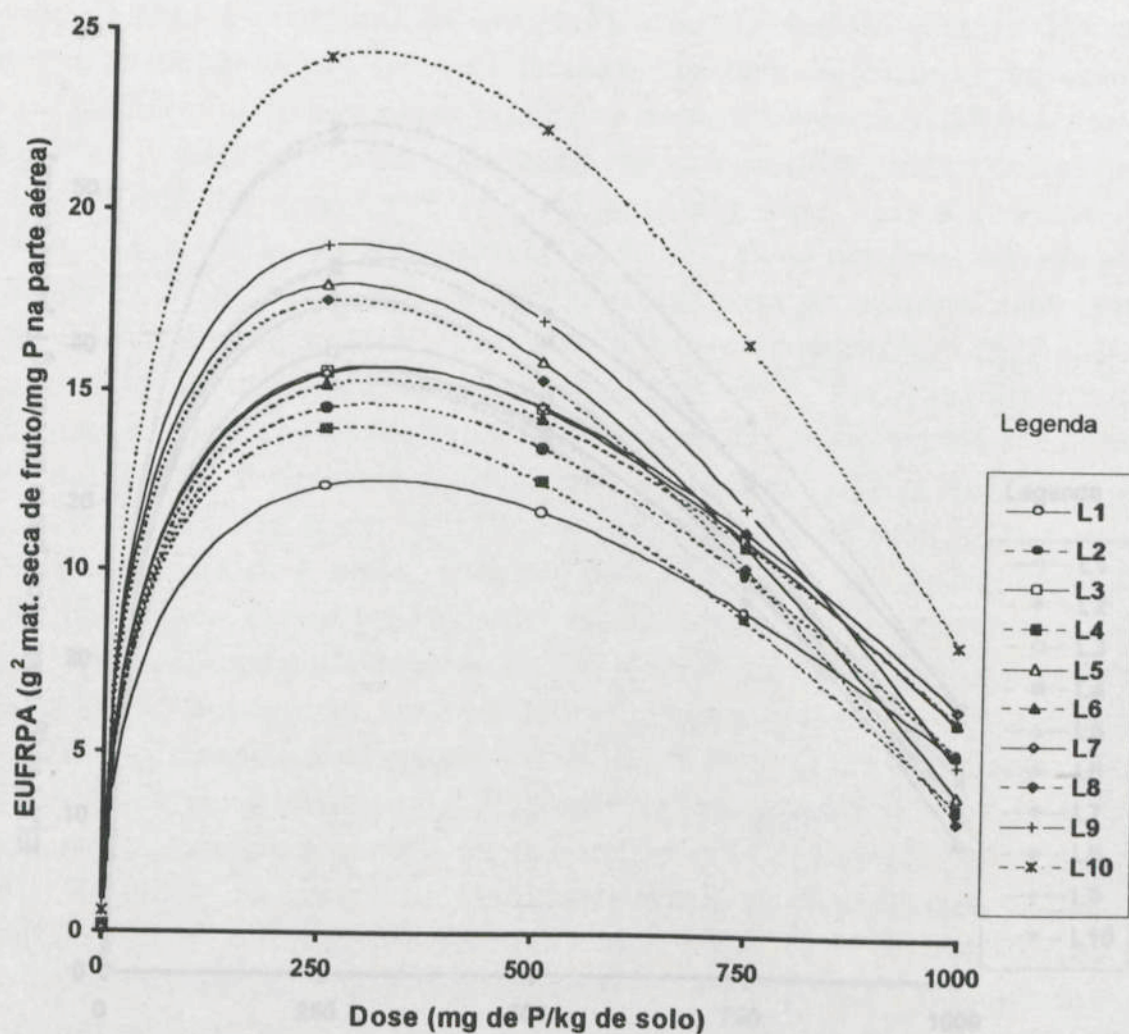


Cultivar	Equation	R²
L1	$\hat{Y} = 0,838272 + 8,87508^{**}\sqrt{X} - 0,214513^{**} X$	0,942
L2	$\hat{Y} = 2,21915 + 7,11275^{**}\sqrt{X} - 0,143371^{**} X$	0,913
L3	$\hat{Y} = 2,13765 + 10,0525^{**}\sqrt{X} - 0,242421^{**} X$	0,944
L4	$\hat{Y} = 3,01813 + 10,4214^{**}\sqrt{X} - 0,275850^{**} X$	0,881
L5	$\hat{Y} = 3,45245 + 11,2659^{**}\sqrt{X} - 0,289049^{**} X$	0,865
L6	$\hat{Y} = 2,22418 + 9,02115^{**}\sqrt{X} - 0,197667^{**} X$	0,923
L7	$\hat{Y} = 2,46100 + 9,14221^{**}\sqrt{X} - 0,167171^{**} X$	0,934
L8	$\hat{Y} = 5,18681 + 12,8138^{**}\sqrt{X} - 0,315682^{**} X$	0,681
L9	$\hat{Y} = 3,36916 + 7,32616^{**}\sqrt{X} - 0,135559^{**} X$	0,865
L10	$\hat{Y} = 4,11287 + 10,6190^{**}\sqrt{X} - 0,233723^{**} X$	0,842

Figura 17 - Eficiência de utilização do fósforo foliar para a produção de matéria seca total (EUTFO) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

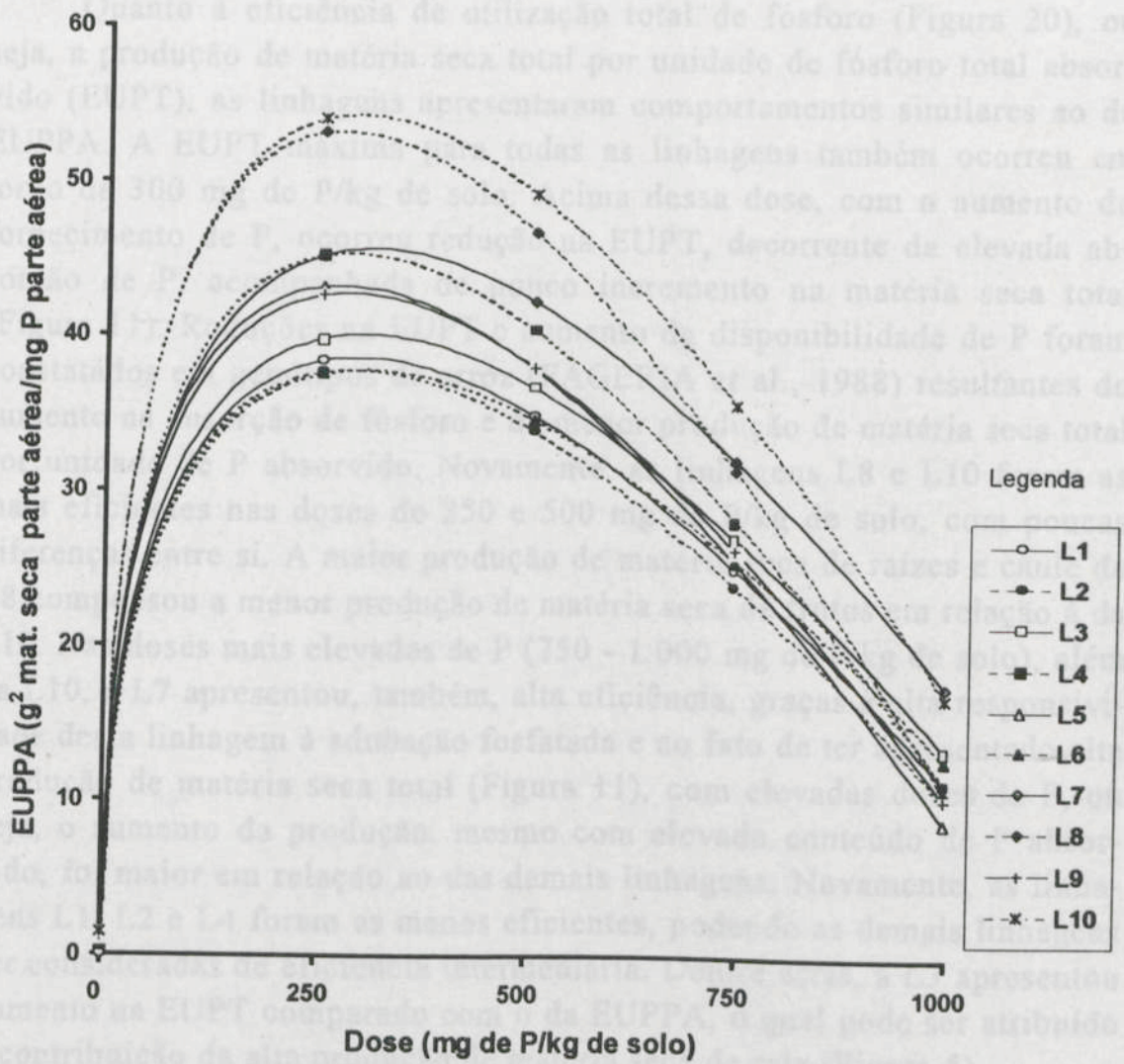
Com relação à eficiência de utilização do fósforo da parte aérea para a produção de matéria seca de fruto (EUF RPA), as linhagens apresentaram valores máximos em torno de 300 mg de P/kg de solo (Figura 18). A partir dessa dose, observou-se queda na EUFRPA para todas as linhagens, decorrente do aumento de P absorvido em relação à matéria seca de fruto produzida (Figura 8). Em todas as doses de P aplicadas no solo, a L10 apresentou as maiores EUFRPA. Embora esta linhagem tenha mostrado elevada quantidade de P na parte aérea (Quadro 6), apresentou também altas produções de matéria seca de fruto (Figura 8) em relação às outras linhagens, o que indica um melhor investimento do P absorvido para a produção de matéria seca de fruto. As linhagens L5, L8 e L9 apresentaram valores intermediários de EUFRPA, podendo as demais linhagens ser consideradas de baixa eficiência.

A eficiência de utilização de fósforo na parte aérea (EUPPA), dada como matéria seca da parte aérea/mg de P absorvido, aumentou com o suprimento de P até próximo de 300 mg de P/kg de solo, para todas as linhagens (Figura 19), fato esse decorrente do aumento na produção de matéria seca da parte aérea (Figura 9), em relação ao conteúdo de P absorvido (Quadro 6). A partir dessa dose, com o aumento da disponibilidade de P no solo, a absorção de P cresceu em proporções maiores que a elevação da produção de matéria seca da parte aérea, resultando em decréscimo na EUPPA. Tem-se constatado que altas concentrações de Pi nos tecidos podem reduzir a fotossíntese em virtude da exportação excessiva de trioses-P do cloroplasto para o citossol, reduzindo também os intermediários do ciclo de Calvin (MORISON e BATTEN, 1986). A linhagem mais eficiente foi a L10, seguida da L8. Para a L10, esse fato se deveu, principalmente, à alta produção de matéria seca de fruto (Figura 8), acompanhada de elevado conteúdo de P na parte aérea (Quadro 6), enquanto para a L8 tal fato foi decorrente principalmente da alta produção de matéria seca do caule (Figura 6) e intermediária produção de matéria seca do fruto (Figura 8). As linhagens L1, L2 e L6 apresentaram as menores EUPPA em razão, possivelmente, da baixa produção de matéria seca da parte aérea (Figura 9), aliada a elevados conteúdos de P na parte aérea (Quadro 6). As demais linhagens podem ser consideradas de intermediária eficiência, que, embora tenham exibido altos conteúdos de P, apresentaram produções de matéria seca da parte aérea inferiores às da L8 e L10. Em várias espécies de plantas, a eficiência de utilização de P foi associada à maior intensidade de redistribuição de P dos tecidos velhos e inativos para os jovens e ativos (RAJU et al., 1987; WIENEKE, 1990; HORST et al., 1993).



L1	$\hat{Y} = -0,200309 + 1,42514^{**}\sqrt{X} - 0,0398791^{**} X$	$R^2 = 0,747$
L2	$\hat{Y} = 0,122650 + 1,66961^{**}\sqrt{X} - 0,0478671^{**} X$	$R^2 = 0,861$
L3	$\hat{Y} = 0,0663080 + 1,77473^{**}\sqrt{X} - 0,0503400^{**} X$	$R^2 = 0,847$
L4	$\hat{Y} = 0,226330 + 1,63420^{**}\sqrt{X} - 0,0483697^{**} X$	$R^2 = 0,875$
L5	$\hat{Y} = 0,704037 + 2,07921^{**}\sqrt{X} - 0,0625809^{*} X$	$R^2 = 0,818$
L6	$\hat{Y} = -0,0421667 + 1,73600^{**}\sqrt{X} - 0,0489257^{**} X$	$R^2 = 0,866$
L7	$\hat{Y} = 0,134698 + 1,74609^{**}\sqrt{X} - 0,0490841^{**} X$	$R^2 = 0,838$
L8	$\hat{Y} = 0,391562 + 2,07978^{**}\sqrt{X} - 0,0629941^{**} X$	$R^2 = 0,787$
L9	$\hat{Y} = 0,698919 + 1,19166^{**}\sqrt{X} - 0,0652872 X$	$R^2 = 0,827$
L10	$\hat{Y} = 0,549783 + 2,76412^{**}\sqrt{X} - 0,0799651^{**} X$	$R^2 = 0,888$

Figura 18 - Eficiência de utilização do fósforo da parte aérea para a produção de matéria seca de fruto (EUFRPA) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

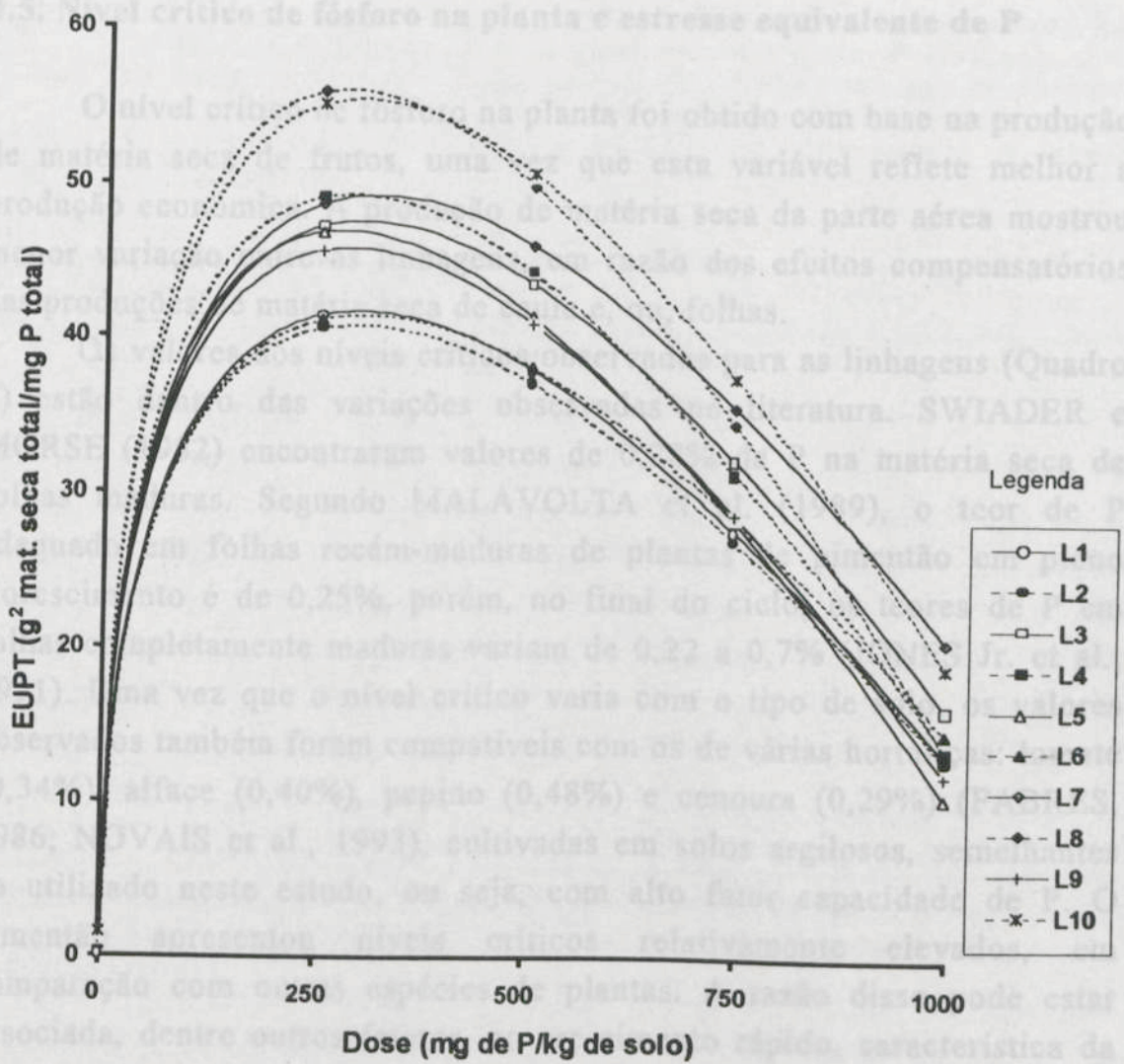


L1	$\hat{Y} = 0,106750 + 4,48879^{**}\sqrt{X} - 0,130876^{**} X$	$R^2 = 0,837$
L2	$\hat{Y} = 0,736801 + 4,38232^{**}\sqrt{X} - 0,129269^{**} X$	$R^2 = 0,852$
L3	$\hat{Y} = 0,533463 + 4,56095^{**}\sqrt{X} - 0,131400^{**} X$	$R^2 = 0,858$
L4	$\hat{Y} = 1,06197 + 5,26870^{**}\sqrt{X} - 0,156537^{**} X$	$R^2 = 0,882$
L5	$\hat{Y} = 1,70888 + 5,02376^{**}\sqrt{X} - 0,151953^{**} X$	$R^2 = 0,810$
L6	$\hat{Y} = 0,554535 + 4,30306^{**}\sqrt{X} - 0,123941^{**} X$	$R^2 = 0,922$
L7	$\hat{Y} = 0,765076 + 5,08812^{**}\sqrt{X} - 0,144268^{**} X$	$R^2 = 0,894$
L8	$\hat{Y} = 1,14993 + 6,28622^{**}\sqrt{X} - 0,189533^{**} X$	$R^2 = 0,855$
L9	$\hat{Y} = 1,18828 + 4,95538^{**}\sqrt{X} - 0,147690^{**} X$	$R^2 = 0,867$
L10	$\hat{Y} = 1,45279 + 6,17177^{**}\sqrt{X} - 0,180002^{**} X$	$R^2 = 0,876$

Figura 19 - Eficiência de utilização do fósforo na parte aérea (EUPPA) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

Quanto à eficiência de utilização total de fósforo (Figura 20), ou seja, a produção de matéria seca total por unidade de fósforo total absorvido (EUPT), as linhagens apresentaram comportamentos similares ao da EUPPA. A EUPT máxima para todas as linhagens também ocorreu em torno de 300 mg de P/kg de solo. Acima dessa dose, com o aumento do fornecimento de P, ocorreu redução na EUPT, decorrente da elevada absorção de P, acompanhada de pouco incremento na matéria seca total (Figura 11). Reduções na EUPT e aumento da disponibilidade de P foram constatados em genótipos de arroz (FAGERIA et al., 1988) resultantes do aumento na absorção de fósforo e da menor produção de matéria seca total por unidade de P absorvido. Novamente, as linhagens L8 e L10 foram as mais eficientes nas doses de 250 e 500 mg de P/kg de solo, com poucas diferenças entre si. A maior produção de matéria seca de raízes e caule da L8 compensou a menor produção de matéria seca de frutos em relação à da L10. Nas doses mais elevadas de P (750 - 1.000 mg de P/kg de solo), além da L10, a L7 apresentou, também, alta eficiência, graças à alta responsividade desta linhagem à adubação fosfatada e ao fato de ter apresentado alta produção de matéria seca total (Figura 11), com elevadas doses de P, ou seja, o aumento da produção, mesmo com elevado conteúdo de P absorvido, foi maior em relação ao das demais linhagens. Novamente, as linhagens L1, L2 e L4 foram as menos eficientes, podendo as demais linhagens ser consideradas de eficiência intermediária. Dentre estas, a L3 apresentou aumento na EUPT comparado com o da EUPPA, o qual pode ser atribuído à contribuição da alta produção de matéria seca de raiz (Figura 5).

Com base nos vários índices de eficiência estudados, a maior eficiência nutricional para fósforo seria devida mais à eficiência de utilização do elemento do que à eficiência de absorção e translocação, uma vez que estas duas últimas mostraram menores variações entre as linhagens, principalmente a eficiência de translocação. Observaram-se, entretanto, comportamentos similares entre as linhagens para EUFRFO, EUPAFO e EUTFO e para EUFRPA, EUPPA e EUPT. A linhagem L10 destacou-se por apresentar alta eficiência para todos os índices estudados, exceto para a eficiência de enraizamento. As linhagens L8 e L7 mostraram bom desempenho, sendo a primeira nas menores doses de P (250 e 500 mg/kg) e a segunda nas maiores (750 e 1.000 mg/kg). Já as linhagens L1 e L2 mostraram-se menos eficientes para a maioria dos índices estudados, enquanto as demais linhagens podem ser consideradas intermediárias entre os dois grupos de linhagens citados. Tais resultados reforçam a possibilidade de variabilidade entre as linhagens, principalmente para a eficiência de utilização de P.



L1	$\hat{Y} = 0,200516 + 4,80673^{**}\sqrt{X} - 0,139247^{**} X$	$R^2 = 0,855$
L2	$\hat{Y} = 0,786697 + 4,65981^{**}\sqrt{X} - 0,135499^{**} X$	$R^2 = 0,856$
L3	$\hat{Y} = 0,793106 + 5,37968^{**}\sqrt{X} - 0,154881^{**} X$	$R^2 = 0,877$
L4	$\hat{Y} = 1,16614 + 5,67717^{**}\sqrt{X} - 0,167368^{**} X$	$R^2 = 0,893$
L5	$\hat{Y} = 1,73573 + 5,42356^{**}\sqrt{X} - 0,162949^{**} X$	$R^2 = 0,825$
L6	$\hat{Y} = 0,720383 + 4,67893^{**}\sqrt{X} - 0,134180^{**} X$	$R^2 = 0,926$
L7	$\hat{Y} = 0,830917 + 5,42126^{**}\sqrt{X} - 0,151874^{**} X$	$R^2 = 0,906$
L8	$\hat{Y} = 1,14809 + 6,54435^{**}\sqrt{X} - 0,194885^{**} X$	$R^2 = 0,873$
L9	$\hat{Y} = 1,15936 + 5,28393^{**}\sqrt{X} - 0,156522^{**} X$	$R^2 = 0,882$
L10	$\hat{Y} = 1,49458 + 6,23563^{**}\sqrt{X} - 0,180071^{**} X$	$R^2 = 0,878$

Figura 20 - Eficiência de utilização do fósforo total (EUP) de 10 linhagens de pimentão, em cinco doses de fósforo.

#### 4.5. Nível crítico de fósforo na planta e estresse equivalente de P

O nível crítico de fósforo na planta foi obtido com base na produção de matéria seca de frutos, uma vez que esta variável reflete melhor a produção econômica. A produção de matéria seca da parte aérea mostrou menor variação entre as linhagens, em razão dos efeitos compensatórios das produções de matéria seca de caule e, ou, folhas.

Os valores dos níveis críticos observados para as linhagens (Quadro 8) estão dentro das variações observadas na literatura. SWIADER e MORSE (1982) encontraram valores de 0,28% de P na matéria seca de folhas maduras. Segundo MALAVOLTA et al. (1989), o teor de P adequado em folhas recém-maduras de plantas de pimentão em pleno florescimento é de 0,25%, porém, no final do ciclo, os teores de P em folhas completamente maduras variam de 0,22 a 0,7% (JONES Jr. et al., 1991). Uma vez que o nível crítico varia com o tipo de solo, os valores observados também foram compatíveis com os de várias hortaliças: tomate (0,34%), alface (0,40%), pepino (0,48%) e cenoura (0,29%) (FABRES, 1986; NOVAIS et al., 1993), cultivadas em solos argilosos, semelhantes ao utilizado neste estudo, ou seja, com alto fator capacidade de P. O pimentão apresentou níveis críticos relativamente elevados, em comparação com outras espécies de plantas. A razão disso pode estar associada, dentre outros fatores, ao crescimento rápido, característica da maioria das olerícolas.

O nível crítico de fósforo na planta é fortemente afetado pelo fator capacidade de P no solo (MUNIZ et al., 1985; FABRES et al., 1986; PEREIRA, 1992; NOVAIS et al., 1993; CARVALHO et al., 1995). Nesse sentido, é de se esperarem valores superiores aos observados neste estudo para solos com menor fator capacidade de fósforo, por estarem incluídas maiores quantidades de fósforo de reserva em sua estimativa (BIELESKI, 1973).

As linhagens L1, L3, L5 e L7 não atingiram o ponto de máxima produção, o que indica que as doses de P utilizadas neste estudo não foram suficientes para suprir a demanda, enquanto as demais linhagens atingiram esse ponto, significando que a absorção do elemento excedeu a demanda para o crescimento. Segundo BIELESKI e FERGUSON (1983), quando a concentração do Pi no citoplasma ultrapassa as necessidades metabólicas, este é armazenado no vacúolo, constituindo o "pool" não-metabólico.

Quadro 8 - Estimativas de 90% da produção máxima de matéria seca de fruto (90%  $P_{r\text{máx}}$ ) e respectivas doses de P ( $DP_{r90}$ ), dos níveis críticos de P nas plantas (NC), do conteúdo de fósforo nas folhas (CPFO) e do coeficiente e índice de eficiência de utilização de P (CUPC e EUPC, respectivamente) no nível crítico

Linhasgens	90% $P_{r\text{máx}}$ -- g --	$DP_{r90}$ - mg/kg -	NC - dag/kg -	CPFO mg/planta	EUPC $g^2/mg P_{\text{foliar}}$	CUPC $g/mg P_{\text{foliar}}$
L <sub>1</sub>	26,15	527,06	0,328 <sup>1/</sup>	27,83	24,57	0,94
L <sub>2</sub>	26,80	440,79	0,364	25,99	27,63	1,03
L <sub>3</sub>	30,55	530,91	0,369 <sup>1/</sup>	31,48	26,65	0,97
L <sub>4</sub>	26,51	410,95	0,289	30,73	22,87	0,86
L <sub>5</sub>	29,11	509,84	0,356 <sup>1/</sup>	23,98	35,34	1,21
L <sub>6</sub>	29,73	424,21	0,406	26,96	32,78	1,10
L <sub>7</sub>	32,73	667,98	0,360 <sup>1/</sup>	32,51	32,95	1,01
L <sub>8</sub>	27,02	239,19	0,236	20,72	35,23	1,30
L <sub>9</sub>	27,51	323,99	0,312	23,29	32,45	1,18
L <sub>10</sub>	36,06	463,24	0,397	28,47	45,67	1,27

1/ Níveis críticos estimados com as doses de P que proporcionaram 90% da produção obtida na maior dose de P adicionada, uma vez que essas linhasgens não apresentaram pontos de máxima produção.

Nas linhasgens estudadas, verificou-se que os níveis críticos de P variaram de 0,236 a 0,406%. Estes valores foram observados para as linhasgens L8 e L6, respectivamente, mostrando uma grande divergência entre elas, quanto ao requerimento de P interno, para atingirem 90% de produção máxima de matéria seca de fruto. Também, observou-se que não houve estreita relação entre o nível crítico de P na planta e o requerimento de P externo, pois nem sempre as linhasgens com menores níveis críticos apresentaram menor requerimento de P externo. Fato semelhante foi verificado em diversas olerícolas por FÖHSE et al. (1988).

Comparando as diferenças entre as linhasgens para produção de 90% de matéria seca de frutos e os níveis críticos de P na planta, constataram-se variações de 9,91 g e 0,17 dag/kg, respectivamente, o que indica diferenças na eficiência de absorção e utilização de P no metabolismo e crescimento entre as linhasgens.

Quanto à eficiência de utilização do fósforo no nível crítico (EUPC) (Quadro 8), a L10 apresentou a maior eficiência em razão, principalmente, da elevada produção de matéria seca de fruto. Por sua vez, as linhagens menos eficientes foram, em ordem decrescente: L2, L3, L1 e L4, em virtude, principalmente, da baixa produção de matéria seca de fruto para as linhagens L1, L2 e L4, enquanto para L3 tal fato foi decorrente, principalmente, do elevado conteúdo de P nas folhas. As demais linhagens apresentaram eficiências intermediárias. Com base no coeficiente de utilização de P no nível crítico (CUPC) (Quadro 8), observou-se menor variabilidade entre as linhagens. A mais eficiente foi a L8, seguida da L10, enquanto as menos eficientes foram, em ordem decrescente, L6, L2, L7, L3, L1 e L4. As linhagens L5 e L9 apresentaram eficiências intermediárias. A diferença de comportamento observada entre as linhagens quanto ao CUPC, em relação à EUPC, deveu-se ao fato de que a fórmula usada para estimar a EUPC levou em conta a eficiência de utilização do nutriente e o crescimento da planta (SIDDIQI e GLASS, 1981), evitando incorrer no erro de selecionar uma linhagem com alta eficiência de utilização e baixa produção de matéria seca. A L8, que embora tenha produzido 9,04 g a menos de matéria seca de fruto que a L10, foi mais eficiente na utilização de P quando se utilizou o CUPC, mostrando que nessas condições o EUPC foi mais eficiente em relacionar a matéria seca produzida por unidade de P na folha e mais efetivo em discriminar as linhagens. Em estudos comparativos entre variedades de trevo e leucena, verificou-se que o índice de eficiência foi mais efetivo que o coeficiente para discriminar variedades quanto à eficiência de utilização do P (GOURLEY et al., 1993).

No estresse equivalente de P (EEP), dado como a dose de P correspondente a 50% da produção máxima (Quadro 9), observou-se uma variação de 5,51 g na produção de matéria seca de fruto entre as linhagens L1 e L10. Também, não foi detectada nenhuma relação entre a produção de matéria seca de fruto e o requerimento de P externo, indicando que nessa condição há diferenças tanto na aquisição como na utilização de P. Do mesmo modo que na condição crítica, obtiveram-se os coeficientes e índices de eficiência no estresse equivalente de P (Quadro 9). Na condição de EEP, a linhagem mais eficiente foi a L8,

seguida da L10. A maior eficiência de utilização do P pela L8 deveu-se ao baixo conteúdo de P apresentado na folha, uma vez que a quantidade de matéria seca de fruto pouco variou entre todas as linhagens. As linhagens menos eficientes foram, em ordem decrescente: L6, L9, L1 e L2, sendo as duas últimas também as menos eficientes no nível crítico. As demais linhagens apresentaram eficiências intermediárias. Com base no coeficiente de utilização de P (CUP), somente a L8 exibiu alta eficiência, e, com exceção das linhagens L10 e L5, que apresentaram eficiências intermediárias, as demais foram consideradas de baixa eficiência. Assim, novamente a EUP mostrou-se mais efetiva para discriminar as linhagens do que o CUP. Portanto, no nível crítico de P, a L10 foi a mais eficiente na utilização deste elemento para produção de matéria seca de fruto (Quadro 8), bem como em todas as doses de P aplicadas no solo (Figura 8), embora não tenha apresentado boas características comerciais de fruto, refletidas pelo baixo peso médio (Figura 3), em razão do elevado número de frutos produzidos (Quadro 4). Entretanto, no estresse equivalente de fósforo (EEP), a L8 foi mais eficiente que a L10, indicando que, em condições de limitada disponibilidade de P, a L8 utiliza melhor o fósforo. Já as linhagens L5, L6, L7 e L9 apresentaram eficiências intermediárias na utilização de P no nível crítico, entretanto, sob estresse equivalente deste elemento, somente as linhagens L5 e L7 se mantiveram com a mesma eficiência e as linhagens L6 e L9 apresentaram baixa eficiência. As linhagens L1, L2 e L3 foram pouco eficientes em ambas as condições de suprimento de P, porém a L2 apresentou boas características comerciais de fruto. A L4, embora tenha exibido baixa eficiência na utilização de P no nível crítico, mostrou eficiência intermediária sob estresse equivalente do elemento e foi a linhagem com maior peso médio de fruto (Figura 3). Assim, constatou-se a existência de diversidade entre as linhagens estudadas quanto à eficiência de utilização do P no metabolismo e no crescimento, em função da disponibilidade de P no solo, sendo possível a exploração dessa variabilidade em programa de melhoramento genético.

Quadro 9 - Estimativas de 50% da produção máxima de matéria seca de fruto (50%  $P_{r\text{máx.}}$ ) e respectivas doses de P ( $DP_{r50}$ ), do conteúdo de fósforo nas folhas (CPFO) e do coeficiente e índice de eficiência de utilização de P (CUP e EUP, respectivamente) no estresse equivalente de fósforo (EEP)

Linhasgens	50% $P_{r\text{máx.}}$	$DP_{r50}$	CPFO	EUP	CUP
	-- g --	- mg/kg -	mg/planta	$g^2/mg P_{\text{foliar}}$	$g/mg P_{\text{foliar}}$
L <sub>1</sub>	14,52	98,35	12,32	17,11	1,18
L <sub>2</sub>	14,89	79,90	13,98	15,86	1,06
L <sub>3</sub>	16,97	96,93	13,09	22,00	1,30
L <sub>4</sub>	14,73	74,69	6,68	32,48	2,20
L <sub>5</sub>	16,17	91,72	5,27	49,61	3,07
L <sub>6</sub>	16,51	78,15	13,80	19,75	1,20
L <sub>7</sub>	18,18	134,93	10,51	31,44	1,73
L <sub>8</sub>	15,01	42,43	2,99	75,35	5,02
L <sub>9</sub>	15,28	57,56	12,77	18,28	1,20
L <sub>10</sub>	20,03	83,83	7,19	55,80	2,78

#### 4.6. Análise multivariada

Como mostrado no Quadro 9, agruparam-se as linhagens de pimentão, pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis, em quatro doses de P aplicadas no solo.

Na dose de 250 mg de P/kg de solo, obtiveram-se cinco grupos de genótipos, enquanto as demais doses apresentaram quatro grupos. Assim, a dose de 250 mg de P/kg de solo pode ser considerada como a indicada para estudos genéticos da eficiência nutricional de P. De acordo com os resultados obtidos por meio das análises de regressão, em torno dessa dose ocorreram as maiores produções, bem como as maiores eficiências dos índices estudados para a maioria das linhagens.

Observou-se que, na dose de 250 mg de P/kg de solo, as linhagens L8 e L10 formaram grupos distintos das demais (Quadro 10), destacando-se também pelas maiores produções obtidas em relação às outras linhagens, por intermédio das análises de regressão.

Quadro 10 - Agrupamento de linhagens de pimentão submetidas a quatro doses de fósforo no solo (mg de P/kg), pelo método de Tocher, com base na distância generalizada de Mahalanobis

Grupo	Linhagens			
	Doses de P (mg/kg de solo)			
	250	500	750	1.000
1	5, 9, 7, 1	5, 6, 2, 9, 3, 7, 1	2, 5, 1, 6, 9, 7, 4	1, 5, 9, 3
2	2, 4	10	3	2, 6, 4
3	3, 6	8	8	7, 8
4	8	4	10	10
5	10			

Constatou-se que na dose de 250 mg de P/kg de solo a produção de matéria seca da parte aérea foi o caráter que mais contribuiu para as divergências (Quadro 11), podendo ser utilizado como parâmetro para avaliação de genótipos em estudos genéticos. Os caracteres altura de planta, peso médio de fruto e eficiência de translocação de P foram os que apresentaram as menores contribuições para a divergência genética, sendo, portanto, dispensáveis a sua avaliação em estudos futuros. Segundo CRUZ e REGAZZI (1994), caracteres dispensáveis em estudos de divergência genética são aqueles invariantes entre os genótipos estudados e, ou, reduntantes, por serem correlacionados com outros caracteres.

Assim, conclui-se que existem diferenças na eficiência nutricional de P entre as 10 linhagens de pimentão estudadas, o que pode ser atribuído, principalmente, à eficiência de utilização do P no metabolismo e crescimento da planta; e que ambos os métodos de análise estatística utilizados foram efetivos na discriminação das linhagens e na detecção da dose de P ideal para estudos genéticos.

Quadro 11 - Contribuição relativa (S.j) dos caracteres matéria seca de raiz (MSR), matéria seca de caule (MSC), matéria seca de folha (MSFO), matéria seca de fruto (MSFR), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST), relação raiz/parte aérea (R/PA), peso médio de fruto (PMFR), altura da planta (AP), eficiência de translocação do fósforo (ETP), eficiência de utilização do fósforo na parte aérea (EUPPA) e total (EUPT), eficiência de utilização do fósforo foliar para produção de matéria seca de parte aérea (EUPAFO) e matéria seca total (EUTFO) e eficiência de utilização do fósforo da parte aérea para produção de matéria seca de fruto (EUFSPA)

Carac- teres	Doses de P (mg/kg de solo)							
	250		500		750		1.000	
	S.j	%	S.j	%	S.j	%	S.j	%
MSR	474,33	7,29	627,67	6,20	5734,12	15,96	158,53	0,46
MSC	424,16	6,52	573,88	5,67	994,53	2,76	6356,13	18,77
MSFO	255,71	3,93	2527,93	24,99	387,96	1,08	354,02	1,04
MSFR	481,86	7,41	988,06	9,76	592,93	1,65	2131,76	6,29
MSPA	1534,55	23,59	1182,61	11,69	600,78	1,67	5103,26	15,07
MST	95,29	1,46	248,59	2,45	1357,28	3,77	8772,14	25,91
R/PA	99,76	1,53	431,00	4,26	3082,43	8,58	276,18	0,81
PMFR	314,11	4,83	88,09	0,87	285,39	0,79	978,93	2,89
AP	13,51	0,20	58,80	0,58	146,02	0,40	134,21	0,39
ETP	12,08	0,18	555,37	5,49	23,96	0,06	264,47	0,78
EUPPA	477,03	7,33	119,37	1,18	5789,32	16,12	299,41	0,88
EUPT	231,66	3,56	468,45	4,63	2921,28	8,13	337,21	0,99
EUPAFO	1232,83	18,95	327,38	3,23	7714,19	21,48	3793,53	11,20
EUTFO	525,99	8,08	826,82	8,17	6149,85	17,12	3686,49	10,88
EUFSPA	329,40	5,06	1090,48	10,78	131,69	0,36	1209,05	3,57

De modo geral, as linhagens L1 e L2 foram as menos eficientes, entretanto podem ser utilizadas em estudo de herança de eficiência para P como progenitores ineficientes, enquanto a L3, L4, L5 e L6 apresentaram eficiências intermediárias.

Dentre as doses de P aplicadas no solo, a dose de 250 mg de P/kg de solo mostrou ser a mais adequada para estudos genéticos, pois nessa dose ocorreu maior divergência genética entre as linhagens e a produção de matéria seca da parte aérea pode ser utilizada como critério de seleção na avaliação de eficiência para P em pimentão. Seria de grande importância em estudos futuros conhecer a população adulta juvenil para este caráter, pois a existência de um teste genético simplificado e precoce de seleção, que poderia ser feito em fase juvenil, e conseqüentemente um maior número de genótipos poderia ser avaliado num curto espaço de tempo.

Devem também ser conduzidos estudos com doses abaixo de 250 mg de P/kg de solo, para que seja possível estudar o comportamento das linhagens na condição de excesso de P, bem como devem ser utilizadas doses

Foram avaliadas 10 linhagens de pimentão quanto às exigências e eficiências nutricionais para fósforo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em solo. Os tratamentos foram distribuídos em arranjo fatorial  $(10 \times 5) \times 4$ , constituído de dez linhagens, cinco doses de P (0, 250, 500, 750 e 1.000 mg de P/kg de solo) e quatro repetições, em delineamento de blocos casualizados.

Os resultados indicaram a existência de variabilidade genética entre as linhagens de pimentão testadas quanto às exigências e eficiências nutricionais para fósforo, atribuídas principalmente às diferenças na eficiência de utilização de P.

Dentre as linhagens estudadas, a L7, L8 e L10 foram as mais promissoras. A L8 apresentou bom desempenho nas menores doses de P, podendo ser utilizada como fonte de eficiência para P, visando à obtenção de genótipos menos exigentes em adubos fosfatados. Já a L7 apresentou bom desempenho em doses elevadas de P, podendo ser utilizada em estudos visando ao conhecimento da tolerância ao excesso de P, enquanto a L10 mostrou bom desempenho em todas as doses de P aplicadas no solo, embora tenha apresentado características comerciais de frutos indesejáveis.

De modo geral, as linhagens L1 e L2 foram as menos eficientes, entretanto podem ser utilizadas em estudo da herança da eficiência para P como progenitores ineficientes, enquanto a L3, L4, L5 e L6 apresentaram eficiências intermediárias.

Dentre as doses de P aplicadas no solo, a dose de 250 mg de P/kg de solo mostrou ser a mais adequada para estudos genéticos, pois nessa dose ocorreu maior divergência genética entre as linhagens e a produção de matéria seca da parte aérea pode ser utilizada como critério de seleção na avaliação da eficiência para P em pimentão. Seria de grande importância em estudos futuros conhecer a correlação adulto-juvenil para este caráter, pois a existência desta correlação facilitaria o processo de seleção, que poderia ser feito em fase juvenil, e conseqüentemente um maior número de genótipos poderia ser avaliado num curto espaço de tempo.

Devem também ser conduzidos estudos com doses abaixo de 250 mg de P/kg de solo, para que seja possível estudar o comportamento das linhagens na condição de estresse de P, bem como devem ser utilizadas doses acima de 1.000 mg de P/kg de solo, uma vez que esta não foi suficiente para suprir a demanda de algumas linhagens.

novas variedades lançadas no mercado sejam cada vez mais exigentes em fertilizantes. Conseqüentemente, este fato promove aumento no custo de produção e poluição ambiental, além de contribuir para a redução dos recursos naturais que originam a maioria dos insumos.

Assim, tem-se intensificado a busca de novas variedades que possibilitem a obtenção de alimentos com menor custo de produção, e uma alternativa seria o desenvolvimento de genótipos adaptados às condições adversas de fertilidade do solo, por meio de melhoramento genético.

Em se tratando de pimentão, existem numerosas evidências de variabilidade genética em várias espécies de plantas, quanto a absorção, acúmulo e uso deste elemento, podendo ser exploradas em programas de melhoramento. Entretanto, o avanço nesta área só poderá ser alcançado com a elucidação dos mecanismos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos responsáveis por essas variações genotípicas, como também pela busca de novas metodologias de seleção para eficiência.

Além disso, a falta de uma definição clara do que significa o nutriente tem levado a variações na classificação de espécies ou cultivares. Idealmente, plantas mais eficientes no aproveitamento de P são aquelas que sob condições adversas mantêm níveis

adversa, consegue observar, translocar, acumular e utilizar mais e melhor o P para produção biológica e, ou, econômica.

A genética aplicada na nutrição mineral de plantas é uma área de pesquisa relativamente nova e tem aplicações significativas na agricultura, entretanto, para seu progresso, são necessários trabalhos de pesquisas em conjunto, envolvendo especialistas nas áreas de solos e nutrição de plantas, fisiologistas e geneticistas.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os programas de melhoramento genético têm sido conduzidos em condições ótimas ou supra-ótimas de fertilização, fazendo com que as novas variedades lançadas no mercado sejam cada vez mais exigentes em fertilizantes. Conseqüentemente, este fato promove aumento no custo de produção e poluição ambiental, além de contribuir para a redução dos recursos naturais que originam a maioria dos insumos.

Assim, tem-se intensificado a busca de novas tecnologias que possibilitem a obtenção de alimentos com menor custo de produção, e uma alternativa seria o aproveitamento do potencial adaptativo de genótipos às condições adversas de fertilidade do solo, por meio do melhoramento genético.

Em se tratando do fósforo, existem numerosas evidências de variabilidade genética em várias espécies de plantas, quanto a absorção, acúmulo e uso deste elemento, podendo ser exploradas em programas de melhoramento. Entretanto, o avanço nesta área de pesquisa será alcançado com a elucidação dos mecanismos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos responsáveis por essas variações genotípicas, como também pela busca de novas metodologias de seleção mais efetivas.

Além disso, a falta de uma definição clara do uso eficiente do nutriente tem levado a variações na classificação de espécies ou cultivares. Idealmente, plantas mais eficientes no aproveitamento de P são aquelas que, sob determinada condição nutricional, normal ou

adversa, conseguem absorver, translocar, acumular e utilizar mais e melhor o P para produção biológica e, ou, econômica.

A genética aplicada na nutrição mineral de plantas é uma área de pesquisa relativamente nova e tem aplicações significativas na agricultura, entretanto, para seu progresso, são necessários trabalhos de pesquisas em conjunto, envolvendo especialistas nas áreas de solos e nutrição de plantas, fisiologistas e geneticistas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADU-GYAMPI, J.J., FUJITA, K., OTAGA, S. Phosphorus fractions in relation to growth in Pigeon Pea (*Cajanus cajan* sp (L.) Mill) at various levels of P supply. *Soil Sci. Plant Nutr.*, v.36, p.521-47, 1990.

AE, N., ARIHARA, I., OKADA, K., et al. The role of piscidic acid secreted by pigeonpea roots grows in an acidic with low-P fertility. In: RANDALL, P.J., DELHAIZE, E., RICHARDS, R.A., et al. (Eds.), Genetic aspects of plant mineral nutrition. Netherlands: Kluwer Academic, 1993. p.279-88.

ALVAREZ V., V.H., NOVAIS, R.F., BRAGA, J.M., et al. Análise de fertilidade do solo. Metodologia. In: SIMPÓSIO DA PESQUISA NA UFV, I, 1988. Viçosa, MG. Resumos... Viçosa, MG: UFV, 1988. p.68-69.

ALVES, V.M.C., VASCONCELLOS, C.A., PITTA, O.V.E., MAGNAVACA, R. Seleção de genótipos de milho para eficiência a fósforo. *Pesq. Agrop. Braz.*, v.23, n. 19, p.1083-90, 1988.

BAAS, R., BEUSICHEM, M.L. van. Genetic differentiation in *Phaseolus major* L. in growth and P uptake under conditions of P limitation. *Plant and Soil*, v.123, p.183-92, 1990.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAILLIAN, L., McKEAND, S.E., ALLEN, H.L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. *Forest Sci.*, v.37, n.2, p.613-26, 1991.
- BARBER, S.A. Diffusion and mass-flow concept of soil nutrient availability. *Soil Sci.*, v.75, p.39-49, 1962.
- BARBER, S.A. Mecanismos de absorção de fósforo sob condições de estresse ambiental. In: *Simpósio Internacional sobre Estresse Ambiental: o milho em perspectiva*. Belo Horizonte, MG. Resumos... 1992. EMBRAPA, Brasília, DF. *Biologia Vegetal*, 1992, p.28-29.
- BAR-YOSEF, B. Root excretions and their environmental effects: influence on availability of phosphorus. In: WAISEL, Y., ESHEL, A., KAFKAFI, U. (Eds.). *Plant roots the hidden half*. New York: Marcel Dekker, 1985, p.116-30, 1977.
- ADU-GYAMFI, J.J., FUJITA, K., OTAGA, S. Phosphorus fractions in relation to growth in Pigeon Pea (*Cajanus cajan* sp (L.) Mill) at various levels of P supply. *Soil Sci. Plant Nutr.*, v.36, p.531-43, 1990.
- AE, N., ARIHARA, J., OKADA, K., et al. The role of piscidic acid secreted by pigeonpea roots grown in an alfisol with low-P fertility. In: RANDALL, P.J., DELHAIZE, E., RICHARDS, R.A., et al. (Eds.). **Genetic aspects of plant mineral nutrition**. Netherlands: Kluwer Academic, 1993. p.279-88.
- ALVAREZ V., V.H., NOVAIS, R.F., BRAGA, J.M., et al. Avaliação de fertilidade do solo. Metodologia. In: *SIMPÓSIO DA PESQUISA NA UFV*, 1, 1988. Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa, MG: UFV, 1988. p.68-69.
- ALVES, V.M.C., VASCONCELLOS, C.A., PITTA, G.V.E., MAGNAVACA, R. Seleção de genótipos de milho para eficiência a fósforo. *Pesq. Agrop. Bras.*, v.23, n.10, p.1083-90, 1988.
- BAAS, R., BEUSICHEM, M.L. van. Genetic differentiation in *Plantago major* L. in growth and P uptake under conditions of P limitation. *Plant and Soil*, v.123, p.185-92, 1990.

- BAILIAN, L., McKEAND, S.E., ALLEN, H.L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of lobeolly pine seedlings. *Forest Sci.*, v.37, n.2, p.613-26, 1991.
- BARBER, S.A. Diffusion and mass-flow concept of soil nutrient availability. *Soil Sci.*, v.93, p.39-49, 1962.
- BARBER, S.A. Mecanismos de absorção de fósforo sob condições de estresse ambiental. In: Simpósio Internacional sobre Estresse Ambiental: o milho em perspectiva. Belo Horizonte, MG. **Resumos...** 1992: EMBRAPA-CNPMS. Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 1992. p.28-29.
- BAR-YOSEF, B. Root excretions and their enviromental effects: Influence on availability of phosphorus. In: WAISEL, Y., ESHEL, A., KAFKAFI, U. (Eds.). **Plant roots the hidden half**. New York: Marcel Dekker, 1991. p.529-57.
- BATES, T.E. Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: A review. *Soil Sci.*, v.112, n.2, p.116-30, 1971.
- BIELESKI, R.L. Phosphate pools, phosphate transport, and phosphate availability. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, v.24, p.225-52, 1973.
- BIELESKI, R.L., FERGUSON, I.B. Physiology and metabolism of phosphate and its compounds. In: LÄUCHLI, A., BIELESKI, R.L. (Eds.). **Inorganic plant nutrition**. Encyclopedia of Plant Physiology, vol. 15 A. Berlin: Springer-Verlag, 1983. p.422-49.
- BOUTIN, J.P., PROVOT, M., ROUX, L. Effect of cycloheximide and renewal of phosphorus supply on surface acid phosphatase activity of phosphorus deficient tomato roots. *Physiol. Plant*, v.51, p.353-60, 1981.
- BRAGA, J.M., DEFELIPO, B.V. Determinações espectrofotométricas de fósforo em extratos de solos e material vegetal. *R. Ceres*, v.21, p.73-85. 1974.

- BRAZ, L.T. Avaliação de caracteres agronômicos e qualitativos de três cultivares de pimentão (*Capsicum annuum* L.) e da heterose em seus híbridos F1. Viçosa, MG. 75p. Dissertação (Mestrado em genética e melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, 1982.
- BURAUDEL, P., WIENEKE, J., FÜHR, F. Carbohydrate status in roots of two soybean cultivars: a possible parameter to explain different efficiencies concerning phosphate uptake. *Plant and soil*, v.123, p.169-174, 1990.
- BUSO, G.S.C., BLISS, F.A. Variability among lettuce cultivars grown at two levels of available phosphorus. *Plant and soil*, v.111, p.67-73, 1988.
- CAMBRAIA, J., CASALI, V.W.D., BRUNE, W., et al. Vitamina C em pimentas e pimentões. *R. Ceres*, v.18, n.97, p.177-94, 1971.
- CARVALHO, A.M., FAGERIA, N.K., OLIVEIRA, I.P., et al. Resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo em solos dos cerrados. *R. Bras. Ci. Solo*, v.19, p.61-7, 1995.
- CHAPIN, F.S. The mineral nutrition of wild plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, v.11, p.233-60, 1980.
- CHISHOLM, R.H., BLAIR, G.J. Phosphorus efficiency in pasture species. III. Correlations of dry matter accumulation with phosphorus pool sizes and their net transfer rate. *Aust. J. Agric. Res.*, v.39, p.827-36, 1988.
- CHISHOLM, R.H., BLAIR, G.J., BOWDEN, J.W., et al. Improved estimates of "critical" phosphorus concentration from considerations of plant phosphorus chemistry. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, v.12, p.1059-65, 1981.
- CLAASSEN, N., BARBER, S.A. Simulation model for nutrient uptake from soil by a growing plant root system. *Agron. J.*, v.68, p.961-64, 1976.

- CLARK, R.B., BROWN, J.C. Differential phosphorus uptake by phosphorus-stressed can inbreds. *Crops Sci.*, v.14, p.505-8, 1974.
- CLARK, R.B., DUNCAN, R.R. Improvement of plant mineral nutrition through breeding. *Field Crops Res.*, v.27, p.219-40, 1991.
- CLARKSON, D.T. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, v.36, p.77-115, 1985.
- COGLIATTI, D.H., CLARKSON, D.T. Physiological changes in, and phosphate uptake by potato plants during development of, and recovery from phosphate deficiency. *Physiol. Plant*, v.58, p.287-94, 1983.
- COLTMAN, R.R., GERLOFF, G.C., GABELMAN, W.H. Differential tolerance of tomato strains to maintained and deficient levels of phosphorus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, v.110, n.2, p.140-44, 1985.
- COLTMAN, R.R., GERLOFF, G.C., GABELMAN, W.H. Equivalent stress comparisons among tomato strains differentially tolerant to phosphorus deficiency. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, v.111, n.3, p.422-26, 1986.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. 4. Aproximação. Lavras: CFSEMG, 1989. 176p.
- CRUZ, C.D., REGAZZI, A.J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa, MG, UFV, 1994. 390p.
- ELLIOTT, G.C., LÄUCHLI, A. Phosphorus efficiency and phosphate-ion interaction in maize. *Agron. J.*, v.77, p.399-403, 1985.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. EMBRAPA-SNLCS. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1979. n.p.

- FABRES, A.S. Disponibilidade de fósforo em solos e concentrações críticas de diferentes frações de fósforo em plantas de alface cultivadas em amostras de diferentes solos. Viçosa, MG. 39p. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1986.
- FAGERIA, N.K., WHIGHT, R.J., BALIGAR, V.C. Rice cultivar evaluation for phosphorus use efficiency. *Plant and Soil*, v.111, p.105-9, 1988.
- FAWOLE, I., GABELMAN, W.H., GERLOFF, G.C. Genetic control of root development in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under phosphorus stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, v.107, n.1, p.98-100, 1982a.
- FAWOLE, I., GABELMAN, W.H., GERLOFF, G.C., et al. Heritability of efficiency in phosphorus utilization in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under phosphorus stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, v.107, n.1, p.94-7, 1982b.
- FERNANDES, B., SYKES, I.O. Capacidade de campo e retenção de água em três solos de Minas Gerais. *R. Ceres*, v.15, p.1-39, 1968.
- FERNANDES, P.D., HAAG, H.P. Diferenças nutricionais entre as variedades de pimentão (*Capsicum annuum* L.), avelar e ikeda. In: HAAG, H.P., MINAMI, K. (Eds.). *Nutrição mineral de hortaliças*. Campinas: Fundação CARGILL, 1981. p.533-54.
- FERREIRA, R.P. Análises biométricas da tolerancia do arroz (*Oryza sativa* L.) à toxidez de alumínio. Viçosa, MG, 123p. Tese (Doutorado em genética e melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- FÖHSE, D., CLAASSEN, N., JUNGK, A. Phosphorus efficiency of plants. I. External and internal P requirement and P uptake efficiency of different plant species. *Plant and Soil*, v.110, p.101-109, 1988.
- FÖHSE, D., CLAASSEN, N., JUNGK, A. Phosphorus efficiency of plants. II. Significance of root radius, root hairs and cation-anion balance for phosphorus influx in seven plant species. *Plant and Soil*, v.132, p.261-72, 1991.

- FÖHSE, D., JUNGK, A. Influence of phosphate and nitrate supply on root hair formation of rape, spinach and tomato plants. **Plant and Soil**, v.74, p.359-68, 1983.
- FOX, R.H. Selection for phosphorus efficiency in corn. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, v.9, p.13-37, 1978.
- FRITZ, G.F. Mineral nutrition. In: NOGLE, G., FRITZ, G.F. (Ed.). **Introductory plant physiology**. New Jersey: Englew Hood Cliffs, 1976. p.233-71.
- FURLANI, A.M.C., BATAGLIA, O.C., FURLANI, P.R., et al. Avaliação de genótipos de arroz quanto à eficiência na utilização de fósforo em solução nutritiva e em solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.7, p.291-303, 1983.
- FURLANI, A.M.C., BATAGLIA, O.C., LIMA, M. Eficiência de linhagens de milho na absorção e utilização de fósforo em solução nutritiva. **Bragantia**, v.44, n.1, p.129-47, 1985.
- FURLANI, A.M.C., USBERTI FILHO, J.A. Capim-colonião: eficiência na absorção e na utilização de fósforo em solução nutritiva. **Bragantia**, v.49, n.2, p.413-23, 1990.
- GALVÊAS, P.A.O. Características agronômicas de sete cultivares de pimentão (*Capsicum annum* L.) e heterose dos seus híbridos F1. Viçosa, MG. 83p. Dissertação (Mestrado em genética e melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- GERLOFF, G.C. Plant efficiencies in the use of nitrogen phosphorus and potassium. In: WHIGHT, M.J. (Ed.). **Proceedings of workshop on plant adaptation to mineral stress in problem soils**. Beltsville: Maryland, 1976. p.161-73.
- GERLOFF, G.C. Intact-plant screening for tolerance of nutrient-deficiency stress. **Plant and Soil**, v.99, p.3-16, 1987.
- GERLOFF, G.C., GABELMAN, W.H. Genetic basis of inorganic plant nutrition. In: LÄUCHLI, A., BIELESKI, R.L. (Eds.). **Inorganic plant nutrition**. Encyclopedia of Plant Physiology, v. 15 B, Berlin: Springer-Verlag, 1983. p. 453-80.

- GLASS, A.D.M. Physiological mechanisms involved with genotypic differences in ion absorption and utilization. *HortScience*, v.24, n.4, p.559-64, 1989.
- GOURLEY, C.J.P., ALLAN, D.L., RUSSELLE, M.P. Defining phosphorus efficiency in plants. In: BARROW, N.J. (Ed.). **Plant nutrition - from genetic engineering to field practice**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p.363-66.
- GRAHAM, R.D. Breeding for nutritional characteristics in cereals. In: TINKER, P.B., LÄUCHLI, A. (Eds.). **Advances in plant nutrition**, v.1. New York: Praeger Publishers, 1984. p.57-102.
- HAAG, H.P., HOMA, P., KIMOTO, T. Nutrição mineral de hortaliças. V. Absorção de nutrientes pela cultura do pimentão. *O Solo*, v.62, n.2, p.7-11. 1970.
- HALL, A.J. Assimilate source-sink relationships in *Capsicum annum* L. I. The dynamics of growth in fruiting and deflorated plants. *Austr. J. Plant. Physiol.*, v.4, p.623-36, 1977.
- HEDLEY, M.J., NYE, P.H., WHITE, R.E. Plant-induced changes in the rhizosphere of rape (*Brassica napus* var. Esmerald) seedlings. II. Origin of the pH change. *New Phytol.*, v.91, p.31-44, 1982.
- HELAL, H.M. Varietal differences in root phosphatase activity as related to the utilization of organic phosphates. *Plant and Soil*, v.123, p.161-63. 1990.
- HOCHMUTH, G.J., GABELMAN, W.H., GERLOFF, G.C. A gene affecting tomato root morphology. *HortScience*, v.20, p.1099-1101, 1985.
- HOCKING, P.J., STEER, B.T. The distribution and identity of assimilates in tomato with special reference to stem reserves. *Ann. Bot.*, v.73, p.315-25, 1994.
- HORST, W.J., ABDOU, M., WIESLER, F. Genotypic differences in phosphorus efficiency of wheat. In: BARROW, N.J. (Ed.). **Plant nutrition - from genetic engineering to field practice**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1993. p.367-70.

- ISRAEL, D.W., RUFTY Jr., T.W. Influence of phosphorus nutrition on phosphorus and nitrogen utilization efficiencies and associated physiological responses in soybean. *Crop. Sci.*, v.28, p.954-60, 1988.
- JACKSON, M.B. Are plant hormones involved in root to shoot communication? *Ad. Plant Res.*, v.19, p.104-38, 1993.
- JACKSON, M.L. *Analisis quimico de suelos*. 3. ed., Barcelona: OMEGA, 1976. 662p.
- JONES Jr., J.B., WOLF, B., MILLS, H.A. *Plant analysis handbook, a practical sanpling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Athens, Micro-Macro, 1991. 213p.
- KVET, J., ONDOCK, J.P., NECAS, J., et al. Methods of growth analysis. In: SESTAK, Z.J.C., JARVIS, P.G. (Eds.). *Plant photosinthetic production. Manual of methods*. Haia, 1971. p.343-91.
- LONERAGAN, J.F., ASHER, C.J. Response of plants to phosphate concentration in solution culture II. Rate of phosphate absorption and its relation to growth. *Soil Sci.*, v.103, p.311-318. 1967.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafos, 1989. 201p.
- MALUF, W.R., FERREIRA, P.E., MIRANDA, J.E.C. Genetic divergence in tomatoes and its relationship with heterosis in hibrids. *Revista Brasileira de Genética*, v.6, n.3, p.453-60, 1980.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1986. 674p.
- MARTINEZ, H.E.P., NOVAIS, R.F., RODRIGUES, L.A., et al. Comportamento de variedades de soja cultivadas em diferentes doses de fósforo: I. Cinética de absorção de fósforo e ajustes morfológicos da planta. *R. Bras. Ci. Solo*, v.17, p.231-38, 1993a.

- MARTINEZ, H.E.P., NOVAIS, R.F., SACRAMENTO, L.V.S., et al. Comportamento de variedades de soja cultivadas sob diferentes níveis de fósforo. II. Translocação do fósforo absorvido e eficiência nutricional. **R. Bras. Ci. Solo**, v.17, p.239-44, 1993b.
- MILLER, C.H., McCOLLUM, R.E., CLAIMON, S. Relationships between growth of bell peppers (*Capsicum annum* L.) and nutrient accumulation during ontogeny in field environments. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.104, n.6, p.852-7. 1979.
- MORISON, J.I.L., BATTEN, G.D. Regulation of mesophyll photosynthesis in intact wheat leaves by cytoplasmic phosphate concentrations. **Planta**, v.168, p.200-6, 1986.
- MUNIZ, A.S., NOVAIS, R.F., BARROS, N.F., et al. Nível crítico de fósforo na parte aérea da soja como variável do fator capacidade de fósforo no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.9, p.237-43, 1985.
- NEGREIROS, M.Z. Crescimento, partição de matéria seca, produção e acúmulo de macronutrientes de plantas de pimentão (*Capsicum annum* L.) em cultivo podado e com cobertura morta. Viçosa, MG. 187p. Tese (Doutorado em fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- NOVAIS, R.F., NEVES, J.C.L., BARROS, N.F., et al. The influence of the soil phosphate capacity factor on soil and plant phosphorus critical levels of different vegetables. In: FRAGOSO, M.A.C., BEUSICHEM, M.L. van. (Eds.). **Optimization of plant nutrition**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1993. p.73-6.
- OLIVEIRA, I.P., THUNG, M., KLUTHCOUSKI, J., et al. Avaliação de cultivares de feijão quanto à eficiência no uso de fósforo. **Pesq. Agrop. Bras.**, v.22, n.1, p.39-45, 1987.
- OLIVER, A.J., SMITH, S.E., NICHOLAS, D.J.D., et al. Activity of nitrate reductase in *Trifolium subterraneum*: effects of mycorrhizal infection and phosphate nutrition. **New Phytol.**, v.94, p.63-79, 1983.

- PEREIRA, P.R.G. **Eficiência da utilização de frações de fósforo na soja e regulação da colonização micorrízica.** Viçosa, MG. 174p. Tese (Doutorado em solos e nutrição de plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 1992.
- PIMENTEL, A.A.M.P. **Olericultura no trópico úmido: Hortaliças na Amazônia.** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1985. 322p.
- RAJU, P.S., CLARK, R.B., MAITI, R.K., et al. Phosphorus uptake, distribution and use by glossy and nonglossy sorghum. **J. Plant Nutr.**, v.10, p.2017-24, 1987.
- RAO, A.V., PRASAD, A.S.R., SAI KRISHNA, T., et al. Genetic divergence among some brown planthopper resistant rice varieties. **The Ind. J. Genet. Pl. Breed.**, v.41, n.2, p.179-85, 1981.
- RAO, I.M., TERRY, N. Leaf phosphate status photosynthesis, and carbon partitioning in sugar beet. I. Changes in growth, gas exchange, and Calvin cycle enzymes. **Plant Physiol.**, v.90, p.814-19, 1989.
- RAO, R.C. **Advanced statistical methods in biometric research.** New York: John Wiley and Sons, 1952. 390p.
- RODRIGUES, E.T. **Seleção de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) para cultivo com composto orgânico.** Viçosa, MG. 164p. Tese (Doutorado em fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- ROSEN, C.J., KORCAK, R.F. Integrating mineral nutrition and plant breeding: Implications for horticultural crops. Introduction of the colloquium. **HortScience**, v.24, n.4, p.558-9, 1989.
- SÁNCHEZ, P.A. **Suelos del trópico.** San José, Costa Rica. IICA. 1981. 660p.
- SARIC, M.R. Progress since the first international symposium: "Genetic aspects of plant mineral nutrition", Beograd, 1982, and perspectives of future research. **Plant and Soil**, v.99, p.197-209, 1987.

- SCHENK, M.K., BARBER, S.A. Root characteristics of corn genotypes as related to P uptake. *Agron. J.*, v.71, p.921-24, 1979.
- SCHETTINI, T.M., GABELMAN, W.H., GERLOFF, G.C. Incorporation of phosphorus efficiency from exotic germoplasm into agriculturally adapted germoplasm of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant and Soil*, v.99, p.175-84, 1987.
- SCHJORRING, J.K., JENSÉN, P. Phosphorus exports from roots to shoots of barley, buckwheat and rape seedlings with different P status. *Physiol. Plant*, v.70, p.58-64, 1987.
- SCHJORRING, J.K., NIELSEN, N.E. Root length and phosphorus uptake by four barley cultivars grown under moderate deficiency of phosphorus in field experiments. *J. Plant Nutr.*, v.10, n.9-16, p.1289-95, 1987.
- SIDDIQI, M.Y., GLASS, A.D.M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. *J. Plant Nutr.*, v.4, n.3, p.289-302, 1981.
- SILVA, A.E., GABELMAN, W.H. Screening maize inbred lines for tolerance to low-P stress condition. In: RANDALL, P.J., DELHAIZE, E., RICHARDS, R.A., et al. *Genetic aspects of plant mineral nutrition*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1993. p.233-39.
- SILVA, R.F., COUTO, F.A.A., TIGCHELAAR, E., OLIVEIRA, L.M. Efeito de espaçamento e níveis de adubação na produção de sementes de pimentão. *Experimentiae*, v.11, n.8, p.297-317. 1971.
- SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. *The Ind. J. Genet. Plant Breed.*, v.41, p.237-45, 1981.
- SISHIDO, Y., ARAI, K., KUMAKURA, H., YUN, C.J., SEYAMA, N. Effects of developmental stages and topping on photosynthesis translocation and distribution of  $^{14}\text{C}$ -assimilates in tomato plant. *Bull. Nat. Res. Inst. Veg. Ornamen. Plants Tea.*, Série C, v.1, p.35-44, 1990.

- SOMOS, A., TARJANYI, F., JUHASZ, K. The effect of increasing rates and various ratios of NPK fertilizer on the fruit productivity, pigment content and pigment yield of spice capsicum. In: **Hort. Abstr.** England, v.48, n.1, p.54, 1978.
- SWIADER, J.M., MORSE, R.D. Phosphorus solution concentrations for production of tomato, pepper, and eggplant in minesoils. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.107, n.6, p.1149-53, 1982.
- SZABÓ-NAGY, A., OLÁH, Z., ERDEI, L. Phosphatase induction in roots of winter wheat during adaptation to phosphorus deficiency. **Physiol. Plantarum**, v.70, p.544-52, 1987.
- VETTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, EPF, 1969. 24p. (Boletim técnico, 7)
- WHITEAKER, G., GERLOFF, G.C., GABELMAN, W.H., et al. Intraspecific differences in growth of beans at stress levels of phosphorus. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.101, n.4, p.472-75, 1976.
- WIENEKE, J. Phosphorus efficiency and phosphorus remobilization in two sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivars. **Plant and Soil**, v.123, p.139-45, 1990.
- YOSHIOKA, H., TAKAHASHI, K. Studies on translocation and accumulation of photosynthates in fruit vegetables. II. The translocation and distribution of <sup>14</sup>C-photosynthates in tomato plants during reproductive development and effects of topping and shading. **Bull. Veg. Ornam. Crop Res. Stat.**, v.6, p.71-84, 1979.

APÊNDICE

Quadro 1A - Análise de variância da matéria seca de raiz (MSR), matéria seca de caule (MSC), matéria seca de folha (MSF), matéria seca de fruto (MSFR), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST) e relação total parte aérea (RRPA)

FV	GL	Médias Médias						
		MSR	MSC	MSFR	MSTO	MSPA	MST	RRPA
Blocos	5	0,783	5,6085	36,162	6,609	27,58	35,71	0,000019
Tratamentos	40	22,337**	33,4239**	631,151**	34,135**	1395,04**	1943,40**	0,010522**
Linha (L)	9	18,166**	26,5892**	112,747**	19,277**	221,18	256,26**	0,027111**
Folha (F)	4	217,162**	774,715**	7331,46**	576,045**	18632,50**	22811,81**	0,100139**
L x F	36	2,362**	6,3399**	2,9070**	4,718**	45,54**	67,10**	0,002418**
L / F <sub>0</sub>	9	0,600	0,0090	0,009	0,000	0,00	0,00	0,009200
L / F <sub>100</sub>	9	8,550**	30,6026**	19,094**	4,180**	72,04**	81,24**	0,003103**
L / F <sub>500</sub>	9	4,166**	25,472**	25,948*	7,355**	66,02**	67,33**	0,002467**
L / F <sub>10</sub>	4	2,681**	34,1563**	81,283**	13,262**	115,47**	122,04**	0,003461**
L / F <sub>100</sub>	9	3,479**	10,352**	62,051**	12,592**	149,82**	175,99**	0,002395**

Continua

APÊNDICE

Quadro 1A - Análise de variância da: matéria seca de raiz (MSR), matéria seca de caule (MSC), matéria seca de folha (MSFO), matéria seca de fruto (MSFR), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST) e relação raiz parte aérea (RRPA)

FV	GL	Quadrados Médios							
		MSR	MSC	MSFO	MSFR	MSPA	MST	RRPA	
Blocos	3	0,387	5,6085	0,699	36,162	27,55	33,71	0,000019	
Tratamento	49	22,427**	83,4239**	54,185**	631,151**	1595,04**	1943,80**	0,010522**	
Linh. (L)	9	16,160**	76,5892**	19,277**	112,747**	221,18	256,26**	0,007111**	
Fósf. (P)	4	217,142**	774,2119**	578,058**	7231,480**	18632,50**	22811,81**	0,100135**	
L x P	36	2,360**	8,3799**	4,718**	27,4070**	45,54**	47,10**	0,001418**	
L / P0	9	0,000	0,0000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,000000	
L / P250	9	8,550**	19,6076**	4,190**	49,094**	72,04**	81,24**	0,005103**	
L / P500	9	4,196**	25,4126**	7,955**	25,948*	66,00**	67,39**	0,002447**	
L / P750	9	7,681**	34,1365**	13,262**	85,284**	115,47**	122,04**	0,003441**	
L / P1000	9	5,173**	30,9529**	12,692**	62,053**	149,82**	173,99**	0,001793**	

Continua ...

Quadro 1A, Cont.

FV	GL	Quadrados Médios							
		MSR	MSC	MSFO	MSFR	MSPA	MST	RRPA	
P/L1	4	17,160**	59,4414**	65,251**	589,391**	1563,24**	1906,83**	0,009555**	
P/L2	4	21,919**	49,7065**	45,032**	626,928**	1472,19**	1846,87**	0,011650**	
P/L3	4	45,773**	60,1854**	67,009**	784,754**	1919,35**	2517,74**	0,022859**	
P/L4	4	29,066**	104,3508**	100,371**	625,574**	2027,43**	2509,87**	0,012416**	
P/L5	4	17,945**	48,2540**	57,155**	735,306**	1698,98**	2042,39**	0,010401**	
P/L6	4	24,180**	91,3580**	41,670**	785,650**	1857,45**	2277,64**	0,011993**	
P/L7	4	25,850**	163,8123**	67,384**	859,629**	2480,41**	2995,25**	0,009878**	
P/L8	4	32,449*	163,6426**	72,888**	658,049**	2063,14**	2574,41**	0,001347**	
P/L9	4	12,624**	42,4812**	41,744**	682,105**	1501,50**	1764,54**	0,007002**	
P/L10	4	11,207**	66,4099**	62,022**	1130,846**	2458,77**	2797,33**	0,003721**	
Resíduo	147	0,393	1,468	0,798	12,02	13,46	14,59	0,000231	
CV (%)		15,14	15,64	13,27	14,67	9,63	9,04	17,22	

\* e \*\* Significativos, pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 2A - Análises de variância de produção total (PT), peso médio de fruto (PMFR), altura de planta na colheita (APCO), área foliar (AF), eficiência de enraizamento (EE), eficiência de absorção de fósforo (EAP) e eficiência de translocação de fósforo (ETP)

FV	GL	Quadrados Médios						
		PT	PMFR	APCO	AF	EE	EAP	ETP
Blocos	3	16438,63	476,50	599,17	372832,6	0,0115	6,38	0,00027
Tratamento	49	79510,88**	2442,00**	3358,24**	269535,7**	0,3988**	32,14**	0,5422**
Linshagen (L)	9	15201,88**	2524,23**	1476,79**	1107353,0**	0,3538**	175,36**	0,00162**
Fósforo (P)	4	899146,50**	21568,22**	36490,28**	29268000,0**	3,0927**	6864,48**	6,6326**
L x P	36	4519,83	296,37**	147,36**	139862,5	0,1108**	53,87**	0,00064**
L / P0	9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,00	0,0000
L / P250	9	7756,02	1726,72**	294,42**	316751,6*	0,5610**	14,49	0,0014**
L / P500	9	7729,71	519,31**	501,59**	257387,5*	0,1700**	36,25**	0,0016**
L / P750	9	8046,96	587,57**	549,62**	693880,5**	0,0467**	190,29**	0,0007**
L / P1000	9	9748,74*	876,17**	720,63**	398802,3**	0,0119	149,81**	0,0006*
P / L1	4	73507,94**	1479,24**	2938,18**	3265543,0**	0,2014**	709,41**	0,6629**
P / L2	4	118377,3**	5580,71**	3433,34**	2043933,0**	0,2214**	562,70**	0,6608**
P / L3	4	101316,6**	1643,13**	3291,38**	2657650,0**	1,6412**	384,64**	0,6516**
P / L4	4	128051,5**	4238,26**	3976,58**	5246788,0**	0,4027**	574,62**	0,6533**
P / L5	4	65681,81**	1697,38**	3062,19**	2854334,0**	0,3697**	1012,94**	0,6683**
P / L6	4	89011,25**	2705,64**	3481,08**	2359364,0**	0,4422**	647,06**	0,6571**
P / L7	4	88033,94**	2374,11**	5047,05**	3841389,0**	0,3167**	657,24**	0,6670**
P / L8	4	101592,9**	1908,13**	6935,80**	3510112,0**	0,2888**	399,72**	0,6390**
P / L9	4	80428,44**	1715,94**	3051,56**	1993716,0**	0,1401**	1165,44**	0,6920**
P / L10	4	93836,56**	893,29**	2494,02**	2754439,0**	0,0654**	1168,60**	0,6864**
Resíduo	147	4668,85	125,90	53,98	129907,7	0,01082	10,48	0,00023
CV (%)		26,65	27,30	13,62	23,85	32,07	20,83	2,11

\* e \*\* - Significativos, pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 3A - Análises de variância da: eficiência de utilização do fósforo da parte aérea (EUPPA), eficiência de utilização do fósforo total (EUPT), eficiência de utilização do fósforo foliar para produção de matéria seca de fruto (EUFRO), produção de matéria seca da parte aérea (EUPAFO) e produção de matéria seca total (EUTFO), e eficiência de utilização do fósforo da parte aérea para produção de matéria seca de fruto (EUFSPA)

FV	GL	Quadros Médios						
		EUPPA	EUPT	EUFRO	EUPAFO	EUTFO	EUFSPA	
Blocos	3	22,34	24,19	269,35	860,54	1304,66	17,48	
Tratamento	49	1309,29**	1469,34**	965,76**	5584,89**	8142,32**	205,16**	
Linhagem (L)	9	217,41**	196,90**	696,96**	2380,79**	2723,27**	70,51**	
Fósforo (P)	4	14994,45**	17081,78**	8541,10**	56186,42**	84834,19**	2169,97**	
L x P	36	61,70**	52,78**	191,22**	763,64**	975,92**	20,51**	
L/P0	9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
L/P250	9	266,00**	214,46**	425,11**	1374,84**	1603,91**	101,45**	
L/P500	9	117,92**	105,86**	122,77	995,27**	1423,26**	25,86**	
L/P750	9	42,09**	44,80**	470,13**	1299,07**	1382,42**	14,21*	
L/P1.000	9	38,20**	42,90**	443,84**	1806,23**	2217,43**	11,06	
P/L1	4	1245,97**	1403,21**	515,45**	4020,15**	6025,71**	146,10**	
P/L2	4	1160,78**	1313,76**	680,88**	3928,90**	6149,27**	175,50**	
P/L3	4	1264,00**	1720,88**	661,48**	4149,72**	7758,12**	196,63**	
P/L4	4	1616,78**	1859,03**	433,93**	4591,06**	7250,85**	156,92**	
P/L5	4	1602,55**	1830,94**	1100,55**	6064,48**	9211,91**	271,41**	
P/L6	4	1047,49**	1236,75**	881,26**	5146,66**	8066,34**	185,42**	
P/L7	4	1532,34**	1739,56**	1055,96**	8253,59**	12181,67**	194,31**	
P/L8	4	2375,15	2518,84**	1556,58**	11477,84**	16600,78**	282,72**	
P/L9	4	1455,60	1628,44**	1510,68**	6214,80**	8250,14**	298,38**	
P/L10	4	2249,34	2305,68**	1865,44**	9212,41**	12123,16**	447,22**	
Resíduo	147	13,24	13,01	90,89	285,68	386,69	4,94	
CV (%)		14,63	13,21	37,08	25,90	24,58	23,10	

\* e \*\* Significativos, pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 4A - Equações de regressão ajustadas para matéria seca de frutos de 10 linhagens de pimentão como variável dependente (Y) das doses de fósforo adicionado (x) ao solo, em mg/kg

Linhagens	Equações	R <sup>2</sup>
L1	$\hat{Y} = -0,145996 + 1,73339^{***}\sqrt{X} - 0,0256153^{***}X$	0,993
L2	$\hat{Y} = 0,192856 + 1,92364^{***}\sqrt{X} - 0,0312614^{***}X$	0,993
L3	$\hat{Y} = 0,236313 + 1,98624^{***}\sqrt{X} - 0,0291052^{***}X$	0,991
L4	$\hat{Y} = 0,147385 + 1,97477^{***}\sqrt{X} - 0,0332639^{***}X$	0,987
L5	$\hat{Y} = 0,408066 + 1,92267^{***}\sqrt{X} - 0,0288548^{***}X$	0,958
L6	$\hat{Y} = -0,764008 + 2,19984^{***}\sqrt{X} - 0,0365441^{***}X$	0,999
L7	$\hat{Y} = 0,435059 + 1,75541^{***}\sqrt{X} - 0,0195728^{***}X$	0,974
L8	$\hat{Y} = 0,500732 + 2,60065^{***}\sqrt{X} - 0,0572845^{***}X$	0,929
L9	$\hat{Y} = 0,498184 + 2,27556^{***}\sqrt{X} - 0,0430497^{***}X$	0,965
L10	$\hat{Y} = 0,267471 + 2,52577^{***}\sqrt{X} - 0,0400650^{***}X$	0,987

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 5A - Equações de regressão ajustadas para teor de fósforo nas folhas de 10 linhagens de pimentão como variável dependente (Y) das doses de fósforo adicionado (x) ao solo, em mg/kg

Linhagens	Equações	R <sup>2</sup>
L2	$\hat{Y} = 0,00747764 + 0,000849179^{***}X - 0,000000456579^{***}X^2$	0,986
L3	$\hat{Y} = 0,00545621 + 0,00113185^{***}X - 0,000000723152^{***}X^2$	0,997
L4	$\hat{Y} = 0,00142038 + 0,0220207^{***}\sqrt{X} - 0,000262637^{***}X$	0,998
L5	$\hat{Y} = -0,000922203 + 0,000880579^{***}X - 0,000000424579^{***}X$	0,999
L6	$\hat{Y} = -0,00180125 + 0,00101771^{***}X - 0,000000618011^{***}X^2$	0,991
L7	$\hat{Y} = -0,00113684 + 0,00130540^{***}X - 0,000000812296^{***}X^2$	0,998
L8	$\hat{Y} = -0,00345421 + 0,0219927^{***}\sqrt{X} - 0,000306900^{***}X$	0,987
L9	$\hat{Y} = 0,00287014 + 0,00115714^{***}X - 0,000000769438^{***}X^2$	0,988
L10	$\hat{Y} = -0,00203282 + 0,0250625^{***}\sqrt{X} - 0,000423473^{***}X$	0,996
L10	$\hat{Y} = -0,00357878 + 0,022121^{***}\sqrt{X} - 0,000313345^{***}X$	0,983

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 6A - Equações de regressão ajustadas para conteúdo de fósforo nas folhas de 10 linhagens de pimentão como variável dependente (Y) das doses de fósforo adicionado (x) ao solo, em mg/kg

Linhagens	Equações	R <sup>2</sup>
L <sub>1</sub>	$\hat{Y} = -0,0238190 + 1,26894^{**}\sqrt{X} - 0,00241799 X$	0,979
L <sub>2</sub>	$\hat{Y} = -0,0863647 + 1,81857^{**}\sqrt{X} - 0,0274485 X$	0,994
L <sub>3</sub>	$\hat{Y} = 0,411514 + 1,24255^{**}\sqrt{X} + 0,00459981 X$	0,985
L <sub>4</sub>	$\hat{Y} = 0,272827 + 0,0884195^{**} X - 0,0000348327^{**} X^2$	0,998
L <sub>5</sub>	$\hat{Y} = 0,199615 + 0,685148^{**}\sqrt{X} - 0,0163026^{*} X$	0,995
L <sub>6</sub>	$\hat{Y} = -0,0505524 + 1,75942^{**}\sqrt{X} - 0,0217552^{**} X$	0,996
L <sub>7</sub>	$\hat{Y} = 1,86287 + 0,0686849^{**} X - 0,0000341295^{**} X^2$	0,936
L <sub>8</sub>	$\hat{Y} = -1,62578 + 0,112173^{**} X - 0,0000783005^{**} X^2$	0,751
L <sub>9</sub>	$\hat{Y} = -0,316742 + 2,02600^{**}\sqrt{X} - 0,0397044^{**} X$	0,960
L <sub>10</sub>	$\hat{Y} = 0,546646 + 0,0834327^{**} X - 0,0000499604^{**} X^2$	0,997

\*\* e \* Significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Quadro 7A - Concentrações de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) na matéria seca da folha

Linh.	Dose de P mg/kg	N	K	dag/kg			µg/g		
				Ca	Mg	S	Mn	Zn	Fe
L1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	3,42	0,71	3,53	1,37	0,43	717,78	337,59	349,20
	500	3,14	0,67	3,39	1,35	0,47	493,95	280,69	304,42
	750	2,90	0,64	4,43	0,22	0,46	678,12	340,37	335,48
	1000	2,80	0,51	4,09	0,13	0,39	320,67	263,55	340,82
L2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	3,10	0,60	3,52	1,28	0,47	666,87	351,01	191,11
	500	2,66	0,75	3,38	1,48	0,53	601,75	286,99	361,08
	750	2,53	0,58	3,94	0,18	0,51	647,11	382,46	1466,85
	1000	2,48	0,55	4,27	0,13	0,50	481,15	248,26	315,44
L3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	3,41	0,67	3,50	1,47	0,47	727,51	276,50	185,89
	500	2,83	0,63	3,13	1,57	0,55	758,20	272,30	283,55
	750	2,68	0,55	3,95	0,19	0,50	609,73	358,20	412,34
	1000	2,63	0,58	3,38	0,15	0,58	369,03	189,67	209,04
L4	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	3,25	1,10	3,08	1,65	0,46	648,91	261,28	240,31
	500	2,91	0,81	3,26	1,20	0,56	536,62	286,47	393,88
	750	2,66	0,71	4,04	0,18	0,53	540,43	225,98	298,08
	1000	2,38	0,83	3,68	0,12	0,44	285,11	267,58	352,39
L5	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	3,25	0,51	3,00	1,53	0,38	700,56	365,17	856,84
	500	2,86	0,61	3,38	1,61	0,46	729,75	359,93	1566,34
	750	2,97	0,51	3,82	0,21	0,42	538,60	338,51	1151,63
	1000	2,56	0,46	3,91	0,17	0,37	387,24	335,42	397,80

Continua ...

Quadro 7A, Cont.

Linh.	Dose de P mg/kg	N	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Fe
L6	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	3,38	0,46	3,13	1,72	0,42	710,29	320,58	434,08
	500	2,81	0,63	3,32	1,73	0,44	617,72	348,65	278,63
	750	2,49	0,49	3,92	0,19	0,44	493,92	349,66	583,03
	1000	2,66	0,46	3,31	0,15	0,37	572,34	423,57	266,02
L7	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	3,50	0,53	3,29	1,26	0,46	687,83	354,16	307,77
	500	2,87	0,50	3,29	1,27	0,43	624,95	381,44	299,95
	750	2,96	0,55	3,83	0,18	0,47	384,50	310,29	311,44
	1000	2,85	0,41	3,97	0,12	0,49	445,59	382,71	339,49
L8	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	2,73	1,18	2,81	1,15	0,45	571,05	323,72	207,13
	500	2,58	0,74	3,03	1,05	0,49	658,64	308,90	295,47
	750	2,52	0,68	3,57	0,14	0,51	394,53	268,69	228,63
	1000	2,33	0,71	3,08	0,15	0,40	355,32	298,03	268,70
L9	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	3,06	0,48	3,19	1,25	0,38	626,70	337,37	435,89
	500	2,82	0,44	3,03	1,32	0,35	536,62	355,34	393,88
	750	2,66	0,47	3,79	0,20	0,33	423,71	342,97	579,88
	1000	2,63	0,43	3,70	0,14	0,30	462,01	306,20	528,12
L10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	3,04	0,54	3,04	1,31	0,36	556,08	299,45	288,09
	500	2,41	0,60	3,21	1,50	0,37	687,83	338,94	308,87
	750	2,61	0,54	3,66	0,20	0,32	327,96	244,80	268,70
	1000	2,29	0,44	3,82	0,14	0,37	420,97	267,58	290,96

Quadro 8A - Conteúdo de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) na matéria seca da folha

Linh.	Dose de P	N	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Fe
	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L1	250	317,64	65,51	328,16	127,63	40,10	6662,28	3136,59	3239,64
	500	269,11	57,37	288,09	114,23	40,33	4193,56	2397,04	2595,43
	750	262,61	57,77	401,12	19,68	42,24	6038,47	3122,32	3056,92
	1000	255,89	46,74	372,73	11,75	35,87	2885,02	2416,45	3127,86
	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L2	250	264,54	51,17	301,38	109,18	40,59	5675,91	2999,83	1630,75
	500	178,25	49,78	225,91	98,36	35,92	3978,01	1912,16	2410,63
	750	180,50	41,49	281,26	12,89	36,23	4628,67	2733,72	10802,34
	1000	172,06	37,90	296,75	9,41	34,98	3338,73	1719,14	2194,59
	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L3	250	279,02	55,89	285,49	117,68	37,86	5826,59	2247,13	1518,50
	500	230,69	51,77	255,54	127,70	45,21	6164,48	2219,18	2315,09
	750	237,41	48,25	349,45	17,53	43,90	5397,41	3167,45	3612,02
	1000	274,98	61,29	352,33	15,29	61,13	3906,87	2025,71	2148,50
	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L4	250	360,53	120,17	342,54	183,13	51,59	7207,90	2907,86	2666,54
	500	301,65	84,20	337,84	124,45	58,13	5547,01	2972,00	4097,82
	750	300,85	80,05	456,40	20,07	59,37	6089,07	2557,86	3369,11
	1000	231,55	98,13	435,62	14,04	51,72	3374,08	3161,33	4160,92
	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L5	250	264,81	41,36	244,56	121,62	30,94	5658,33	2969,85	6849,32
	500	169,38	35,46	200,83	95,58	27,22	4347,63	2134,04	9321,98
	750	233,83	40,01	299,99	16,77	33,27	4217,00	2661,90	9026,17
	1000	246,11	43,80	374,47	15,92	36,15	3761,67	3269,50	3858,07

Continua ...

Quadro 8A, Cont.

Linh.	Dose de P mg/kg	mg/planta					µg/planta			
		N	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Fe	
L6	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	250	282,95	38,63	261,54	142,03	35,53	5919,82	2636,46	3612,99	
	500	169,95	37,93	198,85	103,26	26,68	3624,40	2134,34	1648,81	
	750	162,10	32,52	255,51	12,15	28,87	3219,65	2290,75	3736,75	
	1000	185,01	39,83	228,73	10,18	25,63	3956,69	2902,17	1826,45	
L7	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	250	318,97	48,58	299,48	114,18	41,63	6230,93	3193,49	2799,15	
	500	182,72	32,12	208,62	80,73	27,36	3959,66	2424,96	1901,21	
	750	232,82	52,30	363,83	16,84	44,59	3643,98	2937,89	2940,71	
	1000	275,16	29,53	381,96	12,03	47,31	4288,97	3659,19	3393,04	
L8	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	250	233,04	102,49	240,19	98,73	38,37	4852,92	2773,15	1759,31	
	500	167,52	48,46	196,98	68,06	32,20	4255,12	2023,22	1919,07	
	750	292,78	79,45	416,38	17,26	58,79	4613,18	3156,42	2668,76	
	1000	163,69	49,63	214,42	10,26	27,87	2461,23	2059,30	1891,49	
L9	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	250	223,84	35,40	227,41	88,69	27,98	4448,80	2396,21	3285,18	
	500	227,95	36,03	244,65	106,64	28,28	4340,95	2834,79	3184,32	
	750	168,96	29,59	240,74	12,76	20,66	2670,86	2255,72	3530,96	
	1000	175,15	28,34	242,67	9,28	20,01	2964,63	2078,11	3413,26	
L10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	250	247,50	44,46	247,37	105,70	29,13	4510,20	2431,29	2341,22	
	500	194,42	48,48	258,87	120,71	30,12	5577,08	2729,84	2484,34	
	750	246,03	51,13	345,25	19,00	30,51	3073,78	2313,38	2534,35	
	1000	210,17	39,99	351,17	12,74	33,86	3888,50	2457,01	2694,88	

Quadro 9A - Concentrações de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) na matéria seca do fruto

Linh.	Dose de P mg/kg	N	K	dag/kg			Mn	Zn	Fe
				Ca	Mg	S			
	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L1	250	2,13	2,17	0,16	0,08	0,22	31,20	30,76	38,21
	500	2,17	1,73	0,19	0,15	0,21	33,26	24,12	35,19
	750	2,01	2,14	0,22	0,16	0,22	35,08	35,75	50,02
	1000	1,87	1,84	0,19	0,15	0,19	24,90	22,32	23,59
		0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L2	250	2,16	2,23	0,12	0,09	0,18	31,12	28,51	32,78
	500	2,33	1,99	0,11	0,13	0,19	24,41	14,65	44,50
	750	1,94	2,09	0,18	0,17	0,20	31,92	27,91	51,95
	1000	1,88	1,96	0,17	0,15	0,19	19,40	28,12	39,45
		0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L3	250	1,84	1,89	0,15	0,15	0,19	45,11	31,95	56,65
	500	2,08	1,77	0,14	0,15	0,20	32,94	18,69	58,97
	750	1,82	1,73	0,15	0,15	0,19	22,76	36,17	28,88
	1000	1,61	1,69	0,16	0,15	0,18	23,47	27,68	15,03
		0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L4	250	1,63	1,85	0,15	0,12	0,20	26,26	25,87	46,98
	500	1,93	1,66	0,13	0,12	0,20	33,73	16,16	33,98
	750	1,91	1,83	0,18	0,13	0,21	24,39	25,56	36,57
	1000	1,65	1,77	0,19	0,16	0,22	23,90	22,68	50,99
		0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L5	250	1,84	1,93	0,10	0,13	0,19	26,97	29,45	40,33
	500	1,81	1,97	0,19	0,16	0,21	45,74	22,94	40,27
	750	1,98	1,95	0,15	0,16	0,18	22,56	30,76	26,95
	1000	1,54	1,94	0,14	0,15	0,18	20,21	38,28	56,75

Continua ...

Quadro 9A, Cont.

Linh.	Dose de P	N	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Fe
L6	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	1,86	1,74	0,15	0,13	0,20	29,58	20,61	33,07
	500	1,92	1,83	0,15	0,14	0,19	43,33	15,26	52,12
	750	1,60	1,68	0,16	0,13	0,19	23,29	28,80	21,18
	1000	1,69	1,68	0,15	0,14	0,18	19,63	36,04	25,74
L7	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	1,86	2,07	0,13	0,13	0,23	25,08	29,71	76,70
	500	1,94	2,01	0,13	0,14	0,20	36,45	21,34	45,26
	750	1,44	1,70	0,14	0,12	0,18	16,72	33,20	43,78
	1000	1,69	1,88	0,14	0,13	0,19	15,88	41,46	15,41
L8	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	1,63	1,53	0,11	0,11	0,17	25,51	30,52	57,36
	500	1,70	1,63	0,11	0,12	0,19	29,15	17,98	55,14
	750	1,78	1,51	0,16	0,14	0,18	23,37	32,44	25,03
	1000	1,56	1,51	0,18	0,13	0,17	17,33	29,88	20,70
L9	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	1,98	1,22	0,09	0,12	0,18	19,86	25,24	42,44
	500	1,88	1,99	0,10	0,14	0,17	26,86	20,88	37,21
	750	1,88	2,10	0,11	0,14	0,16	22,45	27,80	17,82
	1000	1,86	2,07	0,12	0,14	0,17	16,80	60,34	65,41
L10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	1,90	1,34	0,13	0,13	0,15	21,41	31,84	47,89
	500	1,72	1,70	0,09	0,14	0,15	36,22	19,74	27,77
	750	1,55	1,63	0,14	0,13	0,15	17,19	23,64	11,57
	1000	1,51	1,51	0,15	0,15	0,15	15,35	34,04	10,61

Quadro 10A - Conteúdo de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) na matéria seca do fruto

Linh.	Dose de P	N	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Fe
L1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	421,57	430,65	32,49	15,85	43,97	612,69	601,12	743,46
	500	595,67	473,35	52,22	41,31	58,26	911,84	660,74	964,28
	750	552,22	592,50	60,72	44,52	62,19	972,66	991,61	1385,70
	1000	541,99	532,46	56,35	42,46	55,99	723,57	645,61	691,77
L2	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	510,31	530,36	27,77	21,97	43,67	743,80	672,01	788,47
	500	630,16	539,61	30,01	36,68	52,59	661,06	396,85	1216,66
	750	543,66	586,06	50,50	47,05	55,17	897,11	782,96	1458,43
	1000	576,10	608,46	51,33	46,16	58,74	594,42	859,08	1198,76
L3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	470,96	483,31	39,26	38,15	47,75	1155,32	816,26	1452,60
	500	617,51	523,62	42,94	44,23	58,72	974,67	553,84	1747,07
	750	565,12	536,39	48,01	45,63	58,50	704,57	1119,72	894,52
	1000	566,74	596,34	57,81	51,92	63,74	828,23	971,53	537,52
L4	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	390,57	439,83	35,97	28,07	47,74	615,63	608,78	1134,60
	500	544,69	466,22	36,55	33,17	57,40	958,85	459,41	963,99
	750	524,09	491,85	48,83	35,50	57,05	662,16	691,68	1003,00
	1000	511,15	541,78	57,80	49,10	67,12	730,20	691,07	1574,83
L5	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	491,19	512,40	26,53	35,77	51,01	714,74	781,47	1067,33
	500	445,04	483,90	47,62	39,25	52,70	1127,85	563,56	1008,09
	750	646,66	640,39	49,79	52,95	58,69	737,44	1007,81	882,01
	1000	505,34	633,64	47,03	49,06	59,96	662,97	1253,75	1879,34

Continua ...

Quadro 10A, Cont.

Linh.	Dose de P	N	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Fe
L6	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	471,33	444,37	39,76	33,42	49,81	750,90	510,92	788,72
	500	592,55	565,42	45,78	42,65	59,39	1341,97	472,37	1612,15
	750	535,31	559,39	52,20	44,84	62,08	775,22	956,06	695,34
	1000	546,73	546,02	48,32	47,44	57,01	646,54	1197,46	836,66
L7	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	478,80	532,02	33,92	33,59	60,02	640,97	767,48	1969,05
	500	559,79	583,81	38,87	39,64	57,37	1037,52	613,84	1288,09
	750	441,25	520,62	42,20	37,33	55,27	512,41	1019,00	1385,69
	1000	654,41	730,23	53,32	50,14	72,36	611,72	1601,26	594,60
L8	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	481,86	454,15	33,84	32,13	50,97	754,51	902,80	1712,72
	500	508,44	493,21	32,98	37,55	55,82	873,08	546,52	1693,60
	750	414,59	351,88	37,92	31,91	42,05	544,20	755,00	179,90
	1000	453,24	444,17	52,24	38,31	51,53	507,73	865,88	619,52
L9	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	571,09	351,30	26,48	33,80	52,00	572,23	728,65	1223,84
	500	506,65	536,27	28,08	37,88	45,54	723,44	561,21	998,71
	750	548,80	611,33	32,11	40,90	48,09	655,11	808,76	503,14
	1000	565,37	631,28	35,43	42,58	54,00	515,69	1883,51	2049,66
L10	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	250	611,96	434,72	40,51	40,70	48,93	692,38	1025,15	1529,42
	500	579,91	572,18	31,51	47,35	50,82	1218,86	665,21	936,61
	750	623,25	659,32	57,09	51,80	60,54	692,10	953,77	456,61
	1000	602,26	607,62	61,39	59,79	61,48	621,72	1361,21	432,47