

# Crescimento do feijoeiro cv. IAC Carioca Tybatã em função da adubação fosfatada

*Growth of Phaseolus vulgaris cv. IAC Carioca Tybatã due to phosphate fertilization*

Claudemir Zucareli<sup>1\*</sup>, Edison Ulisses Ramos Junior<sup>2</sup>, Mariana Alves de Oliveira<sup>3</sup>, Cláudio Cavariani<sup>4</sup>, João Nakagawa<sup>4</sup>

Recebido em 23/09/2010; aprovado em 03/10/2012.

## RESUMO

O trabalho teve o objetivo de avaliar, mediante análise de crescimento, o comportamento da cultivar de feijão IAC Carioca Tybatã, cultivado na “safra das águas”, sob diferentes doses de fósforo aplicadas via solo. Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com seis tratamentos e cinco repetições. Foram aplicadas as doses de 0, 30, 60, 90, 120 e 150 de Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, utilizando como fonte de fósforo o superfosfato triplo. Foram avaliados os índices biométricos obtendo-se a área foliar (cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) e a massa de matéria seca (g plântulas<sup>-1</sup>). Os índices fisiológicos: taxa de crescimento da cultura (g m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); taxa de crescimento relativo (g g<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>); taxa de assimilação líquida (g m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); razão de área foliar (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) e área foliar específica (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) foram obtidos mediante análise de crescimento funcional. Os dados dos índices biométricos foram submetidos à análise de variância e estudo de regressão. O incremento das doses de fósforo aplicadas via solo favorece o aumento da massa seca total e o índice de área foliar do feijoeiro cv. IAC Carioca Tybatã. A massa de matéria seca tem aumento constante durante todo o ciclo da cultura e o índice de área foliar atinge o ponto de máxima aos 97 dias após a emergência. A adubação fosfatada promove maior taxa de crescimento relativo no

início do desenvolvimento da planta, maior taxa de crescimento da cultura e redução do ciclo da cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Phaseolus vulgaris*, índices biométricos, índices fisiológicos, fósforo.

## SUMMARY

The study aimed at assessing, by means of an analysis of growth, the behavior of the Carioca Tybatã IAC bean cultivar grown during the rainy season under different levels of phosphorus applied through the soil. The statistical design was based on randomized blocks with five replications. Six phosphate doses were employed: 0, 30, 60, 90, 120 and 150 kg of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> in the form of superphosphate triple. The biometric indexes were assessed in order to find the leaf area (cm<sup>2</sup> plant<sup>-1</sup>) and the dry matter weight (g seedling<sup>-1</sup>). The physiological indexes obtained by means of the functional analysis of growth were: the culture growth rate (g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>), the relative growth rate (g g<sup>-1</sup>day<sup>-1</sup>); the net assimilation rate (g m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>), the leaf area ratio (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) and the specific leaf area (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>). The biometric data of the indexes were subjected to analysis of variance and regression study. The increasing levels of phosphorus applied to soil favors the increase of total dry mass and leaf area index of

<sup>1</sup> Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina - UEL. Rodovia Celso Garcia Cid, Pr 445, Km 380, Caixa Postal 6001, CEP 86051-980, Londrina, PR, Brasil. Email: claudemircca@uel.br. \*Autor para correspondência.

<sup>2</sup> Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA. Polo Regional Sudoeste Paulista. Rodovia Sebastião Ferraz de Camargo Penteadado - SP 250, Km 232, Caixa Postal 62, CEP 18300-970, Capão Bonito, SP, Brasil.

<sup>3</sup> Programa de Pós-graduação em Agronomia - UEL.

<sup>4</sup> Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP. Fazenda Lageado, Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, 18.610-307 - Botucatu, SP, Brasil.

cv. IAC Carioca Tybatã bean. The dry matter has increased constantly throughout the crop cycle and the leaf area index reaches its maximum 97 days after emergence. Phosphorus fertilization also increases the relative growth rate at the beginning of the plant development and the crop growth and reduces the crop cycle.

**KEY WORDS:** *Phaseolus vulgaris*, biometric indexes, physiological indexes, phosphorus.

## INTRODUÇÃO

O feijoeiro é considerado uma planta exigente em nutrientes, em função do pequeno e pouco profundo sistema radicular e do ciclo curto. Para satisfazer as exigências nutricionais evitando a deficiência do nutriente à cultura é fundamental que o mesmo seja colocado à disposição da planta em tempo, quantidade e local adequados (ROSOLEM e MARUBAYASHI, 1994).

O crescimento da cultura depende, dentre outros fatores, do adequado suprimento de nutrientes. Contudo, a eficiência da adubação fosfatada nos solos brasileiros é baixa, pois grande parte do fósforo adicionado torna-se imóvel ou não disponível às lavouras, em virtude de reações de adsorção em colóides minerais, precipitação ou conversão em formas orgânicas (HOLFORD, 1997), tornando essencial sua adição ao solo para maximizar a produção, sendo que limitações na disponibilidade de fósforo no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de fósforo a níveis adequados (GRANT et al., 2001).

A adubação fosfatada na cultura do feijoeiro exerce influência positiva no acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea, na área foliar (SILVA et al., 2003) e nos componentes de produção (VIDAL e JUNQUEIRA NETO, 1982; CIAT, 1986; YOUNGDAHL, 1990). Fageria (1998), ao avaliar a eficiência de uso de fósforo por genótipos de feijoeiro constatou que existe diferença entre cultivares quanto a eficiência de uso de P e, que a massa de matéria seca da parte

aérea aumenta significativamente com o aumento dos níveis de fósforo no solo.

A adubação fosfatada por aumentar a produção de massa de matéria seca da parte aérea do feijoeiro, irá favorecer os componentes de produção e conseqüentemente a produtividade (FAGERIA et al., 2003). As plantas que apresentam maior massa seca nas primeiras semanas após a emergência também expressam maior área foliar e índice de área foliar, pois no início do ciclo da cultura a planta investe seus fotoassimilados prioritariamente na diferenciação de folhas (ALMEIDA et al. 2003). Segundo Almeida et al. (1998), a maior parte da massa seca produzida se traduz em incremento de área foliar e, o rendimento de grãos por hectare depende da capacidade das culturas de alocar fotoassimilados à estrutura de interesse econômico.

A análise de crescimento de comunidades vegetais é um dos primeiros passos na análise de produção primária, caracterizando-se como o elo entre o simples registro do rendimento das culturas e a análise destas por meio de informações obtidas por meio dos vários índices fisiológicos. De acordo com Kvet et al. (1971), a análise de crescimento pode ser utilizada para conhecer a adaptação ecológica das plantas à novos ambientes, à competição interespecífica, aos efeitos de sistemas de manejo e à capacidade de interações com o ambiente.

A análise de crescimento é útil no estudo e entendimento do comportamento do vegetal sob diferentes condições ambientais, incluindo condições de cultivo como a adubação (BENINCASA, 2003). O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento do feijoeiro Cv. IAC Carioca Tybatã em resposta a diferentes doses de fósforo aplicadas via solo por meio do estudo dos índices biométricos e fisiológicos da análise de crescimento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em condições de campo na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu - UNESP, que se

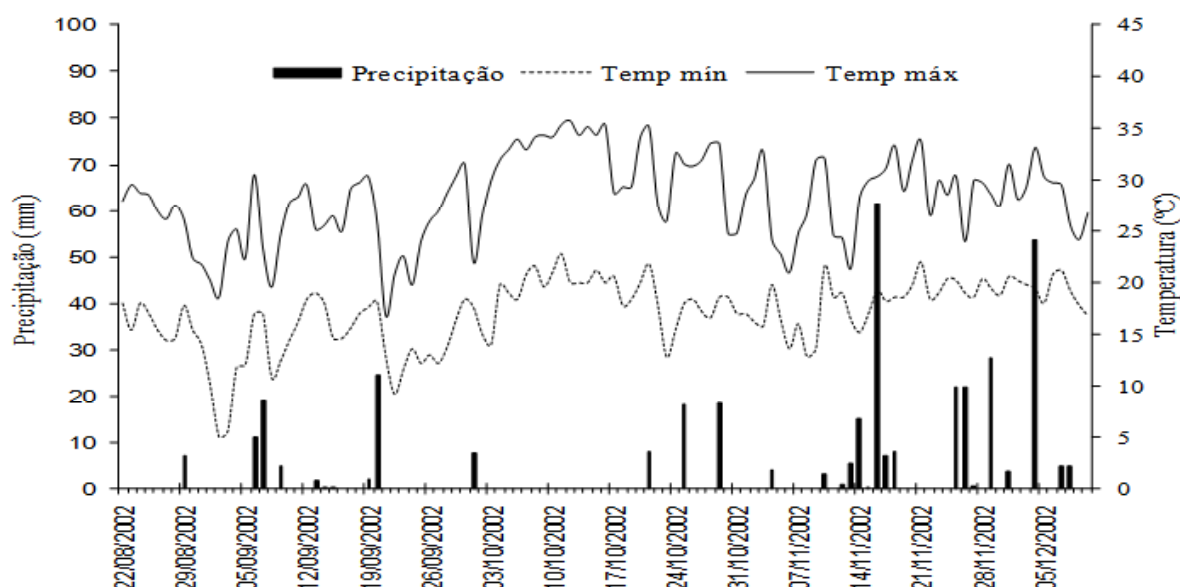


Figura 1 - Dados diários de precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas durante o período de condução do experimento.

encontra a 22°45' latitude Sul, 48°34' longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 750 m. O clima característico da região de acordo com a classificação de Köppen é do tipo mesotérmico (Cwa), ou seja, subtropical úmido com estiagem no período de inverno. A temperatura mínima e máxima diária assim como a precipitação pluvial diária durante o período de condução do experimento são apresentadas na Figura 1.

O experimento foi conduzido na época “das águas”, avaliando-se a cultivar de feijão IAC Carioca Tybatã. Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com seis tratamentos e cinco repetições. Foram avaliadas as doses de 0, 30, 60, 90, 120 e 150 de kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, utilizando como fonte de fósforo o superfosfato triplo. A parcela experimental foi constituída de seis linhas de 10 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,5 m. A área útil de cada parcela foi constituída pelas quatro linhas centrais, desprezando-se 0,5 m de cada extremidade, totalizando 18 m<sup>2</sup>.

O experimento foi instalado em solo classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 1999). Previamente a instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental a profundidade de 0-20 cm para análise química de acordo com a metodologia de Raij e Quaggio (1983). A necessidade de calagem,

a adubação básica de semeadura e a de cobertura foram calculadas de acordo com Ambrosano et al. (1996), baseando-se nos resultados da análise química do solo (pH: 4,5, M.O: 24 g dm<sup>-3</sup>, P: 4 mg dm<sup>-3</sup>, H<sup>+</sup>Al: 34 mmol dm<sup>-3</sup>, K<sup>+</sup>: 4,5 mmol dm<sup>-3</sup>, Ca<sup>2+</sup>: 20 mmol dm<sup>-3</sup>, Mg<sup>2+</sup>: 6 mmol dm<sup>-3</sup>, SB: 30, CTC: 64 e V%: 47).

A calagem foi realizada, aproximadamente dois meses antes da semeadura visando a elevação da saturação por bases para 70%, empregando-se 1,6 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico com PRNT de 90,1%. No momento da semeadura foram aplicados 10 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio e 10 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia e, em cobertura, foram aplicados 60 kg ha<sup>-1</sup> de N (uréia), parcelado aos 15 e 30 dias após a emergência das plântulas. O preparo do solo foi realizado quando o mesmo apresentava condições adequadas de umidade, realizando-se uma aração e duas gradagens.

As sementes foram tratadas momento antes da semeadura com Vitavax-Thiram (Carboxin+Thiram) na dosagem de 200 mL 100 kg<sup>-1</sup> de semente. Utilizou-se 15 sementes por metro linear para se obter densidade de aproximadamente 240.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

A análise de crescimento foi determinada em amostras de 10 plantas coletadas quinzenalmente, a partir do décimo dia após a emergência até o

final do ciclo da cultura, nas duas linhas externas da área útil da parcela. Em todas as coletas foram determinados os índices biométricos e a partir destes foram calculados os parâmetros fisiológicos.

Índices biométricos: para obter o índice de área foliar foram separados os trifólios do pecíolo. A área do limbo foliar foi obtida com o auxílio de um medidor de área foliar, Li-Cor, modelo LI-3100 com os resultados expressos em  $\text{cm}^2$ . Para a massa de matéria seca, as plantas coletadas foram divididas em partes (folha, caule, vagens e sementes) e submetidas à secagem em estufa de circulação a  $65^\circ\text{C}$  até atingirem massa constante. Em seguida, as partes foram avaliadas individualmente em balança com precisão de 0,001g e a massa de matéria seca total (MMS) obtida pela somatória da massa seca das partes, com resultados expressos em g plântulas<sup>-1</sup>.

Os índices fisiológicos foram obtidos mediante análise de crescimento funcional, segundo as recomendações de Portes e Castro Júnior (1991). A taxa de crescimento da cultura (TCC), expressa em  $\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ , equivale ao incremento de material da planta entre duas amostragens por unidade de tempo, indicando a velocidade média de crescimento ao longo período. A taxa de crescimento relativo (TCR), expressa em  $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ , é função do material inicial, ou seja, do material preexistente, que corresponde ao incremento de matéria seca total por unidade de matéria seca existente na unidade de tempo. A taxa de assimilação líquida (TAL) expressa em  $\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$ , reflete a eficiência do aparelho fotossintético, em termos de matéria seca produzida em gramas por centímetros quadrado de área foliar, na unidade de tempo. A razão de área foliar (RAF), expressa em  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ , fornece uma estimativa do aparelho assimilador, e é definido como o quociente entre a superfície foliar (AF) e a matéria seca total da planta. A área foliar específica (AFE), expressa em  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ , é definida como a razão entre a área foliar (AF) e a matéria seca das mesmas. Os dados dos índices biométricos foram submetidos à análise de variância e estudo de regressão até 2º grau.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa de matéria seca (MMS) e a área foliar (AF) do feijoeiro IAC Carioca Tybatã apresentaram resposta linear crescente em função do acréscimo de doses de fósforo aplicadas no solo (Figura 2). As maiores doses avaliadas resultaram nas maiores MMS e nos maiores valores de AF, não sendo possível, portanto, definir o ponto de máxima resposta da cultura a adubação fosfatada, evidenciando assim a responsividade da cultivar avaliada em relação à adubação fosfatada. Esses resultados corroboram com Fageria (1998), que relata que existe diferença entre cultivares quanto a eficiência de uso de P e que a massa de matéria seca da parte aérea aumenta significativamente com o aumento dos níveis de fósforo no solo. Ainda, concordando com os resultados obtidos, Rodríguez et al. (1998), constataram que o baixo suprimento de P reduz a área foliar, o número de folhas e limita à expansão das mesmas.

A massa de matéria seca (MMS) e a área foliar (AF) do feijoeiro IAC Carioca Tybatã apresentaram ajuste quadrático em função da época de avaliação (DAE = dias após a emergência) (Figura 3). A massa de matéria seca apresentou ponto de mínima aos 25 DAE e, após esse período a MMS apresentou-se crescente até os 90 DAE.

Os efeitos da adubação fosfatada no aumento da produção de MMS do feijoeiro são também relatados por Fageria et al. (2003). Segundo esses autores a produção de MMS seguiu o modelo exponencial quadrático em relação à idade da planta, com aumento linear de massa de matéria seca até os 78 dias de idade, e diminuição após esse período devido à perda de folhas.

A área foliar atingiu o ponto de máxima aos 97 DAE (Figura 3). Zabot et al. (2004) avaliando o crescimento da cultivar de feijão BR Ipagro 44 guapo brilhante cultivada na safrinha em quatro densidades de semeadura constatou que o IAF em função do ciclo (período de observação), apresentou um comportamento quadrático, atingindo o maior valor aproximadamente aos 60 DAE, coincidindo com o período de enchimento

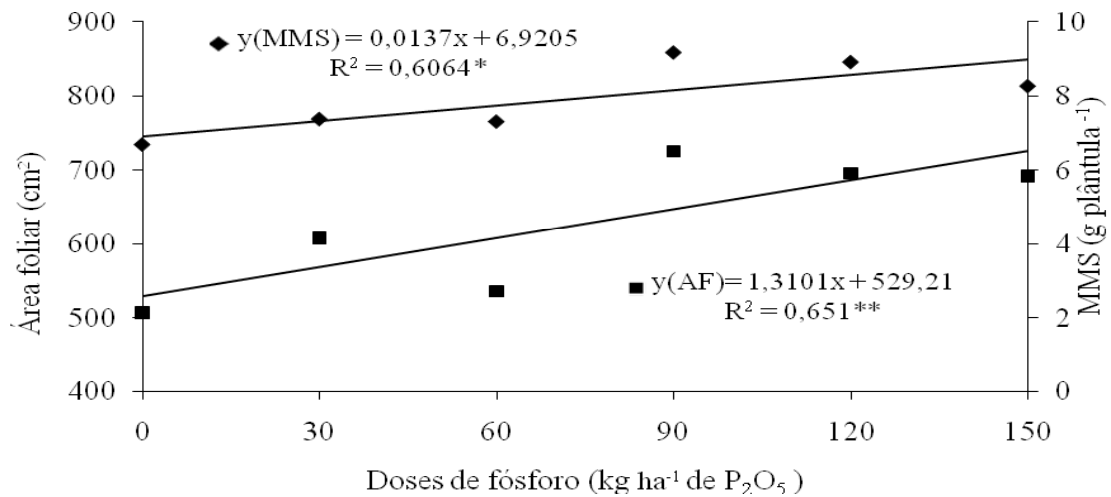


Figura 2 - Massa de matéria seca (MMS) e área foliar (AF) do feijoeiro cv. IAC Carioca Tybatã cultivado na “safra das águas” em função de doses de fósforo (kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aplicado via solo. \*p < 0,001; \*\*p < 0,002.

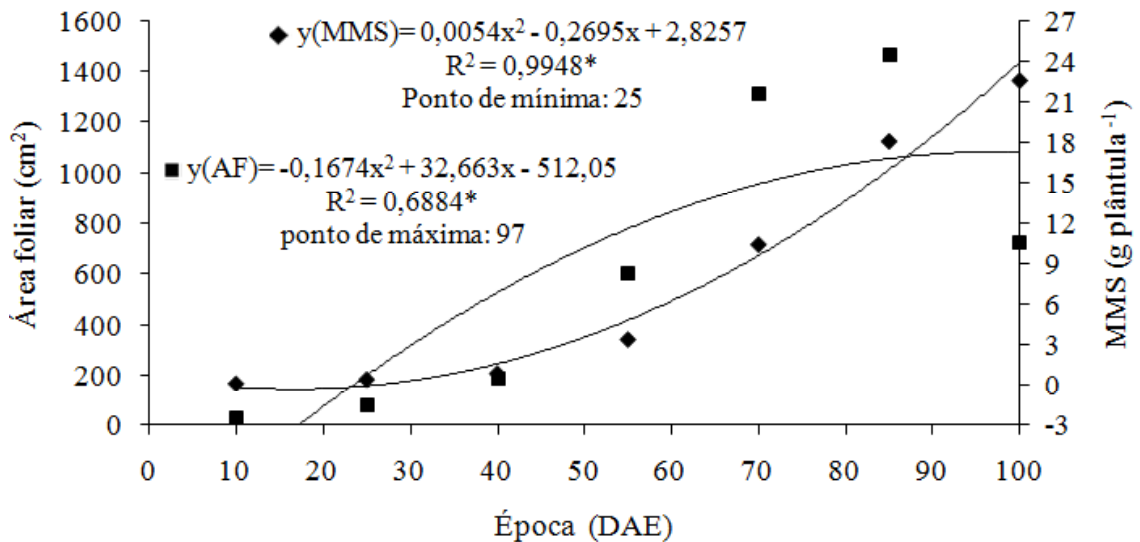


Figura 3 - Massa de matéria seca (MMS) e área foliar (AF) do feijoeiro cv. IAC Carioca Tybatã cultivado na “safra das águas” em função da época de avaliação (dias após a emergência). \*p < 0,001.

de grãos. Essa divergência em relação ao número de dias para máxima deve-se possivelmente as diferenças genéticas entre os cultivares avaliados e condições ambientais. Neste aspecto, Urchei et al. (2000) demonstraram que o IAF de um genótipo varia mais com as condições ambientais, que com o número de dias até o valor máximo.

A taxa de crescimento da cultura (TCC) apresentou aumentos mais expressivos a partir dos 40 DAE até o final do ciclo da cultura (Figura 4). As doses de 0, 30 e 60 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

apresentaram menor TCC dos 40 aos 70 dias em relação às demais doses e houve um aumento até os 100 DAE. A menor TCC na ausência de adubação fosfatada possivelmente esteja associada a menor área foliar em virtude da redução do número de folhas causada pela baixa disponibilidade de P (LYNCH et al., 1991; RODRÍGUEZ et al., 1998), ocasionando uma menor produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, menor taxa de produção de matéria seca.

A baixa taxa de crescimento sob condições

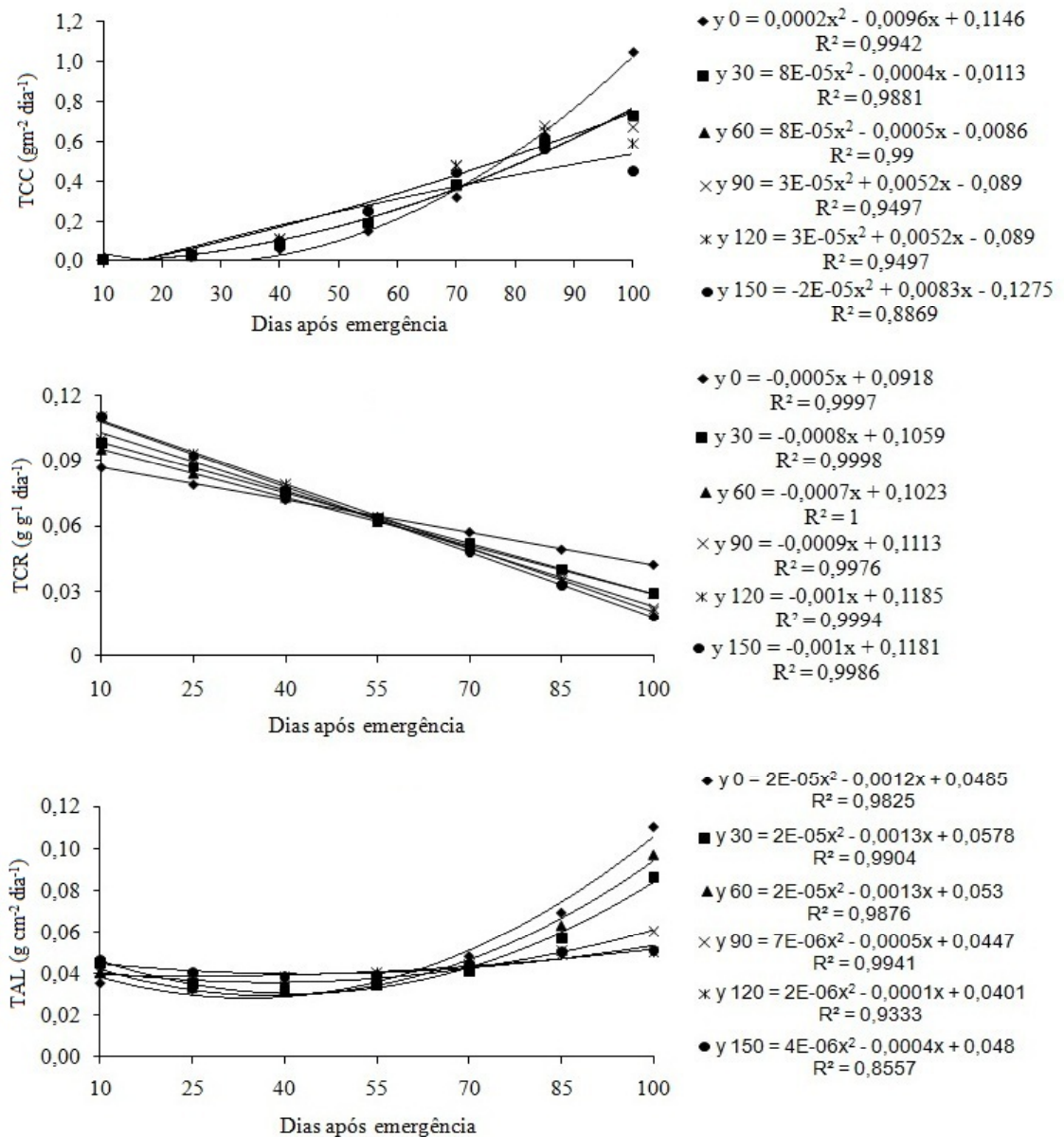


Figura 4 - Taxa de crescimento da cultura (TCC), Taxa de crescimento relativo (TCR) e Taxa de assimilação líquida (TAL) do feijoeiro cv. IAC Carioca Tybatã em função de doses de fósforo (kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aplicado via solo.

de estresse pode ser um adaptação da planta, pois um crescimento lento leva a uma menor demanda e a uma menor exaustão dos recursos do ambiente, com isso ocorreria uma menor incorporação de fotoassintatos e nutrientes, permitindo a formação de reservas dentro da planta (ARAÚJO, 2000).

A TCC representa a capacidade de produção de fitomassa da cultura, ou seja, sua produtividade primária (BENINCASA, 2003), assim, verifica-se aumento da TCC para as doses de 90, 120 e 150 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> até os 85 DAE, diminuindo na última coleta. Normalmente a

curva da TCC após um aumento inicial, decresce com a maturidade devido à senescência da planta, porém este comportamento foi observado apenas para as maiores doses, indicando que plantas supridas adequadamente com fósforo tendem a completar o ciclo mais rapidamente.

Este comportamento das três maiores doses foi também observado por Brown (1984), que relata que os valores máximos de TCC geralmente coincidem com os primeiros estádios de frutificação, seguindo-se de decréscimos com a maturação das plantas devido a paralisação



do crescimento vegetativo, perda de folhas e senescência.

A taxa de crescimento relativo (TCR), que representa a eficiência da matéria vegetal em produzir matéria seca, apresentou um comportamento linear decrescente com o decorrer do ciclo (Figura 4). As maiores doses de P apresentaram maiores TCR no início e menores no final do ciclo da cultura. Esse comportamento evidencia a importância da adubação fosfatada para o desenvolvimento do feijoeiro, favorecendo o incremento de massa seca uma vez que a taxa de crescimento da planta é função da massa de matéria seca inicial.

O decréscimo da TCR deve-se ao aumento da massa de matéria seca da planta ocasionada pelo acréscimo de componentes estruturais da planta, que não contribuem para o crescimento por não serem fotossinteticamente ativos (RODRIGUES, 1982), e também devido a elevação da atividade respiratória e auto sombreamento, cuja importância aumenta com o avanço do ciclo

fenológico da planta (URCHEI et al., 2000). Brown (1984), atribui ainda esse comportamento ao auto sombreamento e ao aumento da idade das folhas da base da planta.

A taxa de assimilação líquida (TAL) seguiu comportamento semelhante até os 70 DAE (Figura 4). A partir dos 75 DAE as doses de 0, 30 e 60 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> apresentaram maior taxa de assimilação líquida, possivelmente em função do atraso no ciclo fenológico das plantas, justificando a maior TCR observada nas menores doses nas últimas coletas. Considerando que a TCR depende da TAL e da razão de área foliar (BENINCASA, 2003), a menor TAL certamente contribuiu para a menor TCR na dose de 150 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

A razão de área foliar (RAF) reduziu continuamente com o avanço do ciclo, com comportamento semelhante para todas as doses de fósforo (Figura 5). Com o avanço do ciclo da cultura, a redução da RAF deve-se a interferência das folhas superiores em relação as

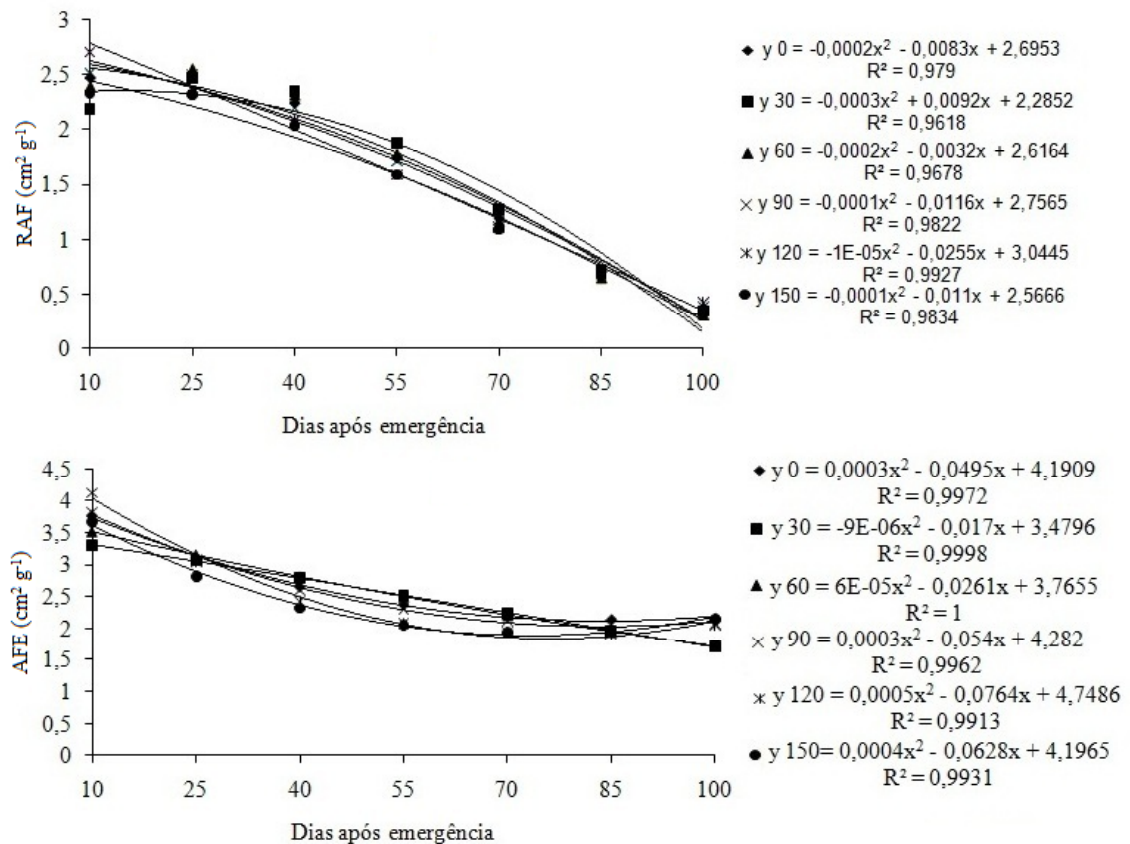


Figura 5 - Razão de área foliar (RAF) e Área foliar específica (AFE) do feijoeiro cv. IAC Carioca Tybatã em função de doses de fósforo (kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aplicado via solo.

inferiores diminuindo a área foliar útil, fato este já observado a partir dos 25 DAE. Urchei et al. (2000) também verificaram aumento da RAF no início do ciclo do feijoeiro, indicando que nesta fase a maior parte do material fotossintetizado é convertido em folhas para maior interceptação da energia luminosa. Segundo Alvarez et al. (2005) a tendência da RAF é diminuir a partir de uma certa fase do ciclo em função da redução da área foliar útil.

Estes decréscimos da RAF verificados nos tratamentos estudados devem-se a redução da potencialidade da planta em produzir novas folhas, a interferência das folhas superiores sobre as inferiores (sombreamento) e senescência e queda das folhas com o avanço do ciclo (BENINCASA, 2003), além do surgimento de tecidos e estruturas não assimilatórias como flores, vagens e sementes que contribuem para o aumento da massa seca total (URCHEI et al., 2000). Segundo Rodrigues (1982), a razão de área foliar representa a dimensão relativa do aparelho fotossintético, sendo bastante apropriada à avaliação dos efeitos genotípicos, climáticos e de comunidades vegetais.

Para a área foliar específica (AFE), observam-se comportamentos semelhantes para as doses aplicadas (Figura 5). A redução mais acentuada da AFE observada até os 40 DAE deve-se ao acúmulo de fotossintetizados nas folhas. Após os 40 dias os decréscimos foram menos acentuados em função da translocação de fotoassimilados, para formação de vagens e sementes, e da senescência das folhas.

A AFE representa o espessamento foliar (BENINCASA, 2003), indicando se elas estão acumulando fotoassimilados nas folhas ou translocando os mesmos para outros órgãos. Com início da fase reprodutiva ocorre a translocação dos fotoassimilados das folhas, principalmente para as vagens e sementes, assim, a tendência seria o aumento da AFE devido a redução do espessamento da folha, todavia, a redução do índice é contínua em função da senescência, morte e queda das folhas.

## CONCLUSÕES

O incremento das doses de fósforo aplicadas via solo favorece o aumento da massa seca total e o índice de área foliar do feijoeiro cv. IAC Carioca Tybatã.

A massa de matéria seca tem aumento constante durante todo o ciclo da cultura e o índice de área foliar atinge o ponto máximo aos 97 dias após a emergência.

A adubação fosfatada promoveu maior taxa de crescimento relativo no início do desenvolvimento da planta, maior taxa de crescimento da cultura e redução do ciclo da cultura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M. L. et al. Conceito de ideotopia e seu uso no aumento do rendimento potencial de cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, p.325-332, 1998.
- ALMEIDA, M. L. et al. Crescimento inicial de milho e sua relação com o rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, p.189-194, 2003
- ALVAREZ, R.C.F. et al. Comparação de dois cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) através da análise de crescimento. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, p.611-616, 2005.
- AMBROSANO, J. E. et al. Leguminosas e Oleaginosas: Feijão. In: RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. p.194-195.
- ARAÚJO, A.P. Eficiência vegetal de absorção e utilização de fósforo, com especial referência ao feijoeiro. In: NOVAIS, R.F. et al. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2000. p.163-203.
- BENINCASA, M.P.M. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- BROWN, R.H. Growth of the Green Plant. In: TESAR, M.B. **Physiological Basis of the Crop Growth and Development**. Madison: American



- Society of Agronomy e Crop Science Society of America, 1984. p.153-174.
- CIAT – Centro Internacional de Agricultura Tropical. **Programa de feijol**. México D. F: Instituto de Ecologia, Informe anual, 1986. 341p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- FAGERIA, N. K. Eficiência de uso de fósforo pelos genótipos de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, p.128-131, 1998.
- FAGERIA, N.K. et al. Resposta do feijoeiro a adubação fosfatada. In: POTAFÓS. **Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n.102, p.1-9, 2003.
- GRANT, C.A. et al. **Importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Piracicaba: POTAFÓS, 2001. Boletim Técnico, 95.
- HOLFORD, I. C. R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.35, p.227-239, 1997.
- KVET, J. et al. Methods of growth analysis. In: SESTAK, Z. et al. **Plant photosynthetic production: manual of methods**. The Hague: W. Junk, 1971. p.343-391.
- LYNCH, J. et al. Vegetative growth of the common bean in response to phosphorus nutrition. **Crop Science**, Madison, v.31, p.380-387. 1991.
- PORTES, T.A.; CASTRO JÚNIOR, L.G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.3, p.53-56, 1991.
- RAIJ, B.V.; QUAGGIO, A.J. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31p.
- RODRIGUES, S.D. **Análise de crescimento de plantas de soja (*Glycine max* L. Merrill) submetidas à carências nutricionais**. 1982. 113p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- RODRÍGUEZ, D. et al. Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growing under low phosphorus conditions. **Plant and Soil**, New York, v.200, p.227-240, 1998.
- ROSOLEM, C. A.; MARUBAYASHI, O. **Seja doutor do seu feijoeiro**. Piracicaba: POTAFÓS Arquivo do Agrônomo, 1994. p.1-16. Boletim Técnico, 68.
- SILVA, R. J. S. et al. Rendimento de grãos no feijoeiro em função dos teores de fósforo nas sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, p.247-250, 2003.
- URCHEI, M. A. et al. Análise crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.497-506, 2000.
- VIDAL, L. S., JUNQUEIRA NETO, A. J. Efeito da densidade de plantas e de doses de fósforo sobre algumas características de duas cultivares de feijão. **Ciência Prática**, Lavras, v.6, p.195-207, 1982.
- YOUNGDAHL, L. J. Differences in phosphorus efficiency in bean genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.13, p.1381-1392, 1990.
- ZABOT, L. et al. Análise de crescimento da cultivar de feijão Br Ipagro 44 Guapo Brilhante cultivada na safrinha em quatro densidades de semeadura em Santa Maria-RS. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.3, p.105-115, 2004.