

**FRANCISCO EDEN PAIVA FERNANDES**

**ESPAÇAMENTO DE PLANTIO DO EUCALIPTO E LEGUMINOSAS PARA SUB-  
BOSQUE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

Tese apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia, para obtenção do título  
de *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2010**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

F363e  
2010

Fernandes, Francisco Eden Paiva, 1982-  
Espaçamento de plantio do eucalipto e leguminosas para  
sub-bosque em sistemas agroflorestais / Francisco Eden Paiva  
Fernandes. – Viçosa, MG, 2010.  
x, 74f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Rasmô Garcia.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Pastagem – Manejo. 2. Plantas forrageiras. 3. Leguminosas.  
4. Agrossilvicultura. 5. Humus. 5. Produtividade agrícola.  
6. Cobertura dos solos. 7. Proteínas. I. Universidade Federal de  
Viçosa. II. Título.

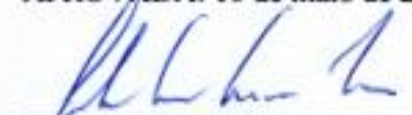
CDD 22. ed. 633.202


**FRANCISCO EDEN PAIVA FERNANDES**

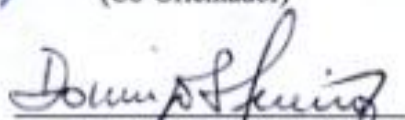
**ESPAÇAMENTO DE PLANTIO DO EUCALIPTO E LEGUMINOSAS PARA  
SUB-BOSQUE EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

Tese apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia, para obtenção do  
título de *Doctor Scientiae*.


APROVADA: 10 de maio de 2010

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Júlio César Lima Neves  
(Co-Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Karina Guimarães Ribeiro

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Domingos Sávio Queiroz

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Fernando Salgado Bernardino

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Rasmão Garcia  
(Orientador)

A Deus.

Aos meus pais, Francisco Fernandes Neto e Maria da Conceição Paiva Fernandes, que sempre me apoiaram em minha vontade de vencer na vida de estudos.

Aos meus irmãos, Andréa e Anselmo, pelo carinho.

Aos meus queridos sobrinhos, Anderson e Ana Lais.

Aos grandes amores de minha vida, minha esposa Celly e meu filho Pedro, motivos de minha grande Felicidade.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Zootecnia (DZO), pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pela concessão de bolsa de estudo.

Ao grupo Votorantim Siderurgia pelo consentimento de uso de suas áreas para implantação dos experimentos e pelo apoio na condução desta pesquisa.

Ao Centro Nacional de Pesquisa em Caprinos (CNPQ) pelo apoio para a conclusão do curso de Doutorado em Zootecnia.

Ao professor Rasmão Garcia, como orientador e, principalmente, pela confiança cedida durante minha Pós-Graduação, além de ser sempre atencioso no atendimento das necessidades de seus estudantes orientados.

Ao professor Júlio Cesar Lima Neves, pelo total apoio no planejamento e delineamento do experimento e pela participação como conselheiro.

Ao professor Odilon Gomes Pereira, pela atenção durante minha Pós-Graduação.

Aos colegas profissionais, Karina Ribeiro, Domingos Sávio Queiroz e Fernando Salgado Bernardino, pela aceitação em participar como membros da banca de Tese.

Aos amigos dos laboratórios do Departamento de Zootecnia/UFV: Raimundo, Monteiro e Wellington.

Às amigas, Andréia (Maria), Aline, Hellem, Bruna Mara, Lorendane, Jucilene, pela amizade que criamos e cultivarei sempre. Da mesma forma aos grandes amigos, Victor, Roger, João Paulo, Wender (Goiano), Leo e Dani, Rafael, Kátia, Ivan.

Aos amigos, Marilu, Nicolly e Jardel, pela amizade e abrigo durante o tempo transcorrido para o meu exame de qualificação e defesa de Tese.

## **BIOGRAFIA**

FRANCISCO EDEN PAIVA FERNANDES, filho de Francisco Fernandes Neto e Maria da Conceição Paiva Fernandes, nasceu em Sobral, Ceará, em 10 de abril de 1982.

Em 2001, ingressou na Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA, onde, em 2004, obteve o título de Zootecnista, colando grau em 26 de fevereiro de 2005.

Em março de 2005, iniciou o Programa de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa - UFV, concentrando seus estudos na área de Forragicultura e Pastagens, defendendo tese em outubro de 2006.

Em outubro de 2006, iniciou o Curso de Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), concentrando seus estudos na área de Forragicultura e Pastagens, especificamente em Sistemas Agroflorestais Pecuários.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ix</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO I: Características estruturais quantitativas de leguminosas durante o seu estabelecimento em sistema agroflorestal e características da matéria orgânica do solo.....</b>	<b>6</b>
Resumo.....	6
Abstract.....	7
Introdução.....	8
Material e Métodos.....	11
Resultados.....	17
Discussão.....	24
Conclusões.....	26
Literatura Citada.....	27
<b>CAPÍTULO II: Dinâmica da matéria orgânica do solo conforme a densidade de plantio do eucalipto e a espécie de leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal.....</b>	<b>29</b>
Resumo.....	29
Abstract.....	31
Introdução.....	33
Material e Métodos.....	36
Resultados .....	38
Discussão.....	46

Conclusões.....	48
Literatura Citada.....	49
<b>CAPÍTULO III: Produtividade de matéria seca, produtividade de nitrogênio e valor nutritivo de leguminosas em sistema agroflorestral.....</b>	<b>52</b>
Resumo.....	52
Abstract .....	53
Introdução.....	54
Material e Métodos.....	56
Resultados.....	60
Discussão.....	64
Conclusões.....	67
Literatura Citada.....	68
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>70</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>74</b>

## RESUMO

FERNANDES, Francisco Eden Paiva, D.S., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2010. **Espaçamento de plantio do eucalipto e leguminosas para sub-bosque em sistemas agroflorestais.** Orientador: Rasmão Garcia, Co-Orientadores: Júlio César Lima Neves e Odilon Gomes Pereira.

Três experimentos foram conduzidos para avaliar as características estruturais quantitativas de leguminosas em implantação, a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) e a produtividade de leguminosas de sub-bosque em sistema agroflorestal. Foi adotado um esquema de parcelas subdivididas no espaço, no delineamento em blocos casualizados com três repetições. A parcela principal foi a densidade de plantio do eucalipto (555; 417; 333 e 278 plantas ha<sup>-1</sup>) e a subparcela espécies de leguminosas (*Arachis pintoi*, *Calopogonium mucunoides* e *Stylosanthes capitata*/*Stylosanthes macrocephala*). No experimento I os resultados das variáveis frequência, cobertura do solo, altura e comprimento de estolões foram analisados por estatística descritiva e a produtividade de matéria seca (PMS) um ano após o plantio das leguminosas por inferência estatística. A leguminosa calopogônio, seguida do estilósantes, apresentou bom estabelecimento em sistema agroflorestal devido aos seus altos valores de frequência, cobertura do solo, altura e comprimento de estolões. O amendoim não apresentou bom estabelecimento, mas persistiu na área experimental, apresentando baixos valores de frequência, cobertura do solo, altura e comprimento de estolões e alta variabilidade demonstrada pelas medidas descritivas de variação. Não houve efeito significativo para os modelos de regressão testados para densidade de plantio do eucalipto por leguminosa sobre a PMS. O estilósantes apresentou maior PMS como espécie de sub-bosque para sistema agroflorestal. No experimento II a dinâmica da MOS foi estudada pela análise das seguintes variáveis: teores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), relação carbono nitrogênio (C/N), carbono da biomassa microbiana (Cmic), nitrogênio da biomassa microbiana (Nmic), quociente microbiano para o carbono (Cmic/COT) e quociente microbiano para o nitrogênio (Nmic/NT). Para as variáveis COT e NT, nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, não houve efeito ( $P > 0,05$ ) para nenhum dos modelos testados em função da densidade de plantio do eucalipto para cada leguminosa e não houve efeito ( $P > 0,05$ ) em função da espécie de leguminosa de sub-bosque para essas variáveis, também nas camadas

de 0-0,1 e 0,1-0,2 m. Os teores médios gerais de COT para os sistemas agroflorestais independente dos fatores de estudo foram superiores numericamente aos teores de COT encontrados para a área de cerrado. Para a relação C/N, nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, houve efeito linear e cúbico da densidade de plantio de eucalipto para a leguminosa estilosantes, respectivos para as camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m. Para o Cmic houve efeito quadrático para o amendoim em função da densidade de plantio do eucalipto, nas duas camadas. Para o Nmic houve efeito quadrático para a leguminosa calopogônio em função da densidade de plantio do eucalipto, na camada de 0,1-0,2 m. Para a relação Cmic/COT houve efeito quadrático para a leguminosa amendoim em função da densidade de plantio do eucalipto nas duas camadas. Para a relação Nmic/NT houve efeito quadrático para a leguminosa calopogônio em função da densidade de plantio do eucalipto, na camada de 0,1-0,2 m. Em sistema agroflorestal com 12 meses após o estabelecimento a densidade de plantio do eucalipto não afeta os teores de COT e NT, mas ocorre efeito da densidade de plantio do eucalipto dependendo da leguminosa sobre C/N, teores de Cmic e Nmic, Cmic/COT e Nmic/NT. A espécie de leguminosa de sub-bosque não afeta a dinâmica da matéria orgânica do solo em sistema agroflorestal com 12 meses de implantação. No experimento III para as variáveis produtividade de matéria seca (PMS) e de nitrogênio (PN), matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS), não houve efeito ( $P > 0,05$ ) para nenhum dos modelos testados em função da densidade de plantio do eucalipto para cada leguminosa. Houve efeito significativo da espécie de leguminosa de sub-bosque para as variáveis MS, PB, FDN e DIVMS. A produtividade de matéria seca e de nitrogênio das leguminosas com 100 dias de rebrotação para sub-bosque em sistema agroflorestal com 15 meses de implantação não sofre efeito da densidade de plantio considerando cada leguminosa. A produtividade de matéria seca e de nitrogênio de leguminosas com 100 dias de rebrotação para sub-bosque em sistema agroflorestal com 15 meses de implantação não difere entre as leguminosas, independente da densidade de plantio do eucalipto. Após 100 dias de rebrotação em sistema agroflorestal com 15 meses de implantação as leguminosas estilosantes e calopogônio apresentam menor valor nutritivo que o amendoim, independente da densidade de plantio do eucalipto.

## ABSTRACT

FERNANDES, Francisco Eden Paiva, D.S., Universidade Federal de Viçosa, may, 2010.

**Planting spacing of eucalyptus and legumes to understory in agroforestry system.**

Adviser: Rasmô Garcia, Co-Advisers: Júlio César Lima Neves and Odilon Gomes Pereira.

Three experiments were conducted to evaluate the quantitative structural characteristics of legumes in development, the dynamics of soil organic matter (SOM) and the legume productivity and nutritive value of understory in agroforestry. A scheme of subdivided plot was adopted in space, in a randomized block design with three replications. The main plot was the Eucalyptus plantation density (555; 417; 333; and 278 plants ha<sup>-1</sup>) and the subplots of legume species (*Arachis pintoii*, *Calopogonium mucunoides* and *Stylosanthes capitata* / *Stylosanthes macrocephala*). In the experiment I, the results of variable frequency, soil cover, height and length of stolons were analyzed by descriptive statistics and dry matter production (DMP) for one year after planting of legumes by statistical inference. The legume *Calopogonium mucunoides* followed by *Stylosanthes capitata* / *Stylosanthes macrocephala*, showed good establishment in an agroforestry system due to its high values of frequency, ground cover, height and length of stolons. *Arachis pintoii* did not give good establishment, but it persisted in the experimental area, showing low values of frequency, ground cover, height and length of stolons and high variability shown by the descriptive measures of variation. There was no significant effect on the regression models tested for eucalyptus plantation density on the legume by DMP. *Stylosanthes capitata* / *Stylosanthes macrocephala* showed higher DMP as understory species for agroforestry. In experiment II, the dynamics of SOM was studied by analyzing the following variables: total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN), carbon nitrogen (C / N), microbial biomass carbon (MBC), microbial biomass nitrogen (MBN), microbial quotient for carbon (MBC / TOC) and microbial quotient for nitrogen (MBN / TN). For variables TOC and TN in the layers 0-0.1 and 0.1-0.2 m, there was no effect (P > 0.05) for any of models tested in relation to the eucalyptus plantation density to each legume, and there was no affect (P > 0.05) in function to the legume species of understory for these variables, also in the layers 0-0.1 and 0.1-0.2 m. The average content of TOC for general agroforestry systems independent on the study factors were numerically superior to the TOC found for the Cerrado. For the C / N, in the layers 0-0.1 and 0.1-0.2 m, there was

linear and cubic effect of the eucalyptus plantation density for *Stylosanthes capitata* / *Stylosanthes macrocephala*, corresponding to layers 0-0, 1 and 0.1-0.2 m. For MBC there was quadratic effect for *Arachis pintoii* in function of eucalyptus plantation density in the two layers. For MBN, there was quadratic effect for the legume *Calopogonium mucunoides* in function of the eucalyptus plantation density in the layer 0.1-0.2 m. For MBC / TOC, there was quadratic effect for the leguminous *Arachis pintoii* in function of the eucalyptus plantation density in the two layers. For the relationship MBC / TN, there was quadratic effect for the legume *Calopogonium mucunoides* in function of the eucalyptus plantation density in the layer 0.1-0.2 m. In agroforestry system with 12 months after the establishment, eucalyptus plantation density does not affect the levels of TOC and TN, but it occurs effect of eucalyptus plantation density depending on the legume C / N, content of MBC and MBN, MBC / TOC and MBN / TN. The leguminous understory specie does not affect the dynamics of soil organic matter in agroforestry system with 12 months of deployment. In experiment III for variable dry matter productivity (DMP) and nitrogen productivity (NP), dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and in vitro dry matter (IVDM), there was no effect ( $P > 0.05$ ) for any of models tested in relation to the eucalyptus plantation density for each leguminous specie. There was a significant legume species in the understory for the variables CP, NDF and IVDM. The productivity of dry matter and nitrogen of legumes with 100 days for regrowth of understorey in agroforestry system with 15 months of development does not suffer the effect of plantation density considering each legume. The dry matter and nitrogen productivity with 100 days for regrowth for understorey in agroforestry system with 15 months of implantation does not differ between legumes, independently on the eucalyptus plantation density. After 100 days of regrowth in agroforestry system with 15 months of implantation, the legumes *Stylosanthes capitata* / *Stylosanthes macrocephala* and *Calopogonium mucunoides* show lower nutritional value than *Arachis pintoii*, independently on eucalyptus plantation density.

## INTRODUÇÃO GERAL

Sistemas agroflorestais se referem à arte e à ciência de cultivar árvores em associação com culturas agrícolas ou animais. Esses sistemas constituem uma opção de uso da terra para geração de produtos e serviços para o atendimento das necessidades humanas considerando ao mesmo tempo os aspectos sociais, econômicos e ambientais.

Sistema agroflorestal é considerado como um sustentável sistema de manejo da terra o qual aumenta o rendimento geral da terra e combina a produção de culturas (incluindo as arbóreas) e plantas florestais e/ou animais simultaneamente ou sequencialmente sobre a mesma unidade de terra e aplica práticas de manejo que são compatíveis com as práticas culturais da população local (Nair, 1989). Outra definição considera tal sistema como dinâmico sistema de manejo de recursos naturais com base ecológica que, através da integração de árvores em terras cultivadas e naturais, diversifica e sustenta produção pelo aumento dos benefícios sociais, econômicos e ambientais para os usuários da terra em qualquer nível (ICRAF, 1997).

Os sistemas agroflorestais são importantes porque podem prover benefícios variados, com destaque para os benefícios produtivos, econômicos, sociais e ambientais. Do ponto de vista produtivo, uma das características desses sistemas é a sua eficiência no uso dos recursos disponíveis, contribuindo para aumentar a produtividade dos componentes que os constituem sem prejuízos para a sustentabilidade. Nesses sistemas podem ser cultivadas plantas forrageiras herbáceas para constituir o sub-bosque do sistema com a finalidade de produção de fitomassa para alimentação animal, para cobertura do solo e/ou para a produção de sementes. Além disso o componente arbóreo pode gerar produtos florestais (Hernández et al., 2001) variados como madeira para produção de carvão, celulose e outros fins (Cajás-Giron & Sinclair, 2001). Sobre os aspectos econômicos os sistemas agroflorestais podem melhorar as condições econômicas dos produtores (Peruchena, 2001) ao mesmo tempo em que racionaliza a utilização dos recursos naturais.

Em relação aos serviços ambientais, os de destaque em sistemas agroflorestais são a melhoria das condições hídricas; o potencial de sequestro de carbono pelo sistema; controle de erosão do solo; melhoria das condições de fertilidade do solo através dos mecanismos de estabilização e mineralização da matéria orgânica do solo; minimização de efeitos adversos do

clima; redução de desmatamentos e para recuperação de pastagens degradadas (Ibrahim & Camargo, 2001; Botero, 2001; Montagnini & Nair, 2004).

Diante das características dos sistemas agroflorestais, tais sistemas, quanto temática, se constituem numa área da ciência de abordagem de caráter desafiador do ponto de vista da geração de conhecimentos.

Os principais objetivos para o desenvolvimento de pesquisas em sistemas agroflorestais se referem ao entendimento de como a vegetação de sub-bosque e as árvores interagem e assim influenciam a disponibilidade de recursos e o crescimento e desenvolvimento dos componentes do sistema.

Dentre as várias modalidades de sistemas agroflorestais, as que incluem os animais são conhecidas como agrossilvipastoril, onde se cultivam árvores em associação com culturas agrícolas e plantas forrageiras na mesma área de forma seqüencial no tempo, e silvipastoril, onde se cultivam árvores em associação com plantas forrageiras na mesma área de forma simultânea.

Considerando o desenvolvimento de tecnologias para adoção nos sistemas agroflorestais, existe uma grande diversidade de plantas com potencial para integrar esses sistemas, tanto como componente arbóreo quanto para compor a vegetação herbácea ou de sub-bosque.

Dentre as espécies arbóreas, o eucalipto se destaca como promissora para ser integrada ao sistema por ser uma espécie que alcança grandes rendimentos de biomassa em curto intervalo de tempo em relação às demais espécies para cultivo florestal e é de grande importância comercial no Brasil (Vital, 2007).

Em relação às plantas de sub-bosque, as leguminosas são promissoras para compor o sistema, pois podem ser usadas como cobertura do solo, alterar a dinâmica da matéria orgânica do solo afetando os mecanismos de estabilização e mobilização de matéria orgânica do solo e consequente ajuste da ciclagem de nutrientes. Outro aspecto positivo do uso de leguminosas seria a redução de custos com aquisição de fertilizantes nitrogenados. Além dessas características, as leguminosas também constituem uma boa opção como recurso alimentar de bom valor nutritivo para os animais.

Entretanto o efetivo desenvolvimento dessas tecnologias está relacionado com as interações biológicas que podem ocorrer entre os componentes do sistema, tornando

importante estudar os mecanismos envolvidos na interação árvore e plantas de sub-bosque no sistema agroflorestal.

Em todos os casos onde árvores são cultivadas em associação com plantas herbáceas, as decisões têm que ser tomadas sobre o manejo das plantas e do solo, densidade de plantio e arranjo espacial, grau de interação entre os componentes, além da sequência temporal no qual o plantio, a semeadura, o manejo e a colheita dos produtos serão feitos (Hulex, 1990). Esta tomada de decisão pode ser auxiliada pelo entendimento de como os recursos ambientais disponíveis são utilizados nos sistemas agroflorestais (Ong et al., 1996).

No sistema agroflorestal o plantio do componente arbóreo pode mudar a incidência de radiação média sobre as plantas de sub-bosque (Brenner, 1996), porque existe uma variação horizontal e vertical na estrutura de copa de árvores introduzida por diferentes combinações de espécies e diferenças de datas de plantio e arranjos; tamanho, forma e orientação de folhas e altura de plantas (Ong et al., 1996). Assim, é importante desenvolver tecnologias referentes ao arranjo de árvores mais adequado no sistema (através do manejo de espaçamento de árvores) para tornar eficiente o uso do recurso radiação tanto pelas árvores quanto pela vegetação de sub-bosque.

Além dos fatores de produtividade vegetal almejada, a escolha de determinada tecnologia deve considerar fatores de ordem econômica e ambiental. O primeiro porque o espaçamento de árvores escolhido envolve a tomada de decisão acerca de custos com a quantidade de insumos (ex, fertilizantes, mudas) e com mão-de-obra nas etapas de plantio e manejo dos componentes do sistema. Já o segundo é fator chave para a sustentabilidade do sistema agroflorestal, ou seja, as tecnologias recomendadas devem considerar a garantia do atendimento das necessidades humanas no presente sem comprometimento do atendimento das necessidades de gerações futuras.

Deste modo, são importantes os estudos sobre a interação árvore vegetação de sub-bosque para desenvolver práticas agroflorestais e tecnologias a serem adotadas nos sistemas agroflorestais como a definição de espaçamento de plantio de eucalipto e a escolha de leguminosas de sub-bosque em função dos efeitos sobre características estruturais dessas, dinâmica da matéria orgânica do solo, produtividade de matéria seca e de nitrogênio e valor nutritivo das leguminosas.

## LITERATURA CITADA

- BOTERO, J.A. Contribuição dos sistemas pecuários tropicais na captação de carbono. In: SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS: Opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília, DF: FAO, 2001. p. 399-413.
- BRENNER, A.J. Microclimatic modifications in agroforestry. In: ONG, C.K; HULEX, P. (Ed). **Tree-crop interactions: a physiological approach.** Wallingford, UK: CABI International, 1996. p.159-187.
- CAJÁS-GIRON, Y.S.; SINCLAIR, F.L. Characterization of multistrata silvopastoral systems on seasonally dry pastures in the Caribbean Region of Colombia. **Agroforestry Systems**, v.53, p.215–225, 2001.
- HERNANDÉZ, I.; MARTIN, G.; MILERA, M. et al. Alternativas de utilização de árvores em sistemas pecuários. In: SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS: Opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília, DF: FAO, 2001. p. 349-361.
- HULEX, P.A. Experimental agroforestry. In: MACDICKEN, K.G.; VERGARA, N.T. (Ed.). *Agroforestry: classification and management.* New York: J. Wiley, 1990. 382p.
- IBRAHIM, M.; CAMARGO, J.C. Produtividade e serviços ambientais de sistemas silvipastoris: experiências do Catie. In: SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS: Opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília, DF: FAO, 2001. p. 331-347.
- ICRAF. International Center for Research in Agroforestry. Redefining Agroforestry – And Opening Pandora’s Box? *Agroforestry Today* v.9, n.1, ICRAF, Nairobi, Kenya, 1997.
- MONTAGNINI, F.; NAIR, P.K.R. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v.61, p.281–295, 2004.
- NAIR, *Agroforestry systems in tropics.* Kluwer academic Publishers and ICRAF, Dordrecht, The Netherlands, 1989.

- ONG, C.K; BLACK, C.R.; MARSHALL, F.M. et al. Principles of resource capture and utilization of light and water. In: ONG, C.K; HULEX, P. (Ed). **Tree-crop interactions**: a physiological approach. Wallingford, UK: CABI International, 1996. p.73-158.
- PERUCHENA, C.O. Intensificação da produção de carne em sistemas pecuários e silvipastoris: aspectos produtivos e econômicos. In: SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS: Opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília, DF: FAO, 2001. p. 303-314.
- VITAL, M.H.F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNDS**, v. 14, p.235-276, 2007.

## CAPÍTULO I

### **Características estruturais quantitativas de leguminosas durante o estabelecimento em sistema agroflorestal**

RESUMO: O experimento foi conduzido para avaliar as características estruturais quantitativas de leguminosas em implantação para sub-bosque em sistema agroflorestal. As parcelas foram arranjadas em esquema de parcelas subdivididas no espaço, no delineamento em blocos casualizados com três repetições. A parcela principal foi a densidade de plantio do eucalipto (555; 417; 333 e 278 plantas ha<sup>-1</sup>) e a subparcela as espécies de leguminosas (*Arachis pintoii*, *Calopogônio mucunoides* e *Stylosanthes capitata/Stylosanthes macrocephala*). Para as características estruturais frequência, cobertura do solo, altura e comprimento de estolões os resultados foram analisados por estatística descritiva e para a produtividade de matéria seca (PMS) um ano após o plantio das leguminosas os resultados foram analisados por inferência estatística. A leguminosa calopogônio, seguida do estilosantes, apresentou bom estabelecimento em sistema agroflorestal devido aos seus altos valores de frequência, cobertura do solo, altura e comprimento de estolões. O amendoim não apresentou bom estabelecimento, mas persistiu na área experimental, apresentando baixos valores de frequência, cobertura do solo, altura e comprimento de estolões e alta variabilidade demonstrada pelas medidas descritivas de variação. Não houve efeito significativo para os modelos de regressão testados para densidade de plantio do eucalipto por leguminosa sobre a PMS. A média geral de PMS foi de 3.057 kg ha<sup>-1</sup>. O estilosantes apresentou maior PMS como espécie de sub-bosque para sistema agroflorestal.

Palavras-chave: altura, cobertura do solo, frequência, produtividade

## Quantitative structural characteristics of legumes during the establishment of agroforestry system

ABSTRACT: The experiment was conducted to evaluate the quantitative structural characteristics of legumes in implantation for understory by agroforestry system. The plots were arranged in the schemes of plot in the space, according to the design in randomized block with three replications. The main plot was the plantation density of Eucalyptus (555; 417; 333; and 278 plants ha<sup>-1</sup>) and the subplot was the species of legumes (*Arachis pintoi*, *Calopogônio mucunoides* e *Stylosanthes capitata/Stylosanthes macrocephala*). For the structural characteristics of frequency, soil cover, height and length of stolons, the results were analyzed by the descriptive statistics and dry matter production (DMP) after one year of plantation of legumes, where the results were analyzed by statistical inference. The legume *Calopogônio mucunoides* followed by *Stylosanthes capitata/Stylosanthes macrocephala*, showed good establishment in an agroforestry system due to its high values of frequency, ground cover, height and length of stolons. *Arachis pintoi* did not give good establishment, but it persisted in the experimental area, showing low values of frequency, ground cover, height and length of stolons and high variability shown by the descriptive measures of variation. There was no significant effect on the regression models tested for plantation density of eucalyptus for the legume on the DMP. The overall average of DMP was of 3,057 kg ha<sup>-1</sup>. *Stylosanthes capitata/Stylosanthes macrocephala* showed higher DMP as species of understory for agroforestry system.

Keywords: height, ground cover, frequency, production

## Introdução

Leguminosas cultivadas entre as linhas de culturas perenes constituem uma boa opção como cobertura verde (Espíndola et al., 1997), sendo então, promissoras para compor o sub-bosque de sistemas agroflorestais pecuários.

Guerra et al. (2007) revisando a literatura citaram como vantagens relacionadas ao uso de leguminosas como cobertura verde o aporte de biomassa às áreas cultivadas, o fornecimento de N via fixação biológica do N atmosférico, a reciclagem de nutrientes presentes em camadas mais profundas do solo, a proteção do solo contra a erosão e o controle de plantas espontâneas.

Para que essas vantagens sejam obtidas nos agroecossistemas, a escolha da leguminosa tem grande importância, o que torna necessário a avaliação de características estruturais quantitativas das leguminosas em fase de estabelecimento.

Inventários e monitoramentos são atividades importantes para a avaliação da vegetação em ecossistemas (Holechek, et al., 1990; ABEAS, 1996). Essa avaliação deve ser detalhada tanto quanto for necessário para satisfazer objetivos pré-determinados de manejo da vegetação. Avaliações da vegetação em um ponto no tempo são normalmente contempladas em inventários. Já a avaliação da vegetação conduzida para determinar respostas a algum programa de manejo, normalmente conduzidas várias vezes durante um razoável longo espaço de tempo, caracteriza o monitoramento. Dentre as etapas de avaliação, o levantamento da vegetação, consiste na avaliação obtida pela definição da estrutura da comunidade vegetal através quantificação de parâmetros como a distribuição de indivíduos, o volume expresso pela cobertura do solo e a produção de fitomassa. Assim essas atividades podem ser usadas para avaliação das características estruturais de leguminosas durante seu estabelecimento em sistemas agroflorestais e assim aumentar a eficácia na escolha das espécies componentes desses sistemas.

A frequência de espécies é uma medida da dispersão ou distribuição das espécies na área de uma comunidade vegetal. Também indica a probabilidade de se captar uma dada espécie em amostragem na área.

A cobertura do solo pode ser medida como somatório da área ocupada pela parte aérea das plantas, descontados os espaços vazios. Pode ser expressa em porcentagem e determinada de forma visual.

A produção de fitomassa, indicada pelo peso da parte aérea das plantas, é um dos aspectos mais importantes das plantas e constitui a melhor medida de crescimento. Expressa também o vigor da vegetação e a adequabilidade das plantas às condições climáticas.

Outras características como a altura das plantas e o crescimento lateral de estolões de leguminosas têm sido utilizados para avaliação de características estruturais quantitativas no estabelecimento de leguminosas (Valentim et al., 2003).

Algumas características das leguminosas como o seu ciclo, o hábito de crescimento e características de sementes, como a presença de dormência e tamanho, apresentam relação direta com sua aplicação como coberturas vivas do solo (Guerra et al., 2007). Quanto ao ciclo, as espécies perenes são importantes, pois mantêm suas folhas durante o período de floração, formando uma cobertura permanente do solo. Quanto ao hábito de crescimento as leguminosas herbáceas perenes geralmente apresentam crescimento ereto, volúvel ou rastejante. As de crescimento ereto possuem caule de crescimento vertical, enquanto as de hábito volúvel apresentam caule alongado, flexível e que se enrola em suportes ou outras plantas. As de hábito rastejante crescem e se desenvolvem paralelamente ao solo. Sobre as características das sementes, algumas sementes de leguminosas tropicais perenes apresentam tegumento enrijecido, o que implica na ocorrência de dureza. Outras características de sementes de algumas dessas leguminosas são massa e tamanho reduzidos. Entretanto essas limitações podem ser superadas pela quebra da dormência através de tratamentos físicos ou químicos; pela escolha de espécies de leguminosas que apresentem sementes sem dureza; cuidados especiais no plantio de sementes pequenas como o plantio em terrenos bem preparados e deixando as sementes cobertas por uma fina camada de solo ou também selecionar espécies com sementes de tamanhos maiores.

Leguminosas como o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) e calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) apresentam características que as tornam recomendáveis para serem empregadas como cobertura viva do solo. A primeira tem hábito de crescimento rastejante, com seu crescimento através de estolões; tem média tolerância ao frio e à seca, baixa tolerância às condições de encharcamento; cresce bem em solos ácidos, de baixa a média fertilidade. Já a segunda, tem hábito de crescimento volúvel e apresenta menor exigência em termos de fertilidade do solo que a maioria das leguminosas.

Além dessas características, o amendoim forrageiro, especificamente o cultivar Amarillo, é uma das leguminosas do gênero *Arachis* mais difundida entre os produtores, e o calopogônio é uma das leguminosas de maior expressividade quanto ao volume de sementes comercializáveis no Brasil entre leguminosas.

Outra leguminosa que tem potencial como cobertura do solo e que tem recebido bastante atenção de divulgação na mídia é o estilosantes campo grande (*Stylosanthes capitata/Stylosanthes macrocephala*).

Considerando sistemas agroflorestais com eucalipto consorciado com leguminosas de sub-bosque, Almeida et al. (1994) estudaram, dentre outras características, a cobertura sobre o solo pelas leguminosas, onde o componente arbóreo foi plantado em espaçamentos muito adensados (3,40 x 2,70 m) e as leguminosas consorciadas com o eucalipto foram o calopogônio, o guandu, a crotalária, a puerária e o desmódio. Este estudo foi realizado em região de cerrado e demonstra que há necessidade de estudos que considerem, além da cobertura do solo pelas leguminosas, outras características estruturais dessas plantas e em sistema agroflorestais com espaçamentos de plantio do eucalipto menos adensados.

Objetivou-se com este trabalho avaliar as características estruturais quantitativas de três leguminosas (calopogônio, amendoim forrageiro e estilosantes campo grande) no ano de estabelecimento em sub-bosque de sistema agroflorestal.

## Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido na Unidade Agroflorestal, pertencente à Votorantim Siderurgia, localizada no município de Paracatu, MG, latitude 17°13'S, longitude 46°52'W, numa área característica de Cerrado e que possui como características climáticas: precipitação média anual de 1350 mm (concentrada no período de outubro a abril), temperatura média anual de 22,0 °C, umidade relativa do ar em torno de 72,5%, e altitude de 650 m. Os dados meteorológicos observados durante o período experimental, de dezembro de 2007 a março de 2009, foram obtidos na estação meteorológica da fazenda, e podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Temperaturas médias mensais máximas e mínimas e precipitação, obtidas durante o período experimental

Ano	Mês	Temperatura		Precipitação (mm)
		Máx. °C	Min. °C	
2007	Dezembro	36	21	188
2008	Janeiro	35	21	312
2008	Fevereiro	34	21	380
2008	Março	34	21	217
2008	Abril	34	21	5
2008	Maiο	34	20	0
2008	Junho	32	13	0
2008	Julho	33	11	0
2008	Agosto	34	15	0
2008	Setembro	35	17	40
2008	Outubro	38	19	0
2008	Novembro	34	21	130
2008	Dezembro	34	21	158
2009	Janeiro	35	22	222
2009	Fevereiro	35	22	165
2009	Março	36	21	191
2009	Abril	40	21	110
2009	Maiο	34	17	33

No mês de dezembro do ano de 2007 foram implantadas parcelas representantes de sistemas agroflorestais utilizando mudas clonadas do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camadulensis* (clone 58) e plantado nos seguintes espaçamentos: 6x3m; 8x3m; 10x3m e 12x3m; que correspondem, respectivamente, às densidades de plantas de eucalipto ha<sup>-1</sup> de 555; 417; 333 e 278. As linhas de plantio foram orientadas no sentido leste-oeste. O

preparo da área consistiu de aplicação de calcário em superfície com incorporação via gradagem pesada e aplicação de 450 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato reativo e incorporação com subsolador. Os resultados da análise de solo da área experimental antes da implantação do eucalipto são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Características químicas do solo (Latosolo Vermelho Escuro) da área experimental antes do estabelecimento dos sistemas agroflorestais

Amostra	pH	COT <sup>1</sup>	P	K	Ca	Mg	Al	H-Al	CTC-t	V	M
		dag kg <sup>-1</sup>	- mg dm <sup>-3</sup>					cmolc dm <sup>-3</sup>		%	
0-20 cm	5,1	1,5	1,5	55	0,7	0,7	0,5	4,90	6,4	23	25
20-40 cm	5,1	0,8	0,80	28	0,2	0,2	0,2	3,50	4,0	13	29

<sup>1</sup> COT: carbono orgânico total

Cada parcela tinha a dimensão de 60x60 m e dentro de cada parcela, subparcelas com dimensão de 60x20 m, onde nas entrelinhas do eucalipto, foi realizada a implantação de três leguminosas (Figura 1), *Arachis pintoi*, cultivar Amarillo MG-100 (Amendoim), *Calopogonium mucunoides*, (calopogônio) e *Stylosanthes capitata/Stylosanthes macrocephala*, cultivar BRS Campo Grande (estilosantes). A área útil teve dimensão de 10 x 20 m (200 m<sup>2</sup>), considerando como bordadura 20 m a partir de cada lado nos sentidos norte e sul da área útil e 5 m de cada lado nos sentidos leste e oeste da área útil.



Figura 1. Espécies de leguminosas implantadas em consórcio com híbrido de *Eucalyptus urophilla* x *Eucalyptus camadulensis*, março de 2008 (1a, amendoim forrageiro; 1b, calopogônio; 1c, estilosantes).

O preparo da área para plantio das leguminosas foi realizado em janeiro de 2008 com preparo total (gradagem) e adubação de plantio com fósforo ( $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , fonte superfosfato simples), potássio ( $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , fonte cloreto de potássio) e a de micronutrientes:  $2 \text{ kg ha}^{-1}$  de Zn (sulfato de zinco),  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de Cu (sulfato de cobre),  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de Mn (sulfato manganoso),  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de B (Bórax),  $0,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de Mo (molibdato de sódio). A adubação com micronutrientes nas quantidades utilizadas visou assegurar a implantação e estabelecimento das leguminosas. Antes da aplicação dos adubos os mesmos foram misturados de forma homogênea em uma betoneira e aplicados a lança na superfície do solo através de processo mecanizado.

A semeadura das leguminosas foi feita a lança com posterior incorporação leve das sementes com uma grade niveladora bem fechada. Essa semeadura foi realizada em janeiro de 2008. As taxas de semeadura das leguminosas foram de  $5 \text{ kg ha}^{-1}$  para o amendoim forrageiro;  $4,12 \text{ kg ha}^{-1}$  para o calopogônio e  $3 \text{ kg ha}^{-1}$  para o estilosantes. Para facilitar a distribuição de sementes o mais uniforme possível, devido à quantidade de sementes de amendoim e ao tamanho reduzido das sementes de calopogônio e estilosantes, as mesmas foram misturadas, de forma manual, a um material inerte constituído de areia lavada e seca.

As unidades experimentais foram arranjadas em esquema de parcelas subdivididas no espaço, sendo a parcela principal constituída pela densidade de plantio do eucalipto e a subparcela constituída pelas espécies de leguminosas, no delineamento em blocos casualizados com três repetições.

No ano de estabelecimento das leguminosas foram feitas coletas no campo para avaliação das seguintes características estruturais quantitativas das leguminosas: frequência, cobertura do solo, altura e comprimento de estolões. O comprimento de estolões foi mensurado apenas para o amendoim forrageiro e para o calopogônio, uma vez que o estilosantes apresenta crescimento de caule vertical.

A coleta de dados foi realizada em intervalos de 50 dias a partir da data de semeadura das leguminosas. Foram realizadas cinco coletas de dados nos seguintes meses do ano de 2008: março, maio, junho, agosto e outubro. Para mensuração das variáveis foram utilizados como instrumentos de trabalho: um quadro de ferro ( $0,8 \times 0,8\text{m}$ ), régua graduada em centímetros e planilhas para anotação dos dados (Figura 2).

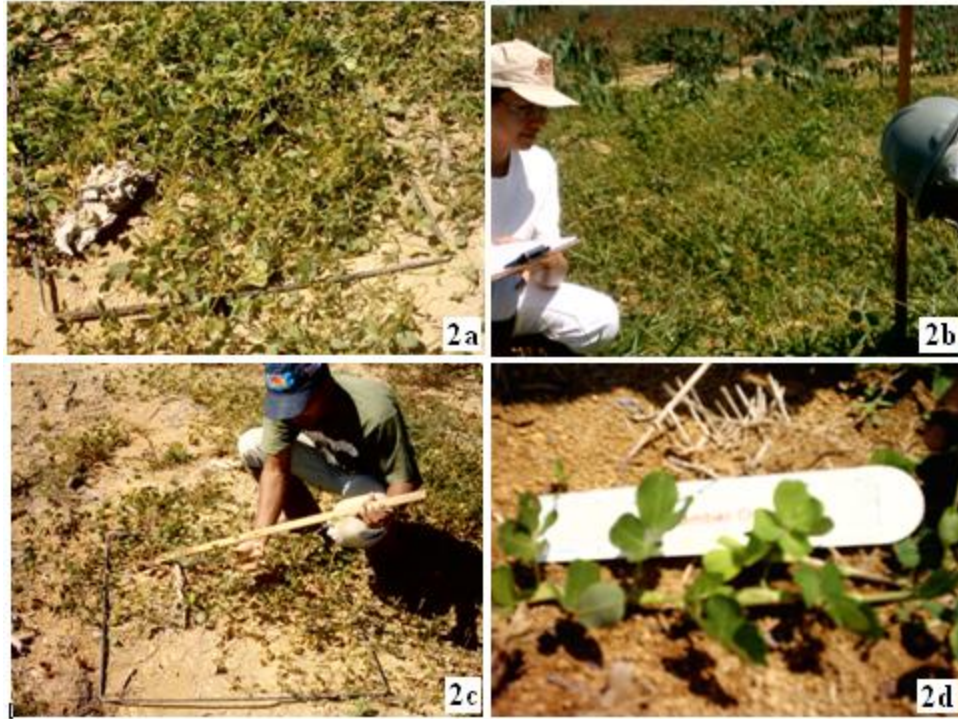


Figura 2. Mensuração de características estruturais quantitativas de leguminosas em fase de estabelecimento em sistemas agroflorestais - Consórcio eucalipto e leguminosas, 2008 (2a, alocação do quadro de amostragem no campo para mensuração da frequência e cobertura do solo; 2b, mensuração de altura de leguminosas; 2c e 2d, respectivamente, mensuração do comprimento de estolão do calopogônio e do amendoim forrageiro).

Foram alocados seis pontos amostrais na área útil, sendo sua distribuição no campo feita por casualização completa. Ao se percorrer a área útil o quadro de ferro era lançado sobre o solo e na sequência eram anotados dados de frequência, cobertura do solo pelas leguminosas, altura para as três espécies de leguminosas conforme os tratamentos e comprimento de estolões para o amendoim forrageiro e o calopogônio (Figura 2).

A frequência como um evento probabilístico, foi registrada simplesmente como presença ou ausência da espécie de leguminosa na área do quadro de amostragem, independente do número de indivíduos.

Matematicamente a frequência foi calculada pela fórmula:

$$f(\%) = \frac{n}{N} \times 100, \text{ em que:}$$

n= número de amostras em que a espécie esteve presente.

N= número total de amostras coletadas.

A cobertura do solo se referiu à quantidade de solo coberto pela leguminosa e neste estudo a mesma foi expressa em porcentagem e determinada visualmente por dois observadores previamente treinados.

A altura foi mensurada com régua graduada em centímetros e se referiu à distância entre a parte mais alta da planta e a superfície do solo. Já o comprimento de estolões consistiu da média do comprimento de no máximo cinco estolões (os mais compridos), respectivos, de no máximo também cinco plantas, isto é, o número de estolões mensurados foi relacionado ao número de plantas encontradas na área do quadro de amostragem. Quando se encontrava menos de cinco plantas por quadro amostral, a mensuração era realizada nas plantas encontradas. Quando o número de plantas nesse quadro excedia cinco plantas, a mensuração se restringia a apenas a cinco plantas.

Para favorecer o estabelecimento das leguminosas foi realizado o controle de plantas espontâneas por meio de capinas com enxadas e por catação manual em dois momentos, um após a primeira coleta de dados (março de 2008) e outro após a segunda coleta (maio de 2008). Por razões técnicas não foi possível a realização de capinas após as épocas das coletas subsequentes.

Em janeiro de 2009 foi realizado corte da parte aérea (fitomassa) das leguminosas nas unidades experimentais para avaliação de produtividade. Isto foi realizado com o objetivo de complementar as avaliações das características estruturais das leguminosas. A realização de coleta da fitomassa foi feita em área demarcada com a utilização de um quadro com dimensão de 0,5 m de lado. O material coletado foi pesado e subamostras de aproximadamente 300 g foram retiradas e congeladas em freezer para serem transportadas ao Laboratório de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). As amostras foram secas em estufa a 65 °C, por 72 horas para estimar a produtividade de matéria seca (PMS) das leguminosas.

Para as variáveis: frequência, cobertura do solo, altura e comprimento de estolões das leguminosas procedeu-se a análise de variância para averiguar dentro de cada época de coleta se houve interação dos fatores de estudo. Como a interação não foi significativa entre densidade de plantio do eucalipto e espécie de leguminosa para cada época de coleta procedeu-se estudo descritivo dos resultados por leguminosa por época de coleta e

comparação descritiva discursiva entre leguminosas e entre épocas de coleta. Para a estatística descritiva foram consideradas as seguintes medidas descritivas: média geral, desvio padrão, erro padrão, coeficiente de variação, amplitude, valor mínimo, valor máximo e intervalo de confiança.

Os dados de PMS foram interpretados por meio de análise de variância (desdobrando a interação densidade de plantio e leguminosa) e estudo de regressão para o fator quantitativo, densidade de plantio do eucalipto e aplicação de teste de médias para o fator qualitativo, espécie de leguminosa (sem considerar o desdobramento dos fatores de estudo). Para o estudo de regressão foram testados os modelos linear, quadrático e cúbico.

Foi adotado o nível de significância de 5% de probabilidade e utilizado o programa SAEG 8.0 (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas), desenvolvido pela UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (2000) para a realização das análises estatísticas.

## Resultados

Nas Tabelas 2, 3, 4 e 5, podem ser visualizados os resultados da análise descritiva referentes às variáveis frequência, cobertura do solo, altura e comprimento de estolões das leguminosas no ano de estabelecimento dos sistemas agroflorestais.

Em geral os dados para amendoim forrageiro apresentaram maior variabilidade para médias de todas as características estruturais e em quase todos os valores por época de coleta dos dados.

A amplitude representa o máximo desvio de uma amostra. O amendoim forrageiro apresentou maiores valores de máximos desvios para a variável frequência, mas para cobertura do solo, altura e comprimento de estolões, o amendoim apresentou menores valores para os máximos desvios em relação às demais espécies.

A frequência sofreu uma redução mais acentuada para o amendoim forrageiro, principalmente a partir de julho, ficando com média geral para todas as coletas em torno de 63%. Pode ser que o amendoim forrageiro tenha sofrido mais o efeito da redução de chuvas que ocorre com a passagem da estação chuvosa para a seca. O calopogônio e o estilosantes sempre apresentaram altos valores de frequência, sempre em torno de 93%. Esta frequência de 93% significa que aquelas leguminosas podem ser encontradas em 93% da comunidade, ou uma probabilidade de 93% de presença das leguminosas na amostragem.

Em relação à cobertura do solo houve aumento para o calopogônio e para o estilosantes até agosto de 2008, com valores respectivos de 61 e 49%, a partir da qual a cobertura do solo foi reduzida, respectivamente, para 44 e 41%. A cobertura do solo foi reduzida para o amendoim forrageiro já a partir de maio de 2008.

O calopogônio se destacou por cobrir o solo mais rapidamente, apresentando 44% de cobertura do solo, já aos 50 dias após sua semeadura e 50% aos 100 dias. Por outro lado o estilosantes campo grande só apresentou valor próximo a 50% de cobertura do solo aos 200 dias após a semeadura (agosto de 2008).

A altura aumentou para as leguminosas estilosantes e calopogônio e reduziu para o amendoim forrageiro. O estilosantes apresentou maior altura em todas as épocas de coleta devido ao seu hábito de crescimento vertical (ereto).

Em relação ao comprimento de estolões, constatou-se aumento acentuado para o calopogônio com o avançar do tempo, determinando sua capacidade de colonização da área e velocidade de estabelecimento. O amendoim forrageiro, apesar de ter apresentado aumento de comprimento de seus estolões com o passar do tempo, não teve reflexos sobre a cobertura do solo e, portanto menor ocupação da área.

Tabela 2. Estatística descritiva para frequência de leguminosas (A = amendoim, C = calopogônio e E = estilosantes) em sub-bosque de sistema agroflorestal durante o ano de estabelecimento após a semeadura das leguminosas.

Medidas descritivas	Dias após a semeadura das leguminosas														
	50			100			150			200			250		
	A	C	E	A	C	E	A	C	E	A	C	E	A	C	E
Média geral (%)	85	94	90	60	93	86	65	96	92	57	96	97	46	86	97
Desvio padrão	13,11	8,37	11,18	24,05	11,15	13,81	19,38	8,17	8,88	18,09	7,69	6,62	20,37	13,81	6,62
Erro padrão	3,78	2,42	3,23	6,94	3,22	3,99	5,59	2,36	2,56	5,22	2,22	1,91	5,88	3,99	1,91
CV (%)	15,49	8,87	12,39	40,24	11,99	16,05	29,73	8,56	9,70	31,69	8,03	6,81	44,52	16,05	6,81
Amplitude (%)	33	17	33	83	33	33	50	20	17	66	17	17	66	33	17
Valor mín. (%)	67	83	67	17	67	67	33	80	83	17	83	83	17	67	83
Valor máx. (%)	100	100	100	100	100	100	83	100	100	83	100	100	83	100	100
IC <sup>a</sup>	8,33	5,32	7,10	15,27	7,08	8,77	12,31	5,19	5,64	11,49	4,88	4,20	12,93	8,77	4,20

<sup>a</sup> IC: Intervalo de Confiança

Tabela 3. Estatística descritiva para cobertura do solo de leguminosas (A = amendoim, C = calopogônio e E = estilosantes) em sub-bosque de sistema agroflorestal durante o ano de estabelecimento após a semeadura das leguminosas.

Medidas descritivas	Dias após a semeadura das leguminosas														
	50			100			150			200			250		
	A	C	E	A	C	E	A	C	E	A	C	E	A	C	E
Média geral (%)	12	44	22	12	54	35	7	55	38	7	61	49	4	44	41
Desvio padrão	5,89	14,09	8,64	8,47	11,26	6,91	3,93	18,20	10,73	3,20	15,51	12,28	1,83	19,66	11,52
Erro padrão	1,70	4,07	2,95	2,45	3,25	1,99	1,14	5,25	3,10	0,93	4,48	3,54	0,53	5,68	3,33
CV (%)	47,39	31,85	39,59	70,09	20,85	19,92	54,26	32,84	28,18	48,67	25,43	25,14	44,86	44,85	28,05
Amplitude (%)	21	53	33	24	36	23	11	72	33	9	46	39	7	61	38
Valor mín. (%)	4	16	8	3	33	23	3	15	19	3	37	33	2	17	23
Valor máx. (%)	25	69	41	27	69	46	14	87	52	12	83	72	9	78	61
IC	3,74	8,95	5,49	5,38	7,15	4,39	2,5	11,56	6,82	2,04	9,85	7,80	1,16	12,49	7,32

<sup>a</sup> IC: Intervalo de Confiança

Tabela 4. Estatística descritiva para altura de leguminosas (A = amendoim, C = calopogônio e E = estilosantes) em sub-bosque de sistema agroflorestal durante o ano de estabelecimento após a semeadura das leguminosas.

Medidas descritivas	Dias após a semeadura das leguminosas														
	50			100			150			200			250		
	A	C	E	A	C	E	A	C	E	A	C	E	A	C	E
Média geral (cm)	3,9	4,3	6,1	2,3	17,5	27,8	2,4	19,8	32,1	1,5	21,3	30,4	1,2	17,9	34,3
Desvio padrão	0,47	0,81	1,23	1,58	5,22	3,93	0,65	2,82	5,50	0,37	2,72	2,86	0,56	4,13	2,24
Erro padrão	0,14	0,24	0,35	0,46	1,51	1,14	0,19	0,81	1,59	0,11	0,78	0,83	0,16	1,19	0,65
CV (%)	12,12	18,76	20,16	69,34	29,82	14,14	26,91	14,27	17,13	25,52	12,77	9,43	48,70	23,04	6,54
Amplitude (cm)	1,50	2,50	4,80	6,00	17,90	11,20	2,30	10,40	21,50	1,25	8,30	9,90	2,20	15,30	7,60
Valor mín. (cm)	3,10	3,00	3,50	0,60	11,60	22,70	1,20	13,40	26,80	0,75	17,60	24,80	0,10	8,90	30,40
Valor máx. (cm)	4,60	5,50	8,30	6,60	29,50	33,90	3,50	23,80	48,30	2,00	25,90	34,70	2,30	24,20	38,00
IC	0,30	0,52	0,78	1,01	3,31	2,50	0,41	1,79	3,49	0,23	1,73	1,82	0,36	2,62	1,42

<sup>a</sup> IC: Intervalo de Confiança

Tabela 5. Estatística descritiva para comprimento de estolão de amendoim forrageiro (A) e calopogônio (C) em sub-bosque de sistema agroflorestal durante o ano de estabelecimento após a semeadura das leguminosas.

Medidas descritivas	Dias após a semeadura das leguminosas									
	50		100		150		200		250	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
Média geral (cm)	5,8	6,9	16,9	51,7	15,8	70,4	16,3	75,3	16,3	60,76
Desvio padrão	1,78	2,20	5,95	12,78	5,01	10,26	4,12	8,84	4,54	11,91
Erro padrão	0,51	0,63	1,72	3,69	1,45	2,96	1,19	2,55	1,31	3,44
CV (%)	30,73	31,78	35,20	24,71	31,73	14,57	25,34	11,74	27,79	19,60
Amplitude (cm)	6,40	6,60	23,60	47,30	15,00	33,20	13,40	28,60	13,50	36,60
Valor mín. (cm)	2,80	4,50	6,50	28,30	9,80	49,80	10,70	61,40	9,00	40,30
Valor máx. (cm)	9,20	11,10	30,10	75,60	24,80	83,00	24,10	90,00	22,50	76,90
IC	1,13	1,39	3,78	8,12	3,18	6,51	2,62	5,62	2,88	7,56

<sup>a</sup> IC: Intervalo de Confiança

Para a PMS um ano após o plantio das leguminosas não houve efeito ( $P>0,05$ ) para nenhum dos modelos testados em função da densidade de plantio do eucalipto (Tabela 6) e houve efeito ( $P<0,05$ ) em função da espécie de leguminosa de sub-bosque.

Os dados de produtividade das leguminosas em função dos fatores estudados podem ser visualizados na Tabela 6.

Tabela 6. Produtividade de matéria seca (PMS) de leguminosas um ano após a semeadura das leguminosas em função da densidade de plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal.

Leguminosa	Densidade de plantio de eucalipto (Plantas ha <sup>-1</sup> )				Média <sup>1</sup>	Efeito
	555	417	333	278		
Amendoim	1.473	1.472	712	1.525	1.296 b	-
Calopogônio	1.435	1.742	1.000	2.630	1.702 b	-
Estilosantes	6.732	5.329	4.518	8.116	6.174 a	-
Média	3.213	2.848	2.077	4.090	3.057	

<sup>1</sup> Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente ( $P>0,05$ ), pelo teste Tukey.

## Discussão

Mensurações na vegetação como a frequência são mais comumente utilizadas para avaliação de vegetações que apresentam diversidade florística (Pinto, 2008). Entretanto no presente estudo a mensuração da frequência das leguminosas por unidades experimentais se constituiu numa mensuração importante para caracterização da dispersão ou distribuição das leguminosas no campo.

Almeida (1995) mensurou valor médio de cobertura do solo de 66% para calopogônio, aos seis meses (180 dias), consorciado com quatro espécies de eucalipto. No presente estudo os valores médios de cobertura do solo pelo calopogônio foram de 55 e 61%, respectivos, para 150 e 200 dias após a semeadura.

Guerra et al. (2007) encontraram que o *Calopogonium mucunoides* pode cobrir 100% do solo aos 106 dias o plantio e aos 114 e 135 dias, respectivos para *Arachis pintoi* cv Amarillo e *Stylosanthes guianensis*.

Considerando estudo de Costa et al. (2000) sobre cobertura do solo por leguminosas sob sombreamento de eucaliptos adultos, foram encontrados valores de 50 e 95% no período chuvoso e 5 e 15% no período seco de cobertura do solo, respectivos, para *Arachis pintoi* cv Amarillo e *Calopogonium mucunoides* cv Comum.

A velocidade de cobertura do solo por leguminosas tem implicação prática, principalmente para o controle de plantas espontâneas. Neste experimento isto foi perceptível quando da realização das capinas realizadas após as duas épocas de coleta dos dados. A capina era feita de forma mais rápida nas parcelas com calopogônio, e em segundo lugar com estilosantes e mais demorada com o amendoim.

Costa et al. (2000) encontraram valores de altura de 14 e 21 cm no período chuvoso e 6 e 16 cm no período seco, respectivos, para *Arachis pintoi* cv Amarillo e *Calopogonium mucunoides* cv Comum sob sombreamento de eucaliptos adultos. Os valores de altura do amendoim forrageiro no presente estudo foram muito baixos e numericamente inferiores aos da literatura (Costa et al., 2000; Valentim et al., 2003).

Valentim et al. (2003) encontraram valores para crescimento de estolões de amendoim forrageiro das cultivares Belmonte e Amarillo variando de 87 e 102 cm. Em outro grupo de acessos, os estolões apresentaram valores variando de 40 e 52 cm, após 120 dias do plantio. No presente estudo foi encontrado valor máximo de 30 cm para comprimentos de estolões do amendoim forrageiro aos 100 dias após sua semeadura (Tabela 5), o que pode representar a capacidade de colonização de área, por essa leguminosa, podendo atingir diâmetro médio de 60 cm aos 100 dias após a semeadura.

Considerando os baixos valores para todas as características estruturais do amendoim forrageiro, as explicações podem ter relação com a baixa taxa de semeadura e consequente menor densidade de plantas (característica observada no campo). Especula-se que o amendoim tenha sofrido mais que as demais leguminosas pela diminuição de precipitação no ano de 2008 (Tabela 1).

A PMS das leguminosas no sub-bosque foi significativamente maior para o estilosantes ( $6.174 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Isto pode ter sido reflexo do maior volume de espaço ocupado devido ao crescimento vertical do estilosantes em relação às demais espécies durante a fase de estabelecimento das leguminosas.

Os resultados encontrados são importantes para orientar na escolha da densidade de plantio de eucalipto (e o espaçamento) e da espécie de sub-bosque em sistemas agroflorestais no Cerrado brasileiro, além de serem importantes no monitoramento do desempenho das espécies vegetais, componentes do sistema, com a finalidade de redefinição de estratégias para manutenção dos recursos vegetais nesses sistemas.

## **Conclusões**

A leguminosa calopogônio, seguida do estilosantes, apresentou bom estabelecimento em sistema agroflorestal apresentando altos valores de frequência, cobertura do solo, altura e comprimento de estolões.

O amendoim não apresentou bom estabelecimento, mas persistiu nas áreas, caracterizado com baixos valores para características estruturais quantitativas.

Independente da densidade de plantio do eucalipto em sistema agroflorestal com 12 meses após o estabelecimento, o estilosantes foi a espécie de sub-bosque com maior produtividade de matéria seca.

## Literatura citada

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR (ABEAS)**. Brasília: ABEAS, 1996. (ABEAS. Curso de Forragicultura).
- ALMEIDA, N.O. **Crescimento inicial de eucaliptos em consórcio com leguminosas na região de cerrado em Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1995. 105p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- ALMEIDA, N.O.; GARCIA, R.; NEVES, J.C.L. et al. Crescimento inicial de eucaliptos em consórcio com leguminosas em região de cerrado em Minas Gerais. **In: I Congresso Brasileiro sobre Sistemas Agroflorestais e I Encontro sobre Sistemas Agroflorestais nos países do Mercosul**. Brasília: Embrapa, 1994. v.2, p.271-278.
- COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A. Avaliação agrônômica de leguminosas forrageiras sob sombreamento de eucaliptos. **Amapá Ciência e Tecnologia**, Macapá, v.1, n.1, p.68-76, 2000.
- ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de. **Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1997. 20 p. (Embrapa - CNPAB. Documentos, 42).
- GUERRA, J.G.M.; ESPÍNDOLA, J.A.A.; PERIN, A. **Desempenho de leguminosas tropicais perenes como plantas de cobertura do solo**. Seropédica: Embrapa agrobiologia, 2007. 39p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Agrobiologia, 20).
- HOLECHEK, J.L.; PIEPER, R.D.; HERBEL, C.H. **Range Management: Principles and Practices**. 4 ed. New Jersey, Prentice Hall, 1990, 587p.
- PINTO, M.S.C. **Levantamento florístico e composição químico-bromatológica do estrato herbáceo em áreas de Quixelô e Tauá, Ceará**. Fortaleza: UFC, 2008. 117p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, 2008.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. SAEG – **Sistema de análise estatística e genética**. Versão 8.0. Viçosa, MG. 2000.

VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S; MENDONÇA, H.A. et al. Velocidade de estabelecimento de acessos de amendoim forrageiro na Amazônia ocidental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1569-1577, 2003.

## CAPÍTULO II

### **Dinâmica da matéria orgânica do solo conforme a densidade de plantio do eucalipto e a espécie de leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal**

RESUMO: O experimento foi conduzido para avaliar a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) em sistema agroflorestal. As parcelas foram arranjadas em esquema de parcelas subdivididas no espaço, no delineamento em blocos casualizados com três repetições. A parcela principal foi a densidade de plantio do eucalipto (555; 417; 333 e 278 plantas ha<sup>-1</sup>) e a subparcela as espécies de leguminosas (amendoim, calopogônio e estilosantes). A dinâmica da MOS foi estudada pela análise das seguintes variáveis: teores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), relação carbono nitrogênio (C/N), carbono da biomassa microbiana (Cmic), nitrogênio da biomassa microbiana (Nmic), quociente microbiano para o carbono (Cmic/COT) e quociente microbiano para o nitrogênio (Nmic/NT). Para as variáveis COT e NT, nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, não houve efeito ( $P>0,05$ ) para nenhum dos modelos testados em função da densidade de plantio do eucalipto para cada leguminosa e não houve efeito ( $P>0,05$ ) em função da espécie de leguminosa de sub-bosque para essas variáveis, também nas camadas de 0-0,1e 0,1-0,2 m. Os teores médios gerais de COT para os sistemas agroflorestais independente dos fatores de estudo foram superiores numericamente aos teores de COT encontrados para a área de cerrado. Para a relação C/N, nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, houve efeito linear e cúbico da densidade de plantio de eucalipto para a leguminosa estilosantes, respectivos para as camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m. Para o Cmic houve efeito quadrático para o amendoim em função da densidade de plantio do eucalipto, nas duas camadas. Para o Nmic houve efeito quadrático para a leguminosa calopogônio em função da densidade de plantio do eucalipto, na camada de 0,1-0,2 m. Para a relação Cmic/COT houve efeito quadrático para a leguminosa amendoim em função da densidade de plantio do eucalipto nas duas camadas. Para a relação Nmic/NT houve efeito quadrático para a leguminosa calopogônio em função da densidade de plantio do eucalipto, na camada de 0,1-0,2 m. Em sistema agroflorestal com 12 meses após o estabelecimento a densidade de plantio do eucalipto não afeta os teores de COT e NT, mas ocorre efeito da densidade de plantio do eucalipto dependendo da leguminosa sobre C/N, teores de Cmic e Nmic, Cmic/COT e Nmic/NT. A espécie de leguminosa de sub-bosque não afeta a dinâmica da matéria orgânica do solo em sistema agroflorestal com 12 meses de implantação.

Palavras-chave: amendoim, biomassa microbiana, calopogônio, estilosantes

## **Dynamics of soil organic matter according to the Eucalyptus plantation density and leguminous understory in agroforestry**

**ABSTRACT:** The experiment was conducted to assess the dynamics of soil organic matter (SOM) in agroforestry system. The plots were arranged in schemes of plot subdivided in the space, in a randomized block design with three replications. The main plot was the density of plantation of Eucalyptus (555; 417; 333; and 278 plants ha<sup>-1</sup>) and the plot the species of legumes (*Arachis pintoii*, *Calopogonium mucunoides*, *Stylosanthes capitata* / *Stylosanthes macrocephala*). The dynamics of SOM was studied by the analyze of the following variables: total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN), carbon-nitrogen (C / N), microbial biomass carbon (MBC), microbial biomass nitrogen (MBN), microbial quotient for carbon (MBC / TOC) and microbial quotient for nitrogen (MBN / TN). For variables TOC and TN in the layers 0 - 0.1 and 0.1 - 0.2 m, no effect (P> 0.05) for any of models tested in relation to the eucalyptus plantation density to each legume was not affected (P> 0.05) depending on the species of legume of understory for these variables, also in the layers 0-0.1 and 0.1-0.2 m. The average content of TOC for general agroforestry systems independently of the study factors were numerically superior to the TOC found for the area of cerrado. For the C / N in the layers 0-0.1 and 0.1-0.2 m, there was linear and cubic effect of eucalyptus plantation density for the legume *Stylosanthes capitata* / *Stylosanthes macrocephala*, corresponding to layers 0- 0,1 and 0.1- 0.2 m. For MBC, there were quadratic effects for *Arachis pintoii* as a function of eucalyptus plantation density in two layers. For MBN, there were quadratic effects for the legume *Calopogonium mucunoides* versus eucalyptus plantation density in the layer 0.1-0.2 m. For MBC / TOC, there were quadratic effects for the legume *Arachis pintoii* in function of eucalyptus plantation density in the two layers. For the MBN / TN, there were quadratic effects for the legume *Calopogonium mucunoides* depending on the eucalyptus plantation density in the layer 0.1-0.2 m. In agroforestry system with 12 months after the establishment, eucalyptus plantation density does not affect the levels of TOC and TN, but the effect of eucalyptus plantation density occurs depending on the legume C / N content and BMC, BMN, BMC / TOC, and MBN / TN. The leguminous understory does not affect the dynamics of soil organic matter in agroforestry system with 12 months of development.

Keywords: *Arachis pintoi*, microbial biomass, *Calopogonium mucunoides*, *Stylosanthes capitata* / *Stylosanthes macrocephala*

## Introdução

Na implantação de sistemas agroflorestais, os primeiros aspectos a serem considerados são a tomada de decisão quanto ao arranjo do componente arbóreo e a escolha das espécies que comporão o sub-bosque.

Em relação às plantas de sub-bosque, as leguminosas são promissoras para compor o sistema, pois podem alterar a dinâmica da matéria orgânica do solo afetando a ciclagem de nutrientes. Além disso, leguminosas tem importância destacada quando sua utilização visa a sustentabilidade de ecossistemas (Barcellos et al., 2008).

Aspecto importante em pesquisas em sistemas agroflorestais é o estudo das mudanças nas propriedades do solo devido ao seu papel importante na regulação das interações referentes ao uso de nutrientes entre as árvores e a vegetação de sub-bosque. Assim, os estudos têm sido desenvolvidos para melhorar, principalmente, o entendimento do efeito dos sistemas agroflorestais sobre a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS). Hulex (1990) reportou que, em termos de pesquisa, uma questão relevante se refere aos efeitos dos resíduos de plantas sobre as características do solo em sistemas agroflorestais, pois existe necessidade de informações acerca de acúmulo, degradação e utilização de resíduos de plantas nesses sistemas.

A MOS é considerada uma das mais importantes propriedades do solo devido à sua importância para a sustentabilidade de ecossistemas, afetando características físicas, químicas e biológicas do solo. A MOS é responsável pelo aporte de energia e nutrientes ao sistema, capaz de manter a produtividade dos solos em geral. Dentre outros benefícios gerados pela MOS, destacam-se a melhoria das condições físicas do solo (ex. agregação, aeração, e retenção de água), fornecimento de energia para o crescimento microbiano (Silva & Resck, 1997), o qual reflete na maior ciclagem de nutrientes, e o aumento da capacidade de troca de cátions (Oorts et al., 2000; Mendonça et al., 2001; Mendonça & Stott, 2003).

No âmbito geral, a MOS é constituída por resíduos vegetais em vários estádios de decomposição, pela biomassa microbiana e pela fração mais estável denominada húmus. Além disso, constitui um complexo sistema de substâncias, no qual tem sua dinâmica influenciada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e por uma transformação contínua de seus constituintes sob a ação de fatores físicos, químicos e biológicos (Stevenson, 1994).

É possível classificar a MOS de acordo com os estudos de Theng et al. (1989) em componentes vivos e não-vivos. Os componentes vivos raramente ultrapassam 4% do carbono total do solo, podendo ainda ser subdividido em três compartimentos: raízes (5-

10%), macrorganismos (15-30%) e microrganismos (60-80%). Os componentes não-vivos normalmente constituem a maior proporção do carbono orgânico total do solo, acima de 96%, subdividindo-se em matéria macrorgânica e o húmus (Camargo et al., 1999).

Estudos têm sido conduzidos para avaliar os efeitos do manejo da vegetação de sub-bosque em sistemas agroflorestais pecuários sobre as variáveis C e N microbiano e mineralização líquida de N (Amatya et al., 2002) e sobre os teores de C e N do solo (Chang et al., 2002).

Baseando-se no conceito de compartimentalização da MOS, estudos têm demonstrado que determinados compartimentos são capazes de detectar, mais rapidamente, as mudanças nos conteúdos de C no solo associadas ao manejo. As reduções nestes compartimentos são, de modo geral, maiores que as observadas, quando se considera apenas o conteúdo total de C do solo (Janzen et al., 1992). Dentro de uma escala crescente de sensibilidade, obtém-se, em primeira ordem, a biomassa microbiana do solo, que é bastante variável e sensível e considerada como compartimento ativo na dinâmica da MOS (Lundquist, et al., 1999; Marchiori Junior & Melo, 2000). A biomassa microbiana do solo representa cerca de 2 a 3% do carbono orgânico total (COT) (Jenkinson & Ladd, 1981) e de 1 a 5% do N total.

Dentre as propriedades bioquímicas do solo, o carbono e o nitrogênio da biomassa microbiana do solo têm sido recomendados como uma forma bem sucedida para detectar mudanças no solo em períodos de curto prazo (Lagomarsino, et al., 2008).

Devido à diferença do tipo e da qualidade dos resíduos orgânicos que são adicionados ao solo, o material disponível para a decomposição em áreas sob manejo agroflorestal não é o mesmo quando comparado às áreas sob vegetação natural ou sob manejo convencional. Mafongoya et al. (1998) consideram que o material que domina como 'input' nos ecossistemas naturais e cultivados em geral se refere aos resíduos oriundos do processo de senescência. Por outro lado, nos sistemas agroflorestais tanto o material senescente quanto o material fresco originado das árvores são dominantes e possuem papel fundamental na dinâmica da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes. A ampliação do conhecimento acerca das interações que ocorrem no solo e no ambiente quando resíduos orgânicos de diferente qualidade são aplicados às culturas de interesse, auxiliará na formação de importantes estratégias de manejo relacionadas com o desenho de agroecossistemas e ao próprio manejo das árvores e outras fontes de entrada de nutrientes (Mafongoya et al., 1998).

Assim, objetivou-se com este estudo avaliar a dinâmica da matéria orgânica do solo em sistema agroflorestal em função da densidade de plantio do eucalipto e da espécie leguminosa de sub-bosque.

## Material e Métodos

A descrição da área experimental, do preparo da área e implantação dos tratamentos para este experimento é a mesma do Capítulo I.

Foi adotado um esquema de parcelas subdivididas no espaço, sendo a parcela principal constituída pela densidade de plantio do eucalipto e a subparcela constituída pelas espécies de leguminosas, no delineamento em blocos casualizados com três repetições. Cada parcela principal tinha a dimensão de 60 x 60m e dentro desta, cada subparcela teve dimensão de 60 x 20 m.

Um ano após a implantação das leguminosas no sistema agroflorestal, foram coletadas cinco amostras de solo nas camadas de 0-0,1 m e 0,1-0,2 m, em cada unidade experimental, de modo a se obter uma amostra composta relativa a cada repetição dos tratamentos. Uma área sob vegetação de cerrado também foi amostrada e serviu como um referencial do estado de equilíbrio dos impactos do manejo.

Após a coleta das amostras, parte do conteúdo do material (aproximadamente 200 g de solo) foi separado e mantido sob refrigeração até o momento das análises referentes à biomassa microbiana do solo. O restante do solo foi seco ao ar, destorroado e passado em peneiras com malha de 2 mm para se obter a terra fina seca ao ar (TFSA), no qual foram determinados os teores de COT e nitrogênio total (NT). Com os resultados dessas análises foi calculada a relação carbono nitrogênio (C/N). As análises de biomassa microbiana do solo foram realizadas no laboratório de matéria orgânica do solo e as de COT e NT no laboratório de solos. Esses dois laboratórios são localizados na Universidade Federal de Viçosa.

A extração do C e N microbiano ( $C_{mic}$  e  $N_{mic}$ ) foi realizada empregando-se o método da irradiação-extração adaptado de Islam & Weil (1998) e Brookes et al. (1982), utilizando forno microondas como promotor do efeito na transferência de energia e temperatura, levando ao rompimento celular e a liberação de compostos intracelulares. No procedimento foram utilizadas 40 g de solo, sendo 20 g para as amostras irradiadas e 20 g para amostras não-irradiadas. Aproximadamente 10 g de solo foi separada para a quantificação da umidade. O tempo de irradiação das amostras foi calibrado de acordo com a potência real do aparelho de microondas, que foi quantificada momentos antes da análise. Os extratos foram obtidos após extração utilizando 80 ml  $K_2SO_4$  0,5 mol L<sup>-1</sup> após agitação durante 30 minutos.

O  $C_{mic}$  foi quantificado por meio de oxidação via úmida (Yeomans & Bremner, 1998) sem aquecimento externo, utilizando uma alíquota de 10 ml do extrato. As concentrações do  $K_2Cr_2O_7$  e do  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  utilizadas foram de 0,066 e 0,03

mol L<sup>-1</sup>, respectivamente. O fator de conversão (Kc) usado para converter o fluxo de C orgânico para C da biomassa microbiana foi de 0,33 de acordo com Sparling & West (1988). O Nmic foi quantificado por meio de digestão sulfúrica seguida de destilação Kjeldahl conforme Tedesco et al. (1995), tomando-se uma alíquota de 20 ml do extrato. Após os processos de digestão e destilação, as amostras foram tituladas com HCl 0,005 mol L<sup>-1</sup>. Os teores de Cmic e Nmic foram expressos com base na massa de solo seco em estufa por 24 horas. As proporções Cmic/COT e Nmic/COT ou quocientes microbianos foram calculados para refletir os aportes de C e de N e a conversão de substratos orgânicos para o C da biomassa microbiana e para o N da biomassa microbiana (Sparling, 1992).

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância (desdobrando a interação densidade de plantio, leguminosa e profundidade do solo) e estudo de regressão para o fator quantitativo, densidade de plantio do eucalipto e aplicação de teste de médias para o fator qualitativo, espécie de leguminosa (sem considerar o desdobramento dos fatores de estudo). Para o estudo de regressão foram testados os modelos linear, quadrático e cúbico.

Foi adotado o nível de significância de 5% de probabilidade e utilizado o programa SAEG 8.0 (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas), desenvolvido pela UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (2000) para a realização das análises estatísticas.

## Resultados

Nas Tabelas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, podem ser visualizados, respectivamente, os resultados de COT, NT, C/N, Cmic, Nmic, Cmic/COT e Nmic/NT em função da densidade de plantio do eucalipto e da leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal.

Tabela 1. Teores de COT ( $\text{g kg}^{-1}$ ), nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, em função da densidade do plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal.

Leguminosa	Densidade de plantio de eucalipto (Plantas $\text{ha}^{-1}$ )				Média	Efeito
	555	417	333	278		
0-0,1 m						
Amendoim	17,58	18,08	18,84	16,12	17,66 ns	-
Calopogônio	19,85	19,34	17,42	18,35	18,74 ns	-
Estilosantes	19,73	17,85	18,59	18,16	18,58 ns	-
Média	19,05	18,42	18,28	17,55	18,33	
0,1-0,2 m						
Amendoim	15,64	15,60	16,63	15,25	15,78 ns	-
Calopogônio	15,85	15,85	17,11	16,84	16,42 ns	-
Estilosantes	15,12	15,12	17,62	15,35	15,80 ns	-
Média	15,54	15,52	17,12	15,81	16,00	

ns: não significativo ( $P>0,05$ ).

Para as variáveis COT e NT, nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, não houve efeito ( $P>0,05$ ) para nenhum dos modelos testados em função da densidade de plantio do eucalipto para cada leguminosa (Tabelas 1 e 2) e não houve efeito ( $P>0,05$ ) em função da espécie de leguminosa de sub-bosque para essas variáveis, também nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m (Tabelas 1 e 2).

Os teores médios gerais de COT para os sistemas agroflorestais deste estudo, independente dos fatores de estudo foram de 18,33 e 16,00  $\text{g kg}^{-1}$ , respectivos, para as camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m. Esses valores são superiores numericamente em 3,9 e 5,5%, respectivamente para as camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, em relação aos teores de COT encontrados para a área de referência (vegetação de cerrado). Os resultados da dinâmica da matéria orgânica para esta área podem ser visualizados na Tabela 8.

Tabela 2. Teores de NT ( $\text{g kg}^{-1}$ ), nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, em função da densidade do plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal.

Leguminosa	Densidade de plantio de eucalipto (Plantas $\text{ha}^{-1}$ )				Média	Efeito
	555	417	333	278		
0-0,1 m						
Amendoim	1,27	1,37	1,40	1,27	1,33 ns	-
Calopogônio	1,37	1,43	1,43	1,30	1,38 ns	-
Estilosantes	1,30	1,33	1,60	1,40	1,41 ns	-
Média	1,31	1,38	1,48	1,32	1,37	
0,1-0,2 m						
Amendoim	1,20	1,13	1,20	1,17	1,18 ns	-
Calopogônio	1,20	1,20	1,23	1,27	1,23 ns	-
Estilosantes	1,07	1,37	1,30	1,33	1,27 ns	-
Média	1,16	1,23	1,24	1,26	1,22	

ns: não significativo ( $P > 0,05$ ).

Tabela 3. Relação C/N, nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, em função da densidade do plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal.

Leguminosa	Densidade de plantio de eucalipto (Plantas ha <sup>-1</sup> )				Média	Efeito
	555	417	333	278		
0-0,1 m						
Amendoim	13,92	13,38	13,49	12,73	13,38 ns	-
Calopogônio	14,49	13,60	12,28	14,14	13,63 ns	-
Estilosantes	15,20	13,67	11,61	13,01	13,37 ns	L
Média	14,54	13,55	12,46	13,29	13,46	
0,1-0,2 m						
Amendoim	12,94	13,95	14,00	13,10	13,50 ns	-
Calopogônio	13,21	13,39	14,01	13,30	13,48 ns	-
Estilosantes	14,22	11,32	13,56	11,56	12,67 ns	C
Média	13,46	12,87	13,86	12,66	13,21	

L: linear (P<0,05); C: Cúbico (P<0,05); ns: não significativo.

Para a relação C/N, nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, não houve efeito (P>0,05) para nenhum dos modelos testados em função da densidade de plantio do eucalipto para as leguminosas amendoim e calopogônio, mas efeitos linear ( $\hat{Y}=17,26 - 0,1438*D$ ) e cúbico ( $\hat{Y} = 147,8 - 15,7627*D + 0,5939*D^2 - 0,007255*D^3$ ) da densidade de plantio de eucalipto para a leguminosa estilosantes, respectivos para as camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m (Tabela 3) e não houve efeito (P>0,05) em função da espécie de leguminosa de sub-bosque para a relação C/N, nas camadas de 0-0,1e 0,1-0,2 m (Tabela 3).

Tabela 4. Teores de Cmic ( $\text{g kg}^{-1}$ ), nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, em função da densidade do plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal.

Leguminosa	Densidade de plantio de eucalipto (Plantas $\text{ha}^{-1}$ )				Média	Efeito
	555	417	333	278		
0-0,1 m						
Amendoim	0,327	0,280	0,244	0,426	0,319 ns	Q
Calopogônio	0,418	0,331	0,382	0,306	0,359 ns	-
Estilosantes	0,367	0,415	0,433	0,382	0,399 ns	-
Média	0,371	0,342	0,353	0,371	0,359	
0,1-0,2 m						
Amendoim	0,291	0,171	0,055	0,237	0,188 ns	Q
Calopogônio	0,240	0,178	0,189	0,156	0,191 ns	-
Estilosantes	0,266	0,211	0,236	0,196	0,227 ns	-
Média	0,266	0,186	0,160	0,196	0,202	

Q: quadrático ( $P < 0,05$ ); ns: não significativo.

Considerando o Cmic houve efeito quadrático para a leguminosa amendoim em função da densidade de plantio do eucalipto, tanto na camada de 0-0,1 ( $\hat{Y} = 1,29 - 0,0816 \cdot D + 0,00159 \cdot D^2$ ) quanto na de 0,1-0,2 m ( $\hat{Y} = 1,75 - 0,1180 \cdot D + 0,00210 \cdot D^2$ ) e não houve efeito ( $P > 0,05$ ) para nenhum dos modelos testados em função da densidade de plantio do eucalipto para as leguminosas calopogônio e estilosantes (Tabela 4) e não houve efeito ( $P > 0,05$ ) em função da espécie de leguminosa de sub-bosque para essa variável, nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m (Tabela 4).

Tabela 5. Teores de Nmic ( $\text{g kg}^{-1}$ ), nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, em função da densidade do plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal.

Leguminosa	Densidade de plantio de eucalipto (Plantas $\text{ha}^{-1}$ )				Média	Efeito
	555	417	333	278		
0-0,1 m						
Amendoim	0,033	0,037	0,023	0,031	0,031 ns	-
Calopogônio	0,023	0,026	0,045	0,022	0,029 ns	-
Estilosantes	0,025	0,032	0,026	0,022	0,026 ns	-
Média	0,027	0,031	0,031	0,025	0,029	
0,1-0,2 m						
Amendoim	0,015	0,015	0,018	0,020	0,017 ns	-
Calopogônio	0,012	0,003	0,032	0,018	0,016 ns	Q
Estilosantes	0,013	0,016	0,019	0,012	0,015 ns	-
Média	0,014	0,011	0,023	0,017	0,016	

Q: quadrático ( $P < 0,05$ ); ns: não significativo.

Para o Nmic houve efeito quadrático para a leguminosa calopogônio em função da densidade de plantio do eucalipto, na camada de 0,1-0,2 m ( $\hat{Y} = 1/(1839,44 - 113709*D + 1,7815*D^2)$ ) e, tanto para esta leguminosa na camada de 0-0,1 quanto para as demais leguminosas, nas duas camadas, não houve efeito ( $P > 0,05$ ) para nenhum dos modelos testados em função da densidade de plantio do eucalipto (Tabela 5). Para essa variável também não houve efeito ( $P > 0,05$ ) em função da espécie de leguminosa de sub-bosque, nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m (Tabela 5).

Tabela 6. Relação Cmic/COT, nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, em função da densidade do plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal.

Leguminosa	Densidade de plantio de eucalipto (Plantas ha <sup>-1</sup> )				Média	Efeito
	555	417	333	278		
0-0,1 m						
Amendoim	1,91	1,45	1,29	2,68	1,83 ns	Q
Calopogônio	2,17	1,65	2,17	1,65	1,91 ns	-
Estilosantes	1,85	2,30	2,27	2,12	2,14 ns	-
Média	1,98	1,80	1,91	2,15	1,96	
0,1-0,2 m						
Amendoim	1,97	1,07	0,34	1,54	1,23 ns	Q
Calopogônio	1,50	1,11	1,13	0,93	1,17 ns	-
Estilosantes	1,88	1,40	1,29	1,33	1,47 ns	-
Média	1,79	1,20	0,92	1,27	1,29	

Q: quadrático (P<0,05); ns: não significativo.

Considerando a relação Cmic/COT houve efeito quadrático para a leguminosa amendoim em função da densidade de plantio do eucalipto, tanto na camada de 0-0,1 ( $\hat{Y} = 9,68 - 0,6606*D + 0,01289*D^2$ ) quanto na de 0,1-0,2 m ( $\hat{Y} = 12,11 - 0,8203*D + 0,01457*D^2$ ) e não houve efeito (P>0,05) para nenhum dos modelos testados em função da densidade de plantio do eucalipto para as leguminosas calopogônio e estilosantes (Tabela 6) e não houve efeito (P>0,05) em função da espécie de leguminosa de sub-bosque para essa variável, nas camadas de 0-0,1e 0,1-0,2 m (Tabela 6).

Tabela 7. Relação Nmic/NT, nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, em função da densidade do plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal.

Leguminosa	Densidade de plantio de eucalipto (Plantas ha <sup>-1</sup> )				Média	Efeito
	555	417	333	278		
0-0,1 m						
Amendoim	2,61	2,65	1,70	2,48	2,36 ns	-
Calopogônio	1,69	1,76	3,31	1,69	2,11 ns	-
Estilosantes	1,99	2,33	1,61	1,65	1,90 ns	-
Média	2,10	2,24	2,21	1,94	2,12	
0,1-0,2 m						
Amendoim	1,28	1,27	1,50	1,74	1,45 ns	-
Calopogônio	1,04	0,27	2,56	1,40	1,32 ns	Q
Estilosantes	1,24	1,24	1,47	0,87	1,21 ns	-
Média	1,19	0,93	1,84	1,34	1,32	

Q: quadrático (P<0,05); ns: não significativo.

Para a relação Nmic/NT houve efeito quadrático para a leguminosa calopogônio em função da densidade de plantio do eucalipto, na camada de 0,1-0,2 m ( $\hat{Y} = 1/(14,1265 - 0,8729*D + 0,0138*D^2)$ ) e, tanto para esta leguminosa na camada de 0-0,1 quanto para as demais leguminosas, nas duas camadas, não houve efeito (P>0,05) para nenhum dos modelos testados em função da densidade de plantio do eucalipto (Tabela 7). Para essa variável também não houve efeito (P>0,05) em função da espécie de leguminosa de sub-bosque, nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m (Tabela 7).

Tabela 8. Teores de COT, NT, relação C/N, Cmic, Nmic, relação Cmic/COT e relação Nmic/NT, nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, em solos de área de vegetação de cerrado.

Camadas do solo	COT (g kg <sup>-1</sup> )	NT (g kg <sup>-1</sup> )	C/N	Cmic (g kg <sup>-1</sup> )	Nmic (g kg <sup>-1</sup> )	Cmic/COT	Nmic/NT
0-0,1 m	17,62	1,20	14,68	0,240	0,014	1,36	1,17
0,1-0,2 m	15,12	1,20	12,60	0,160	0,010	1,06	0,83

## Discussão

A falta de efeito da densidade de plantio do eucalipto (e do espaçamento de plantio do eucalipto) para COT e NT, nas duas camadas do solo pode ser explicada pelo tempo de estabelecimento dos sistemas, os quais apresentavam na época de coleta do solo idade de um ano, que os caracteriza como sistemas novos. Assim, as plantas de eucalipto em seus respectivos espaçamentos podem ter crescido a taxas semelhantes sem afetar o aporte de material vegetal oriundo do eucalipto e das leguminosas de sub-bosque e seus efeitos sobre os teores de COT e NT.

Maiores teores de C no solo para a camada de 0-0,1 m têm sido encontrados em função da presença de vegetação de sub-bosque para sistemas agroflorestais pecuários com sete anos de implantação (Chang et al., 2002). Para esses mesmos sistemas têm sido encontrados aumentos nos teores de C<sub>mic</sub> e N<sub>mic</sub> para camadas mais superficiais do solo também em função da presença de vegetação de sub-bosque (Amatya, et al., 2002). Esses resultados reforçam a ocorrência de mudanças nos teores de COT em sistemas agroflorestais com idade mais avançada, nos quais as árvores podem contribuir com maior aporte de C de raízes finas em decomposição e do litter produzido.

O incremento numérico dos teores de COT nas áreas dos sistemas agroflorestais em relação à área de referência pode estar relacionado com o estágio de desenvolvimento desta. Ao se coletar as amostras de solo na área de referência observou-se que a mesma pode ter sofrido ação antrópica e se encontrava em regeneração natural, de modo que provavelmente não tenha ainda atingido uma condição de equilíbrio quanto ao aporte orgânico. Além disso, nas áreas de sistemas agroflorestais os teores de COT estão relacionados com o aporte orgânico contínuo propiciado pelas leguminosas, assim como, a ausência de retirada deste aporte através do pastejo por animais ou por corte mecânico para outros fins. Apesar do curto espaço de tempo os teores de COT dos sistemas agroflorestais neste estudo pode ser um indicativo de que os mesmos podem apresentar sustentabilidade ambiental como sistema de uso da terra. Ressalta-se que, posteriormente ao experimento, a empresa que cedeu a área experimental tinha como proposta de uso da área, realizar o corte do material vegetal das leguminosas, via roço mecânico, e deixá-lo sobre o solo como cobertura e adubo verde sem incorporação do mesmo. Este manejo poderá no futuro ter reflexos sobre a dinâmica da MOS, possivelmente incrementando ainda mais os teores de COT em relação a área de referência.

A ausência de efeito significativo da espécie de leguminosa de sub-bosque para todas as variáveis resposta nas camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2m pode ser devido ao pouco tempo de estabelecimento das leguminosas, pois apesar das diferenças de aporte de

material vegetal das leguminosas de sub-bosque (um ano após seu estabelecimento), esse aporte só contribuiria para mudanças na matéria orgânica do solo com o passar do tempo pelo estabelecimento dos processos de decomposição e transformação da MOS, o que depende também da qualidade do material vegetal oriundo das leguminosas de sub-bosque. Têm sido encontradas maiores taxas de decomposição de matéria orgânica para leguminosas das espécies *Stylosanthes capitata* e *Arachis pintoi* em áreas de savana colombiana em relação a outras espécies de leguminosas (Thomas & Asakawa, 1993).

A falta de efeito das leguminosas para Cmic e Nmic na camada de 0,1-0,2 m está em conformidade com o relatado por Amatya, et al. (2002) que também não encontraram efeito da vegetação de sub-bosque para essas variáveis em camadas mais profundas do solo.

Considerando a magnitude dos incrementos dos teores de COT, NT, Cmi e Nmic nas áreas dos sistemas agroflorestais em relação à área de referência, os teores de Cmic e Nmic mostraram ser indicadores mais sensíveis às mudanças ocasionadas pelo manejo do solo do que os teores de COT e NT.

Por outro lado, comparando-se os valores médios dos quocientes microbianos de 1,96 e 1,29 para Cmic/COT e de 2,12 e 1,32 para Nmic/NT, respectivos para as camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, das áreas sob sistemas agroflorestais com os valores da área de referência de 1,36 e 0,06 para Cmic/COT e de 1,17 e 0,83 para Nmic/NT, respectivos para as camadas de 0-0,1 e 0,1-0,2 m, constata-se que os valores de quociente microbiano são maiores naqueles sistemas indicando que houve melhorias da condição de solo ao invés da ocorrência de fatores de estresse sobre o solo em função do manejo de uso da terra ao se implantar sistemas agroflorestais em áreas de cerrado.

## Conclusões

Em sistema agroflorestal com 12 meses após o estabelecimento a densidade de plantio do eucalipto não afeta os teores de COT e NT, mas ocorre efeito da densidade de plantio do eucalipto dependendo da leguminosa sobre C/N, teores de Cmic e Nmic, Cmic/COT e Nmic/NT.

A espécie de leguminosa de sub-bosque não afeta a dinâmica da matéria orgânica do solo em sistema agroflorestal com 12 meses de implantação.

Os teores de Cmic e Nmic são características da MOS mais sensíveis que os teores de COT e NT ao se manejar o espaçamento de plantio do eucalipto e não são sensíveis quanto ao manejo de seleção de espécies de sub-bosque considerando o sistema agroflorestal com 12 meses de implantação.

Os maiores valores de quociente microbiano nas áreas de sistemas agroflorestais com um ano de implantação em relação à área de cerrado indica que ocorrem melhorias da condição de solo naqueles sistemas.

## Literatura citada

- AMATYA, G.; CHANG, S.X.; BEAR, M.H. et al. Soil properties under a *Pinus radiata* – ryegrass silvopastoral system in New Zealand. Part II. C and N of soil microbial biomass, and soil N dynamics. **Agroforestry Systems**, v.54, p.149–160, 2002.
- BARCELLOS, A.O.; RAMOS, A.K.B.; VILELA, L. et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p.51-67, 2008.
- BROOKES, P.C.; POWLSON, D.S.; JENDINSON, D.S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. **Soil Biology Biochemistry**, v.14, p.319-326, 1982.
- CAMARGO, F.A.O.; SANTOS, G.A.; GUERRA, J.G.M. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G.A., CAMARGO, F.A.O. eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo. **Ecosistemas tropicais e subtropicais**. 1 ed. Porto Alegre, 1999. p. 27-39.
- CHANG, S.X.; AMATYA, G.; BEAR, M.H. et al. Soil properties under a *Pinus radiata* – ryegrass silvopastoral system in New Zealand. Part I. Soil N and moisture availability, soil C, and tree growth. **Agroforestry Systems**, v.54, p.137–147, 2002.
- HULEX, P.A. Experimental agroforestry. In: MACDICKEN, K.G.; VERGARA, N.T. (Ed.). **Agroforestry: classification and management**. New York: J. Wiley, 1990. 382p.
- ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology Fertility Soils**, v.27, p.408-416, 1998.
- JANZEN, H.H.; CAMPBELL, C.A.; BRANDT, S.A. et al. Light-fraction organic matter in soils from long-term crop rotations. **Soil Science Society American Journal**, v.56, p.1799-1806, 1992.
- JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A. & LADD, J.N. eds. **Soils Biochemistry**. New York, Marcel Decker, v.5, p. 415-471, 1981.

- LAGOMARSINO, A.; MOSCATELLI, M.C.; DI TIZIO, A. et al. Soil biochemical indicators as a tool assess the short-term impact of agricultural management on changes in organic in a Mediterranean environment. **Ecological indicators**, p.1-10, 2008.
- LUNDQUIST, E.J.; JACKSON, L.E.; SCOW, K.M. et al. Changes in microbial biomass and community composition, and soil carbon and nitrogen pools after incorporation of Rye into three California agricultural soils. **Soil Biology Biochemistry**, v.31, p.221-236, 1999.
- MAFONGOYA, P.L.; GILLER, K.E.; PALM, C.A. Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunings and litter. **Agroforestry Systems**, 38: 77-97, 1998.
- MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W.J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1177-1182, 2000.
- MENDONÇA, E.S.; LEITE, L.F.C.; FERREIRA NETO, P.S. Cultivo de café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. **Revista Árvore**, v.25, p.375-383, 2001.
- MENDONÇA, E.S.; STOTT, D.E. Characteristics and decomposition rates of pruning residues from a shaded coffee system in Southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v.57, p.117-125, 2003.
- OORTS, K.; VANLAUWE, B.; COFIE, O.O. et al. Charge characteristics of soil organic matter fractions in a Ferric Lixisol under some multipurpose trees. **Agroforestry Systems**, v.48, p.169-188, 2000.
- SPARLING, G.P.; WEST, A.W. A direct extraction method to estimate soil microbial C:Calibration in situ using microbial respiration and <sup>14</sup>C labelled cells. **Soil Biology Biochemistry**, v.20, p.337-343, 1988.
- STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2 ed. New York, John Wiley & Sons, 1994, 496p.

- THENG, B.K.G.; TATE, K.R.; SOLLINS, P. Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. In: Coleman, D. C. et al. eds. **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu: Niftal Project, 1989. p.5-32.
- THOMAS, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology & Biochemistry**, v.25, p.1351-1361, 1993.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. SAEG – Sistema de análise estatística e genética. Versão 8.0. Viçosa, MG. 2000.
- YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M.. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil. Science. Plant Anal.*, v.19, p.1467-1476, 1988.

### CAPÍTULO III

#### **Produtividade de matéria seca, produtividade de nitrogênio e valor nutritivo de leguminosas em sistema agroflorestal**

RESUMO: O experimento foi conduzido para avaliar a produtividade e o valor nutritivo de leguminosas de sub-bosque em sistema agroflorestal. As parcelas foram arranjadas em esquema de parcelas subdivididas no espaço, no delineamento em blocos casualizados com três repetições. A parcela principal foi a densidade de plantio do eucalipto (555; 417; 333 e 278 plantas ha<sup>-1</sup>) e a subparcela as espécies de leguminosas legumes (*Arachis pintoi*, *Calopogonium mucunoides*, *Stylosanthes capitata* / *Stylosanthes macrocephala*). Para as variáveis produtividade de matéria seca (PMS) e de nitrogênio (PN), matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS), não houve efeito ( $P>0,05$ ) para nenhum dos modelos testados em função da densidade de plantio do eucalipto para cada leguminosa. Houve efeito significativo da espécie de leguminosa de sub-bosque para as variáveis MS, PB, FDN e DIVMS. A produtividade de matéria seca e de nitrogênio das leguminosas com 100 dias de rebrotação para sub-bosque em sistema agroflorestal com 15 meses de implantação não sofre efeito da densidade de plantio considerando cada leguminosa. A produtividade de matéria seca e de nitrogênio de leguminosas com 100 dias de rebrotação para sub-bosque em sistema agroflorestal com 15 meses de implantação não difere entre as leguminosas estilosantes campo grande, calopogônio comum e amendoim forrageiro, independente da densidade de plantio do eucalipto. Após 100 dias de rebrotação em sistema agroflorestal com 15 meses de implantação as leguminosas estilosantes campo grande e calopogônio apresentam menor valor nutritivo que o amendoim forrageiro, independente da densidade de plantio do eucalipto.

Palavras-chave: densidade de plantio, digestibilidade, matéria seca, proteína bruta

## Dry matter productivity, nitrogen productivity and nutritive value of legumes in agroforestry

**ABSTRACT:** The experiment was conducted to evaluate the productivity and nutritive value of legume understory in agroforestry. The plots were arranged in the schemes of plot in the space, in a randomized block design with three replications. The main plot was the eucalyptus plantation density (555; 417; 333; and 278 plants ha<sup>-1</sup>) and the subplots of the legume species (*Arachis pintoii*, *Calopogonium mucunoides*, *Stylosanthes capitata* / *Stylosanthes macrocephala*). For the variables dry matter productivity (DMP) and nitrogen productivity (NP), dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and *in vitro* dry matter (IVDM), no significant effect ( $P > 0.05$ ) for any of models tested in relation to the eucalyptus plantation density for each legumes. There was a significant legume species in the understory for the variables CP, NDF and IVDM. The dry matter productivity and nitrogen of legumes with 100 days for understorey regrowth in agroforestry system with 15 months of deployment does not suffer the effect of plantation density considering each legume. The dry matter productivity and nitrogen pulses with 100 days for regrowth understorey in agroforestry system with 15 months of implantation does not differ between legumes *Stylosanthes capitata* / *Stylosanthes macrocephala*, *Arachis pintoii*, and *Calopogonium mucunoides*, regardless of eucalyptus plantation density. After 100 days of regrowth in agroforestry system with 15 months of development, the legumes *Stylosanthes capitata* / *Stylosanthes macrocephala* *Stylosanthes* and *Calopogonium mucunoides* show lower nutritional value than the *Arachis pintoii*, independent on the eucalyptus plantation density.

Keywords: density, digestibility, dry matter, crude protein

## Introdução

Estudos têm sido realizados em condições de clima temperado, considerando a interação árvores e vegetação de sub-bosque para avaliar os efeitos do gradiente de luz solar sobre esta vegetação, especificamente, a produtividade e a alocação de matéria seca (Belesky, 2005a); mecanismos de produção de matéria seca foliar (Belesky, 2005b) e, carboidratos não estruturais e valor nutritivo (Belesky et al., 2006).

Fernández et al. (2002) conduziram um experimento considerando como pressuposto que a produtividade de áreas de pastagens é normalmente o mais importante fator, pois afeta a capacidade de suporte. Assim, esses autores reportaram, como de grande importância para o manejo, a predição dos efeitos da densidade de árvores de *Pinnus* sobre a produção das plantas herbáceas do sub-bosque do sistema silvipastoril. Nesse estudo os tratamentos constituídos pelas densidades de árvores, expressa em número de árvores por hectare, foram: controle (sem árvores), 350 árvores ha<sup>-1</sup>, 500 árvores ha<sup>-1</sup> e 1.000 árvores ha<sup>-1</sup>.

A densidade de árvores em sistema agroflorestais, obtida pelo manejo de espaçamento de plantio, tem efeito sobre a composição botânica da vegetação de sub-bosque (An et al., 2006), e o valor nutritivo da forragem (Buerger et al., 2006). Além desses efeitos, plantas forrageiras cultivadas em ambientes sombreados, característico de sistemas agroflorestais, sofrem modificações de arquitetura de copa para modificar sua capacidade de interceptar luz solar (Fernández et al., 2004).

Os estudos sobre espaçamento de árvores em sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre a vegetação de sub-bosque para conhecer melhores combinações dos componentes do sistema, são importantes. Entretanto, além do fator espaçamento de árvores é importante considerar a escolha e o manejo da vegetação que constituirá o sub-bosque para tornar mais eficiente e bem sucedido o uso da terra através desses sistemas.

Diferentes espécies como componentes de sub-bosque de sistemas agroflorestais utilizam os recursos ambientais de forma diferenciada, que pode ter reflexo sobre sua persistência e produtividade, além de afetar o crescimento e desenvolvimento de árvores em sistemas agroflorestais.

Andrade et al. (2003) conduziram um estudo na região dos Cerrados de Minas Gerais, visando avaliar o desempenho de gramíneas forrageiras (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *B. brizantha* cv. MG-4, *B. decumbens* cv. Basilisk, *Panicum maximum* cv. Mombaça, *Melinis minutiflora* e *Hyparrhenia rufa*), consorciadas ou não com a leguminosa *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e *Eucalyptus* sp., em um sistema silvipastoril e avaliaram o grau de cobertura do solo, a porcentagem de leguminosa e

disponibilidade de matéria seca total no sub-bosque, um ano após o estabelecimento, submetidas a pastejos de curta duração. Após dois ciclos de pastejo, houve redução da proporção da leguminosa no consórcio com todas as gramíneas, sendo mais evidente com as mais competitivas (*B. brizantha* cv. Marandu e *B. decumbens*), onde a leguminosa quase desapareceu. A presença do estilosantes Mineirão favoreceu a produtividade do sub-bosque, quando consorciado com as demais gramíneas.

Leguminosas constituem uma boa opção como recurso alimentar de bom valor nutritivo para os animais, sendo então, promissoras para compor o sub-bosque de sistemas agroflorestais pecuários.

Considerando sistemas agroflorestais com eucalipto, Almeida et al. (1994) avaliaram o efeito de leguminosas sobre o crescimento inicial de árvores de eucalipto e encontraram que os consórcios eucaliptos com leguminosas não alteraram a distribuição porcentual de biomassa seca nos diversos componentes da árvore e o crescimento em altura dos eucaliptos. Entretanto o crescimento em diâmetro foi inferior para os consórcios *Urophylla* sp. com calopogônio e *Citriodora* sp. com guandu e superior para o consórcio *Cloeziana* sp. com crotalária.

Objetivou-se com este estudo avaliar a produtividade de matéria seca, a produtividade de nitrogênio e o valor nutritivo das leguminosas do sub-bosque em sistema agroflorestal em função da densidade de plantio do eucalipto e da espécie leguminosa de sub-bosque.

## Material e Métodos

A descrição da área experimental, do preparo da área e implantação dos tratamentos para este experimento é a mesma do Capítulo I.

Foi adotado um esquema de parcelas subdivididas no espaço, sendo a parcela principal constituída pela densidade de plantio do eucalipto e a subparcela constituída pelas espécies de leguminosas, no delineamento em blocos casualizados com três repetições. Cada parcela principal tinha a dimensão de 60 x 60m e dentro desta, cada subparcela teve dimensão de 60 x 20 m.

Onze meses após o estabelecimento das leguminosas (em dezembro de 2008) foram demarcadas duas áreas de amostragem de 1 m<sup>2</sup> cada nas entrelinhas de fileiras centrais de cada subparcela por parcela principal (Figura 1). Estas áreas foram demarcadas para medir a produtividade das leguminosas em função dos tratamentos. Uma vez demarcadas as áreas de amostragem, foi realizado um corte de uniformização da parte aérea do material vegetal das leguminosas dentro dessas áreas a uma altura de dez centímetros do solo para as leguminosas estilosantes e calopogônio e corte rente ao solo para a leguminosa amendoim forrageiro. Após cem dias de rebrotação foram coletadas amostras do conteúdo forrageiro localizado nas áreas demarcadas (Figura 2).



Figura 1. Área para implantação do experimento sobre avaliação da produtividade e valor nutritivo de leguminosas de sub-bosque em sistema agroflorestal (Dezembro de 2008).



Figura 2. Áreas de coleta de forragem para avaliação de produtividade e do valor nutritivo das leguminosas em sistema agroflorestal com 15 meses de implantação, março de 2009 (2a, consórcio amendoim forrageiro e eucalipto; 2b, consórcio calopogônio e eucalipto; 2c, consórcio estilosantes campo grande e eucalipto, 2d, coleta de forragem).

A realização da coleta de material forrageiro foi feita com a utilização de um tesourão. A delimitação do ponto de amostragem foi feita com um quadrado com dimensão de  $0,25\text{ m}^2$ , sendo o quadrado colocado na parte central das áreas de amostragem. Assim foram obtidas duas subamostras por tratamento. A altura de corte do material forrageiro foi realizada conforme os cortes de uniformização. O material coletado foi pesado para determinação da matéria natural e subamostras foram retiradas e congeladas em freezer para serem transportadas ao Laboratório de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

As amostras foram secas em estufa a  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ , por 72 horas para estimar a produtividade de matéria seca das leguminosas (PMS). Essas amostras foram também utilizadas para análise do valor nutritivo das leguminosas. Para o valor nutritivo foram realizadas as seguintes análises: teores de matéria seca (MS), N total, fibra em detergente neutro (FDN) e digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) (Silva & Queiroz, 2002). Com os teores de N total foram calculados os teores de proteína bruta (PB) e a produtividade de nitrogênio (PN). O teor de PB foi obtido pela multiplicação do teor de N

total pelo fator 6,25. A variável PN representa a produtividade de N pelas leguminosas. Os resultados de PMS e PN foram expressos em  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância (desdobrando a interação densidade de plantio e leguminosa), estudo de regressão para a densidade de plantio do eucalipto por leguminosa e aplicação de teste de médias para o fator espécie de leguminosa. Para o estudo de regressão foram testados os modelos linear, quadrático e cúbico.

Foi adotado o nível de significância de 5% de probabilidade e utilizado o programa SAEG 8.0 (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas), desenvolvido pela UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (2000) para a realização das análises estatísticas.

## Resultados

Nas Tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6, podem ser visualizados, respectivamente, os resultados de PMS, PN, MS, PB, FDN e DIVMS em função da densidade de plantio do eucalipto e da leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal.

Tabela 1. Produtividade de matéria seca (PMS) ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de leguminosas aos 100 dias de rebrotação em função da densidade de plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal.

Leguminosa	Densidade de plantio de eucalipto (Plantas $\text{ha}^{-1}$ )				Média <sup>1</sup>	Efeito
	555	417	333	278		
Amendoim	3.569	4.342	4.311	5.275	4.374 ns	-
Calopogônio	2.594	2.758	2.628	3.702	2.920 ns	-
Estilosantes	3.958	2.492	3.999	6.219	4.167 ns	-
Média	3.374	3.197	3.646	5.065	3.821	

<sup>1</sup> Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente ( $P>0,05$ ), pelo teste Tukey; ns: não significativo.

Tabela 2. Produtividade de nitrogênio (PN) ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de leguminosas aos 100 dias de rebrotação em função da densidade de plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal.

Leguminosa	Densidade de plantio de eucalipto (Plantas $\text{ha}^{-1}$ )				Média <sup>1</sup>	Efeito
	555	417	333	278		
Amendoim	64	80	79	86	77 ns	-
Calopogônio	45	50	48	68	53 ns	-
Estilosantes	66	37	66	93	66 ns	-
Média	59	56	64	83	65	

<sup>1</sup> Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente ( $P>0,05$ ), pelo teste Tukey; ns: não significativo.

Tabela 3. Teores de MS (%) de leguminosas aos 100 dias de rebrotação em função da densidade de plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal.

Leguminosa	Densidade de plantio de eucalipto (Plantas ha <sup>-1</sup> )				Média <sup>1</sup>	Efeito
	555	417	333	278		
Amendoim	23,9	27,1	27,9	28,5	26,9 ab	-
Calopogônio	24,5	22,6	26,0	23,3	24,1 b	-
Estilosantes	29,8	28,0	26,1	28,9	28,2 a	-
Média	26,1	25,9	26,7	26,9	26,4	

<sup>1</sup> Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente (P>0,05), pelo teste Tukey; ns: não significativo.

Tabela 4. Teores de PB (%) de leguminosas aos 100 dias de rebrotação em função da densidade de plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal.

Leguminosa	Densidade de plantio de eucalipto (Plantas ha <sup>-1</sup> )				Média <sup>1</sup>	Efeito
	555	417	333	278		
Amendoim	11,5	12,1	11,5	10,9	11,5 a	-
Calopogônio	11,1	11,1	11,2	11,5	11,2 a	-
Estilosantes	10,2	9,7	10,5	9,2	9,9 b	-
Média	10,9	11,0	11,1	10,5	10,9	

<sup>1</sup> Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente (P>0,05), pelo teste Tukey; ns: não significativo.

Tabela 5. Teores de FDN (%) de leguminosas aos 100 dias de rebrotação em função da densidade de plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal.

Leguminosa	Densidade de plantio de eucalipto (Plantas ha <sup>-1</sup> )				Média <sup>1</sup>	Efeito
	555	417	333	278		
Amendoim	56,5	51,8	52,8	53,1	53,5 c	-
Calopogônio	62,4	63,0	63,8	63,5	63,2 b	-
Estilosantes	68,9	68,1	67,8	64,4	67,3 a	-
Média	62,6	61,0	61,4	60,3	61,3	

<sup>1</sup> Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente (P>0,05), pelo teste Tukey; ns: não significativo.

Tabela 6. DIVMS (%) de leguminosas aos 100 dias de rebrotação em função da densidade de plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque em sistema agroflorestal.

Leguminosa	Densidade de plantio de eucalipto (Plantas ha <sup>-1</sup> )				Média <sup>1</sup>	Efeito
	555	417	333	278		
Amendoim	53,2	57,8	57,5	52,8	55,3 a	-
Calopogônio	44,6	47,0	45,4	44,0	45,2 b	-
Estilosantes	49,3	48,1	48,8	43,6	47,4 b	-
Média	49,0	51,0	50,6	46,8	49,3	

<sup>1</sup> Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente (P>0,05), pelo teste Tukey; ns: não significativo.

Para as variáveis produtividade de matéria seca (PMS) e de nitrogênio (PN), matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS), não houve efeito (P>0,05) para nenhum dos modelos testados em função da densidade de plantio do eucalipto para cada leguminosa.

Houve efeito significativo da espécie de leguminosa de sub-bosque para as variáveis MS, PB, FDN e DIVMS.

## Discussão

A falta de efeito da densidade de plantio do eucalipto para PMS e PN pode ter relação com o pouco tempo de estabelecimento dos sistemas (um ano de idade). As plantas de eucalipto, em seus respectivos espaçamentos, podem ter crescido a taxas semelhantes sem afetar a radiação solar incidente sobre a vegetação de sub-bosque e conseqüentemente não afetou a produção de MS das leguminosas de sub-bosque. Essa explicação pode também ser aplicada à falta de efeito da densidade de plantio do eucalipto para as variáveis referentes ao valor nutritivo das leguminosas de sub-bosque.

A respeito da radiação solar incidente sobre a vegetação de sub-bosque, há influência do arranjo estrutural de povoamentos de eucaliptos sobre a incidência da densidade de fluxo de fótons (DFF), da radiação solar global e da iluminância (Oliveira et al., 2007). Esses autores verificaram que, aos 27 meses após o plantio do eucalipto, no espaçamento 10x3, a DFF foi maior tanto na linha quanto na entrelinha de plantio do eucalipto em relação a plantios mais adensados.

Tem sido encontrado que leguminosas perenes têm redução em número de indivíduos e de produtividade em sistemas agroflorestais com maior densidade de árvores, em torno de 400 árvores ha<sup>-1</sup> (Koukoura & Kyriazopoulos, 2007), característico de espaçamentos menores.

Embora no presente estudo não se tenha contemplado avaliações sobre radiações, com base no estudo de Oliveira et al. (2007), possivelmente a radiação incidente no sub-bosque nos espaçamentos mais amplos como no 10x3 e no 12x3, poderá favorecer maiores produtividades das leguminosas de sub-bosque em idades mais avançadas do sistema em relação aos plantios mais adensados, característicos dos espaçamentos 8x3 e 6x3.

Produtividades de matéria seca da vegetação de sub-bosque consideradas como satisfatórias até o sétimo ano de idade de sistemas agroflorestais pecuários foram verificadas por Rozados-Lorenzo et al. (2007) para densidades de plantio variando entre 190 e 556 árvores ha<sup>-1</sup>, com declínio de produtividade de matéria seca no sub-bosque de 556 a 2.500 árvores por hectare. No estudo desses autores as densidades de árvores foram de 190; 256; 427; 556; 952; 2000 e 2500 árvores ha<sup>-1</sup>. No presente estudo os espaçamentos

12x3m; 10x3m; 8x3m e 6x3m correspondem, respectivamente, às densidades de 278; 333; 417 e 555 árvores ha<sup>-1</sup>.

Alterações sobre o valor nutritivo de vegetação de sub-bosque, em sistemas agroflorestais pecuários em função do espaçamento de plantio, são encontradas em sistemas com idade mais avançada, nos quais há um diferencial marcante quanto à radiação no sub-bosque devido ao espaçamento de árvores e seu consequente efeito sobre valor nutritivo das forrageiras (Buergler et al., 2006). No presente estudo, as variáveis referentes ao valor nutritivo tiveram efeito significativo restrito às espécies de leguminosas de sub-bosque. Tem sido encontrado que mesmo quando uma variável de valor nutritivo de forrageiras sob diferentes intensidades de radiação é alterada, as diferenças entre espécies são muito mais pronunciadas do que qualquer efeito de sombreamento (Norton et al. (1991), citado por Peri et al., 2007).

O amendoim forrageiro apresentou melhor valor nutritivo em relação às demais leguminosas devido ao maior teor de PB, menores valores de constituintes da parede celular e pela maior digestibilidade. Por sua vez o calopogônio em relação ao estilosantes apresentou maior valor para PB, menor valor para FDN, mas DIVMS não diferente estatisticamente.

Segundo Pereira (2002), os atributos mais marcantes de leguminosas são os teores de PB e a digestibilidade, além de apresentarem menor taxa de redução do valor nutritivo com o avançar da idade em relação às gramíneas. O amendoim forrageiro tem sido relatado com uma das leguminosas com maior destaque em termos de valor nutritivo em relação às outras leguminosas.

Pereira (2002) relatou teores de PB e DIVMS, respectivamente, de 11,5 e 40%, para a leguminosa calopogônio e valores acima de 18% para PB de amendoim forrageiro. No presente estudo o calopogônio apresentou valores de 11,2% para PB e 45,2% para DIVMS e o amendoim forrageiro 11,5% de PB e 55,3% de DIVMS.

A ausência de diferença significativa de produtividade de matéria seca entre as espécies de leguminosas é um indicativo de que qualquer uma pode ser selecionada para compor o sub-bosque de sistemas agroflorestais. Entretanto devem ser consideradas também as características do valor nutritivo dessas leguminosas, que no presente estudo

foi influenciado pela espécie de leguminosa. Por outro lado, trabalhos de pesquisa que complementem informações do valor alimentício dessas leguminosas, o que contempla a utilização dessas tanto para corte a fim de se conservar forragem para uso em épocas de escassez de alimentos para os animais ou para pastejo na forma de banco de proteína, poderão fundamentar e justificar mais ainda o uso desse recurso forrageiro em sistemas agroflorestais pecuários, garantindo a sustentabilidade do sistema, através do aumento do rendimento geral da terra, diversificação dos produtos e serviços gerados e potencialidade de aplicação pelos usuários finais.

## **Conclusões**

A produtividade de matéria seca e de nitrogênio das leguminosas com 100 dias de rebrotação para sub-bosque em sistema agroflorestal com 15 meses de implantação não sofre efeito da densidade de plantio considerando cada leguminosa.

A produtividade de matéria seca e de nitrogênio de leguminosas com 100 dias de rebrotação para sub-bosque em sistema agroflorestal com 15 meses de implantação não difere entre as leguminosas estilosantes campo grande, calopogônio comum e amendoim forrageiro, independente da densidade de plantio do eucalipto.

Aos 100 dias de rebrotação em sistema agroflorestal com 15 meses de implantação as leguminosas estilosantes campo grande e calopogônio apresentam menor valor nutritivo que o amendoim forrageiro, independente da densidade de plantio do eucalipto.

## Literatura citada

- ALMEIDA, N.O.; GARCIA, R.; NEVES, J.C.L. et al. Crescimento inicial de eucaliptos em consórcio com leguminosas em região de cerrado em Minas Gerais. In: I Congresso Brasileiro sobre Sistemas Agroflorestais e I Encontro sobre Sistemas Agroflorestais nos países do Mercosul. Brasília: Embrapa, 1994. v.2, p.271-278.
- AN, S.Q.; ZHU, F.M.; ZHANG, J.H. et al. Alternative methods for sustainably managing coastal forests as silvo-pastoral systems. **Ecological Engineering**, v. 26, p.195–205, 2006.
- ANDRADE, C.M.A.; GARCIA, R.; COUTO, L. et al. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1845-1850, 2003.
- BELESKY, D.P. Growth of *Dactylis glomerata* along a light gradient in the central Appalachian region of the eastern USA: I. Dry matter production and partitioning. **Agroforestry System**, v.65, p.81–90, 2005a.
- BELESKY, D.P. Growth of *Dactylis glomerata* along a light gradient in the central Appalachian region of the eastern USA: II. Mechanisms of leaf dry matter production. **Agroforestry System**, v.65, p.91–98, 2005b.
- BELESKY, D.P.; CHATTERTON, N.J.; NEEL, J.P.S. *Dactylis glomerata* growing along a light gradient in the central Appalachian region of the eastern USA: III. Nonstructural carbohydrates and nutritive value. **Agroforestry System**, v.67, p.51–61, 2006.
- BUERGLER, A.L.; FIKE, J.H.; BURGER, J.A. et al. Forage Nutritive Value in an Emulated Silvopasture. **Agronomy Journal**, v.98, p.1265-1273, 2006.
- FERNÁNDEZ, M.E.; GYENGE, J.E.; DALLA SALDA, G. et al. Silvopastoral systems in northwestern Patagonia I: growth and photosynthesis of *Stipa speciosa* under different levels of *Pinus ponderosa* cover. **Agroforestry System**, v.55, p.27–35, 2002.

- FERNÁNDEZ, M.E.; GYENGE, J.E.; SCHLICHTER, T.M. et al. Shade acclimation in the forage grass *Festuca Pallescens*: biomass allocation and foliage orientation. **Agroforestry System**, v.60, p.159–166, 2004.
- HERNANDÉZ, I.; MARTIN, G.; MILERA, M. et al. Alternativas de utilização de árvores em sistemas pecuários. In: SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS: Opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília, DF: FAO, 2001. p. 349-361.
- ICRAF. International Center for Research in Agroforestry. Redefining Agroforestry – And Opening Pandora’s Bos? *Agroforestry Today* v.9, n.1, ICRAF, Nairobi, Kenya, 1997.
- KOUKOURA, Z.; KYRIAZOPOULOS, A. Adaptation of herbaceous plant species in the understory of *Pinus brutia*. **Agroforest System**. v.70, p.11–16, 2007.
- NAIR, Agroforestry systems in tropics. Kluwer academic Publishers and ICRAF, Dordrecht, The Netherlands, 1989.
- OLIVEIRA, T.K.; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N. et al. Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, v.13, n.1, p.40-50, 2007.
- PEREIRA, J.M. Leguminosas forrageiras em sistemas de produção de ruminantes: onde estamos? para onde vamos? In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002, p.109-148.
- PERI, P.L.; LUCAS, E.R.J.; MOOT, D.J. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. **Agroforest System**, v.70, p.63–79, 2007.
- ROZADOS-LORENZO, M.J.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, M.P.; SILVA-PANDO, F.J. Pasture production under different tree species and densities in an Atlantic silvopastoral system. **Agroforest System**, v.70, p.53–62, 2007.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
- UNIVERSIDADE FERDERAL DE VIÇOSA – UFV. SAEG – Sistema de análise estatística e genética. Versão 8.0. Viçosa, MG. 2000.

## APÊNDICE

## APÊNDICE A

Tabela 1A - Resumo da análise de variância da produtividade de matéria seca (PMS) de leguminosas após um ano de estabelecimento em sistema agroflorestal de acordo com a densidade de plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque

Fonte de Variação	Gl	Quadrado médio
		PMS
Bloco	2	786896
Densidade	3	6292842*
Resíduo (A)	6	1197917
Leguminosa	2	87916953*
Leguminosa*Densidade	6	1565372
Resíduo (B)	16	929413
Total	35	
CV Parcela (%)		35,80
CV Subparcela (%)		31,54

\* P<0,05 pelo teste F

## APÊNDICE B

Tabela 1B - Resumo das análises de variâncias dos teores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), relação carbono nitrogênio (C/N) de solos sob sistema agroflorestal de acordo com a densidade de plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque e a camada de solo

Fonte de Variação	Gl	Quadrado médio		
		COT	NT	C/N
Bloco	2	0,82	0,0218	2,17
Densidade	3	3,45	0,0498	3,66*
Resíduo (A)	6	13,73	0,0788	0,79
Leguminosa	2	4,45	0,0468	1,9
Leguminosa*Densidade	6	2,14	0,0183	2,73
Resíduo (B)	12	2,15	0,0223	2,52
Camada	1	97,49*	0,405*	1,08
Resíduo (C)	2	2,43	0,0204	3,3
Camada*Densidade	3	5,17	0,0209	5,6
Camada*Leguminosa	2	1,23	0,0004	1,07
Camada*Leguminosa*	6	1,66	0,0175	1,53
Densidade				
Resíduo (D)	26	2,15	0,0157	2,49
Total	71			
CV Parcela (%)		23,16	23,01	6,73
CV Subparcela (%)		9,16	12,24	12,02

\* P<0,05 pelo teste F

Tabela 2B - Resumo das análises de variâncias dos teores de carbono da biomassa microbiana (Cmic), nitrogênio da biomassa microbiana (Nmic), relação carbono da biomassa microbiana carbono orgânico total (Cmic/COT), relação nitrogênio da biomassa microbiana nitrogênio total (Nmic/NT) de solos sob sistema agroflorestal de acordo com a densidade de plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque e a camada de solo

Fonte de Variação	Gl	Quadrado médio			
		Cmic	Nmic	Cmic/COT	Nmic/NT
Bloco	2	0,519637*	0,002319*	18,1348*	12,0963*
Densidade	3	0,01376	0,000176*	0,7912	0,7412
Resíduo (A)	6	0,01169	0,000023	0,3987	0,3091
Leguminosa	2	0,021716	0,000066	0,5712	0,7554
Leguminosa*Densidade	6	0,020379	0,000303*	0,8971	2,0398*
Resíduo (B)	12	0,012025	0,000087	0,4301	0,5465
Camada	1	0,443996	0,00285	8,0451	11,4792
Resíduo (C)	2	0,059705*	0,000964*	0,9502*	4,2382*
Camada*Densidade	3	0,00639	0,000135	0,5777	0,7586
Camada*Leguminosa	2	0,003075	0,000009	0,0312	0,0745
Camada*Leguminosa*Densidade	6	0,002851	0,000027	0,1386	0,1576
Resíduo (D)	26	0,007157	0,000095	0,2824	0,6792
Total	71				
CV Parcela (%)		53,53	29,97	48,95	42,12
CV Subparcela (%)		54,29	58,30	50,84	56,00

\* P<0,05 pelo teste F

## APÊNDICE C

Tabela 1C - Resumo das análises de variâncias da produtividade de matéria seca (PMS) e da produtividade de nitrogênio (PN) de leguminosas aos cem dias de rebrotação em sistema agroflorestal de acordo com a densidade de plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque

Fonte de Variação	Gl	Quadrado médio	
		PMS	PN
Bloco	2	1213223	757,1
Densidade	3	6504005*	1301,9*
Resíduo (A)	6	1036975	254,1
Leguminosa	2	7420776	1815,5
Leguminosa*Densidade	6	1438924	421,9
Resíduo (B)	16	11923618	3308,8
Total	35		
CV Parcela (%)		26,65	24,44
CV Subparcela (%)		90,38	88,18

\* P<0,05 pelo teste F

Tabela 2C - Resumo da análise de variância dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e da digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) de leguminosas aos cem dias de rebrotação em sistema agroflorestal de acordo com a densidade de plantio do eucalipto e da espécie de leguminosa de sub-bosque

Fonte de Variação	Gl	Quadrado médio			
		MS	PB	FDN	DIVMS
Bloco	2	3,09	4,531	77,5*	40,54
Densidade	3	2,1	0,543	8,2	32,06
Resíduo (A)	6	8	1,063	16	12,15
Leguminosa	2	52,33*	9,132*	599*	338,84*
Leguminosa*Densidade	6	12,16	0,71	8,5	7,46
Resíduo (B)	16	9,42	0,568	11,3	21,14
Total	35				
CV Parcela (%)		10,72	9,48	6,52	7,07
CV Subparcela (%)		11,64	6,93	5,48	9,32

\* P<0,05 pelo teste F