

# DESEMPENHO DA CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.) EM SUCESSÃO COM AVEIA-PRETA (*Avena strigosa* Schreb.) SOB MANEJOS AGROFLORESTAL E TRADICIONAL<sup>1</sup>

Maria José Alves Bertalot<sup>2</sup>, Iraê Amaral Guerrini<sup>3</sup>, Eduardo Mendoza<sup>4</sup> e Mauro Sérgio Vianello Pinto<sup>5</sup>

**RESUMO** – O experimento foi conduzido na área agrícola da Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica, no Município de Botucatu, SP. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho da cultura do milho (*Zea mays* L.), variedade AL 30, em sucessão com aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.), em um sistema agroflorestal em aleias com *Leucaena diversifolia* (Schlecht.) Bentham e em um sistema agrícola tradicional, seguindo-se um delineamento estatístico de blocos casualizados. Os tratamentos utilizados, em ambos os sistemas, foram: T - Testemunha; F - Fertilizante; B - Biomassa da poda das aleias de *L. diversifolia*; e B+F - Biomassa da poda de *L. diversifolia* + Fertilizante. Os parâmetros avaliados foram os rendimentos de matéria seca de aveia-preta, produtividade média de grãos de milho, massa de 100 grãos de milho, altura da planta de milho e altura de inserção da espiga. Os resultados foram semelhantes aos relatados por outros autores. Concluiu-se que ambos os sistemas apresentaram viabilidade do ponto de vista produtivo e que o uso de biomassa pode substituir parcial ou totalmente a fertilização química.

Palavras-chave: Sistema agroflorestal, Milho e Adubação verde.

## **CORN (*Zea mays* L.) PERFORMANCE IN SEQUENCE TO BLACK OAT (*Avena strigosa* Schreb.) UNDER AGROFORESTRY AND TRADITIONAL AGRICULTURAL SYSTEM**

**ABSTRACT** – The experiment was carried out in the Brazilian Association of Biodynamic Agriculture, Botucatu – São Paulo, Brazil. The aim of the work was to evaluate the productivity of corn (*Zea mays* L.), variety AL 30, in sequence with black oat (*Avena strigosa* Schreb.) under *Leucaena diversifolia* alley cropping agroforestry system and traditional management (without trees) following a randomized block design. Treatments were: T - Control; F - Fertilizer; B - Biomass of *L. diversifolia* alley cropping; B+F - Biomass of *L. diversifolia* alley cropping + Fertilizer. The parameters evaluated were: black oat dry matter production, grain productivity and plant height. The results were similar to those reported by other authors and concluded that both systems showed viability from the productive point of view and that the biomass use can substitute the chemical fertilizer partially or totally.

Key word: Agroforestry system, Corn e Green manure.

### 1. INTRODUÇÃO

Conforme Bueno (2002), a cultura do milho tem grande importância na agricultura brasileira, representando na unidade produtiva desde um cultivo de subsistência até um perfil de produção direcionada exclusivamente para o mercado. Esse autor observou essa importância

também nos assentamentos rurais e sua participação em diferentes formas de organização social da produção, inclusive na exploração agrícola familiar.

Na agricultura familiar, os sistemas agroflorestais podem significar um aumento da renda das famílias rurais, pois esses tipos de arranjos produtivos procuram

<sup>1</sup> Recebido em 01.06.2007 e aceito para publicação em 02.03.2010.

<sup>2</sup> Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica, Botucatu - SP, Brasil. E-mail: <maria@biodinamica.org.br> .

<sup>3</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. E-mail: <iguerrini@fca.unesp.br>.

<sup>4</sup> Instituto Elo de Economia Associativa, INSTITUTO ELO, Brasil. <eduardo@biodinamica.org.br>.

<sup>5</sup> Consultor em agricultura familiar e desenvolvimento rural. E-mail: <vianellopinto@yahoo.com.br>.



maximizar o uso de insumos presentes dentro do próprio sítio, como esterco dos animais, restos de culturas agrícolas, sementes, defensivos naturais elaborados pelo próprio agricultor, mão de obra da família e outros, em detrimento do uso de insumos externos; e, assim, fortalecer e ampliar ações em prol de agriculturas ambientalmente saudáveis e socialmente justas (BERTALOT et al., 2008).

O Sistema de cultivo em aléias ou “alley cropping” é um tipo de sistema agroflorestal simultâneo que consiste na associação de árvores e, ou, arbustos, geralmente fixadores de nitrogênio, intercalados em faixas com culturas anuais. As árvores ou arbustos são podados periodicamente para utilização da biomassa como adubação verde, cujo objetivo principal é melhorar a fertilidade do solo e, ou, como forragem de alta qualidade para complementar a alimentação do gado.

A elaboração desse sistema de cultivo foi inspirado nas práticas dirigidas à recuperação de áreas em pousio mediante o uso de adubos verdes (KANG et al., 1990; KANG, 1997; MACDICKEN e VERGARA, 1990) e é considerado um sistema de agricultura migratória melhorado com as seguintes características: cultivo e pousio realizam-se simultaneamente; conseguem-se maior período de cultivo e uso mais intensivo da terra; e obtém-se regeneração mais efetiva da fertilidade do solo com espécies mais eficientes e requerimentos menores de insumos externos (KAYA e NAIR, 2001; COPIJN, 1988).

A melhoria da fertilidade dos solos agrícolas cultivados com práticas convencionais pode ser feita com a implantação de sistemas agroflorestais (MUCHERU-MUNA et al., 2008), pois esses sistemas ativam a ciclagem de nutrientes através do processo de formação e decomposição da serapilheira (YADAV et al., 2008; ARATO et al., 2003). A dinâmica da serapilheira e de seus nutrientes, representada pela entrada via deposição e saída via decomposição e mineralização, é essencial para a manutenção de florestas nativas ou plantas florestais. Vários trabalhos sobre ecossistemas florestais têm avaliado o valor nutricional da serapilheira (SCHUMACHER et al., 2003; SCHUMACHER et al., 2003; BERTALOT et al., 2004).

Os sistemas agroflorestais proporcionam, ainda, outras vantagens, como diminuição da erosão do solo em virtude da formação de terraços naturais (BERTALOT, 1997; BERTALOT e MENDOZA, 1998), conservação

da água e do solo, aumento da produtividade das lavouras (BERTALOT et al., 2008) e formação de corredores ecológicos nos biomas das florestas tropicais úmidas (McGINTY et al., 2008). No entanto, o espaço ocupado pelas árvores pode diminuir o rendimento físico das culturas agrícolas e provocar competição por água e nutrientes entre as espécies do sistema (BERTALOT, 2003).

Diante dos aspectos – positivos e negativos – apresentados pelos sistemas agroflorestais e da demanda da sociedade, e em particular dos agricultores, por práticas agrícolas sustentáveis, elaboraram-se dois sistemas de produção, cujo objetivo foi avaliar os parâmetros de desempenho da cultura do milho (*Zea mays* L.), variedade AL 30, em sucessão com aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.), em um sistema agroflorestal (SAF) em aleias e em um sistema agrícola tradicional (ST). Esse trabalho faz parte de um estudo maior, em que, além dos resultados apresentados, foram realizadas análises foliares, físicas, químicas e microbiológicas de solo em cada ciclo das culturas ao longo de três anos de estudo e esses resultados foram apresentados por Bertalot (2003).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica, no município de Botucatu, SP, limitado pelas coordenadas geográficas 22° 57' latitude sul e 48° 25' longitude oeste, com altitude de 900 m. O clima local é subtropical úmido, a temperatura média anual é de 20,5 °C e a precipitação média anual é de 1.549 mm, ocorrendo em maior quantidade de novembro a março. O solo da região foi classificado como Latossolo Vermelho - Amarelo distrófico, de textura média, fase arenosa, derivado de arenito do grupo Bauru.

Antes de instalar o experimento, coletaram-se amostras de solo das áreas, na profundidade de 0-20 cm, para a realização de análises granulométricas pelo método do densímetro (EMBRAPA, 1997) e análises químicas pela metodologia descrita por Raij et al. (1996). Essas áreas eram usadas como pastagens de *Brachiaria decumbens* e já tinham sofrido correção do solo anteriormente (Tabela 1).

O experimento consistiu de duas áreas, uma sob sistema de manejo agroflorestal em aleias de *Leucaena diversifolia* e a outra com cultivo tradicional. A *L. diversifolia* já era plantada com sucesso na área desde 1995, devido à sua adaptabilidade aos solos de Cerrado

**Tabela 1** – Resultado das análises química e física do solo coletado antes da instalação do experimento, na profundidade de 0-20 cm  
**Table** – Result of the chemical and physical analysis of the soil, collected before the installation of the experiment, at depths of 0-20 cm

	Análise química															
	pH	M.O.	Presina	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mmolc dm <sup>-3</sup>						mg dm <sup>-3</sup>						
Sistema Agroflorestal	5,2	17	17	0,6	20	0,4	19	9,4	29,2	49,2	59,4	0,14	0,8	29	0,9	0,44
Sistema tradicional	5,2	16	14	0,6	19	0,3	17	9,0	26,6	45,6	57,6	0,11	1,1	32	0,5	0,26

Ambos sistemas	Análise física			
	Argila	Areia	Silte	Textura do solo
	g kg <sup>-1</sup>			Média
	180	790	30	

Fonte: BERTALOT, 2003.

(BERTALOT et al., 2002). As aléias de *L. diversifolia* foram implantadas três anos antes de iniciar o experimento, no espaçamento de 6 m entre linhas e 0,50 m entre plantas (Figura 1).

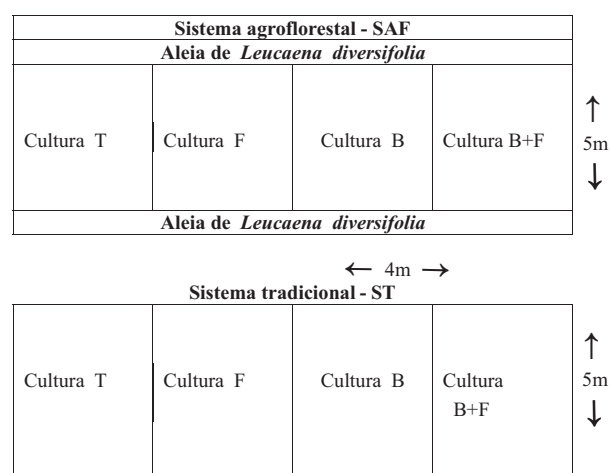
As culturas anuais utilizadas na condução do experimento foram: aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) plantada como cultura de inverno em sucessão com milho (*Zea mays* L.), variedade CATI - AL 30 como cultura de verão.

Os tratamentos utilizados em ambos os sistemas foram: T - Testemunha, F - com aplicação de fertilizante; B - Com aplicação de biomassa da poda da *Leucaena*

*diversifolia*; B+F - Com aplicação de biomassa da poda da *Leucaena diversifolia*+fertilizante. O delineamento experimental consistiu em blocos ao acaso com quatro tratamentos e cinco repetições, em ambos os sistemas de cultivo. Cada parcela experimental ocupou uma área de 20 m<sup>2</sup> (5 m x 4 m). Para a análise de variância, utilizou-se o Programa Estat e para a comparação das médias o teste de Tukey para cada cultura e ano de cultivo. Também foi realizada uma análise conjunta dos parâmetros avaliados nas duas culturas, para cada ano e para os dois anos estudados, conforme Banzatto e Kronka (1995).

## 2.1. Semeadura da aveia-preta

Antes da semeadura da aveia, as aleias de *L. diversifolia* do sistema agroflorestal foram podadas na altura de 1 m, e sua biomassa foi aplicada nos tratamentos B e B+F. No sistema tradicional, a biomassa foi cortada de área vizinha, transportada até a área experimental e aplicada nas parcelas dos tratamentos B e B+F. A aveia-preta foi semeada em um espaçamento de 20 cm entre linhas. Conforme a análise de solo, não foi necessário aplicar calcário em nenhum dos tratamentos, já que a saturação por bases do solo da área experimental estava acima de 50%. A adubação mineral de plantio para produtividade esperada de grãos de aveia-preta de 2-3 t ha<sup>-1</sup> foi a seguinte: 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula comercial 04-20-20+0,1% B mais 18 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio nos tratamentos F e B+F. A adubação mineral de cobertura nos tratamentos que tiveram aplicação de fertilizante consistiu em 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, nos dois anos de plantio, conforme análise de solo. Para os tratamentos B e B+F, nos dois sistemas, foram



**Figura 1** – Desenho do sistema agroflorestal em aléias e do sistema tradicional.

**Figure 1** – Design of alley cropping agroforestry system and traditional.

aplicadas 7,5 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca da poda das aleias de *L. diversifolia*, conforme recomendação de Copijn (1988). A quantidade de nutrientes contidos nesse material, conforme a análise química, foi a seguinte: 232,50 kg N ha<sup>-1</sup>; 10,50 kg P ha<sup>-1</sup>; 112,50 kg K ha<sup>-1</sup>; 45 kg Ca ha<sup>-1</sup>; 18 kg Mg ha<sup>-1</sup>; 12 kg S ha<sup>-1</sup>; 0,16 kg B ha<sup>-1</sup>; 0,23 kg Cu ha<sup>-1</sup>; 1,07 kg Fe ha<sup>-1</sup>; 0,27 kg Mn ha<sup>-1</sup>; e 0,075 kg Zn ha<sup>-1</sup>.

## 2.2. Manejo e medição da biomassa da aveia-preta

A aveia-preta foi cortada na fase de grão leitoso aos 120 dias, e a sua biomassa foi deixada como cobertura do solo, em todos os tratamentos dos dois sistemas. Para determinar o rendimento da biomassa de aveia-preta, foram selecionadas três linhas de aveia com 1 m de comprimento cada uma no meio da cultura e uma linha em cada uma das duas bordas de todas as parcelas.

Após o corte, o material foi pesado para determinar o peso fresco e em seguida foi levado para estufa a fim de determinar o peso de matéria seca da biomassa. Além disso, foi obtido o peso fresco da biomassa total na área útil (18 m<sup>2</sup>) de cada parcela, extrapolando-se o resultado para 1 ha. No caso do sistema agroflorestal, 17 aleias de *L. diversifolia* ocuparam um área de 900 m<sup>2</sup> do total de 1 ha.

## 2.3. Semeadura do milho

Antes da semeadura do milho, as aleias de *L. diversifolia* do sistema agroflorestal foram podadas novamente na altura de 1 m e sua biomassa, aplicada nos tratamentos B e B+F. No caso dos tratamentos B e B+F do sistema tradicional, a biomassa de *L. diversifolia* foi levada da área do sistema agroflorestal. Assim, a *L. diversifolia* era podada sempre antes da semeadura das culturas anuais.

O milho, variedade AL 30, foi semeado com espaçamento de 0,90 m entre linhas e 0,20 m entre plantas, totalizando 55.555 plantas por hectare. Fez-se análise química do solo dos tratamentos F e B+F para fins de recomendação de adubação química. No primeiro ano de plantio foi aplicado calcário para elevar a saturação por bases 70% (0,43 t ha<sup>-1</sup>); foram aplicados 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula comercial 04-20-20 +0,1%B mais 8 kg de N no plantio visando à produtividade de 4-6 t ha<sup>-1</sup> de grãos; na adubação mineral de cobertura foram aplicados 40 kg ha<sup>-1</sup> de N. No segundo ano, foi aplicado calcário para elevar a saturação por bases 70% (1 t ha<sup>-1</sup>); foram aplicados 250 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula comercial 08-

28-16+0,4% Zn no plantio, visando à produtividade de 4-6 t ha<sup>-1</sup> de grãos. Na adubação mineral de cobertura foram aplicados 40 kg ha<sup>-1</sup> de N. Nos tratamentos B e B+F foram adicionados 45 kg por parcela de biomassa fresca de *L. diversifolia*, equivalente a 15 kg de matéria seca.

## 2.4. Medição da produtividade média de grãos e da massa de 100 grãos de milho

A produção de milho foi avaliada através da medição dos parâmetros produtividade média de grãos por parcela e da massa de 100 grãos de milho, com correção da umidade para 13%. Primeiramente foram selecionadas as três linhas centrais de cada parcela e medido 1 m de comprimento ao longo de cada linha, para obter a produtividade média de grãos; esse mesmo procedimento foi usado para medição da produtividade das duas linhas das bordas do sistema agroflorestal, especificamente; depois, foi obtida a produtividade de grãos colhidos na área útil (18 m<sup>2</sup>) das parcelas, sendo os valores extrapolados para 1 ha.

## 2.5. Altura da planta de milho e de inserção da espiga

A altura da planta de milho e a altura de inserção da espiga foram medidas utilizando uma régua de madeira com 1 m de comprimento.

# 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 3.1. Rendimento de matéria seca de aveia-preta

Os resultados do rendimento médio estimado de matéria seca de aveia-preta em ambos os sistemas em cada ano de cultivo estão apresentados na Tabela 2 e em vários tratamentos foram semelhantes aos obtidos por Derpsch et al. (1985), Levien (1999), Borkert et al. (2003) e Godoy e Batista (1992), que reportaram valores de 5,59; 4,28; 8,75; e 8,00 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

No primeiro ano de cultivo não houve diferença de rendimento entre os tratamentos B+F e F em ambos os sistemas - agroflorestal e tradicional - nem entre os tratamentos B e F do sistema agroflorestal. Observou-se ainda, pela análise de variância conjunta dos sistemas, que não houve diferença no rendimento de matéria seca nos tratamentos F e B+F em ambos os sistemas.

A comparação de todos os tratamentos e sistemas no primeiro ano mostrou a seguinte ordem decrescente de resultados:  $B+F_{SAFI} > F_{SAFI} > B+F_{ST1} = F_{ST1} > B_{SAFI} > T_{SAFI}$ . Os tratamentos  $B+F_{SAFI}$ ,  $F_{SAFI}$ ,  $B+F_{ST1}$  e  $F_{ST1}$  tiveram os maiores valores, sem diferença estatística entre eles.

**Tabela 2** – Rendimento médio estimado de matéria seca da aveia-preta em função dos tratamentos, em ambos os sistemas, em cada ano de cultivo em t ha<sup>-1</sup>.*Table 2* – Mean yield of dry weight of black oats in function of the treatments, in both the systems, for each year of management in t ha<sup>-1</sup>.

Tratamento	Sistema agroflorestal	Sistema tradicional	Sistema groflorestal	Sistema tradicional
	1º ano		2º ano	
Testemunha	5,52bA	1,70cB	5,47cA	5,60cA
Fertilizante	6,78abA	6,74aA	8,99aA	9,51aA
Biomassa	5,69bA	4,08bB	8,26bA	6,84bB
Biomassa+fertilizante	7,48aA	6,74aA	9,40aA	10,13aA
F	**	**	**	**
CV%	5,36	18,33	5,32	6,34
DMS na coluna	1,56	1,60	0,80	0,95
DMS na linha		1,08	0,54	

\*\* Significativo a 1% pelo teste F. Letras minúsculas na coluna, comparação entre tratamentos para cada sistema. Letras maiúsculas na linha, comparação entre sistemas em cada tratamento. O número romano I indica que não houve diferença entre tratamentos e sistemas para cada ano individual (DMS 1,00 no primeiro ano e 0,60 no segundo ano).

Fonte: BERTALOT, 2003.

No segundo ano de cultivo não houve diferença de rendimento entre os tratamentos B+F e F em ambos os sistemas. A análise de variância conjunta dos sistemas mostrou que não houve diferença no rendimento de matéria seca nos tratamentos F, B+F e T em ambos os sistemas. A comparação de todos os tratamentos e sistemas no segundo ano apresentou a seguinte ordem decrescente de resultados:  $B+F_{ST2} > F_{ST2} > B+F_{SAF2} > F_{SAF2} > B_{SAF2} > B_{ST2}$ . Os tratamentos B+F<sub>ST2</sub>, F<sub>ST2</sub>, B+F<sub>SAF2</sub> e F<sub>SAF2</sub> apresentaram os maiores valores, sem diferença estatística entre eles.

A comparação dos tratamentos e sistemas nos dois anos de cultivo mostrou a seguinte ordem decrescente de resultados:  $B+F_{ST2} > F_{ST2} > B+F_{SAF2} > F_{SAF2} > B_{SAF2}$ . Os tratamentos B+F<sub>ST2</sub>, F<sub>ST2</sub> e B+F<sub>SAF2</sub> apresentaram os maiores valores, sem diferença estatística entre eles. Esses resultados foram semelhantes aos obtidos no segundo ano, mostrando que neste trabalho os tratamentos com aplicação de Biomassa + Fertilizante e Fertilizante foram os mais produtivos nos dois anos de estudo.

**Trabalho 3** – Rendimento médio estimado de matéria seca da aveia-preta em função dos tratamentos, em de cultivo em t ha<sup>-1</sup>.*Table 3* – Mean yield of dry weight of black oats in function of the treatments, in both the systems, in two years of management in t ha<sup>-1</sup>.

Tratamento	Sistema agroflorestal	Sistema tradicional	Sistema agroflorestal	Sistema tradicional
	1º ano	2º ano		
Testemunha	5,52bA	1,70cB	5,47cA	5,60cA
Fertilizante	6,78abB	6,74aB	8,99aA	9,51aAI
Biomassa	5,69bC	4,08bD	4,08bD	6,84bB
<b>Biomassa+fertilizante</b>	7,48aB	6,74aB	9,40aAI	10,13aAI
F	**	**	**	**
CV%	5,32	18,33	5,32	6,34
DMS na coluna	1,56	1,60	0,80	0,95
DMS na linha			0,85	

\*\* Significativo a 1% pelo teste F. Letras minúsculas na coluna, comparação entre tratamentos em cada sistema. Letras maiúsculas na linha, comparação entre sistemas em cada tratamento. O número romano I indica que não houve diferença entre tratamentos e sistemas nos dois anos (DMS 0,75).

Fonte: BERTALOT, 2003.



Os maiores valores da produção de biomassa da aveia-preta ocorreram no segundo ano de manejo, conforme Bertalot (2003). O que explica esse fenômeno é a disponibilidade imediata dos nutrientes fornecidos com a adubação química e a liberação de nutrientes a partir da biomassa da adubação verde do ano anterior, restos de palhada da cultura de milho e material vegetal fornecido pelas podas das aleias ao longo do ciclo das culturas.

### 3.2. Produtividade média de grãos de milho e massa de 100 grãos de milho

Os resultados da produtividade média estimada de grãos de milho em ambos os sistemas no primeiro ano de cultivo são mostrados na Tabela 4 e foram semelhantes aos obtidos por Duarte e Paternani (2000), Amaral (1999), Levien (1999) e Macedo et. al. (2006), que reportaram valores de 7,73; 5,6; 6,98; e 4,26 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

No sistema agroflorestal, tanto nas linhas centrais quanto nas bordas não houve diferença significativa entre os tratamentos F, B e B+F, os quais apresentaram a mesma produtividade. No sistema tradicional, os tratamentos F e B+F, assim como F e B, se comportaram de forma semelhante. De acordo com a análise conjunta, houve diferença significativa no comportamento dos tratamentos nos diferentes sistemas. A comparação

de produtividade de grãos de milho de todos os tratamentos e sistemas no primeiro ano apresentou a seguinte ordem decrescente de resultados:  $F_{SAF1c} > B+F_{SAF1c} > B_{SAF1c} > B+F_{ST1} > F_{SAF1b} > B+F_{SAF1b}$ . Os tratamentos  $F_{SAF1c} > B+F_{SAF1c}$ ,  $B_{SAF1c}$  e  $B+F_{ST1}$  tiveram os maiores valores e não apresentaram diferença estatística entre eles.

No segundo ano de cultivo não houve diferença significativa nos tratamentos F, B e B+F do sistema agroflorestal nas linhas centrais (SAF2c) e do sistema tradicional (ST2); no sistema agroflorestal borda (SAF2b), o tratamento B+F teve diferença significativa em relação aos outros tratamentos. De acordo com a análise conjunta, não houve diferença significativa no comportamento dos tratamentos B+F e T nos três sistemas. A comparação de produtividade de grãos de milho de todos os tratamentos e sistemas no segundo ano apresentou a seguinte ordem decrescente de resultados:  $B+F_{SAF2c} > B_{ST2} > B+F_{ST2} > B+F_{SAF2b} > F_{ST2} > B_{SAF2c} > F_{SAF2c}$ . Esses tratamentos tiveram os maiores valores e não apresentaram diferença estatística entre eles.

A comparação de produtividade de grãos de milho de todos os tratamentos e sistemas nos dois anos mostrou a seguinte ordem decrescente de resultados:  $B+F_{SAF2c} > B_{ST2} > B+F_{ST2} > B+F_{SAF2b} > F_{ST2} > B_{SAF2c} > F_{SAF2c}$ . Esses tratamentos tiveram os maiores valores e não apresentaram diferença estatística entre eles.

**Tabela 4** – Produtividade média de grãos de milho e massa de 100 grãos de milho em função dos tratamentos, em ambos os sistemas, no primeiro ano de cultivo em t ha<sup>-1</sup>.

**Table 4** – Mean productivity of grains of corn and mass of 100 grains in function of the treatments, in both the systems, in the first year of management in t ha<sup>-1</sup>.

Tratamento	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )			Massa de 100 grãos		
	1º ano			1º ano		
	Sistema agroflorestal nas linhas centrais	Sistema agroflorestal na borda	Sistema tradicional	Sistema agroflorestal nas linhas centrais	Sistema agroflorestal na borda	Sistema tradicional
Testemunha	5,61bA	5,54bA	4,38cB	31,80cA	30,00bB	28,20bC
Fertilizante	8,08aA	7,56aA	6,68abB	36,20aA	34,35aB	32,00aC
Biomassa	7,82aA	6,53abB	5,49bcC	34,80bA	32,75aB	29,40bC
Biomassa+fertilizante	7,98aA	7,18aB	7,62aA	35,40abA	34,20aB	33,00aC
F**	**	**	**	**	**	
CV	11,44	12,50	15,20	1,75	3,00	3,73
DMS na coluna	1,58	1,60	1,72	1,13	1,70	2,15
DMS na linha		0,60			0,90	

\*\* Significativo a 1% pelo teste F. Letras minúsculas na coluna, comparação entre tratamentos em cada sistema. Letras maiúsculas na linha, comparação entre sistemas em cada tratamento. O número romano I indica que não houve diferença entre tratamentos e sistemas nos dois anos (DMS 0,50 para a produtividade de milho no primeiro ano e 0,95 para a massa de 100 grãos de milho no primeiro ano).

Fonte: BERTALOT, 2003.

**Tabela 5** – Produtividade média de grãos de milho e massa de 100 grãos de milho em função dos tratamentos, em ambos os sistemas, no segundo ano de cultivo em t ha<sup>-1</sup>.*Table 5* – Mean productivity of grains of corn and mass of 100 grains in function of the treatments, in both the systems, in the second year of management in t ha<sup>-1</sup>.

Tratamento	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )			Massa de 100 grãos (gramas)		
	2º ano			2º ano		
	Sistema agroflorestal nas linhas centrais	Sistema agroflorestal na borda	Sistema tradicional	Sistema agroflorestal nas linhas centrais	Sistema agroflorestal na borda	Sistema tradicional
Testemunha	5,83bA	5,27cA	5,76bA	32,20bA	31,80bA	31,44cA
Fertilizante	8,67aAI	7,34bB	8,76aAI	36,20aA	35,40aA	34,52bB
Biomassa	8,75aAI	7,45bB	8,96aAI	36,60aAI	36,42aAI	36,19aA
Biomassa+fertilizante	9,43aAI	8,91aAI	8,94aAI	37,60aAI	36,73aAI	35,39abB
F**	**	**	**	**	**	
CV%	5,73	5,20	3,71	2,17	3,85	1,69
DMS na coluna	0,88	0,80	0,56	1,45	1,35	1,08
DMS na linha	0,60			0,90		

\*\* Significativo a 1% pelo teste F. Letras minúsculas na coluna, comparação entre tratamentos em cada sistema. Letras maiúsculas na linha, comparação entre sistemas em cada tratamento. \*\* Significativo a 1%, pelo teste F. O número romano I indica que não houve diferença entre tratamentos e sistemas nos dois anos (DMS 0,70 para a produtividade de milho no segundo ano e 0,95 para a massa de 100 grãos de milho no segundo ano).

Fonte: BERTALOT, 2003.

**Tabela 6** – Produtividade média de grãos de milho em função dos tratamentos, em ambos os sistemas, nos dois anos de cultivo em t ha<sup>-1</sup>.*Table 6* – Mean productivity of grains of corn in function of the treatments, in both the systems, in two years of management in t ha<sup>-1</sup>.

Tratamento	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )					
	1º ano			2º ano		
	Sistema agroflorestal nas linhas centrais	Sistema agroflorestal na borda	Sistema tradicional	Sistema agroflorestal nas linhas centrais	Sistema agroflorestal na borda	Sistema tradicional
Testemunha	5,61bA	5,54bA	4,38cB	5,83bA	5,27cA	5,76bA
Fertilizante	8,08aA	7,56aB	6,68abB	8,67aAI	7,34bB	8,76aAI
Biomassa	7,82aB	6,53abC	5,49bcD	8,75aAI	7,45bB	8,96aAI
Biomassa+fertilizante	7,98aB	7,18aB	7,62aB	9,43aAI	8,91aAI	8,94aAI
F**	**	**	**	**	**	
CV	11,44	12,50	15,20	5,73	5,20	3,71
DMS na coluna	1,58	1,60	1,72	0,88	0,80	0,56
DMS na linha	0,70					

\*\* Significativo a 1% pelo teste F. Letras minúsculas na coluna, comparação entre tratamentos em cada sistema. Letras maiúsculas na linha, comparação entre sistemas em cada tratamento. O número romano I indica que não houve diferença entre tratamentos e sistemas nos dois anos (DMS 0,80).

Fonte: BERTALOT, 2003.

Os resultados da massa de 100 grãos de milho em ambos os sistemas no primeiro ano de cultivo são mostrados na Tabela 4 e foram semelhantes aos obtidos por Jamami (2001) e Andreotti (1998), que obtiveram uma massa de 32 e 30,35 g em 100 grãos, respectivamente.

Os tratamentos F, B e B+F foram iguais estatisticamente no SAF1b. Também foi observado que no SAF2c e ST2 não houve diferença significativa entre os tratamentos F e B+F. Verificou-se na análise conjunta que ocorreu diferença significativa no comportamento dos tratamentos,

com os maiores valores correspondendo ao SAF2c. A comparação de todos os tratamentos e sistemas no primeiro ano mostrou a seguinte ordem decrescente de resultados:  $F_{SAF1c} > B+F_{SAF1c} > B_{SAF1c} > F_{SAF1b} > B+F_{SAF1b}$ . Os tratamentos  $F_{SAF1c}$ ,  $B+F_{SAF1c}$  e  $B_{SAF1c}$  apresentaram os maiores valores, sem diferença estatística entre eles.

No segundo ano de cultivo, a massa de 100 grãos não apresentou diferença estatística nos tratamentos F, B e B+F do SAF2c e SAF2b, e também não houve diferença nos tratamentos B e B+F do ST2. Observou-se na análise conjunta que não houve diferença significativa no comportamento dos tratamentos T e B, com os maiores valores correspondendo ao SAF2c. A comparação de todos os tratamentos e sistemas nos dois anos mostrou a seguinte ordem decrescente de resultados:  $B+F_{SAF2c} > B+F_{SAF2b} > B_{SAF2c} > B_{SAF2b} > F_{SAF2c} > B_{ST2} > F_{SAF2b} > B+F_{ST2}$ . Os tratamentos  $B+F_{SAF2c}$ ,  $B+F_{SAF2b}$ ,  $B_{SAF2c}$  e  $B_{SAF2b}$  mostraram os maiores valores, sem diferença estatística entre eles.

A comparação de todos os tratamentos e sistemas nos dois anos mostrou a seguinte ordem decrescente de resultados:  $B+F_{SAF2c} > B+F_{SAF2b} > B_{SAF2c} > B_{SAF2b} > F_{SAF2c} > B_{ST2} > F_{SAF2b} > B+F_{ST2}$ . Os tratamentos  $B+F_{SAF2c}$ ,  $B+F_{SAF2b}$ ,  $B_{SAF2c}$  e  $B_{SAF2b}$  apresentaram os maiores valores, sem diferença estatística entre eles (Tabela 7).

Assim como nos resultados de rendimento de matéria seca da aveia-preta, os maiores valores da produtividade média de grãos de milho e massa de 100 grãos de milho também ocorreram no segundo ano. Em ambos os sistemas se verificaram também que os tratamentos B tiveram resultados equivalentes aos dos tratamentos F e B+F. Esse resultado é consequência do manejo das áreas agrícolas e também mostra a importância da adição de biomassa para manter e melhorar a fertilidade dos solos.

### 3.3. Altura da planta de milho e de inserção da espiga

Os resultados da altura da planta de milho em ambos os sistemas são mostrados na Tabela 8 e foram semelhantes aos obtidos por Jamami (2001) e Duarte e Paternani (2000), que reportaram altura de plantas de 1,95 e 2,00 m, respectivamente. Conforme a análise de variância do primeiro ano de cultivo, não houve diferença significativa entre os tratamentos F, B e B+F do sistema agroflorestal, tanto nas linhas centrais quanto na borda, no sistema tradicional. No segundo ano de cultivo, os tratamentos F, B e B+F apresentaram resultados semelhantes nos sistemas estudados.

A comparação de todos os tratamentos e sistemas nos dois anos mostrou a seguinte ordem decrescente de resultados:  $B+F_{SAF1b} = B+F_{SAF2c} >$

**Tabela 7** – Massa de 100 grãos de milho em função dos tratamentos, em ambos os sistemas, nos dois anos de cultivo, em gramas.  
**Table 7** – Mass of 100 grains of corn in function of the treatments, in both the systems, in two years of management, in grams.

Tratamento	Massa de 100 grãos (gramas)					
	1º ano			2º ano		
	Sistema agroflorestal nas linhas centrais	Sistema agroflorestal na borda	Sistema tradicional	Sistema agroflorestal nas linhas centrais	Sistema agroflorestal na borda	Sistema tradicional
Testemunha	31,80cA	30,00bB	28,20bC	32,20bA	31,80bA	31,44cA
Fertilizante	36,20aA	34,35aB	32,00aC	36,20aA	35,40aA	34,52bB
Biomassa	34,80bB	32,75aC	29,40bD	36,60aAI	36,42aAI	36,19aA
Biomassa+fertilizante	35,40abB	34,20aC	33,00aD	37,60aAI	36,73aAI	35,39abB
F**	**	**	**	**	**	
CV%	1,75	3,00	3,73	2,17	3,85	1,69
DMS na coluna	1,13	1,70	2,15	1,45	1,35	1,08
DMS na linha			1,18			
QMRes	0,70	0,52	0,27	0,56	0,85	0,75

\*\* Significativo a 1% pelo teste F. Letras minúsculas na coluna, comparação entre tratamentos em cada sistema. Letras maiúsculas na linha, comparação entre sistemas em cada tratamento. O número romano I indica que não houve diferença entre tratamentos e sistemas nos dois anos (DMS 1,18).

Fonte: BERTALOT, 2003.



$B+F_{SAF1c} = B+F_{SAF2b} > F_{SAF1b} > F_{SAF1c} = B+F_{ST1} > F_{SAF2c}$   
 $> B_{SAF2c} > F_{SAF2b} = B+F_{ST2} > B_{SAF2b} > B_{SAF1b} > T_{SAF2c}$   
 $> T_{SAF1b} > F_{ST1} > B_{ST2} > B_{SAF1c} > F_{ST2}$ . Esses tratamentos não apresentaram diferença estatística entre si.

Os resultados da altura de inserção da espiga em ambos os sistemas são mostrados na Tabela 9 e foram semelhantes aos reportados por Duarte e Paternani (2000) e Amaral (1999), que obtiveram alturas de 1,35 e 1,26 m, respectivamente.

**Tabela 8** – Altura de plantas de milho em função dos tratamentos, em ambos os sistemas, nos dois anos de cultivo, em metros.

**Table 8** – Height of corn plants in function of the treatments, in both the systems, in two years of management, in meters.

Tratamento	Altura das plantas (metros)					
	1º ano			2º ano		
	Sistema agroflorestal nas linhas centrais	Sistema agroflorestal na borda	Sistema tradicional	Sistema agroflorestal nas linhas centrais	Sistema agroflorestal na borda	Sistema tradicional
Testemunha	1,83bA	2,03bAI	1,53cB	2,04bAI	1,81bAB	1,60cB
Fertilizante	2,24aAI	2,25abAI	2,02aBI	2,23aAI	2,20aAI	1,95aBI
Biomassa	1,97abAI	2,15aAI	1,77bB	2,21aAI	2,16aAI	2,00aAI
Biomassa +fertilizante	2,27aAI	2,30aAI	2,24aAI	2,30aAI	2,27aAI	2,20aAI
F**	**	**	**	**	**	
CV	8,12	5,95	6,32	2,27	4,61	5,06
DMS na coluna	0,32	0,25	0,22	0,94	0,17	0,18
DMS na linha	0,34					

\*\* Significativo a 1% pelo teste F. Letras minúsculas na coluna, comparação entre tratamentos em cada sistema. Letras maiúsculas na linha, comparação entre sistemas em cada tratamento. O número romano I indica que não houve diferença entre tratamentos e sistemas nos dois anos (DMS 0,40).

Fonte: BERTALOT, 2003.

**Tabela 9** – Altura de inserção da espiga de milho em função dos tratamentos, em ambos os sistemas, nos dois anos de cultivo, em metros.

**Table 9** – Height of insertion of the maize spike in function of the treatments, in both the systems, in two years of management, in meters.

Tratamento	Tratamento Altura de inserção da espiga (metros)					
	1º ano			2º ano		
	Sistema agroflorestal nas linhas centrais	Sistema agroflorestal na borda	Sistema tradicional	Sistema agroflorestal nas linhas centrais	Sistema agroflorestal na borda	Sistema tradicional
Testemunha	0,98bB	1,14aAI	0,78cC	1,02cB	1,07cA	0,80cC
Fertilizante	1,29aAI	1,24aAI	1,06bB	1,24aAI	1,16bAI	1,12bBI
Biomassa	1,14abAI	1,18aAI	0,91cB	1,20aAI	1,15bAI	1,10bA
Biomassa+fertilizante	1,29aAI	1,28aAI	1,23aAI	1,30aAI	1,23aAI	1,25aAI
F**	**	**	**	**	**	
CV	8,74	10,30	7,85	5,11	3,00	5,24
DMS na coluna	0,19	0,23	0,15	0,11	0,09	0,10
DMS na linha	0,10					

\*\* Significativo a 1% pelo teste F. Letras minúsculas na coluna, comparação entre tratamentos em cada sistema. Letras maiúsculas na linha, comparação entre sistemas em cada tratamento. O número romano I indica que não houve diferença entre tratamentos e sistemas nos dois anos (DMS 0,19).

Fonte: BERTALOT, 2003.

A análise de variância de cada ano mostrou que não houve diferença significativa entre os tratamentos F, B e B+F nos sistemas SAF1c, SAF1b e SAF2c; também não ocorreu diferença nos tratamentos F e B dos sistemas SAF2b e ST2. A comparação de todos os tratamentos e sistemas nos dois anos de estudo mostrou a seguinte ordem decrescente de resultados:  $B+F_{SAF2c} > B+F_{SAF1c} = F_{SAF1c} > B+F_{SAF1b} > B+F_{ST2} > F_{SAF1b} = F_{SAF2c} > B+F_{SAF2b} = B+F_{ST1} > B_{SAF2c} > B_{SAF1b} > F_{SAF2b} > B_{SAF2b} > B_{SAF1c} = T_{SAF1b} > F_{ST2}$ . Esses tratamentos não apresentaram diferença estatística entre si, mostrando que, devido ao manejo, os sistemas agrícolas procuram o equilíbrio em termos de fornecimento/disposição de nutrientes, disponibilidade e conservação de água e aproveitamento da luz solar durante a fase vegetativa da cultura mostram também que os sistemas agroflorestais contribuem para o melhor desempenho das culturas e a adição de biomassa teve resultado semelhante à adição de fertilizante químico para esse parâmetro

O crescimento das plantas de milho e a altura de inserção das espigas apresentaram resultados semelhantes, à exceção dos tratamentos T do sistema tradicional.

#### 4. CONCLUSÃO

A análise dos sistemas permitiu inferir que ambos, tradicional e agroflorestal, apresentaram viabilidade produtiva da cultura do milho nos tratamentos com aplicação de biomassa, biomassa + fertilizante e fertilizante.

Cabe salientar que a utilização de biomassa mostrou-se adequada para substituir parcial ou totalmente o uso de fertilizantes químicos sem, contudo, comprometer a eficiência produtiva do milho.

Conclui-se também que o manejo das aleias de *L. diversifolia*, com podas na altura de 1,00 m e cultivo do milho a 0,90 m de distância entre linhas e em relação às aleias, não comprometem o desempenho produtivo do milho por minimizar ou inexistir competição entre as espécies, além do sistema agroflorestal conservar maior umidade.

#### 5. REFERÊNCIAS

- AMARAL, J.G. **Estimativas de parâmetros genéticos na cultivar de milho (*Zea mays* L.) AL – 34 em condições de safrinha**. 1999. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.
- ANDREOTTI, M. **Resposta do milho ao potássio em função da saturação do solo por bases**. 1998. 85f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.
- ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v.27, n.5, p.715-721, 2003.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1995. 247p.
- BERTALOT, M. J. A. **Crescimento e avaliação nutricional de leguminosas arbóreas potenciais para ecossistemas agroflorestais num solo de Cerrado**. 1997. 63f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.
- BERTALOT, M. J. A.; MENDOZA, E. Sistemas agroflorestais. **Agricultura Biodinâmica**, n.80, p.22-31, 1998.
- BERTALOT, M. J. A.; GUERRINI, I. A.; MENDOZA, E. Growth parameters and nutrient com tent in four multipurpose tree species with potential characteristics for agroforestry systems in a cerrado region in Botucatu, São Paulo State, Brazil. **Journal of Sustainable Forestry** v.15, n.2, p.87-105, 2002.
- BERTALOT, M. J. A. **Cultura do milho (*Zea mays* L.) em sucessão com aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) em áreas sob manejo agroflorestal em aléias com *Leucaena diversifolia***. 2003. 88f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.
- BERTALOT, M. J. A. et al. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira de quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu-SP. **Scientia Forestalis**, v.65, p.219-227, 2004.
- BERTALOT, M. J. A. et al. Análise econômica da produção de milho (*Zea mays*) sob sistema agroflorestal e tradicional. **Revista Ceres**, v.55, n.5, p.425-432, 2008.

BORKERT, C. M. et al. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.1, p.143-153, 2003.

BUENO, O. C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural**. 2002. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

CAMARGO, C. E. O. et al. Recomendação de adubação e calagem de aveia preta para o Estado de São Paulo. In: RAIJ, B. van. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1997. paginas.(Boletim Técnico, 100)

COPIJN, A.N. **Agrossilvicultura sustentada por sistemas agrícolas ecologicamente eficientes**. Rio de Janeiro: PTA, 1988. 46p.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.7, n.20, p. 761-773, 1985.

DUARTE A. P.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Reflexos da estratificação de ambientes na adaptação agrônômica e estabilidade de produção de grãos em cultivares de milho. In: DUARTE A. P.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. **Fatores bióticos e abióticos em cultivares de milho e estratificação ambiental**; avaliação IAC/CATI/Empresas 1999/2000. Campinas: IAC, 2000. p.139-150 (Boletim Científico, 5).

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

GODOY, R.; BATISTA, L. A. R. Avaliação do potencial de produção de grãos de germoplasma de aveia forrageira na região de São Carlos, SP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, n.9, p.1253-1257, 1992.

JAMAMI, N. **Efeito de boro e zinco na cultura do milho**. 2001. 92f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

KANG, B. T.; REYNOLDS, L.; ATTA-KRAH, A. N. Alley farming. **Advance of Agronomy**, v.43, p.315-359, 1990.

KANG, B. T. Alley cropping – soil productivity and nutrient recycling. **Forest Ecology and Management**, v.91, n.1, p.75-82, 1997.

KAYA, B.; NAIR, P. K. R. Soil fertility and crop yields under improved-fallow systems in southern Mali. **Agroforestry Systems**, v.52, n.1, p.1-11, 2001.

LEVIEN, R. **Condições de cobertura e métodos de preparo do solo para a implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1999. 305f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

MACDICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. **Agroforestry: classification and management**. New York: John Wiley, 1990. 382p.

MACEDO, R. L. G. et al. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agrônômicas de milho cultivado em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.701-709, 2006.

McGINTY, M.M.; SWISHER, M.E.; ALOVALAPATI, J. Agroforestry adoption and maintenance, self efficiency, attitudes and socio-economic factors. **Agroforestry Systems**, v.73, n.2, p.99-108, 2008.

MUCHERU–MUNA, M. et al. Effects of organic and mineral fertilizer inputs on maize yield and soil chemical properties in a maize cropping system in Meru South District, Kenya. **Agroforestry Systems**, v.69, n.3, p.189-197, 2008.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem In: RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas - FUNDAG, 1997. p.56-59. (Boletim Técnico, 100)

SCHUMACHER, M. V. et al. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, v.28, n.1, p.29-37, 2004.



SCHUMACHER, M. V. et al. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de Acácia-Negra (*Acacia mearnsii* De Wild) no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v.27, n.6, p.791-798, 2003.

YADAV, R. S.; YADAV, B. L.; CHHIPA, B. R. Litter dynamics and soil properties under different tree species in a semi-arid region of Rajasthan, India. **Agroforestry Systems**, v.73, n.1, p.1-12, 2008.