

Crescimento inicial e fertilidade do solo em plantios puros e consorciados de *Mimosa caesalpinifolia* BenthInitial growth and soil fertility in pure and mixed plantations of *Mimosa caesalpinifolia* BenthErnando Balbinot<sup>1</sup>, José Geraldo de Araújo Carneiro<sup>2</sup>, Deborah Guerra Barroso<sup>2</sup>, Gleícia Miranda Paulino<sup>1</sup> e Kelly Ribeiro Lamônica<sup>3</sup>**Resumo**

Avaliaram-se o crescimento inicial e a fertilidade do solo em plantios puros de *Mimosa caesalpinifolia* Benth e consorciados com *Eucalyptus tereticornis* Sm e *Mimosa pilulifera* Benth. O experimento foi implantado em NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico Gleissólico de baixa fertilidade em Campos dos Goytacazes, RJ e ao longo de 30 meses foram avaliados sobrevivência, altura, diâmetro da base e diâmetro à altura do peito. Aos seis e 30 meses, foi avaliada a fertilidade do solo, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições e 14 plantas por parcela, excluindo-se a bordadura. Constatou-se, aos 30 meses, maior porcentagem de sobrevivência para o plantio puro de *M. caesalpinifolia*, maior diâmetro da base desta espécie no consórcio com *M. pilulifera* e menores valores de altura e diâmetro a altura do peito para o consórcio com *E. tereticornis*. O teor de matéria orgânica do solo diminuiu no plantio consorciado com *E. tereticornis*, na profundidade de 5-10 cm. Os valores de pH, N, Na, Al e H+Al aumentaram em todos os sistemas de plantio, contrariamente aos teores de P, Ca e saturação por bases. Nos plantios puro e consorciado com *E. tereticornis*, o teor de K diminuiu na profundidade de 0-5 cm. Nos sistemas de plantios consorciados houve redução da capacidade efetiva de troca de cátions.

**Palavras-Chave:** Povoamento florestal, Leguminosas arbóreas, *Eucalyptus*, Sabiá, Nutrientes do solo

**Abstract**

The initial growth and the chemical soil characterization were evaluated in either pure plantations of *Mimosa caesalpinifolia* Benth or those mixed with *Eucalyptus tereticornis* Sm and *Mimosa pilulifera* Benth. The experiment was set up in a NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico Gleissólico of low fertility soil in Campos dos Goytacazes, RJ. During 30 months, survival, height, ground level diameter and diameter at breast height were measured. At six and 30 months of planting the chemical soil characterization was carried out at 0-5 and 5-10 cm depth. The experimental design was of randomized blocks, with four replications and 14 measurable plants per plot, excluding border rows. Thirty months after planting *Mimosa caesalpinifolia* plants showed higher survival in pure stands; higher base diameter when mixed with *Mimosa pilulifera*; but lower height and diameter at breast height when mixed with *Eucalyptus tereticornis*. The level of soil organic matter decreased with the mixture of *E. tereticornis* at 5-10 cm depth. The values of pH, N, Na, Al and H+Al increased in all stands, but Ca and P contents and base saturation were lower. In pure stands and in mixed *E. tereticornis* stands there was a lower K content at 0-5 cm depth. In the mixed stands a reduction of effective cation exchange capacity was observed.

**Keywords:** Forest plants, Legume trees, Eucalypt, Sabiá, Soil nutrients

**INTRODUÇÃO**

A demanda energética proveniente de madeira é bastante expressiva na Região Norte Flumi-

nense, principalmente pelo setor ceramista de Campos dos Goytacazes, RJ. Por não ter tradição em plantios florestais, em larga escala, a estimativa do Sindicato dos Ceramistas desta cidade,

<sup>1</sup>Doutor em Produção Vegetal – Laboratório de Fitotecnia do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Av. Alberto Lamego, 2000 - Bairro Parque Califórnia - Campos dos Goytacazes, RJ - 28013-602 - E-mail: [ebdointer@yahoo.com.br](mailto:ebdointer@yahoo.com.br); [gleiciamiranda@yahoo.com.br](mailto:gleiciamiranda@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Professor Associado - Laboratório de Fitotecnia do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Av. Alberto Lamego, 2000 - Bairro Parque Califórnia - Campos dos Goytacazes, RJ - 28013-602 - E-mail: [carneiro@uenf.br](mailto:carneiro@uenf.br); [deborah@uenf.br](mailto:deborah@uenf.br)

<sup>3</sup>Mestre em Produção Vegetal - Laboratório de Fitotecnia do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Av. Alberto Lamego, 2000 - Bairro Parque Califórnia - Campos dos Goytacazes, RJ - 28013-602 - E-mail: [krlamonica@gmail.com.br](mailto:krlamonica@gmail.com.br)

em janeiro de 2008, é que cerca de 120 indústrias adquirem madeira para seus fornos, transportando-a, principalmente, do sul do Estado da Bahia e outras regiões distantes, aumentando expressivamente os custos de produção.

Povoamentos florestais com espécies de alto poder calorífico é uma alternativa viável para atender às necessidades energéticas de uma região. Em Campos dos Goytacazes, o plantio de espécies florestais pode levar a um melhor aproveitamento de terras de baixa fertilidade, abandonadas ou degradadas e de baixo valor econômico. Além de diminuir a pressão sobre as florestas nativas remanescentes e reduzir os elevados custos de transporte, o reflorestamento constitui também fonte adicional para aumento da renda, principalmente dos pequenos produtores rurais.

Apesar da infinidade de combinações que a biodiversidade tropical oferece, poucas são as iniciativas práticas que contemplam o consórcio entre espécies, principalmente com leguminosas arbóreas de alto valor econômico e multiplicidade de uso. As leguminosas possuem vasto sistema radicular e apresentam potencial para nodulação e fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico, o que contribui para maior estabilidade de posteriores plantios. Segundo Santana *et al.* (1999), em solos onde a disponibilidade de nutrientes é baixa, o conhecimento sobre o potencial produtivo das diferentes espécies e sítios pode definir o nível de sustentabilidade da produção florestal.

Grande parte das leguminosas arbóreas produz elevada quantidade de biomassa com significativo aporte de serapilheira ao solo, permitindo a formação de um reservatório de material orgânico e de nutrientes (RODRIGUES, 2001), fundamental para a manutenção da fertilidade do solo e para a auto-sustentabilidade dos ecossistemas florestais, principalmente em solos intemperizados ou degradados (GISLER, 1995).

O plantio de espécies fixadoras de nitrogênio consorciadas com outras não leguminosas é uma alternativa promissora para a manutenção da produtividade dos plantios florestais. As espécies utilizam os recursos do sítio de forma e em tempo distintos, resultando em maior eficiência produtiva (DeBELL e HARRINGTON, 1993).

O efeito do consórcio sobre o crescimento é mais bem evidenciado após alguns anos, como observado por Balieiro *et al.* (2004) em plantios consorciados entre *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*: aos sete anos, o eucalipto apresentou maior incremento em diâmetro,

no plantio consorciado. DeBell *et al.* (1997) observaram, aos dez anos, no consórcio entre *Albizia falcataria* e *E. saligna*, maior produção de biomassa e deposição de serapilheira. Costa *et al.* (1997) observaram, aos seis anos, que os principais nutrientes incorporados ao solo pela serapilheira de *M. caesalpiniiifolia* foram N, C, P, K, Ca e Mg, com significativo aumento nas concentrações de C e N.

O consórcio de *P. guachapele* com *E. grandis*, aos cinco anos, resultou em maior produtividade de madeira e aumento na eficiência de utilização de nutrientes (BALIEIRO *et al.*, 2007). No consórcio de *Acacia mearnsii* com *E. globulus*, aos 6,5 anos, observou-se maior altura e diâmetro à altura do peito (DAP), em relação ao plantio puro do eucalipto (BAUHHUS *et al.*, 2000). Por outro lado, aos 24 meses, o plantio de *Mimosa caesalpiniiifolia* consorciada com quatro espécies de *Eucalyptus*, em área degradada pela extração de argila, não apresentou efeito sobre o crescimento das espécies de eucalipto (MENDONÇA, 2006).

A espécie *M. caesalpiniiifolia* Benth conhecida como sabiá, é uma espécie leguminosa pioneira, com alta capacidade de regeneração e resistência à seca. Sua madeira tem elevado potencial energético, alta resistência físico-mecânica, elevado poder calorífico e sua forragem possui alto valor nutritivo (DRUMOND *et al.*, 1999). No Nordeste, esta espécie é uma das mais promissoras para reflorestamento devido ao rápido crescimento, elevado teor proteico da forragem e da utilidade de sua madeira. É utilizada como uma das principais fontes de estacas para cercas, mourões, lenha e carvão (FERREIRA *et al.*, 2007). Na região Sudeste, também é utilizada como quebra-vento ou cerca-viva (RIBASKI *et al.*, 2003).

As áreas de ocorrência natural desta espécie são o Maranhão e a região Nordeste do Brasil, principalmente na caatinga (LORENZI, 1992). No Rio de Janeiro, o sabiá desenvolve-se satisfatoriamente, apesar do clima úmido (AGUIAR SOBRINHO, 1995). É uma espécie de rápido crescimento que, na fase adulta, pode alcançar de 5,0 a 8,0 m de altura e 20,0 a 30,0 cm de DAP (LORENZI, 1992; DRUMOND *et al.*, 1999).

A madeira de *M. caesalpiniiifolia* é pesada, dura e de alta durabilidade natural, apresentando grande potencial energético, sendo muito apropriada para usos externos, como mourões, estacas, postes, dormentes e esteios (GONÇALVES *et al.*, 1999). As características da madeira qualificam esta espécie para produção de lenha e carvão, apresentando densidade básica entre 0,80 e

0,87 g cm<sup>-3</sup> (GONÇALVES *et al.*, 1999; RIBASKI *et al.*, 2003). O carvão vegetal é de alta qualidade, em função das boas características físico-químicas, destacando-se o elevado rendimento gravimétrico, baixo teor de cinza e alto rendimento em carbono fixo (GONÇALVES *et al.*, 1999).

CARVALHO *et al.* (2004) constataram, aos sete anos, com lotação de 1.258 plantas, uma produção de lenha de 58,1 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> quando mantido apenas um fuste por planta e 146,1 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> sem o manejo das rebrotações.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de plantios puros de *Mimosa caesalpinifolia* e consorciados com *Eucalyptus tereticornis* e *Mimosa pilulifera* no crescimento inicial e nas características químicas de um solo de baixa fertilidade, em Campos dos Goytacazes, RJ.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado com três espécies: *Mimosa caesalpinifolia* Benth (sabiá), *Eucalyptus tereticornis* Sm e *Mimosa pilulifera* Benth (bracatinga-de-arapoti). Para a produção das mudas, as sementes de *M. caesalpinifolia* foram adquiridas por meio de coleta em matrizes selecionadas, com idade entre três e quatro anos, em uma propriedade na região Norte Fluminense (Macaé, RJ); as de *E. tereticornis*, no Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF (Piracicaba, SP) e; as de *M. pilulifera*, procedentes do Centro Nacional de Pesquisas Florestais – EMBRAPA (Colombo, PR).

As sementes de *M. caesalpinifolia* e *M. pilulifera* foram submetidas à superação da dormência, sendo imersas por 30 minutos em água com temperatura inicial de 85-90°C (LEAL *et al.*, 2008). As sementes foram inoculadas com estirpes específicas de rizóbio (BR3451 para *M. caesalpinifolia* e BR3454 para *M. pilulifera*) fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia – EMBRAPA (Seropédica, RJ).

A semeadura foi realizada em casa de vegetação da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, utilizando-se três sementes por tubete. O substrato comercial utilizado (Floresta 1) foi constituído de casca decomposta de pinus (83%) e vermiculita expandida (17%), enriquecido com N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O na formulação 104-364-182 g m<sup>-3</sup> e com pH 4,5-5,5. As mudas de *M. caesalpinifolia* foram produzidas em tubetes de polipropileno rígido T115 e as de *E. tereticornis* e de *M. pilulifera* em tubetes T53/6. Utilizaram-se tubetes com maior volume para

*M. caesalpinifolia* em função de maior produção e crescimento de raízes, observado em ensaios preliminares. Nos primeiros 30 dias, correspondentes à fase de enraizamento, as mudas foram irrigadas duas vezes ao dia, de manhã e no final da tarde. Todas as irrigações, inclusive nas fases seguintes, foram aplicadas de forma uniforme e em quantidade necessária para provocar percolação da água pelo substrato.

Após esta fase, foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma muda, localizada no centro de cada tubete e, prioritariamente, a mais vigorosa. As mudas foram transferidas para aclimação, em casa de sombra (sombrite 50%), permanecendo por 40 dias, período em que receberam uma irrigação diária, ao final da tarde. Nos últimos 20 dias, as mudas foram colocadas a pleno sol para rustificação e a frequência de irrigação voltou a ser de duas vezes ao dia. Neste período, as mudas receberam também um complemento nutricional através de duas irrigações semanais, com solução nutritiva de Bolles-Jones modificada (LELES *et al.*, 2000), aplicada em substituição a uma das duas irrigações diárias e da mesma forma. No término da fase de produção das mudas, aos 90 dias, foram medidas, aleatoriamente, 300 mudas de cada uma das espécies para obtenção do diâmetro do colo e altura.

No campo, o experimento foi implantado em um NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico Gleissólico (EMBRAPA, 1999) de baixa fertilidade, na Estação Experimental da PESAGRO-RIO em Campos dos Goytacazes, RJ, localizado a 21° 45' S e 41° 18' W, com altitude de 11,0 m. Segundo classificação de Köppen, o clima da região é considerado tropical úmido (Aw), com inverno seco e verão chuvoso.

A área utilizada para o plantio foi previamente submetida ao preparo do solo por meio de quatro gradagens consecutivas, utilizando-se grade-aradora na profundidade de, aproximadamente, 20,0 cm. Nesta ocasião, iniciou-se o monitoramento visual e a prevenção de ataque de formigas cortadeiras, por meio da aplicação e substituição periódica de iscas com inseticida granulado. Os porta-iscas foram distribuídos na área do experimento e numa margem de 10,0 m, no entorno da área experimental. Após um ano de implantação, a aplicação foi suspensa, permanecendo apenas as observações visuais periódicas.

O plantio foi realizado em sulcos a 20,0 cm de profundidade, em espaçamento de 2,0 x 2,0 m, com aplicação de 100 g de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O (4-14-8%) para cada muda. O delineamento experimental

utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, utilizando-se a espécie *M. caesalpinifolia* em três sistemas de plantio (puro e consorciado com *E. tereticornis* e *M. pilulifera*). Cada parcela foi composta por 14 plantas úteis para cada espécie. As parcelas com plantio puro foram compostas por quatro linhas de nove plantas. No plantio consorciado, as plantas foram dispostas em seis fileiras de nove plantas e as espécies foram plantadas em linhas alternadas.

Logo após o plantio, e numa frequência de duas vezes semanais, alterada de acordo com a precipitação, as mudas foram irrigadas distribuindo-se aproximadamente três litros de água por planta, em cada irrigação, sendo suspensa após três meses. Para eliminação de plantas indesejáveis, foram realizados coroamentos no primeiro, terceiro, sexto e oitavo meses após o plantio. A limpeza de toda a área experimental foi realizada aos dois e aos quatro meses, sendo a primeira, capina mecânica, com grade-niveladora, e a segunda, por meio de capina manual. Aos 12 meses, foi realizada a última limpeza com roçada manual em toda área. O entorno da área experimental foi mantido sempre sem vegetação para evitar entrada de fogo, muito frequente na época seca.

Aos seis e 30 meses após o plantio, foi realizada a caracterização química do solo, individualmente, em cada parcela experimental. Em função da diferença de área entre parcelas, foram coletadas oito subamostras nos plantios puros e 10 subamostras nos plantios consorciados. As profundidades de coleta foram 0-5 e 5-10 cm. As subamostras foram coletadas fora da projeção da copa das plantas, entre as linhas de plantio. A caracterização granulométrica foi determinada em amostras de 0-10 cm de profundidade, obtidas pela homogeneização das amostras de 0-5 e 5-10 cm. Adotou-se este procedimento em função das práticas de revolvimento do solo realizadas anteriormente.

Foram determinados: o teor de N pelo método de Kjeldahl, os teores de P, K e Na extraíveis pelo método de Mehlich-1 e, Ca, Mg e Al trocáveis por KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. Os valores de acidez potencial (H+Al), pH (em água), matéria orgânica, S (soma de bases), t (CTC efetiva) e V (saturação por bases) foram obtidos segundo metodologia descrita pela Embrapa (1997), assim como, a composição granulométrica pelo método da pipeta. Para determinação da classe textural foi utilizado o diagrama triangular (Atterberg).

Para as espécies *M. caesalpinifolia* e *M. pilulifera*, aos 12 meses, foi realizada uma poda de formação. Por não haver um fuste principal, em função do comportamento vegetativo cespitoso, foram mantidas até seis hastes por planta, eliminando-se todos os galhos finos até, aproximadamente, 40% da altura total das hastes. Para *M. caesalpinifolia* a poda foi realizada, novamente, aos 24 meses, devido ao rebrotamento das hastes, retirando-se todas as brotações surgidas após a primeira poda, mais os galhos, ainda, até aproximadamente 60% da altura total. O material podado foi distribuído entre as linhas de plantio.

As plantas foram avaliadas quanto à sobrevivência (S%) aos 1, 3, 12, 21 e 30 meses. Foram consideradas mortas, as falhas e plantas secas. O diâmetro da base (DB), a 5,0 cm do nível do solo e a altura (H) foram avaliados trimestralmente até os 30 meses. O diâmetro à altura do peito (DAP) foi medido a cada três meses, a partir de 24 meses. As mensurações foram feitas para todos os caules de cada planta, individualmente.

Para analisar o efeito dos tratamentos nos teores de C, Al, H+Al, P, K, Ca, Mg, e nos valores de pH, S, t e V no solo, foi empregada a análise de variância e as médias, comparadas pelo teste Duncan ( $\alpha=0,05$ ), considerando os resultados da análise do solo aos seis e aos 30 meses após o plantio.

Para analisar a S%, H e DB, avaliados ao longo do experimento, foi efetuada análise de variância para parcelas subdivididas no tempo. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Duncan ( $\alpha=0,05$ ). O comportamento do crescimento em H, DB e DAP, ao longo do tempo, foi analisado por regressão sequencial.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diâmetro do colo médio das mudas de *M. caesalpinifolia*, por ocasião do plantio, foi de 2,77 mm e a altura média de 23,60 cm.

No período do experimento, entre março de 2005 e setembro de 2007, a média mensal das temperaturas mínimas foi de 19 °C e a média das máximas 28 °C, com média anual de 25 °C. A precipitação média anual foi de 1099 mm, com máxima mensal de 430,1 mm, em janeiro de 2007 e mínima de 4,4 mm, em agosto de 2007.

Em cada sistema de plantio, individualmente, não houve redução significativa da sobrevivência ao longo do tempo, apresentando médias de 94,8% para o plantio puro, 85,6% para o consórcio com *E. tereticornis* e 84,6% para o plantio consorciado com *M. pilulifera* (Tabela 1).

**Tabela 1.** Sobrevivência (%) de *Mimosa caesalpinifolia*, em povoamento puro (MC) e consorciado com *Eucalyptus tereticornis* (MC+E) e *Mimosa pilulifera* (MC+MP).

**Table 1.** *Mimosa caesalpinifolia* survival (%): in pure (MC); mixed with *Eucalyptus tereticornis* (MC+E); and with *Mimosa pilulifera* (MC+MP).

Sistema	Idade (meses)				
	1	3	12	21	30
MC	96,5 a	96,5 a	94,8 a	93,0 a	93,0 a
MC+E	91,3 b	87,8 b	84,3 b	82,3 b	82,3 b
MC+MP	86,0 c	84,3 b	84,3 b	84,3 b	84,3 b

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ). CV (%) = 3,68

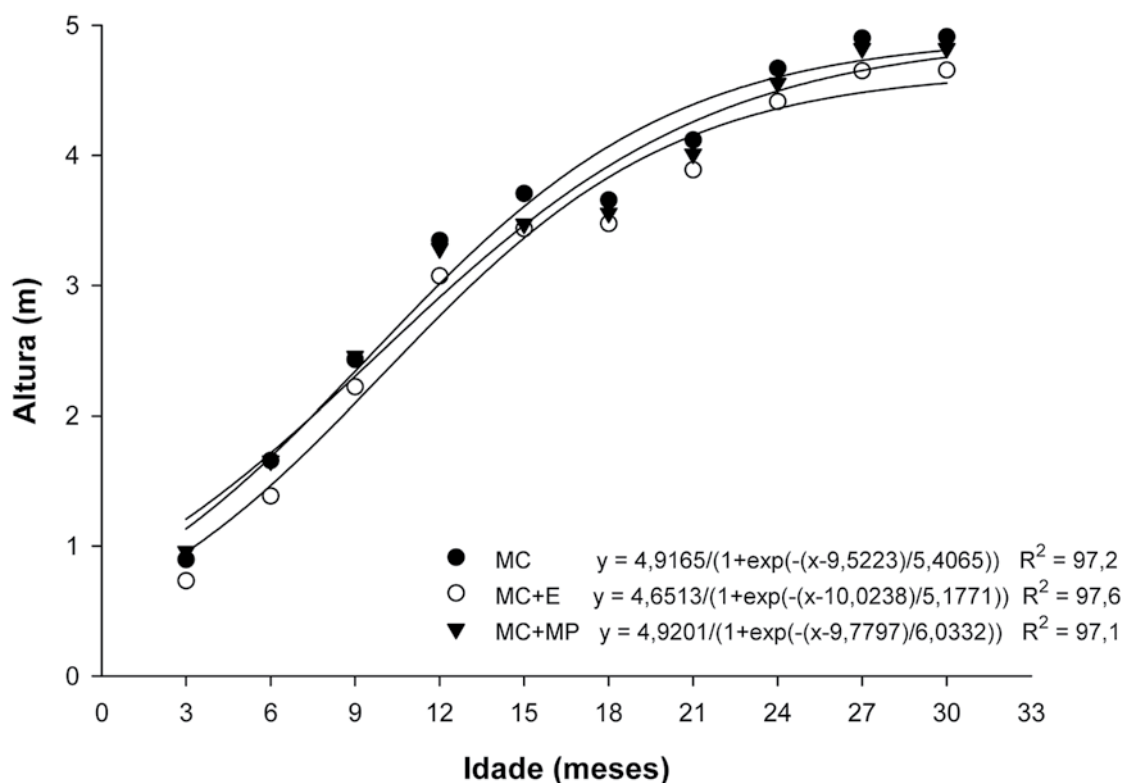
O plantio puro de *M. caesalpinifolia* apresentou sobrevivência significativamente superior aos sistemas consorciados durante todo o período avaliado. A partir do terceiro mês, até o final do período experimental, os dois sistemas de plantio consorciados não diferiram entre si.

Os valores de sobrevivência de *M. caesalpinifolia*, no sistema de plantio puro, aos 30 meses foram 5,6% inferiores aos observados por Mendonça (2006), aos 24 meses. No plantio consorciado com *E. tereticornis*, os valores foram 13,5% inferiores aos observados pelo mesmo autor, para o mesmo sistema de plantio. Paulino (2003) constatou, aos 24 meses, sobrevivência de 82,0%, sendo, portanto, inferior ao aqui observado para o plantio

puro. Em estudo realizado em casa de vegetação Silva (2000) relatou sobrevivência de 92,5%, aos 85 dias, portanto, 4,0% inferior ao constatado no presente experimento. As diferenças observadas em relação a outros autores podem estar relacionadas a vários fatores, dentre eles o tipo de solo, as variáveis climáticas ocorridas durante a avaliação, as condições das mudas por ocasião do plantio, os tratamentos culturais, dentre outros.

Observou-se que o crescimento em altura foi mais acelerado até os 15 meses após o plantio. A partir deste período, o incremento foi menor, principalmente a partir dos 27 meses, em que a precipitação média ficou abaixo de 45 mm mensais e a evapotranspiração foi praticamente o dobro (Figura 1).

O desempenho verificado foi influenciado pelo comportamento reprodutivo da espécie, que teve início em fevereiro de 2006 com a floração e término em novembro, com a dispersão total dos frutos. Nesta fase observou-se a queda total das folhas, a partir do início da maturação dos frutos. Após a queda das sementes, observou-se a rebrota e a retomada do crescimento, porém em menor ritmo, provavelmente, em função da baixa fertilidade do solo, da exportação de nutrientes pelos frutos e sementes e a baixa ciclagem de nutrientes pelo sistema neste período.



**Figura 1.** Altura (m) de *Mimosa caesalpinifolia* em povoamento puro (MC) e consorciado com *Eucalyptus tereticornis* (MC+E) e *Mimosa pilulifera* (MC+MP)

**Figure 1.** *Mimosa caesalpinifolia* height (m) in pure stand (MC); mixed with *Eucalyptus tereticornis* (MC+E); and with *Mimosa pilulifera* (MC+MP).

Até 12 meses, a altura não diferiu entre os sistemas de plantio puro e consorciado com *M. pilulifera*, sendo superiores ao consórcio com *E. tereticornis*. O mesmo comportamento foi observado aos 27 e 30 meses. Dos 15 aos 18 meses, o plantio puro de *M. caesalpinifolia* foi superior ao consorciado com *E. tereticornis*. Dos 21 aos 24 meses os sistemas de plantio diferiram entre si, tendo o plantio puro apresentado a maior altura e o consórcio com *E. tereticornis*, a menor média.

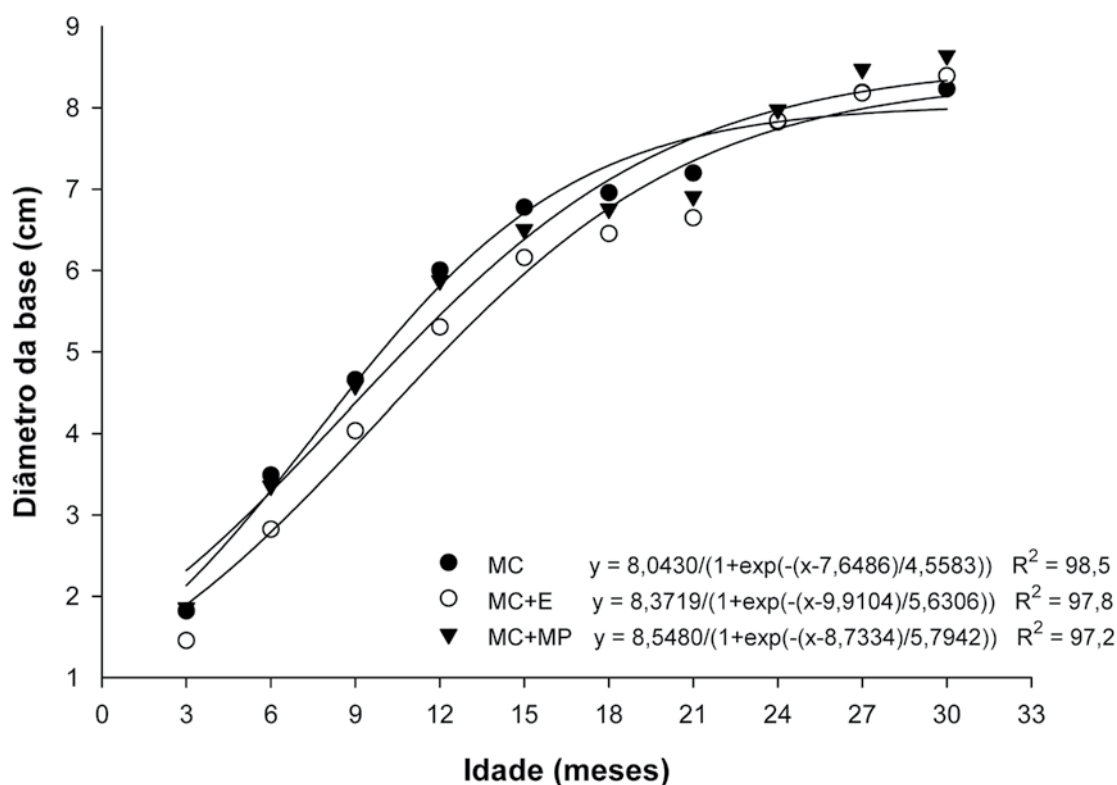
Estudos realizados com *M. caesalpinifolia* em áreas degradadas pela extração de argila revelaram que o monocultivo apresentou, aos 24 meses de idade, altura de 4,36 m e o plantio consorciado com *E. tereticornis*, 3,89 m (MENDONÇA, 2006). Respectivamente, os resultados foram 7,0% e 13,5% inferiores aos encontrados neste estudo para a mesma idade do povoamento. Em outra área degradada pela remoção da camada superficial do solo, Paulino (2003) constatou para *M. caesalpinifolia*, altura de 3,23 m, aos 24 meses, tendo sido 44,5% inferior ao observado neste estudo para o plantio puro.

O crescimento do diâmetro da base, ao longo do período mostrou comportamento semelhante ao encontrado para altura, tendo sido influenciado, provavelmente, pelo desempenho reprodutivo da espécie (Figura 2).

Até 12 meses, o diâmetro da base não diferiu entre o plantio puro de *M. caesalpinifolia* e o consórcio com *M. pilulifera*, sendo significativamente superiores ao consórcio com *E. tereticornis*. Aos 15 meses houve diferença significativa entre os três sistemas de plantio, tendo o monocultivo apresentado os maiores valores e o sistema de consórcio com *E. tereticornis*, os menores. Contudo, aos 24 meses, não foram observadas diferenças entre os sistemas de plantio. Aos 30 meses o plantio consorciado com *M. pilulifera* apresentou a melhor média, significativamente superior ao sistema de plantio puro.

A partir de 21 meses observou-se menor queda no ritmo de crescimento para os plantios consorciados, indicando um possível efeito positivo destes sistemas de plantio em relação ao plantio puro.

Plantios de *M. caesalpinifolia*, em área degradada, mostraram diâmetro da base de 6,95 cm, aos 24 meses (MENDONÇA, 2006), sendo 12,5% inferior ao encontrado neste trabalho. No sistema de consórcio com *E. tereticornis*, os valores observados pelo autor foram 28,3% inferiores, para o mesmo sistema de plantio e idade. Estas diferenças podem estar relacionadas às limitações da área degradada no período inicial de reabilitação.



**Figura 2.** Diâmetro da base (cm) de *Mimosa caesalpinifolia* em povoamento puro (MC) e consorciado com *Eucalyptus tereticornis* (MC+E) e *Mimosa pilulifera* (MC+MP).

**Figure 2.** *Mimosa caesalpinifolia* ground level diameter (cm) in pure (MC) stand; mixed with *Eucalyptus tereticornis* (MC+E); and with *Mimosa pilulifera* (MC+MP).

O consórcio entre *M. caesalpinifolia* e *E. tereticornis* apresentou, aos 24 e 27 meses, resultados de DAP significativamente inferiores aos outros dois sistemas de plantio. Porém, aos 30 meses, os sistemas de plantio diferiram entre si, tendo o plantio consorciado com *M. pilulifera* apresentado o melhor desempenho e o consórcio com *E. tereticornis* os menores valores (Tabela 2).

**Tabela 2.** Diâmetro à altura do peito (cm) de *Mimosa caesalpinifolia* em povoamento puro (MC) e consorciado com *Eucalyptus tereticornis* (MC+E) e *Mimosa pilulifera* (MC+MP).

**Table 2.** Diameter at breast height (DAP-cm) of *Mimosa caesalpinifolia* in pure stand (MC); mixed with *Eucalyptus tereticornis* (MC+E); and with *Mimosa pilulifera* (MC+MP).

Sistemas	Idade (meses)		
	24	27	30
MC	6,10 a	6,28 a	6,33 b
MC+E	5,84 b	5,99 b	6,19 c
MC+MP	6,11 a	6,37 a	6,46 a

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $\alpha=0,05$ ). CV (%) = 0,98

Aos 24 meses, os resultados de DAP, para o plantio puro, foram 43,5% superiores aos observados em uma área degradada pela exposição do subsolo (PAULINO, 2003). Em povoamento de sete anos, com 1.111 plantas por hectare, portanto, com idade superior e densidade menor de plantas, em relação a este estudo, constatou-se DAP de 6,5 cm (RIBASKI *et al.*, 2003), convergindo com os valores aqui observados. Estes resultados também indicam que o desempenho pode variar muito em função das características edáficas do sítio em que a espécie é plantada.

O solo utilizado para o plantio das espécies foi caracterizado como classe textural franco argilo arenoso, tendo apresentado médias de 67,3% de areia (CV=5,35%), 21,7% de argila (CV=11,96%) e 7,0% de silte (CV=16,12%).

Embora o efeito dos plantios sobre o solo comece a ser evidenciado após alguns anos, os sistemas de plantio de *M. caesalpinifolia* proporcionaram alterações em algumas das características químicas dos horizontes superficiais do solo (Tabela 3). Os tratamentos onde não se constataram diferenças entre as duas profundidades foram representados por suas médias.

Entre as profundidades analisadas, os valores observados aos seis meses foram semelhantes, destacando-se apenas P e K, que apresentaram maiores teores na camada mais superficial.

Os valores constatados aos seis meses mostraram baixa fertilidade do solo com níveis baixos para a maioria dos nutrientes, exceto Mg, independentemente da profundidade e K,

na camada mais superficial (EMBRAPA, 2005; GONÇALVES e SILVA, 2005). Os baixos teores de matéria orgânica indicam que os valores da CTC devem estar relacionados, principalmente, com a fração argila do solo.

O baixo pH, aliado aos altos níveis de Al podem promover acidez trocável e, portanto, interferir no equilíbrio e disponibilidade de alguns nutrientes, principalmente o P. Apesar da elevada acidez, os teores de Al não foram extremamente prejudiciais ao crescimento das plantas, considerando a tolerância da maioria das espécies florestais. Vale *et al.* (1996) constataram tolerância do sistema radicular de várias espécies florestais, incluindo *M. caesalpinifolia*, em condições de elevada acidez (pH<4,5) e teor elevado de alumínio trocável (1,65 cmolc dm<sup>-3</sup>).

A maioria dos tratamentos não apresentou diferença significativa para os teores de MO nas épocas de avaliação, exceto na profundidade de 5-10 cm para o plantio consorciado com *E. tereticornis*, que apresentou pequena redução. Este comportamento pode estar relacionado, em parte, à oxidação do material orgânico removido e incorporado pelo preparo do solo. A contribuição da serapilheira, ou mesmo do material proveniente da poda das leguminosas para o teor de MO no solo, provavelmente foi baixa, em função da vegetação espontânea mantida sobre o solo. Observou-se, aos 30 meses, uma camada de serapilheira depositada sobre a vegetação espontânea, formada basicamente por braquiária e capim colônio. Essa vegetação tornou difícil o contato do material depositado com o solo e, aliada à baixa precipitação observada na maior parte do tempo, dificultaram o processo de decomposição. O período de 30 meses, em condições de baixa umidade no solo, não foi suficiente para promover a decomposição e o acúmulo de material orgânico ao solo. Assim, a contribuição para elevação dos níveis de matéria orgânica somente poderá ser mais efetiva em longo prazo.

Excetuando-se o sistema de consórcio com *M. pilulifera*, na profundidade de 5-10 cm, em função do maior coeficiente de variação, os demais tratamentos apresentaram aumento significativo do teor de N do solo. Este fato pode ser atribuído, em parte, à matéria orgânica produzida pela serapilheira e, eventualmente, à própria vegetação espontânea.

Os teores de matéria orgânica e N-total do solo são indicadores importantes do processo de mineralização de nutrientes no solo. Quanto maior o potencial produtivo de biomassa do



**Tabela 3.** Atributos químicos do solo aos 6 e 30 meses após o plantio puro de *Mimosa caesalpinifolia* (MC) e consorciado com *Eucalyptus tereticornis* (MP+E) e *Mimosa pilulifera* (MC+MP).

**Table 3.** Chemical characterization of soil at 6 and 30 months after the planting of *Mimosa caesalpinifolia* in pure stand (MC); mixed with *Eucalyptus tereticornis* (MC+E); and with *Mimosa pilulifera* (MC+MP).

Características químicas	Sistema de Plantio	Profundidade (cm)	Época (meses)		CV (%)
			6	30	
MO (g Kg <sup>-1</sup> )	MC	0-10 <sup>ns</sup>	17,93	17,24	5,77
		0-5 <sup>ns</sup>	17,07	17,41	4,99
	5-10 <sup>*</sup>	17,58	16,03		
N (%)	MC	0-10 <sup>*</sup>	0,10	0,13	11,52
		0-10 <sup>*</sup>	0,10	0,12	6,54
	MC+MP	0-5 <sup>*</sup>	0,10	0,13	16,79
	5-10 <sup>ns</sup>	0,10	0,12		
pH (H <sub>2</sub> O)	MC	0-10 <sup>*</sup>	4,61	5,38	3,65
		0-10 <sup>*</sup>	4,48	5,35	3,27
	MC+MP	0-10 <sup>*</sup>	4,43	5,36	2,75
P (mg dm <sup>-3</sup> )	MC	0-5 <sup>*</sup>	5,750	2,750	15,22
		5-10 <sup>*</sup>	4,063	2,750	
	MC+E	0-5 <sup>*</sup>	6,388	3,250	8,95
	5-10 <sup>*</sup>	4,675	3,250		
K (cmolc dm <sup>-3</sup> )	MC	0-5 <sup>*</sup>	0,128	0,070	41,47
		5-10 <sup>ns</sup>	0,053	0,068	
	MC+E	0-5 <sup>*</sup>	0,193	0,123	17,06
	5-10 <sup>ns</sup>	0,085	0,098		
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	MC	0-10 <sup>*</sup>	1,800	1,200	17,95
		0-10 <sup>*</sup>	1,538	0,850	9,06
	MC+MP	0-10 <sup>*</sup>	1,604	1,100	5,93
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	MC	0-10 <sup>ns</sup>	1,171	1,113	15,97
		0-5 <sup>ns</sup>	0,845	0,825	5,62
	MC+E	5-10 <sup>*</sup>	1,005	0,825	
Na (cmolc dm <sup>-3</sup> )	MC	0-10 <sup>*</sup>	0,030	0,063	15,29
		0-10 <sup>*</sup>	0,024	0,065	15,93
	MC+MP	0-10 <sup>*</sup>	0,028	0,064	12,65
H + Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	MC	0-10 <sup>*</sup>	3,380	4,750	16,11
		0-10 <sup>*</sup>	2,149	4,925	9,47
	MC+MP	0-10 <sup>*</sup>	2,829	4,675	13,99
Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	MC	0-10 <sup>*</sup>	0,338	0,525	17,40
		0-10 <sup>*</sup>	0,444	0,800	12,80
	MC+MP	0-10 <sup>*</sup>	0,459	0,625	15,04
SB (cmolc dm <sup>-3</sup> )	MC	0-5 <sup>ns</sup>	2,960	2,460	16,67
		5-10 <sup>*</sup>	3,228	2,428	
	MC+E	0-10 <sup>*</sup>	2,879	1,838	20,15
CTC (cmolc dm <sup>-3</sup> )	MC	0-10 <sup>ns</sup>	3,071	2,226	12,82
		0-10 <sup>ns</sup>	3,431	2,969	12,79
	MC+E	0-5 <sup>ns</sup>	3,100	2,640	11,78
	5-10 <sup>*</sup>	3,460	2,635		
V (%)	MC	0-10 <sup>*</sup>	3,525	2,851	7,94
		0-10 <sup>*</sup>	48,07	34,13	16,40
	MC+E	0-10 <sup>*</sup>	46,07	33,59	22,09
	MC+MP	0-10 <sup>*</sup>	59,46	31,85	12,12

(\*) Significativo e (ns) não significativo pelo teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ). CV: coeficiente de variação; MO: matéria orgânica; SB: soma de bases; CTC: capacidade efetiva de troca de cátions; V: saturação por bases.



ecossistema, maior é o aporte de matéria orgânica para o solo e, conseqüentemente, maior a quantidade de N (GONÇALVES *et al.*, 2001). Deve-se ressaltar que a transferência de nutrientes das plantas para o solo, além da serapilheira, pode ser feita através da lixiviação pelas folhas, ramos e troncos e pela ação da chuva, além do trabalho da fauna herbívora pela dispersão de frutos e sementes (POGGIANI e SCHUMACHER, 2000) e, ainda, pela exsudação e decomposição de raízes.

Observou-se, em todos os sistemas de plantio, nas duas profundidades avaliadas, redução nos teores de P e Ca do solo. Este comportamento foi devido, principalmente, aos baixos níveis presentes inicialmente, em função dos baixos valores de pH. Espécies florestais, sobretudo as de rápido crescimento, apresentam maior taxa de absorção e retenção de nutrientes na fase juvenil, o que pode explicar a redução destes nutrientes.

O K também apresentou redução, na profundidade de 0-5 cm, no plantio puro e no consórcio com *E. tereticornis*, provavelmente pela absorção e retenção deste nutriente na biomassa da planta. A baixa decomposição da serapilheira pode ter dificultado o aporte do íon  $K^+$  para o solo e, ainda, a baixa concentração de matéria orgânica pode ter dificultado sua retenção, facilitando a lixiviação. Mendonça (2006) também constatou redução do K no solo em plantio puro de *M. caesalpinifolia* e em consórcio com *E. tereticornis*, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, atribuindo o fato à possível retenção pela biomassa da planta, à lixiviação e à retenção em complexos orgânicos-metálicos.

Para o Mg houve redução apenas no consórcio com *E. tereticornis* na profundidade de 5-10 cm. Da mesma forma que para P, Ca e K, este nutriente pode ter sido absorvido e incorporado na biomassa das plantas. Para o Na, porém, constatou-se aumento, apesar dos níveis ainda permanecerem baixos.

Todos os sistemas de plantio proporcionaram aumento de, aproximadamente, uma unidade, nos valores de pH, nas duas profundidades avaliadas, alcançando valores próximos a 5,4. Aumento nos valores de pH também foi observado por Mendonça (2006) para *M. caesalpinifolia* em plantio puro e consorciado com *E. tereticornis*, na profundidade de 0-20 cm, atribuindo-se o fato a possíveis ânions orgânicos presentes na serapilheira.

O baixo pH pode ser responsável por prejuízos diretos ao crescimento das plantas em decorrência do excesso de  $H^+$  na solução do solo

(SANZONOWICZ e SMYTH, 1995), podendo interferir na disponibilidade de alguns nutrientes. A acidez também afeta a capacidade de troca catiônica (CTC), a qual é dependente do pH e responsável pelo equilíbrio de íons.

Os teores de Al apresentaram aumento em todos os sistemas de plantio e profundidades. O Al trocável, importante componente da acidez potencial dos solos, exerce efeitos tóxicos sobre o crescimento dos vegetais, reduzindo a absorção e translocação de P, Ca e Mg na planta e, portanto, a produtividade (TAIZ e ZEIGER, 2004). A acidez potencial também apresentou aumento em todos os sistemas de plantio, sendo influenciada pelo aumento do Al no solo. Devido o aumento também do pH, dificilmente ocorreu acidez trocável. Entretanto, deve-se considerar que a maioria das espécies florestais, opostamente às culturas agrícolas, apresenta tolerância a solos ácidos e a teores altos de Al. Portanto, no presente estudo, possivelmente, não houve efeito negativo acentuado ao crescimento das plantas.

A redução dos níveis de algumas bases trocáveis principalmente Ca e K causaram uma tendência de redução na soma de bases, sendo confirmada no sistema de plantio consorciado com *E. tereticornis*, nas duas profundidades, e no plantio puro, na profundidade de 0-5 cm. Neste caso, os íons  $K^+$ ,  $Ca^+$  e  $Mg^+$  tiveram maior contribuição em relação ao íon  $Na^+$ .

A CTC efetiva também apresentou tendência de redução para todos os tratamentos, mas foi significativa apenas no plantio consorciado com *M. pilulifera* e para o consórcio com *E. tereticornis*, na profundidade de 5-10 cm. Os valores extremamente baixos refletem a baixa concentração de matéria orgânica e, conseqüentemente, a baixa retenção de nutrientes. Os resultados da CTC efetiva do solo convergem com a redução da soma de bases.

Quanto à saturação de bases, os valores que já eram baixos, devido aos baixos teores dos íons catiônicos, sofreram redução em todos os sistemas de plantio, principalmente, pela redução de algumas bases trocáveis. Contudo, a redução do teor de matéria orgânica, responsável pela retenção e pelo equilíbrio dos íons no solo, também pode ter contribuído para descender os valores.

Até os 30 meses as alterações químicas ocorridas nas camadas superficiais do solo indicaram que houve grande absorção de nutrientes pelas plantas, em todos os sistemas de plantio de *M. caesalpinifolia*, e que a ciclagem pela serapilheira

ra depositada não foi suficiente para manter a fertilidade inicial do solo. Assim, para maior crescimento das plantas, adubações de plantio e cobertura nos primeiros anos seriam recomendáveis, considerando a baixa fertilidade natural do solo utilizado para o plantio.

## CONCLUSÕES

Independentemente do sistema de plantio e da idade, as maiores percentagens de sobrevivência de *Mimosa caesalpinifolia* ocorreram no povoamento puro.

O consórcio de *M. caesalpinifolia* com *E. tereticornis* acarretou menor altura e diâmetro das plantas e, juntamente com o plantio puro, apresentaram, aos 30 meses, menor diâmetro da base.

O teor de C do solo foi reduzido no plantio consorciado com *E. tereticornis*, na profundidade de 5-10 cm. Os valores de pH, N, Na, Al e acidez potencial aumentaram em todos os sistemas de plantio, contrariamente aos teores de P, Ca e saturação por bases. Nos plantios puro e consorciado com *E. tereticornis*, os teores de K diminuíram na profundidade de 0-5 cm. Os sistemas de plantio consorciados causaram redução da capacidade efetiva de troca de cátions.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIARSOBRINHO, J. Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth) uma espécie florestal de uso múltiplo. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v.2, p.125-126, 1995.

BALIEIRO, F.C.; FRANCO, A.A.; FONTES, R.L.F.; DIAS, L.E.; CAMPELLO, E.F.C.; FARIA, S.M. Throughfall and stemflow nutrient contents in mixed and pure plantations of *Acacia mangium*, *Pseudosamanea guachapele* and *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, Viçosa, v.31, n.2, p.339-346, 2007.

BALIEIRO, F.C.; FRANCO, A.A.; PEREIRA, M.G.; CAMPELLO, E.F.C.; DIAS, L.E.; FARIA, S.M.; ALVES, B.J. Dinâmica da serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.6, p.597-601, 2004.

BAUHUS, J.; KHANNA, P.K.; MENDEN, N. Aboveground and belowground interactions in mixed plantations of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. *Canadian Journal of Forest Research*, Ottawa, v.30, n.12, p.1886-1894, 2000.

CARVALHO, F.C.; GARCIA, R.; ARAÚJO FILHO, J.A.; NEVES, J.C.L.; ROGÉRIO, M.C.P. Manejo *in situ* do sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) para produção simultânea de madeira e forragem, em um sistema silvipastoril. *Agrossilvicultura*, Viçosa, v.1, n.2, p.121-129, 2004.

COSTA, G.S.; ANDRADE, A.G.; FARIA, S.M. Aporte de nutrientes pela serapilheira de *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá) com seis anos de idade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3, 1997, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto, 1997. p.344-346.

DeBELL, D.S.; COLE, T.C.G.; WHITESELL, C.D. Growth, development and yield in pure and mixed stands of *Eucalyptus* and *Albizia*. *Forest Science*, Bethesda, v.43, n.2, p.286-298, 1997.

DeBELL, D.S.; HARRINGTON, C.A. Deploying genotypes in short rotation plantation: mixtures and pure cultures of clones and species. *The Forestry Chronicle*, Ottawa, v.69, n.6, p.705-713, 1993.

DRUMOND, M.A.; OLIVEIRA, V.L.; LIMA, M.F. *Mimosa caesalpinifolia*: estudos de melhoramento genético realizados pela Embrapa Semi-árido. In: QUEIRÓZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S.R.R. (Eds). *Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro (on line)*. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livroorg/index.html>> Acesso em 27 nov. 2007.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Cultivo do eucalipto*. Colombo: Centro Nacional de Pesquisas Florestais, 2005. Disponível em: <[www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/#eucalipto](http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/#eucalipto)> Acesso em 04 ago. 2009.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de métodos de análises de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema brasileiro da classificação de solos*. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 1999. 412p.

FERREIRA, R.L.C.; LIRA JUNIOR, M.A.; ROCHA, M.S.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A.; BARRETO, L.P. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). *Revista Árvore*, Viçosa, v.31, n.1, p.7-12, 2007.

- GISLER, C.V.T. **O uso da serapilheira na recomposição vegetal em áreas mineradas de bauxita, Poços de Caldas, MG.** 1995. 147p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- GONÇALVES, C.A.; FERNANDES, M.M.; ANDRADE, A.M. Celulose e carvão vegetal de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth (Sabiá). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.6, n.1, p.51-58, 1999.
- GONÇALVES, J.L.M.; MENDES, K.C.F.S.; SASAKI, C.M. Mineralização de nitrogênio em ecossistemas florestais naturais e implantados do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.601-616, 2001.
- GONÇALVES, J.L.M.; SILVA, P.H.M. **Recomendação de adubação para *Eucalyptus*, pinus e espécies nativas.** Piracicaba: Instituto de pesquisas e estudos florestais, 2005. Disponível em: <[www.ipef.br/silvicultura/adubacao.asp](http://www.ipef.br/silvicultura/adubacao.asp)> Acesso em 04 ago. 2009.
- LEAL, J.V.; ALVES, E.U.; BRUNO, R.L.A.; PEREIRA, W.E.; ALVES, A.U.; GALINDO, E.A.; ALVES, A.U. Épocas de colheita e tratamentos pré-germinativos para superação da dormência de sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.2, p.203-210, 2008.
- LELES, P.S.S.; CARNEIRO, J.G.A.; BARROSO, D.G.; MORGADO, I.F. Qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em blocos prensados e em tubetes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.24, n.1, p.13-20, 2000.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.
- MENDONÇA, A.V.R. **Reabilitação de cavas de extração de argila e tolerância de espécies florestais à salinidade.** 2006. 112p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2006.
- PAULINO, G.M. **Cobertura florestal e qualidade de solo em terras degradadas do Norte Fluminense.** 2003. 67p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2003.
- POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M.V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2000. p.287-308.
- RIBASKI, J.; LIMA, P.C.F.; OLIVEIRA, V.R.; DRUMOND, M.A. Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) árvore de múltiplo uso no Brasil. **Comunicado Técnico.** EMBRAPA- CNPF, Colombo, n.104, 1-4, 2003.
- RODRIGUES, L.A. **Crescimento e absorção de nutrientes por plantas de *Eucalyptus grandis* e leguminosas em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio.** 2001. 101p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2001.
- SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns sítios florestais do Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.56, p.155-169, 1999.
- SANZONOWICZ, C.; SMYTH, T.J. Effects of hydrogen on soybean root growth in a subsurface solution. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p.255-261, 1995.
- SILVA, J.R.C. Sobrevivência e crescimento de mudas de sabiá em podzólico vermelho-amarelo sob erosão simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p.1055-1061, 2000.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- VALE, F.R.; FURTINI NETO, A.E.; RENÓ, N.B.; FERNANDES, L.A.; RESENDE, A.V. Crescimento radicular de espécies florestais em solos ácidos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.9, p.609-616, 1996.

Recebido em 17/10/2008

Aceito para publicação em 30/11/2009

