

ANÁLISE DE CRESCIMENTO DE *Hymenaea courbaril* L. SOB EFEITO DA INOCULAÇÃO MICORRIZICA E ADUBAÇÃO FOSFATADA¹

DARCI BARBIERI JUNIOR², LÚCIA FILGUEIRAS. BRAGA³, CASSIANO GARCIA ROQUE⁴ E MARCÍLIO PEREIRA SOUSA⁵

¹ Parte da Dissertação do primeiro autor, para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, Universidade do estado de Mato Grosso – UNEMAT

² Biólogo, Bolsita Capes, M.Sc. em Ciências Ambientais - UNEMAT, Cáceres - MT, 78200-000, kimbarbieri@hotmail.com

³ Prof^ª Dr^ª Depto. Ciências Biológicas - UNEMAT, Rodovia MT 208, Alta Floresta-MT, 78580-000, luciabraga@unemat.br

⁴ Prof. Dr. Depto. Agronomia - UNEMAT, Alta Floresta-MT.

⁵ Biólogo, Dr. em Botânica.

RESUMO - Este estudo objetivou avaliar o desenvolvimento de *Hymenaea courbaril* L. em condições de viveiro sob efeito da inoculação micorrizica e adubação fosfatada. As plantas foram cultivadas em sacos de polietileno de dimensões de 0,18 X 0,30 m, com capacidade de 1,3 kg de substrato. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com seis tratamentos e dez repetições, sendo dez plantas destruídas por mês para avaliações de índices fisiológicos. As dosagens de fósforo utilizadas foram 0, 4.200 e 8.400 g m⁻³ de substrato. O fungo micorrizico arbuscular da espécie *Glomus clarum*, foi utilizado em metade dos tratamentos (com e sem micorrizas) com inoculação de 2 g do fungo. As avaliações ocorreram 30, 60, 90 e 120 dias após emergência. Determinou-se a massa de matéria seca total, a razão de área foliar, área foliar específica, taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento relativo e a taxa de crescimento absoluto. Concluiu-se que a espécie *Hymenaea courbaril* foi facultativa em relação à inoculação com fungo micorrizico arbuscular *Glomus clarum* e aplicação de fósforo em seu desenvolvimento inicial.

Termos para indexação: Jatobá, índices fisiológicos, desenvolvimento, micorriza, fósforo.

ANALYSES OF GROWTH OF *Hymenaea courbaril* L. UNDER EFFECTS OF MYCORRHIZAL INOCULATION AND PHOSPHATE FERTILIZING

ABSTRACT - This study aimed to evaluate the development of *Hymenaea courbaril* L. in conditions of nursery under effect of mycorrhizal inoculation and phosphate fertilization. The plants were grown in plastic bags with dimensions of 0.18 x 0.30 m, with a capacity of 1.3 kg of substrate. The experimental design was completely randomized with six treatments and ten repetitions, and ten plants destroyed per month for evaluation of physiological indices. The strengths of phosphorus used were 0, 4,200 and 8,400 g m⁻³ of substrate. The arbuscular mycorrhizal fungus of the species *Glomus clarum* was used by half of the treatments (with and without mycorrhizal) with 2 g of inoculation of the fungus. The ratings were 30, 60, 90 and 120 days after sowing. It was determined the total dry matter, the ratio of leaf area, specific leaf area, assimilate rate liquid, relative growth rate and the absolute growth rate. It was concluded that the species *Hymenaea courbaril* L. was optional in relation to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus clarum* and application of phosphorus in their initial development.

Index terms: Jatobá, physiological index, development, mycorrhiza, phosphorus.

INTRODUÇÃO

A recuperação de áreas degradadas pode ser realizada pelo crescimento de espécies remanescentes como também o plantio de novas mudas (Fernandes et al., 2000), podendo necessitar de elementos minerais, como o fósforo, o que pode onerar os custos. Com o intuito de minimizar esse

problema, alternativas biológicas, como a utilização de fungos micorrízicos pode ter sucesso, maximizando o fósforo disponível às plantas.

O fósforo é um macro-elemento essencial para plantas em solos tropicais, sendo que vários autores descreveram a importância do P para crescimento e estabelecimento de plantas tropicais e de clima temperado (Odum, 1988; Ricklefs, 2001; Raven et al., 2001; Gliessman, 2001; Primavesi, 2002).

As simbioses mutualísticas de micorrizas favorecem o desenvolvimento de plantas, proporcionando maior absorção de nutrientes pelas raízes e evitando-se possíveis patógenos. Fungos micorrízicos são aqueles, que através de relações simbióticas não patogênicas, trazem benefícios para as plantas. O fungo favorece a nutrição da planta e em troca ela proporciona energia e fatores de crescimento para o fungo micorrízico.

Variáveis de crescimento têm sido utilizadas para avaliar o comportamento das mudas de espécies florestais em relação ao fósforo e fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em viveiro. A análise de crescimento descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, acompanhando assim seu crescimento, o que segundo Benincasa (2003) é o meio mais acessível e bastante preciso para avaliar o crescimento e mensurar a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal.

Respostas à aplicação de fósforo e inoculação com FMA em viveiro são descritas na literatura para várias espécies (Carneiro et al., 1996; Caldeira et al., 1999; Resende et al., 1999; Fernandes et al., 2000; Minhoni e Auler, 2003; Carneiro et al., 2004). No entanto, outras espécies, com potencial em programas de reflorestamento, devem ser estudadas quanto ao seu comportamento morfofisiológico em viveiro, pois a simbiose de fungos micorrízicos com espécies arbóreas tropicais pode favorecer a absorção de fósforo e promover o desenvolvimento destas plantas.

O Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) é uma espécie clímax da família Fabaceae, sendo planta semidecídua, heliófita, pouco exigente em fertilidade, que atinge altura de 15-20 m, com tronco de até 1 metro de diâmetro. Árvore de fácil multiplicação, não podendo faltar na composição de reflorestamentos heterogêneos. Os frutos contêm uma polpa que origina uma farinha muito nutritiva, consumida tanto pelo homem como pelos animais silvestres (Lorenzi, 1998), além de produzir sementes com abundância e regularidade sendo espécie com possibilidade de uso comercial (Campos & Uchida, 2002) e que segundo Panizza (1997) apresenta indicação como medicinal, produzindo óleo essencial, taninos, materiais resinosos e pectínicos, amido e açúcares, sendo as cascas e folhas utilizadas no tratamento de diarreias, cólicas intestinais, cistite, tosse, bronquite e asma.

O presente estudo objetivou avaliar o desenvolvimento inicial da espécie *Hymenaea courbaril* L. em substrato com adição de micorriza e diferentes dosagens de fósforo, visando determinar seu comportamento em viveiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em viveiro no município de Carlinda - MT (localização, 09°56'15"S e 55°40'54"W) no período de novembro de 2006 a março de 2007.

Utilizou-se um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico e textura média (Embrapa, 1999). Para a coleta da terra da camada arável do solo, descartaram-se os 20 cm iniciais da camada superior, sendo então utilizado a terra abaixo dessa, chamada de terra de barranco.

Foram retirados 0,880 m⁻³ (80%) dessa terra sendo misturada a 0,220 m⁻³ de areia (20%), totalizando um total de 1.100 m⁻³ de substrato o qual foi esterilizado em autoclave a 120°C por 60 minutos, sendo posteriormente acondicionado em sacos plásticos os quais foram lacrados e armazenados no Laboratório da Fundação Agro Ambiental da Amazônia (FUNAM), Alta Floresta - MT. Uma amostra foi tomada para análises químicas e físicas (Tabela 1).

Ao substrato foram, posteriormente, adicionados 400 g m⁻³ de sulfato de amônio e 200 g m⁻³ de cloreto de potássio, como fonte, respectivamente de nitrogênio e potássio.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, perfazendo seis tratamentos, com trinta repetições, totalizando 180 plantas. Além destas, 40 plantas foram utilizadas para determinação de área foliar e massa seca, sendo destruídas a cada 30 dias 10 plantas.

As dosagens de P (superfosfato simples, contendo 18% de P₂O₅) utilizadas foram 0, 4.200 (765 g m⁻³ de P₂O₅) e 8.400 g m⁻³ (1512 g m⁻³ de P₂O₅) de substrato. O fungo micorrízico arbuscular (FMA) da espécie *Glomus clarum* Nicolson & Schenck foram multiplicados em raízes de *Brachiaria decumbens* Stapf., cultivadas em vasos. Por planta, foi utilizado 2g do substrato contendo esporos de FMA do referido cultivo. Os tratamentos utilizados foram denominados pelas letras M para micorrizas e P para fósforo, sendo:

M0P0 – sem micorrizas e sem P - controle;

M0P1 – sem micorrizas e 4.200 g m⁻³ de P;

M0P2 – sem micorrizas e 8.400 g m⁻³ de P;

M1P0 – 2 g de FMA e 0 g m⁻³ de P;

M1P1 – 2 g de FMA e 4.200 g m⁻³ de P;

M1P2 – 2 g de FMA e 8.400 g m⁻³ de P.

TABELA 1. Características químicas e físicas da amostra de terra utilizada para a produção de mudas de jatobá.

pH H ₂ O	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K -----cmol _c dm ⁻³ -----	Ca -----cmol _c dm ⁻³ -----	Mg -----cmol _c dm ⁻³ -----	Al -----cmol _c dm ⁻³ -----
5,9	12	2,9	0,12	1,13	0,87	0,00
H+Al -----cmol _c dm ⁻³ -----	T	S	V (%)	Argila -----g kg ⁻¹ -----	Silte -----g kg ⁻¹ -----	Areia -----g kg ⁻¹ -----
2,0	4,1	2,1	51,5	257	82	661

K e P: Menlich; Ca, Mg e Al: KCL 1N; H + Al: Acetato de Cálcio pH = 7,0

Os tratamentos foram aplicados usando as diferentes dosagens de P misturadas ao substrato com auxílio de enxada sobre encerado de plástico em ambiente coberto, sendo posteriormente acondicionados nos sacos de polietileno com dimensões de 0,18 x 0,30 m e capacidade de 1,3 kg de substrato.

O material (substrato de cultivo) contendo os esporos do fungo micorrízico arbuscular (FMA) foi adicionado no terço superior do substrato acondicionado nos sacos de polietileno, irrigando-se posteriormente este substrato duas vezes ao dia durante cinco dias antes da semeadura.

As sementes de *Hymenaea courbaril* L. (jatobá) foram coletadas de árvores matrizes da região de Carlinda – MT em agosto de 2006 e acondicionadas em sacos de papel mantidos em temperatura ambiente até o início dos ensaios.

As sementes de jatobá foram escarificadas em esmeril elétrico no sentido oposto do eixo hipocótilo-radícula, desinfestadas em hipoclorito de sódio a 10% por 30 minutos e lavadas posteriormente, com água destilada em duas etapas, uma em imersão por 20 minutos e a outra em enxágüe, quando então foram tratadas com o fungicida Benlat 500 (Benomyl) a 0,25% do peso das sementes, sendo semeadas em seguida. Foram semeadas três sementes diretamente nos sacos plásticos, sendo realizado o desbaste quando as plântulas atingiram 3,0 cm de altura, mantendo-se somente uma por saco. As plantas receberam uma adubação foliar na última semana de cada mês, sempre ao final do dia, na proporção de 1 g de sulfato de amônio (21,21% N) por litro de água, equivalente a 212 mg de N/L⁻¹ num total de quatro litros, sendo em média de 4,71 mg planta⁻¹ de N aos 30 e 60 dias e posteriormente 2 g de amônia (45% N) por litro de água, equivalente a 900 mg de N/L⁻¹, num total de quatro litros, sendo em média de 20 mg planta⁻¹ de N aos 90, 120 e 150 dias.

O viveiro, construído em área aberta foi coberto e cercado por sombrite 50% de radiação, sendo os sacos de polietileno depositados sobre uma bancada de madeira desinfestada com hipoclorito de sódio a 10%.

As mudas foram irrigadas diariamente em duas etapas, manhã e tarde, por sistemas de micro aspersão até obter a saturação do substrato. Uma terceira irrigação ocorria quando necessário, mantendo o substrato úmido, evitando o ressecamento do mesmo e murchamento das mudas. A água foi coletada de lençol freático localizado em área acima do experimento e armazenada em caixa d'água com capacidade de 1m³ e elevada a três metros de altura para proporcionar pressão suficiente para a irrigação.

As avaliações foram realizadas em quatro coletas com dez plantas cada, a intervalos de trinta dias após a estabilização da emergência das plântulas (10 dias após semeadura). Determinou-se o comprimento de parte aérea e raiz, diâmetro do coleto, número de folhas e a área foliar das plantas, que em seguida foram separadas em caule, raiz, pecíolos e lâminas foliares, sendo acondicionados todos os órgãos em sacos de papel, colocados em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de ± 65°C até atingir peso constante. Após a secagem completa, o material foi pesado em balança analítica de até 0,001 g para determinação da massa seca.

Procedeu-se a estimativa dos seguintes índices fisiológicos, de acordo com Benincasa (2003):

Área foliar: determinada com um medidor de área foliar, modelo LI-300, e expressa em decímetros quadrados. A área foliar média foi definida como o produto da soma das medidas individuais das áreas de todas as lâminas foliares de cada planta por repetição.

Massa de matéria seca total (MST): A massa de matéria seca total correspondeu à soma das massas de todos os órgãos existentes, em cada coleta, sendo definida como a média das massas.

Razão de área foliar (RAF): A razão de área foliar ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) expressa a área foliar útil para fotossíntese e foi definida como o quociente entre a área foliar (AF), área responsável pela interceptação de energia luminosa e a massa seca total (MST), resultado da fotossíntese.

$$\text{RAF} = \text{AF} / \text{MST}$$

Área foliar específica (AFE): É o componente morfológico e anatômico da RAF porque relaciona a superfície (AF) com o peso da massa seca das folhas (MSF). $\text{AFE} = \text{AF} / \text{MSF}$

Taxa assimilatória líquida (TAL): A taxa assimilatória líquida ($\text{g dm}^{-2} \text{dia}^{-1}$) expressa a taxa de fotossíntese líquida, em termos de massa seca produzida. Foi obtida pela equação:

$$\text{TAL} (\text{g dm}^{-2} \text{dia}^{-1}) = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{\text{Ln } A_2 - \text{Ln } A_1}{A_2 - A_1}$$

Em que: p = peso massa seca; t = tempo em dias; 1 e 2 = amostras sucessivas; Ln = logaritmo neperiano; A = amostra.

Taxa de crescimento relativo (TCR): A taxa de crescimento relativo (g dia^{-1}) de uma planta ou qualquer órgão da planta reflete o aumento da matéria orgânica em um intervalo de tempo, dependente do material pré existente. Essa taxa foi calculada pela equação:

$$\text{TCR} (\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}) = \frac{\text{Ln } P_2 - \text{Ln } P_1}{t_2 - t_1} \cdot \text{g}^{-1} \text{ dia ou semana}$$

Em que: p = peso massa seca; t = tempo em dias; 1 e 2 = amostras sucessivas; Ln = logaritmo neperiano.

Taxa de crescimento absoluto (TCA): A taxa de crescimento absoluto é a variação ou o incremento do crescimento em gramas por dia entre duas amostragens ao longo do ciclo. Essa taxa foi calculada pela equação:

$$\text{TCA} = \frac{P^2 - P^1}{t^2 - t^1}$$

Em que: p = peso massa seca; t = tempo em dias; 1 e 2 amostras sucessivas.

As variáveis foram analisadas pelo programa computacional ANACRES, de acordo com as especificações de Portes & Castro Junior (1991) e os valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra que a massa seca total (MST) de plantas de jatobá aumentou em todos os tratamentos, sendo que até os 90 dias os tratamentos foram semelhantes e aos 120 dias M1P1 apresentou maior MST. Estes resultados sugerem que os tratamentos influenciaram no incremento de MST aos 90 dias e que aos 120 dias demonstraram que interações FMA e doses de P influenciaram esse aumento, porém MOP1 manteve-se com valores iguais aos tratamentos com interação FMA e doses de P. Os tratamentos MOP0 e MOP2 apresentaram menor MST aos 120 dias, demonstrando que a ausência de FMA, dosagem 0 e 8.400 g m^{-3} P não promoveram incremento de matéria seca.

Minhoni & Auler (2003) observaram efeitos positivos na inoculação de FMA *Glomus macrocarpum* em mamoeiros (*Carica papaya*) diminuindo a necessidade de P conforme se aumenta a dosagem do mesmo para seu crescimento. Para haver esse ganho de biomassa, deve ter havido aumento nas taxas de fotossíntese, ou seja, aumento da assimilação de CO_2 , o que poderia ser atribuído à presença benéfica do FMA no sistema, por favorecer aumento na absorção de micro e macronutrientes, em especial de P, elemento chave na produção de fotossintatos (Sena et al., 2004).

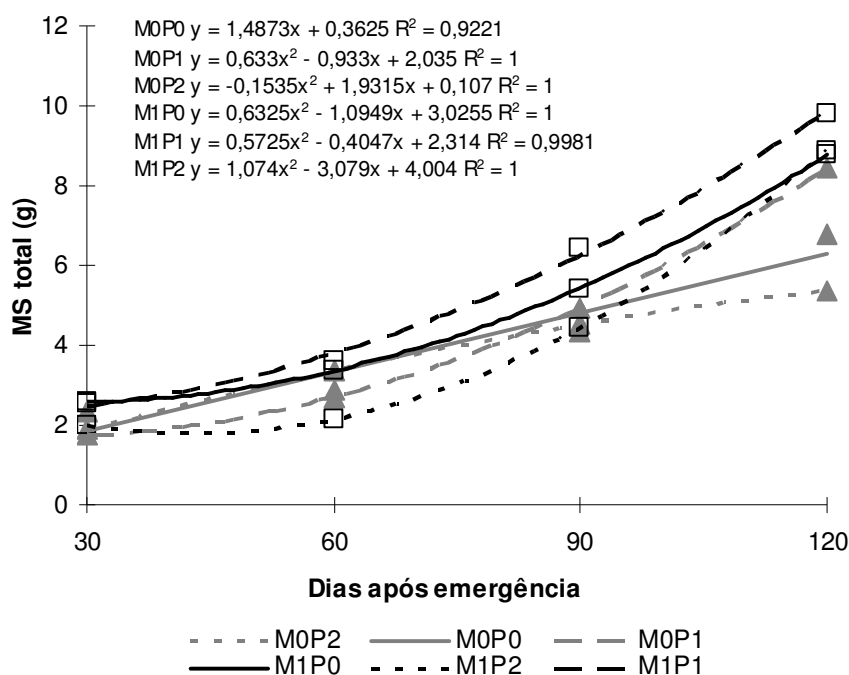


FIGURA 1. Massa seca total (g) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: MOP0 (controle), MOP1 (sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), MOP2 (sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (com micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

Os resultados obtidos indicam que provavelmente o jatobá acumule mais biomassa na presença de FMA, independente do P disponível, já que os tratamentos com micorriza apresentaram maior acúmulo de massa seca total, ou seja, incremento de biomassa o que segundo Sena et al. (2004) justifica-se devido as maiores taxas de fotossíntese das plantas micorrizadas.

Na Figura 2 observa-se a razão de área foliar (RAF) de plantas de jatobá no período de quatro meses de avaliação.

As plantas de todos os tratamentos apresentaram tendência semelhante da RAF, sendo maior aos 30 dias, com acentuada diminuição dos 30 aos 120 dias após emergência. A RAF elevada no início do desenvolvimento das plantas de jatobá indica que houve investimento no desenvolvimento das folhas para a captação de energia luminosa e posteriormente, devido à maturação das folhas, direcionamento dos fotoassimilados para outras partes da planta. Em seu trabalho com sorgo (*Sorghum bicolor*) Benincasa (2003) observou que a RAF declinou a partir do 13º ao 111º dias após semeadura. Urchei et al. (2000) verificaram que as curvas da razão de área foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) em função do tempo evidenciaram aumento acelerado durante o período vegetativo, ou seja, até 30-37 dias após estabilização, indicando que nessa fase a maior parte do material fotossintetizado foi convertido em folhas, para maior captação da radiação solar disponível, ocorrendo a partir desse período decréscimos subseqüentes com o desenvolvimento fenológico da cultura, decorrentes do surgimento de tecidos e estruturas não assimilatórias, como flores, vagens e sementes, além do auto-sombreamento, secamento e queda de folhas com a idade da planta.

As plantas cultivadas com MOP0 (Figura 2) apresentaram maior RAF aos 30 e 120 dias após emergência, sendo verificada menor RAF nos tratamentos MOP1 e M1P1. No entanto os tratamentos apresentaram redução nos valores dos 30 aos 120 dias, sugerindo que plantas de jatobá no seu desenvolvimento inicial independem da aplicação de fósforo e fungos micorrizicos arbusculares, semelhante ao observado por outros autores, em que afirmaram que tal comportamento da RAF é resultado do crescimento da planta, indicando menor área fotossintetizante das folhas e ganho em biomassa (Duboc, 1994; Carneiro et al., 1996; Ramos et al., 2003). Outro fator considerado pode ser o próprio comportamento fisiológico da planta já que, de acordo com Benincasa (2003), a RAF expressa a área foliar útil para fotossíntese, sendo a relação entre área foliar, responsável pela interceptação da energia luminosa e CO₂ e a massa seca total, resultado da fotossíntese. Assim, com o crescimento da planta, aumenta a interferência das folhas superiores sobre as inferiores, com tendência de redução da área foliar útil, a partir de certa fase.

Na Figura 3 observa-se a área foliar específica (AFE) de plantas de jatobá. O comportamento da AFE que correlaciona a superfície da folha com a massa seca da própria folha, variou no período de avaliação.

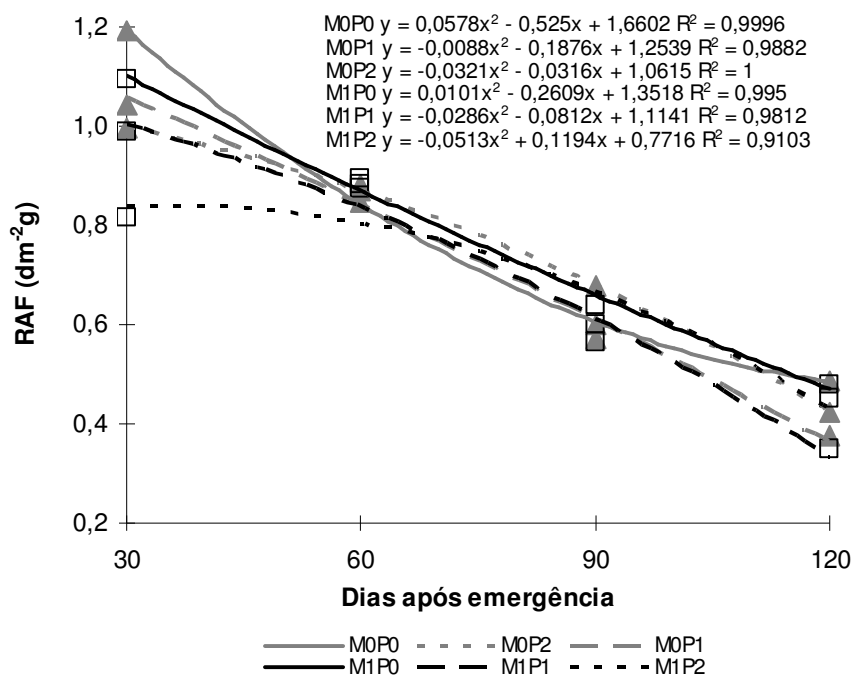


FIGURA 2. Razão de área foliar ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (com micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

A maior AFE em todos os tratamentos foi aos 30 dias após emergência, apresentando redução ao longo do período, atingindo o menor valor aos 120 dias. Benincasa (2003) verificou que os valores da AFE, no início do desenvolvimento, podem ser maiores, revelando folhas pouco espessas, com pouca massa seca e área foliar. O desenvolvimento da cultura proporciona aumento de área foliar e massa seca das folhas, provocando a diminuição da AFE. O mesmo foi observado por Ferreira (1996) quando verificou diminuição da AFE de milho (*Zea mays*) sob adubação com fósforo. Benincasa (2003) afirmou que a área foliar específica é o componente morfológico e anatômico da razão da área foliar, porque relaciona a superfície com o peso de matéria seca da própria folha, ou seja, a superfície foliar é componente morfológico e o número e tamanho das células do mesófilo foliar é o anatômico. Larcher (2006) também concluiu que a superfície e o mesófilo foliar fornecem uma variável de crescimento de plantas.

A tendência da AFE é de redução (Benincasa, 2003), justificada pelo fato de quando ocorre diminuição da AFE, aumenta o número de folhas e biomassa das mesmas, ou seja, a translocação de fotoassimilados favorecendo um órgão em detrimento de outro. Os tratamentos M0P0 e M1P0 tiveram maior RAF aos 30 e 120 dias em relação aos demais. Benincasa (2003) observou oscilações da AFE em sorgo (*Sorghum bicolor*), resultado das taxas de crescimento das folhas individuais. Larcher (2006)

afirmou que o aumento de biomassa e número de folhas se faz diante a alocação de fotoassimilados, diminuindo a superfície e aumentando o mesófilo.

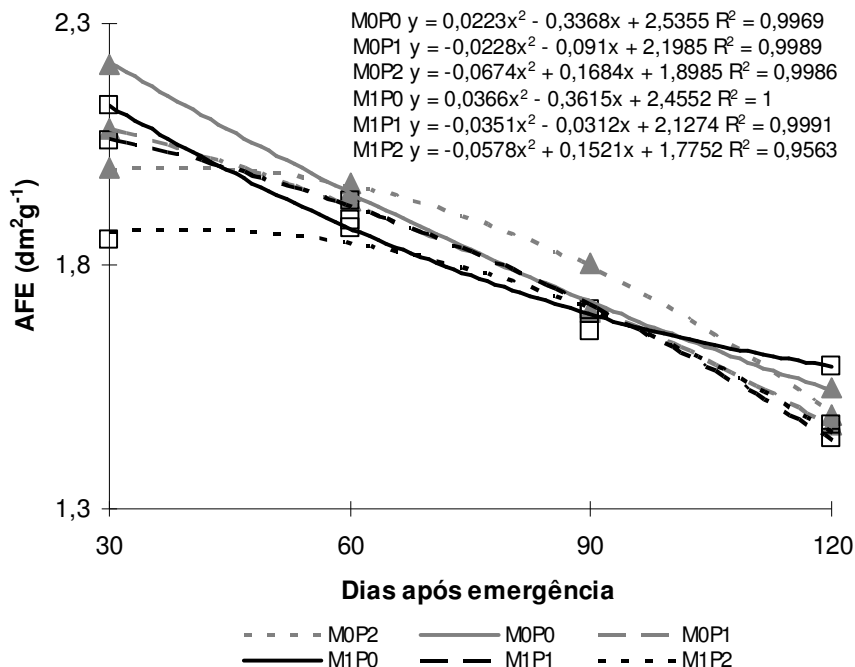


FIGURA 3. Área foliar específica ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (com micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

Na Figura 4 encontram-se as curvas para a taxa assimilatória líquida (TAL) de plantas de jatobá. Com exceção do tratamento M0P2, os demais tratamentos influenciaram a TAL dos 30 aos 120 dias após emergência. Este comportamento está relacionado ao acúmulo de biomassa, proporcionado pelo aumento da fotossíntese líquida devido ao aproveitamento da maior interceptação e fixação de energia luminosa por unidade de área. Benincasa (2003) se referiu a TAL como a taxa de fotossíntese líquida em termos de massa seca produzida (em gramas), por unidade de área foliar (dm^{-2}) por unidade de tempo, o que indica a correlação entre a área foliar e matéria seca total. Urchei et al (2000) verificaram em trabalho sobre o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), aumento da fotossíntese líquida, devido ao aumento da área foliar.

O aumento do número de folhas e área foliar provoca o aumento de fotossíntese líquida, ocorrendo auto-sombreamento podendo diminuir conseqüentemente a TAL.

Segundo Rodrigues (1990), o comportamento da TAL pode ser influenciada por fatores climáticos, forma de condução dos experimentos e pelas variações intra-específicas da TAL. Ressalta-se neste trabalho que a cada coleta, aumentava-se o espaço físico de cada planta, devido às amostragens destrutivas, proporcionando maior captação de luz lateral, favorecendo a fotossíntese líquida e elevando a TAL. Este comportamento foi observado por Lima et al. (2007) em mamoeiro (*Carica papaya*) ao

afirmarem que conforme destruíam mudas, aumentava a interceptação luminosa lateral, consequentemente aumentando a fotossíntese líquida.

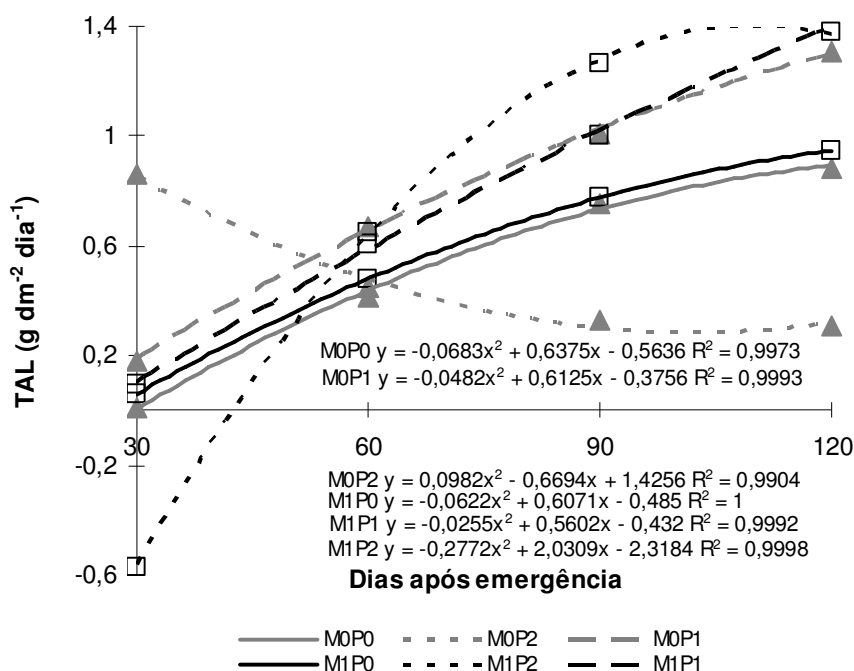


FIGURA 4. Taxa assimilatória líquida ($\text{g} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: MOP0 (controle), MOP1 (sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), MOP2 (sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (com micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

O tratamento MOP2 foi o único que apresentou redução da TAL entre 30 e 90 dias, estabilizando aos 120 dias. Houve aumento de área foliar dos 30 aos 90 dias e estabilização em seguida podendo influenciar em maior ou menor fotossíntese líquida, dependendo de outras variáveis ecológicas, fisiológicas e ambientais, não somente genética da espécie e, segundo Rodrigues (1990) a TAL pode divergir, pois depende de variáveis ambientais e dos próprios processos. Valmorbidia (2002) atribuiu o aumento da área foliar de menta (*Mentha piperita*) como responsável pelo sombreamento das folhas inferiores e consequentemente diminuição da TAL.

Outro fator para a diminuição da TAL no tratamento MOP2 pode ser relacionado à dosagem excessiva de P sem inoculação de micorriza e que pode torna-se desta maneira limitante. De acordo com Sena et al. (2004) o excesso de fósforo provoca a diminuição de absorção de zinco, que está relacionado diretamente com a sintetização de hormônios de crescimento relacionados diretamente com a parte aérea. Neves et al. (2004) verificaram que o umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) aos 35 dias apresentou alterações morfológicas, produzindo folhas pequenas, retorcidas e cloróticas. Illensser & Paulilo (2002) observaram que mudas de *Euterpe edulis* apresentaram maior taxa assimilatória líquida com aplicação

de 10 e 20 mg⁻¹ L⁻³ de P e segundo Burity et al. (2000), a maior absorção de P por planta disponibilizada por fungos micorrízicos arbusculares, pode aumentar a área foliar das plantas, que nesse caso podem suplementar fotossintatos suficiente para o simbionte e suprir a demanda de energia.

As plantas de jatobá de todos os tratamentos apresentaram comportamento semelhante, com aumento da taxa de crescimento relativo (TCR), dos 30 aos 90 dias e redução entre 90 e 120 dias, com exceção de M0P2 que diminuiu dos 30 aos 90 e estabilizou aos 120 dias (Figura 5). As plantas submetidas ao tratamento M1P1 apresentaram valores mínimos aos 30 dias e máximos aos 90 dias após emergência. Estas variações da TCR são normais, uma vez que qualquer incremento ao longo de um determinado período está diretamente relacionado ao tamanho alcançado no período anterior (Lima, 2007). De acordo com Benincasa (2003) a TCR representa o aumento da massa seca de uma planta ou de qualquer um dos seus órgãos, em relação à massa seca existente no instante em que se inicia o período de observação.

Verificou-se nesse trabalho que o comportamento da TCR é idêntico a TAL e ambos contrários a RAF. A RAF diminuiu por consequência do auto-sombreamento das folhas, mas a TCR aumentou devido ao acúmulo de biomassa, resultante da assimilação líquida da fotossíntese. Benincasa (2003) e Rocha et al. (2006) consideram esses resultados normais, pois houve incremento de biomassa.

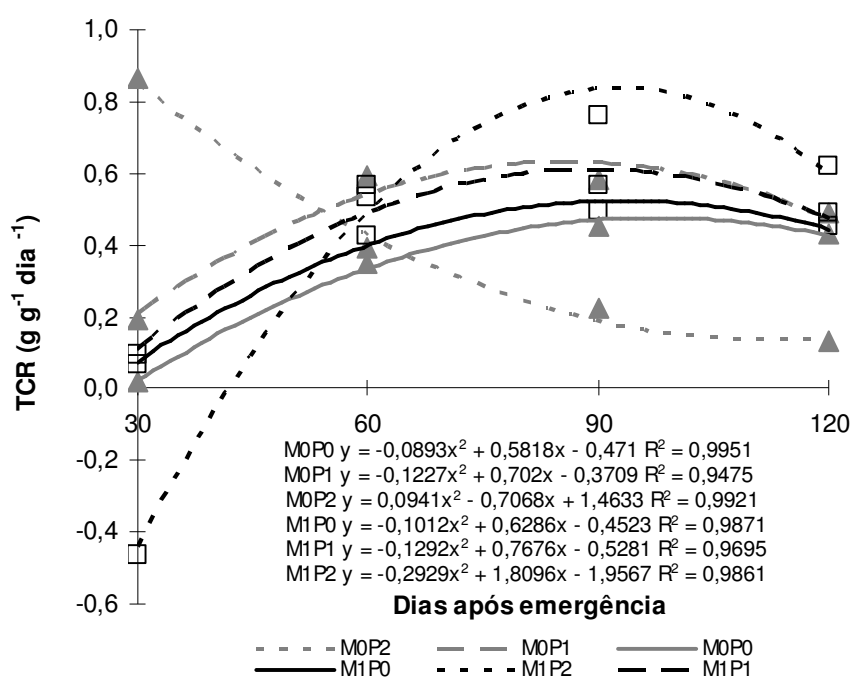


FIGURA 5. Taxa de crescimento relativo (g.g⁻¹.dia⁻¹) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m⁻³ de P), M0P2 (sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m⁻³ de P), M1P0 (com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (com micorrizas e aplicação de 4.200 g m⁻³ de P), M1P2 (com micorrizas e aplicação de 8.400 g m⁻³ de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

As plantas submetidas aos tratamentos M0P2 e M1P2 apresentaram comportamentos inversos, sugerindo que o tratamento com FMA influenciou na disponibilização de fósforo a partir dos 30 dias, no entanto a aplicação isolada de 8.400 g m^{-3} de fósforo inibiu esta variável. Odum (1988) observou em mudas de pinheiro branco (*Pinus strobus*) que a presença de micorrizas reduziu a necessidade de aplicação de fósforo, favorecendo o crescimento devido à absorção de fósforo pelas micorrizas e disponibilização gradual para a mesma. Minhoni & Auler (2003) verificaram que a adição de 480 mg kg^{-1} de P no solo causou uma inversão nos ganhos em crescimento de mamoeiro (*Carica papaya*), ou seja, estes foram menores para as plantas não inoculadas por FMA *Glomus macrocarpum*.

Com relação à taxa de crescimento absoluto (TCA), Benincasa (2003) afirmou que é a variação ou incremento do crescimento em gramas por dia entre duas amostragens, podendo ser utilizada para se ter idéia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação.

Nas plantas de jatobá (Figura 6) houve aumento da TCA dos 30 aos 120 dias, com exceção do tratamento M0P2, onde ocorreu redução do crescimento durante o período de avaliação, sugerindo que a aplicação de 8.400 g m^{-3} de P sem inóculos de FMA *Glomus clarum* prejudicou o crescimento das plantas submetidas a este tratamento, visto que não ocorreu incremento no crescimento entre as amostragens. Minhoni & Auler (2003) observaram o mesmo comportamento com a adição de 480 mg kg^{-1} de P em mamoeiro (*Carica papaya*) inoculado por FMA *Glomus macrocarpum*. Os resultados de Sena et al. (2004) indicaram que altas doses de P influenciaram nas reduções das taxas de transpiração e acúmulo de biomassa em mudas de tangerina (*Citrus reshni*). Também foi observado por Neves et al. (2004) que mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) tiveram seu crescimento e biomassa diminuída por alta dosagem de fósforo.

Verificou-se que todos os tratamentos, com exceção de M0P2, apresentaram comportamento semelhante dos 30 aos 120 dias, comparando-os com o controle, indicando que os mesmos não influenciaram no aumento de TCA no período avaliado, provavelmente devido ao acúmulo de nutrientes nas sementes serem suficientes para o período avaliado. Duboc (1994) e Resende et al. (1999) evidenciaram que as reservas nutritivas das sementes de jatobá são suficientes para o crescimento entre 90 e 120 dias após plantio.

Observa-se que houve incremento de biomassa, referenciado tanto pela TCR e TCA. A TAL também aumentou, e segundo Benincasa (2003) para ocorrer o aumento da TAL tem-se a diminuição do número de folhas. Observa-se ainda que ocorreu diminuição do número de folhas a partir dos 90 dias, e no período anterior esse aumento relacionou-se ao maior tamanho das folhas. Lorenzi (1998) confirmou que as folhas de jatobá são de tamanhos considerados grandes. O fato do tratamento M0P2 ter influenciado na diminuição da TCA acredita-se ser devido ao efeito inibitório do P aplicado isoladamente na dosagem de 8.400 g m^{-3} ocasionando menor crescimento de parte área por poder deixar o zinco indisponível, pois o mesmo influencia a sintetização de hormônios de crescimento. Neves et al. (2004) também afirmaram que o fósforo aplicado em doses altas promoveu a diminuição de incremento de

biomassa, causando a inibição de Zn, que diretamente se relaciona com auxina/citocinina, hormônios promotores de crescimento vegetal.

O comportamento da TCA demonstrou que as plantas apresentaram produtividade líquida positiva, exceto M0P2. Sena et al. (2004) afirmaram que os possíveis aumentos na taxas fotossintéticas das plantas de tangerina (*Citrus reshni*) micorrizadas com dose de até 150 mg kg^{-1} de P promoveram maior produção de carboidratos, em especial sacarose, para acúmulo de biomassa, por outro lado, nas mais altas doses de P ocorreram reduções das taxas de transpiração, aumento da resistência estomática e tendência de redução na produção de biomassa.

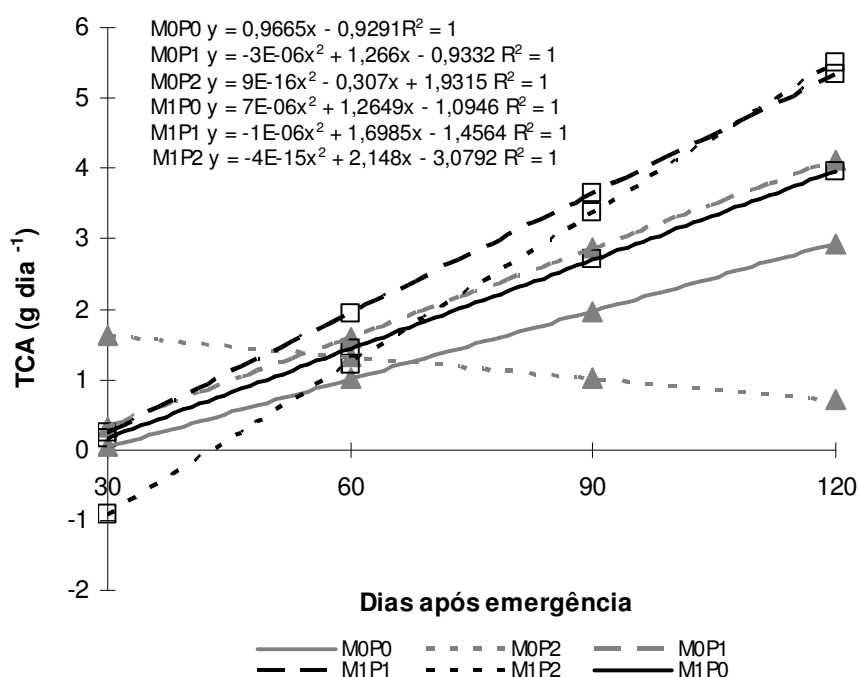


FIGURA 6. Taxa de crescimento absoluto ($\text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) de plantas de jatobá em função dos tratamentos: M0P0 (controle), M0P1 (sem micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M0P2 (sem micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P), M1P0 (com micorrizas sem aplicação de P), M1P1 (com micorrizas e aplicação de 4.200 g m^{-3} de P), M1P2 (com micorrizas e aplicação de 8.400 g m^{-3} de P). Valores ajustados pela equação polinomial quadrática.

CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu concluir que:

Os índices fisiológicos das plantas de *Hymenaea courbaril* L. caracterizam-na como espécie facultativa em relação à inoculação com fungo micorrízico arbuscular *Glomus clarum* e aplicação de P em seu desenvolvimento inicial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: Funep, 2003. 41p.
- BURITY, H.A.; LYRA, M.C.C.P.; SOUZA, E.S.; MERGULHÃO, A.C.E.S.; SILVA, M.L.R.B. Efetividade de inoculação com rizóbios e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de sabiá submetidas a diferentes níveis de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.4, p.801-807. 2000.
- CAMPOS, M.A.A.; UCHIDA, T. INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE TRÊS ESPÉCIES AMAZÔNICAS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.281-288, 2002.
- CALDEIRA, M.V.W.; SILVA, E.M.R.; FRANCO, A.A.; ZANON, M.L.B. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de duas leguminosas arbóreas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p.63-70, 1999.
- CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C.; GOMES, L.J.; CURI, N.; VALE, F.R. Mycorrhizal fungi and superphosphate on growth of tropical woody species. **Scientia Forestalis**, Lavras. n.50, p.21-36, 1996.
- CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA J.O.; DAVIDE, A.C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Lavras. v.34, n.3, p.119-125, 2004.
- DUBOC, E. **Requerimentos nutricionais de espécies florestais nativas: *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Haynee) Lee et Lang (Jatobá), *Copaifera langsdorffii* Desf. (Óleo copaíba) e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. (Canafístula)**. 1994. 68f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira DE Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Rio de Janeiro, 1999. 169p.
- FERNANDES, L.A.; NETO, A.E.F.; FONSECA, F.C.; VALE, F.R. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1191-1198, 2000.
- FERREIRA, E. **Ajustamento osmótico e análise de crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.), em função do nível de potássio e estresse hídrico**. 1996, 121f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu.
- GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653p.
- ILLENSEER, R.; PAULILO, M.T.S. Crescimento e eficiência na utilização de nutrientes em plantas jovens de *Euterpe edulis* Mart. sob dois níveis de irradiância, nitrogênio e fósforo. **Acta Botânica Brasileira**, v.16. n.4, p.385-394, 2002.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 531p.
- LIMA, J.L.; PEIXOTO, C.P.; LEDO, C.A.S. Índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.31, n.5, p.1358-1363, 2007.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. V. 2. Nova Odessa: Plantarum, 1998. 381p.
- MINHONI, M.T.A.; AULER, P.A.M.; Efeito do fósforo, fumigação do substrato e fungo micorrízico arbuscular sobre o crescimento de plantas de mamoeiro. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.5, p.841-847, 2003.

NEVES, O.S.C.; SÁ, J.R.; CARVALHO, J.G.C. Crescimento e sintomas visuais de deficiências de micronutrientes em umbuzeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, vol.26, n.2, p.306-309, 2004.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A., 1988. 426p.

PANIZZA, S. **Plantas que curam**: cheiro de mato. 15.ed. São Paulo: IBRASA, 1997. 279p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**. São Paulo: Nobel, 2002. 548p.

PORTES, T.A.; CASTRO JUNIOR, L.G.; Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.3 n.1, p.53-56. 1991.

RAMOS, K.M.O.; FELFILI, J.M.; SILVA-SOUSA, J.C.; FAGG, C.W.; FRANCO, A.C.; Desenvolvimento inicial de plântulas de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. Ex. L., sob diferentes condições de sombreamento. **Ibama**, Brasília, n.77, 2003.

RAVEN, P.H.; EVERTE, R.F.; EICHHORN, S.E.. **Biologia Vegetal**. Guanabara Koogan, 6. ed. 2001. 906p.

RESENDE, Á.V.; NETO, A.E.F.; MUNIZ, J.A.; CURTI, N.; FAQUIN, V.; Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.2071-2081, 1999.

RICKLEFS, R. E. **A economia da Natureza**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A., 5. ed. 2001. 503p.

ROCHA, F.S.; JUNIOR; O.J.S; SILVA, E.M.R. et al. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.1, p.77-84, 2006.

RODRIGUES, J.D. **Influência de diferentes níveis de cálcio, sobre o desenvolvimento de plantas estilosantes (*Stylodanthes guyanensis* (Aubl.) Swartz cv cook), em cultivo hidropônico**. 1990. 180f. Tese (Livre docência em Fisiologia Vegetal) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SENA, J.O.A.; LABATE, C.A.; CARDOSO, E.J.B.N. Caracterização fisiológica da redução de crescimento de mudas de citrus micorrizadas em altas doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.28, n.5, p.827-832, 2004.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.V. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.497-506, 2000.

VALMORBIDA, J. **Níveis de potássio em solução nutritiva, desenvolvimento de plantas e produção de óleo essencial de *Mentha piperita* L.** 2002. 128f. Tese (Mestrado em Agronomia/ Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

★★★★★