



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**IMPORTÂNCIA DA ARBORIZAÇÃO DE PASTAGENS COM  
LEGUMINOSAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO**

**PAULO FRANCISCO DIAS**

***Sob a Orientação do Pesquisador***

Avílio Antônio Franco

*e Co-orientação do Professor*

**Sebastião Manhães Souto**

Tese submetida como requisito  
parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Ciências** em  
Fitotecnia, Área de Concentração  
em Agroecologia

Seropédica, RJ  
Fevereiro de 2005

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

*Àquelas que me foram enviadas por Deus,  
para darem mais alegria à minha vida,  
que me encham de orgulho por serem, em especial,  
pacientes, companheiras, carinhosas, amorosas,  
que me estimularam e passaram a ser  
a maior razão para conclusão deste trabalho,  
às minhas filhas Liliane e Maira.*

*Aos meus pais Francisco e Aparecida pelo amor, ensinamentos,  
incentivos e apoio nos momentos difíceis,  
aconselhando-me a trabalhar o emocional e o racional e,  
desta forma concluir este trabalho.*

*À minha esposa, Neila pelo estímulo e apoio.*

***Dedico***

## AGRADECIMENTOS

À Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro – PESAGRO – RIO pela oportunidade e apoio para realização do curso.

Aos Docentes da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pelos ensinamentos transmitidos.

À Empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária – EMBRAPA pela ajuda de custo concedida.

Ao Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia/EMBRAPA por disponibilizar sua infra-estrutura para realização deste trabalho.

À Usina do Funil – FURNAS – Itatiaia – RJ, na Pessoa do Dr. Antônio Maia, Gerente de operações, por disponibilizar a infra-estrutura de produção de mudas e pessoal de apoio para auxiliar na implantação e acompanhamento das unidades nas propriedades no entorno da represa.

Aos produtores rurais Sr. Sérgio Amorim Rezende da Fazenda Santa Júlia e Sr. Luís Carlos Coutinho por disponibilizarem cada um 0,9 ha de área de pastagem em suas propriedades para realização do trabalho.

Ao Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Leite/EMBRAPA por disponibilizar 0,9 ha de área com pastagem no Campo Experimental de Santa Mônica para realização do trabalho.

À Estação Experimental de Seropédica- ABL/PESAGRO – RIO por disponibilizar 1,8 ha de área para a formação de pastagens utilizadas na realização deste trabalho.

Ao Sistema Integrado de Produção Agroecológica – SIPA (Fazendinha) por disponibilizar 2,4 ha de área com pastagens para a realização deste trabalho.

Ao pesquisador Dr. Avílio Antônio Franco da EMBRAPA/Agrobiologia pela orientação, amizade, respeito e valiosos ensinamentos.

Ao meu Conselheiro Acadêmico da EMBRAPA/Agrobiologia Dr. Sebastião Manhães Souto pela colaboração, convivência no dia-a-dia, amizade, companheirismo e respeito.

Aos pesquisadores da EMBRAPA/Agrobiologia Dr. Sérgio Miana de Faria, Dr. Eduardo Francis F. Campello, Dr. Segundo S. U. Caballeiro, Dr. Alex Silva de Resende, Dr. José G. M. Guerra, Dra. Maria E. F. Correia e EMBRAPA/Gado de Leite – Santa Mônica Dr. Marcos Junqueira; PESAGRO – RIO/Dr. Fabiano e Universidade Federal de

Lavras/Dr. Gudesteu Porto Rocha pelo apoio e valiosas sugestões.

Aos professores do Curso de Fitotecnia Dr. Antônio Carlos de S. Abboud, Dr. José C. Polidoro, Dr. Maurício Balesteiro e aos pesquisadores da EMBRAPA/Agrobiologia Dra. Janaína, Dr. Guilherme Chaer pela colaboração e orientação nas análises estatísticas dos dados para a conclusão deste trabalho.

Ao professor do Instituto de Ciências Humanas e Sociais (ICHS) da Universidade Federal Rural do Rio De Janeiro, João Luís Ferreira de Azevedo pela valiosa revisão do português em todo o trabalho redigido.

À Fundação de Amparo a Pesquisa da Universidade Rural – FAPUR por viabilizar alguns recursos gastos com despesas de combustível e alimentação, durante as viagens para coletas de dados nas áreas dos experimentos que fizeram parte na realização do trabalho.

Ao responsável pelo setor de Gestão e infra-estrutura Sr. Jair de Jesus Melo por não ter medido esforço no momento da liberação de veículos para conduzir a equipe até ao campo para coleta de dados.

Aos funcionários do Campo experimental da Embrapa/Agrobiologia Srs. Edilson Pedro de oliveira, José Pedro de Oliveira e Samuel Teles Almeida pelo apoio no preparo das mudas das leguminosas para plantio no campo e proteção das áreas experimentais através do aceiro feito com grade acoplada ao trator para evitar a entrada de fogo nas unidades implantadas na Fazendinha e PESAGRO – RIO/EES que fizeram parte do trabalho.

Aos funcionários da Usina do Funil Sra. Tânia Vieira Pereira Siqueira, Srs. José Márcio Ferreira da Costa e Devanil Moraes pelo apoio dado na liberação do barco, para transporte das mudas, plantio, acompanhamento e coleta de dados nas unidades implantadas nas propriedades no entorno da usina e que fizeram parte na realização do trabalho.

Ao Funcionário do Laboratório de Fauna de Solo da EMBRAPA/Agrobiologia Sr. Luís Antônio da Silva Jacintho pelo apoio na coleta e triagem do material para identificação da fauna em um experimento do trabalho realizado.

Aos funcionários do Laboratório de leguminosas da EMBRAPA/Agrobiologia Srs. Telmo Félix da Silva, Carlos Fernando da Cunha pela valiosa colaboração e apoio na condução de todas as atividades de campo realizadas para conclusão do trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de solos da EMBRAPA/Agrobiologia Srs. Selmo Oliveira de Souza, Altiberto Moreira Baeta, Roberto Grégio de Souza, Flávio Lages Júnior, Sidney Pacheco, Roberto Andrade Soares e o Funcionário da PESAGRO-RIO/EES Sr.

Almir da Costa Almeida pelo apoio no preparo das amostras para análises químicas de rotina para fertilidade do solo, parte aérea de forragem e abundância natural de  $^{15}\text{N}$ , efetuadas para conclusão do trabalho.

Aos funcionários da PESAGRO – RIO/EES Antônio Carolino, Carlos Roberto Dias, Geralcino Ribeiro dos Santos Neto, Jair Nascimento Silva, João Batista dos Santos, João de Oliveira dos Santos, Nilson Alves Ribeiro, Maurício Bernadino, Pedro Maurício, Sebastião dos Santos Gonçalves, Severino Luís Bernardo e Valdevino Rodrigues pelos valiosos apoio no momento do plantio das mudas e condução das unidades que fizeram parte do trabalho.

Aos estudantes do Curso de Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em estágio na PESAGRO – RIO/EES Anderson de Moura Zanine, Bernardo Magalhães Pereira, Gilberto de Lima Macedo Junior, Lilian Tavares Schimidt.

Aos estudantes de Pós-Graduação Joventino Fernandes Moreira e Graduação Khalil Menezes Rodrigues pelo apoio dado no uso dos programas estatísticos para análises dos dados e confecção de gráficos utilizados na discussão dos resultados do trabalho.

Aos funcionários da Biblioteca da PESAGRO – RIO/EES Maria do Socorro Menezes de Miranda e aos da EMBRAPA/Agrobiologia Dorimar dos Santos Félix, Jorge Álvaro Teixeira Motonio pelo apoio na correção das citações e referências Bibliográficas do trabalho.

Aos Funcionários da Equipe de informática da Embrapa agrobiologia Srs. Hugo R. Borges, Fernando L. Wyllie e Jaime L. Kessedjian pelo apoio para solucionarem problemas de ordem técnica e operacional com as máquinas.

E, finalmente, a todos que de alguma maneira direta ou indiretamente, contribuíram para a realização do trabalho.

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

Paulo Francisco Dias, filho de Francisco Dias e Maria Aparecida Dias, nasceu em Seropédica, Rio de Janeiro, aos 29 dias do mês de outubro de 1955.

Em março de 1980, ingressou na Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro, como estagiário responsável pelo setor de Campo na Área de Bovino de Leite da Estação Experimental de Seropédica/PESAGRO-RIO.

É Zootecnista, formado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ em março de 1983.

Em dezembro de 1983, foi admitido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro/PESAGRO-RIO para exercer a função de assistente técnico. Em maio de 1984 foi promovido a pesquisador.

Em julho de 1993, concluiu o Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração em Forragicultura e Pastagem pela Escola Superior de Agricultura de Lavras, ESAL.

Em fevereiro de 2005, concluiu o Curso de Doutorado em Fitotecnia, área de concentração em Agroecologia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS – GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

PAULO FRANCISCO DIAS

Tese submetida ao Curso de Pós – Graduação em Fitotecnia, área de concentração em Agroecologia, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciência em Fitotecnia.

**TESE APROVADA EM 25/02/05**

-----  
Avílio Antônio Franco. Ph.D. Embrapa Agrobiologia  
(Orientador)

-----  
Gudesteu Porto Rocha. Dr. UFLA

-----  
José Carlos Polidoro. Dr. UFRRJ

-----  
Maria Elizabeth Fernandes Correia. Dra. Embrapa Agrobiologia

-----  
Segundo Sacramento Urquiaga Caballero. Ph.D. Embrapa Agrobiologia



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>RESUMO GERAL .....</b>	<b>4</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>5</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Áreas Degradadas: Conceito e Extensão.....	6
2.2 A Leguminosa Arbórea Fixadora de Nitrogênio e Fungo Micorrízico na Produção da Pastagem.....	7
2.3 Recuperação e Arborização de Pastagens Degradadas .....	7
2.4 Sistema Planta - Animal.....	8
2.5 Os Sistemas Agroflorestais .....	9
2.6 Radiação Solar.....	11
2.7 Ciclagem de Nutrientes em Ecossistemas de Pastagens .....	12
2.8 Transferência de N da Leguminosa para Gramíneas Crescidas em Consórcio.....	13
2.9 Qualidade da Forragem em Pastagens Sombreadas.....	14
2.10 Conforto Animal em Pastejo.....	16
2.11 Densidade de Plantio.....	17
2.12 Produção Animal em Pastagens Arborizadas.....	18
2.13 Custo de Introdução das Mudanças de Espécies Arbóreas na Pastagem.....	19
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
3.1 Localização e Descrição das Áreas em Estudo .....	21
3.2 Climas.....	21
3.2.1 SIPA e PESAGRO/ABL.....	21
3.2.2 Resende.....	22
3.2.3 Fazenda Santa Mônica / Embrapa / CNPGL-Valença-RJ .....	23
3.3 Solo.....	24
3.3.1 Classificação dos solos .....	24
3.3.1.1 SIPA E PESAGRO/ABL .....	24
3.3.1.2 Resende.....	24
3.3.1.3 Fazenda Santa Mônica / Embrapa/CNPGL-Valença-RJ .....	24
3.3.2 Caracterização química dos solos .....	25
3.4 Características das Leguminosas Arbóreas Fixadoras de Nitrogênio Usadas nos Experimentos.....	25
3.4.1 <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Stend. ....	25
3.4.2 <i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth) Dugand.....	25
3.4.3 <i>Erythrina verna</i> Vell.....	26
3.4.4 <i>Mimosa tenuiflora</i> (Wild.) Poiret.....	26
3.4.5 <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth. ....	26

3.4.6 <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth) Brenan. ....	27
3.4.7 <i>Acacia holosericea</i> (Cunn. ex Don).....	27
3.4.8 <i>Acacia auriculiformis</i> (Cunn. ex Don) .....	27
3.4.9 <i>Mimosa artemisiana</i> (Heringer & Paula).....	28
3.4.10 <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong.....	28
3.4.11 <i>Erythrina poeppigiana</i> (Walpers) O. F. Cook .....	28
3.4.12 <i>Albizia lebbbeck</i> (L.) Benth .....	29
3.4.13 <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) de Wit (Mimosoideae) .....	29
3.4.14 <i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Steff. ....	29
3.4.15 <i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Fr. All. Ex Benth. ....	30
3.5 Espécies de Leguminosas Arbóreas não Fixadoras de N.....	30
3.5.1 <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng) Taub. ....	30
3.5.2 <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake.....	30
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>31</b>
<b>INTRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM PASTAGENS EXPOSTAS AO PASTEJO .....</b>	<b>31</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>32</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>33</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
2.1 Implantação dos Experimentos .....	36
2.2 Biometria das Leguminosas Arbóreas.....	36
2.3 Delineamento Experimental.....	37
2.4 Análise Estatística Univariada .....	37
2.5 Análise Estatística Multivariada.....	37
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>38</b>
3.1 1ª Fase: Estabelecimento das Leguminosas sem a Proteção das Mudas e sem a Presença dos Animais.....	38
3.2 2ª Fase: Desenvolvimento das leguminosas arbóreas em pastagens sem a proteção das mudas, na presença dos animais.....	39
3.3 Avaliação das Unidades Quanto à Biometria para Diâmetro do Caule e Copa e Altura das Plantas .....	39
3.4 Avaliação das Unidades de Acordo com o Percentual de Plantas Quebradas, Atacadas por Formigas, Pisoteadas, Pastejadas e Sobreviventes.....	40
3.5 Classificação das Espécies Quanto ao Desenvolvimento Médio do Diâmetro de Caule, Altura de Planta e Copa. ....	41
3.6 Classificação das Espécies Quanto aos Percentuais de Plantas Quebradas, Pastejadas e Sobreviventes no Período Experimental.....	44

3.7	Análise Multivariada.....	46
3.7.1	Análise de Fatores.....	47
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>52</b>
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>52</b>
	<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>53</b>
	<b>AVALIAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA COPA DE TRÊS LEGUMINOSAS ARBÓREAS NA PRODUÇÃO DO CAPIM SURVENOLA .....</b>	<b>53</b>
	<b>RESUMO.....</b>	<b>54</b>
	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>55</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>56</b>
<b>2.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>58</b>
2.1	Localização e Descrição da Área do Experimento.....	58
2.2	Implantação do Experimento .....	58
2.3	Delineamento Experimental.....	58
2.4	Determinações Biométricas e Coleta de Amostras da Parte Aérea das Espécies Arbóreas .....	59
2.5	Coletas e Determinação da Composição Química da Parte Aérea da Gramínea sob a Área de Influência das Copas das Leguminosas Arbóreas.....	59
2.6	Disponibilidade de Nutrientes no Solo Dentro e Fora das Áreas de Influência das Copas das Leguminosas Arbóreas.....	59
2.7	Transferência de Nitrogênio da Leguminosa para a Gramínea em Consórcio .....	60
2.8	Análise Estatística .....	60
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>61</b>
3.1	Avaliação da Disponibilidade de Forragem e Composição Química do Capim Survenola na Área de Influência da Copa de Três Leguminosas Arbóreas. ....	61
3.1.1	Rendimento de matéria seca do capim survenola.....	61
3.1.2	Teor e Acúmulo de N na Parte Aérea do Capim Survenola .....	64
3.1.3	Concentrações e acúmulos de P na parte aérea do capim survenola .....	66
3.1.4	Concentrações e acúmulo de K na parte aérea do capim survenola .....	67
3.1.5	Concentrações e acúmulo de Ca na parte aérea do capim survenola.....	69
3.1.6	Concentrações e acúmulo de magnésio na parte aérea do capim survenola.....	70
3.2	Composição Bromatológica das Leguminosas em Consórcio com o Capim Survenola .....	71
3.3	Contribuição de Três Leguminosas Arbóreas na Nutrição do Capim Survenola .....	72
3.4	Quantificação da Transferência do N Fixado por Leguminosas Arbóreas para Capim Survenola Crescida em Consórcio.....	75
3.4.1	Quantificação dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ ‰ na parte aérea do capim survenola .....	75

3.4.2	Transferência do N fixado pela Leguminosa Arbórea para o Capim Survenola	76
3.5	Efeito das Leguminosas Arbóreas na Disponibilidade de Nutrientes no Solo sob Pastagens de Capim Survenola	78
3.5.1	Disponibilidade de N no solo	78
3.5.2	Disponibilidade de P no solo	79
3.5.3	Disponibilidade de K no solo	80
3.5.4	Disponibilidade de Ca no solo	82
3.5.5	Disponibilidade de Mg no solo	83
3.5.6	Valores de pH no solo	84
3.5.7	Disponibilidade de Al <sup>3+</sup> no solo	85
3.5.8	Disponibilidade de carbono no solo	85
3.6	Correlações de Pearson entre Características do Solo e Propriedades Nutricionais da Gramínea	87
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>89</b>
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>89</b>
<b>CAPÍTULO III</b>		<b>90</b>
	<b>EFEITO DA INTRODUÇÃO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM PASTAGEM DE CAPIM SURVENOLA SOBRE A MACROFAUNA DO SOLO</b>	<b>90</b>
	<b>RESUMO</b>	<b>91</b>
	<b>ABSTRACT</b>	<b>92</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>93</b>
<b>2.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>95</b>
2.1	Descrição da Área	95
2.2	Clima	95
2.3	Descrição da Metodologia de Amostragem	96
2.4	Tratamento Estatístico dos Dados	96
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>98</b>
3.1	Densidade de Invertebrados	98
3.2	Indicadores de Diversidade da Macrofauna do Solo	101
3.3	Dendrograma Resultante da Análise de Cluster	102
3.4	Análise de Ordenamento	104
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>106</b>
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>106</b>
<b>4.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>107</b>

<b>5. ANEXOS .....</b>	<b>124</b>
------------------------	------------

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Avaliação das medidas dos parâmetros (altura, diâmetro do caule e copa, e sobrevivência) das espécies antes do período experimental, 1ª fase (Janeiro a Junho de 2002).....	38
<b>Tabela 2.</b> Avaliação do incremento da altura, diâmetro de caule e copa de leguminosas arbóreas introduzidas em pastagens sem a exclusão dos animais e sem proteção das mudas.....	39
<b>Tabela 3.</b> Avaliação do percentual de mudas quebradas, atacadas por formigas, pisoteadas, e sobrevivência durante o período experimental nas 7 unidades implantadas.....	40
<b>Tabela 4.</b> Classificação das espécies quanto ao incremento do diâmetro do caule e copa, e altura de leguminosas arbóreas introduzidas em pastagens sem a exclusão dos animais e sem a proteção das mudas. ....	43
<b>Tabela 5.</b> Classificação das espécies quanto às porcentagens médias de plantas quebradas, pastejadas e sobreviventes durante o período experimental. ....	45
<b>Tabela 6.</b> Dados dendrométricos, Pontos de amostragem ( $D3 =$ raio da copa e $ht$ : altura total das plantas) referentes às árvores de <i>D. nigra</i> , <i>E. contortisiliquum</i> , <i>P. dubium</i> aos 10 anos após o transplântio para o campo. ....	61
<b>Tabela 7.</b> Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas na produção de matéria seca (MS) ( $g.m^{-2}$ ) da parte aérea do capim survenola. (médias de três repetições no campo)....	62
<b>Tabela 8.</b> Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas no teor de N (%) e N total ( $g.m^{-2}$ ) (entre parênteses) acumulado na parte aérea do capim survenola. (médias de três repetições). ....	64
<b>Tabela 9.</b> Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de P ( $g.kg^{-1}$ ) e P total ( $g.m^{-2}$ ) (entre parênteses) acumulado na parte aérea do capim survenola (médias de três repetições). ....	66
<b>Tabela 10.</b> Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de K ( $g.kg^{-1}$ ) e K total ( $g.m^{-2}$ ) (entre parênteses) acumulado na parte aérea do capim survenola (média de três repetições). ....	68
<b>Tabela 11.</b> Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de Ca ( $g.kg^{-1}$ ) e Ca total ( $g.m^{-2}$ ) (entre parênteses) acumulado na parte aérea do capim survenola em consorciação (médias de três repetições). ....	69
<b>Tabela 12.</b> Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de Mg ( $g.kg^{-1}$ ) e Mg total ( $g.m^{-2}$ ) (entre parênteses) acumulado na parte aérea do capim survenola (Médias de três repetições). ....	70
<b>Tabela 13.</b> Concentrações de N, P, K, Ca e Mg nas folhas de três espécies de leguminosas arbóreas (Médias de três repetições) e condição nutricional. ....	71
<b>Tabela 14.</b> Real contribuição de três leguminosas arbóreas (duas fixadoras e uma não fixadora de nitrogênio) na nutrição do capim survenola, amostrados na metade = D2 e duas vezes = D5 o raio de projeção da copa. ....	73
<b>Tabela 15.</b> Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas na concentração de $\delta^{15}N$ ‰ na parte aérea do capim survenola (média de três repetições). ....	75
<b>Tabela 16.</b> Porcentagem de nitrogênio acumulado na gramínea oriundo das leguminosas	

em consórcio (médias de três repetições).....	77
<b>Tabela 17.</b> Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nos teores de N (%) no solo sob pastagem de capim survenola consorciado, nas profundidades de 0 - 5 e 5 - 20 cm (médias vindas de três repetições).....	78
<b>Tabela 18.</b> Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de P (mg.cm <sup>-3</sup> ) no solo sob pastagem de capim survenola consorciado nas profundidades de 0 - 5 e 5 - 20 cm <sup>3</sup> (médias de três repetições).....	80
<b>Tabela 19.</b> Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de K (mg.dm <sup>-3</sup> ) no solo sob pastagem de capim survenola consorciado nas profundidades de 0 - 5 e 5 - 20 cm (médias de três repetições).....	81
<b>Tabela 20.</b> Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de Ca (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ) no solo sob pastagem de capim survenola consorciado nas camadas de 0 - 5 e 5 - 20 cm (médias de três repetições).....	82
<b>Tabela 21.</b> Efeito de espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de Mg (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> ) no solo sob pastagem de capim survenola consorciado nas camadas de 0 - 5 e 5 - 20 cm (médias de três repetições).....	83
<b>Tabela 22.</b> Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nos valores de pH no solo sob pastagem de capim survenola consorciado nas camadas de 0 - 5 e 5 - 20 cm (médias de três repetições).....	84
<b>Tabela 23.</b> Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) no solo sob pastagem de capim survenola consorciado nas camadas de 0 - 5 e 5 - 20 cm (médias de três repetições).....	85
<b>Tabela 24.</b> Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nos teores de C (%) no solo sob pastagem de capim survenola consorciado nas camadas de 0 - 5 e 5 - 20 cm (médias vindas de três repetições).....	86
<b>Tabela 25.</b> Coeficientes de correlação de Pearson entre características químicas do solo e a produção, a concentração dos nutrientes na parte aérea do capim survenola em consórcio com três leguminosas arbóreas.....	87
<b>Tabela 26.</b> Densidades da fauna de solo na camada de 0 - 30 cm sob pastagem de capim survenola com três leguminosas, expressas em número de indivíduos.m <sup>-2</sup> com respectivo erro padrão, Índice de Shannon, Riqueza total e média expressa em número de grupos por tratamento e Uniformidade.....	98

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Dados climáticos, temperaturas médias (máximas e mínimas) e precipitações nos meses de Julho a Dezembro 2001, Janeiro a Dezembro 2002, Janeiro a dezembro de 2003, no período de estudo em Seropédica. ....	22
<b>Figura 2.</b> Dados climáticos: temperaturas médias (máximas e mínimas) e precipitações nos meses de Julho a Dezembro 2001, Janeiro a Dezembro 2002, Janeiro a Outubro de 2003, no período de estudo em Itatiaia-RJ .....	23
<b>Figura 3.</b> Dados climáticos: temperaturas (máximas e mínimas) médias e precipitações nos meses de Julho a Dezembro 2001, Janeiro a Dezembro 2002, Janeiro a Outubro de 2003, no período de estudo em Valença-RJ .....	24
<b>Figura 4.</b> Entrada dos animais em uma das unidades montadas em Seropédica (A, B, C), Valença (D, E, F), Itatiaia (G, H) .....	42
<b>Figura 5.</b> Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise de fatores (AF) para as médias de tratamentos. Eixo I ou Fator 1: 78 % da variância explicada; Eixo II ou Fator II:14,6 % da variância explicada. Losangos indicam pontos-tratamentos (espécies). As letras (a – alto pastejo, b – moderado pastejo, c – médio pastejo, d – baixo pastejo) indicam classificação das espécies quanto à intensidade do pastejo. ....	48
<b>Figura 6.</b> Espécies (I, J, K) muito pouco relacionadas com pastejo apresentando alto crescimento e sobrevivência.....	49
<b>Figura 7.</b> Espécie servindo de sombra para os animais no final de três anos.....	49
<b>Figura 8.</b> Espécies com alta susceptibilidade ao pastejo e crescimento médio e alta sobrevivência no período experimental.....	50
<b>Figura 9. A e B :</b> Composição relativa da macrofauna de solo, em cada consórcio (capim survenola x leguminosas arbóreas) e capim survenola solteiro (A) e excluindo-se o grupo Formicidae (B).....	99
<b>Figura 10.</b> Dendrograma resultante da análise de agrupamento realizada com os tratamentos estudados Pasto (capim survenola), Pelt ( <i>P. dubium</i> ), Dalber ( <i>D. nigra</i> ), Enter ( <i>E. contotisiliquum</i> ). ....	103
<b>Figura 11.</b> Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise de fator por correspondência (AFC) para densidades médias dos grupos funcionais em uma coleta. Eixo I: 54 % da variância explicada: o Eixo II: 34 % da variância explicada. Δ - indica pontos variáveis grupos da fauna. elipse – indica pontos - tratamentos .....	104



## ÍNDICE DE QUADRO

<b>Quadro 1.</b> Características químicas dos solos nas sete unidades antes da implantação dos experimentos.....	25
--	----

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Na classificação mundial dos principais países produtores de leite, o Brasil, até o ano de 2000 ocupava a 6ª posição com 19,7 bilhões de litros para 17,8 milhões de vacas ordenhadas, com produtividade de 1.105 litros.vaca<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. No ranking da produção anual de leite por estado no Brasil, o Rio de Janeiro ocupava o 8º lugar com 469 milhões de litros, sendo a produtividade de 1.196 litros/vaca, e consumo per capita de 33 litros/hab e capacidade produtiva de 10.675 litros.km<sup>-2</sup> (ZOCCAL, 2002).

Os cálculos feitos pelo Ministério da Segurança Alimentar de combate a fome indicam uma demanda de 3 milhões de hectares a mais para a produção de leite para atender às necessidades da população carente do país. Entretanto, os baixos índices técnicos do setor leiteiro brasileiro, como produtividade aproximada de 1105 kg.vaca<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de leite evidenciam que, com aumento de aproximadamente 30 % desta pelo rebanho nacional atual (17,5 milhões de vacas) para 1400 kg.vaca<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de leite, podem ser atendidas as necessidades de consumo sugeridas pelo Ministério, sem acréscimo na área a ser explorada com a pecuária leiteira (AROEIRA, 2003).

O baixo potencial produtivo da maioria das pastagens, inclusive nas principais bacias produtoras de leite do país, constitui uma das principais limitações da produção de leite do rebanho bovino leiteiro brasileiro. A produtividade das pastagens brasileiras é limitada devido, principalmente, à carência de nitrogênio, fósforo e potássio, nutrientes que mais limitam a produção. Outro fator limitante refere-se à estacionalidade anual de produção de forragem (AROEIRA, 2003).

Portanto, torna-se evidente que o aumento da produção de leite é imprescindível e urgente para atender diretamente ao Programa fome zero e, indiretamente, à geração de emprego, qualidade de vida e a fixação do homem no campo. Porém, deve-se estar atento para que este aumento da produtividade por meio da intensificação da exploração não venha a agredir mais ao meio ambiente.

A exploração racional dos recursos naturais produtivos passou a ter maior destaque e importância nos últimos anos, em virtude da crescente preocupação mundial com a preservação/conservação do meio ambiente.

MACEDO & CAMARGO (1994) relataram que o mundo tinha perdido, até a metade do século passado, um quinto das florestas tropicais e uma quinta parte da superfície terrestre cultivável e que, a cada ano, são perdidos 20 milhões de hectares de florestas e 25 milhões de toneladas de húmus por efeito de erosão, desertificação e salinização do solo.

A utilização desta prática tem tido efeitos drásticos, pois, além da eliminação direta de praticamente todos os animais que vivem na superfície do solo, a eliminação da serapilheira elimina a fonte de alimento para alguns organismos vivos e destrutura o habitat, contribuindo para o desaparecimento destes organismos. São esses organismos do solo, microrganismos e invertebrados, os responsáveis pela decomposição e ciclagem de nutrientes. Sem alimento e sem habitat, a recolonização quando ocorre é lenta e restrita a poucos grupos, dessa forma afetando o crescimento vegetal que depende da liberação de nutrientes de vital importância para manutenção da produção vegetal e animal.

O avanço da agricultura de monocultivo e da pecuária em busca de novas áreas para plantio e formação de pastagens, em várias regiões do Brasil e do mundo, é considerado uma das principais fontes causadoras de degradação dos recursos naturais, decorrente de técnicas agrícolas inadequadas e incompatíveis com o desenvolvimento sustentável. Na maior parte do Brasil a formação das pastagens, geralmente está sendo feita após esgotamento do solo com culturas anuais. Por outro lado, na Amazônia e em algumas partes do cerrado, as pastagens estão sendo formadas em áreas de florestas, utilizando queimadas, seguidas de plantio de culturas anuais, e no segundo ano é feita a semeadura das forrageiras.

A pecuária necessita utilizar melhor as tecnologias disponíveis existentes e dispor de investimento para promover e incorporar as áreas já exploradas, adaptando-as às condições ecológicas locais, transformando-as em atividade produtiva sustentável.

Inserido neste contexto, os sistemas agroflorestais quando explorados de maneira planejadas, podem ser uma alternativa viável na recuperação e sustentabilidade destas áreas.

Os benefícios que as árvores exercem sobre o agrosistema sem visar rendas adicionais provenientes diretamente das mesmas, são denominados serviços ambientais (VEIGA & SERRÃO, 1990) e são decorrentes da sombra proporcionada aos animais, da reciclagem da biomassa produzida pela biota do solo, da conservação do solo e dos efeitos muitas vezes variados, na produção e qualidade da forragem, ocasionadas, principalmente, pela interceptação da radiação solar e formação de microclima favorável ao crescimento das forrageiras. Além disso, quando as árvores formam simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, as pastagens podem ser beneficiadas com incorporação de quantidades consideráveis de nitrogênio ao sistema. Adicionalmente, algumas espécies são também forrageiras, podendo suplementar a alimentação animal nos períodos de escassez de alimento.

A principal vantagem destes sistemas, em comparação com os monocultivos de forrageiras, é o aproveitamento mais eficiente dos recursos naturais, principalmente pela otimização do uso da energia solar através da multiestratificação diferenciada de espécies, reciclagem de nutrientes, manutenção da umidade do solo, proteção do solo contra a erosão e a lixiviação, conforto e melhor desempenho animal resultando em sistemas potencialmente mais produtivos e mais sustentáveis.

A conveniência da introdução de árvores nas áreas de pastagem é enfatizada pela pesquisa. Principalmente em função dos benefícios aos animais, decorrentes de amenização do clima (extremos quentes ou frio), sombreamento, proteção do solo, melhoria nutricional das pastagens e do importante papel na complementação alimentar dos rebanhos (FLINTA, 1960; COZZO, 1976; ENCARNAÇÃO & KOLLER, 1986).

Para o sucesso destes sistemas são ainda necessários estudos de espaçamento das árvores, identificar espécies de gramíneas e leguminosas forrageiras com potencial para crescimento sob árvores; identificar mais espécies de leguminosas arbóreas com capacidade de estabelecer no meio da pastagem sem a exclusão dos animais; levantar as comunidades edáficas como indicadores de qualidade do solo sob pastagens dentro e fora da área de influência da copa das leguminosas arbóreas; avaliar física e economicamente o componente animal, levando em consideração os fatores usuais de manejo de pastagem e estimular a multidisciplinariedade entre profissionais das áreas de floresta, zootecnia, agronomia, ecologia, economia, entre outros.

A presente proposta de trabalho tem como objetivos: a) avaliar a capacidade de leguminosas arbóreas de se estabelecerem em pastagens sem a proteção das mudas sob diferentes manejos; b) selecionar espécies de leguminosas, mais adequadas para arborização de pastagens; c) avaliar a contribuição da leguminosas arbórea no rendimento e qualidade da gramínea e nas comunidades da macrofauna do solo e características químicas do solo como indicadores dos efeitos das espécies arbóreas sobre as espécies forrageiras.

## RESUMO GERAL

DIAS, Paulo Francisco. **Importância das leguminosas fixadoras de nitrogênio na arborização de pastagens**. Seropédica-RJ: 2005. 128 f. (Tese, Doutor em Ciências, UFRRJ, I. A. Departamento de Fitotecnia).

As leguminosas arbóreas podem ser uma alternativa viável na recuperação das áreas de pastagens degradadas, como suplementos de nitrogênio e outras funções as quais diminuem os impactos da atividade no ambiente. Este estudo foi desenvolvido em três capítulos e teve como objetivos gerais: selecionar espécies de leguminosas para arborização de pastagens; avaliar a introdução de leguminosas arbóreas em pastagens sem a proteção das mudas; avaliar a contribuição da leguminosa arbórea fixadora de nitrogênio no rendimento, qualidade da gramínea, nas características e nas comunidades da macrofauna do solo e disponibilizar alternativas para a adoção da prática de arborização de pastagens. Para a realização destes estudos, foram instalados experimentos de campo em áreas de pastagens de Braquiária marandu e Tifton 85, localizadas no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA – Fazendinha), Área de Bovino de Leite da PESAGRO/EES e Produtores Rurais, localizados próximos à represa do Funil/FURNAS - Itatiaia - RJ. As mudas das espécies utilizadas foram preparadas no viveiro do Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, localizado em Seropédica – RJ. O grupo formado pelas leguminosas *Mimosa artemisiana*, *Acacia holosericea*, *Mimosa tenuiflora*, *Pseudosamanea guachapele*, *Acacia auriculiformis*, *Mimosa caesalpinifolia* e *Enterolobium contortisiliquum* apresentaram potencial para serem introduzidas em pastagens de capim Braquiária e Tifton 85, sem que houvesse necessidade de proteção das mudas. O capim Survenola apresentou maior produção de biomassa e acumulação de nutrientes sob a copa das árvores, deixando de ser afetada além de 2 vezes a projeção da copa das árvores. A transferência de N das espécies arbóreas para a gramínea está entre 0 e 30 %, sendo maior na área de projeção da copa e, praticamente nula, 2 vezes além da projeção da copa. A espécie *E. contortisiliquum* revelou-se promissora em melhorar a fertilidade do solo e simultaneamente em melhorar qualidade nutricional da forragem na área de influência de sua copa e aumentar as quantidades de N, P, K, Ca e Mg produzidos por m<sup>2</sup>. A presença das leguminosas, quer fixadora ou não fixadora de N<sub>2</sub> contribui para o aumento da riqueza de determinados grupos da fauna de solo, principalmente (Oligochaeta, Coleoptera, Aranae e Formicidae). A leguminosa *Pelthophorum dubium*, por apresentar menor desenvolvimento, provavelmente por não ser fixadora de N<sub>2</sub> atmosférico, proporcionou condições favoráveis para a dominância do grupo Formicidae em relação aos outros dois ecossistemas, formados com as leguminosas fixadoras de nitrogênio, como observado na pastagem fora das áreas de influência da copa das árvores.

**Palavras chave:** Agrofloresta, Ciclagem de nutrientes, Fauna de solo, Sustentabilidade de pastagens, Nutrição de pastagem

## ABSTRACT

DIAS, Paulo Francisco. **Importance of the nitrogen-fixing legume trees on pastures.** Seropédica: 2005. 128 f. (Tesis, Doctor of Science, UFRRJ, I. A. Departamento de Fitotecnia).

The leguminous trees can be a viable alternative in the recovery of degraded pastures areas, as suppliers of nitrogen and other functions which lessen the impacts of the activity on the environment. Currently, there is a very strong link to environmental management for this activity, the ecological and economic potential of the areas in study are the principal determining factors for their distribution and level of adoption. This being the case, the work had as general objectives: to select species of leguminous trees for planting in pastures; to evaluate the introduction of leguminous trees in pastures without protection of the transplants; to evaluate the contribution of nitrogen-fixing leguminous trees to the yield, quality of grass, on the characteristics of communities of soil macrofauna and, availability of alternatives for the adoption of the practice of tree planting in pastures. In order to conduct these studies, field experiments were set up in pastures of *Brachiaria brizantha* cv Marandu and *Cynodon* sp. Tifton 85, located in the Integrated System of Agroecology Production (ISAP – Organic farm), Dairy Cow Area of PESAGRO/EES and rural producers located next to the Funil/FURNAS dam – Itatiaia, RJ. Transplants of the species utilized in the experiments were prepared in the Experimental Field nursery of Embrapa Agrobiologia, located in Seropédica, RJ and in the cities where the experiments were conducted. The group made up of the leguminous trees *M. artemisiana*, *A. holosericea*, *M. tenuiflora*, *P. guachapele*, *A. auriculiformis*, *M. caesalpiniifolia* and *E. contortisiliquum* showed potential for being introduced in pastures of the forage grasses Braquiária and Tifton 85, without having the need for protection of the transplants. The introduction of trees in pastures shows great potential for providing and maintaining the nutritional quality of forage under the conditions that were studied. Shade had a positive effect on the production of dry mass and nutrient content of the Survenola grass (*Digitaria setivalva* X *Digitaria valida*). According to tree heights and the chosen tree species, the distance of 2 times the projection of the canopy was not influenced by the tree. The transfer of N from the tree species is between 0 and 30%, being the greatest in the area of the projection of the canopy, and practically null at 2 times the projection of the canopy. The species *E. contortisiliquum* proved to be promising in improving soil fertility, and simultaneously providing a better nutritional quality of forage in the area of influence of its canopy and greater quantities of N, P, K, Ca and Mg produced per m<sup>2</sup>. The presence of legumes, whether or not they fix N<sub>2</sub>, contributes to the increase in richness of certain groups of soil fauna, principally (Oligochaetas, Coleoptera, Araneae and Formicidae). For the legume *P. dubium*, which showed the least amount development, not be a N<sub>2</sub>-fixing species provided favourable conditions for the dominance of the formicidae group in relation to the other two ecosystems with nitrogen-fixing legumes, as observed in the pasture outside of the influences of the canopy of the trees.

**Key Words:** Agroforestry, Nutrient cycling, soil fauna, pasture sustainability, pasture nutrition

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Áreas Degradadas: Conceito e Extensão

Segundo CARPANEZZI et al. (1990), um ecossistema degradado é aquele que sofreu alterações resultando em perda da cobertura vegetal e dos meios de regeneração bióticos (banco de sementes e de plântulas e rebrota). Para LAL & STEWART (1992), a degradação do solo implica na redução da sua capacidade produtiva, resultante de uso intensivo, causando mudanças e promovendo alteração nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, estando as principais causas da degradação relacionadas ao desmatamento, métodos de cultivos, sistemas agrícolas e agropecuários, uso de agroquímicos etc.

No conceito de FRANCO & CAMPELLO (2001), a degradação pode ser provocada por perturbação do solo, causada por ações naturais como vento, fogo, terremoto, queda de árvores e enchentes, onde a perda da matéria orgânica é pequena e a resiliência natural do sistema geralmente se encarrega da recuperação, ou por ação antrópica quando há intensa perda de matéria orgânica do solo. Segundo os autores, a degradação associada com grande perda de matéria orgânica é a mais séria, devido aos nutrientes a ela associados. Neste caso a revegetação fica condicionada a uma correção da deficiência destes nutrientes, juntamente com o uso de espécies arbóreas que formam simbiose com bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos.

Áreas degradadas, no conceito geral, podem ser formadas por solos degradados (manejo inadequado, desmatamento, áreas irrigadas salinizadas, erosão, etc.), depósito de rejeitos industriais, jazidas de mineração, etc.

Em cada situação, os prejuízos para o ecossistema podem ser diferentes, como perda de solo, baixa produtividade, contaminação de mananciais, desmoronamento de encostas, poluição do solo, geração de poeira e conseqüente poluição do ar, assoreamento de rios e cursos d'água, etc. Entretanto, o fato comum em todas essas situações é a perda da matéria orgânica do solo.

O estabelecimento de árvores em áreas degradadas promove o incremento de C-CO<sub>2</sub> ao solo pela via fotossintética, favorecendo a ação de microrganismos que irão contribuir para a formação de simbioses radiculares, promovendo a melhora no estado nutricional e tolerância da planta hospedeira às condições de estresse a que estiver submetida (SIQUEIRA et al., 1994). Como algumas leguminosas têm sistema radicular com capacidade de retirar nutrientes de camadas mais profundas do solo, a acumulação e a ciclagem do N são os mais importantes fatores para o desenvolvimento de vegetação em áreas degradadas (COPPIN & BRADSHAW, 1982).

## 2.2 A Leguminosa Arbórea Fixadora de Nitrogênio e Fungo Micorrízico na Produção da Pastagem

O plantio de árvores, especialmente espécies da família leguminosae, pode favorecer a melhoria do solo sobre o qual se desenvolvem (FISHER, 1990). As espécies arbóreas fixadoras podem aumentar o conteúdo de N do solo, pela fixação do N<sub>2</sub> da atmosfera, através da associação simbiótica com bactérias diazotróficas.

A fixação de N<sub>2</sub> é dependente da espécie hospedeira e do rizóbio, no entanto pode ser limitada por fatores como o pH do solo, toxidez de alumínio, manganês, deficiência de cálcio, fósforo, molibdênio etc., estresse hídrico ou temperaturas elevadas (SIQUEIRA & FRANCO 1988; BORDELEAU & PRÉVOST, 1994). O sistema radicular das espécies arbóreas lhes permite acumular nutrientes de um grande volume de solo o qual será retornado ou redistribuído por toda a superfície via material formador de serapilheira, aumentando a sua fertilidade. O aumento da matéria orgânica também poderá ser obtido, proporcionando a melhoria das condições físico químicas e biológicas do solo (CARVALHO, 1998).

Muitas espécies arbóreas possuem a capacidade de explorar um grande volume de solo pela maior extensão do sistema radicular e por se associarem com fungos micorrízicos. Esta associação simbiótica com fungos micorrízicos forma uma bainha em volta da raiz (ectomicorrizas) ou penetra na raiz e formam hifas que se expandem no solo (endomicorrizas), aumentando efetivamente a superfície da raiz e possibilitando a exploração de um maior volume de solo pela planta. A infecção com fungos micorrízicos é particularmente importante em condições de pobreza em nutrientes, e particularmente de fósforo (COPPIN & BRADSHAW, 1992).

Além dos fatores bióticos, climáticos e de fertilidade do solo, que limitam a fixação de N<sub>2</sub>, a presença de fungos micorrízicos pode melhorar as condições para maior fixação de N<sub>2</sub> atmosférico. Há uma relação positiva entre a fixação de N<sub>2</sub> e a micorrização, o que é atribuído a uma melhoria do estado nutricional de fósforo da planta hospedeira. Este efeito justifica a importância da seleção conjunta de rizóbio e fungo micorrízico para leguminosas tropicais utilizadas em revegetação e arborização (FRANCO et al., 1991, 1995).

Segundo CREWS (1993), a fixação biológica de nitrogênio por organismos simbióticos ou de vida livre, a mineralização do nitrogênio da matéria orgânica e a habilidade das plantas em recuperarem o N mineral do solo são processos fortemente influenciados e potencialmente limitados pelo “pool” de fósforo biologicamente ativo. O fósforo biologicamente ativo é, portanto, o fator que controla a produção de biomassa (COLE & HEIL, 1981).

## 2.3 Recuperação e Arborização de Pastagens Degradadas

A recuperação consiste, inicialmente, em adicionar ao solo mais matéria orgânica do que é mineralizada. Nesta fase é importante o uso de espécies que adicionam C e N ao sistema, além de fornecer material formador de serapilheira com decomposição lenta, como o observado em plantios de *Acacia mangium* (FROUFE, 1999).

Para manter a sustentabilidade dos sistemas naturais ou dos sistemas produtivos, a taxa de adição deve ser pelo menos igual à taxa de mineralização da matéria orgânica,



sincronizada com a liberação de nutrientes para atender a demanda da cultura de interesse econômico, como observado em plantio de *Pseudosamanea guachapele* beneficiando o crescimento da espécie em consórcio, no caso o eucalipto (FROUFE, 1999; BALIEIRO et al., 1999)

Nas áreas de relevo acidentado que ocorrem na Região Sudeste do Brasil, os solos mais representativos são ácidos de baixa fertilidade natural, com maior ocorrência de Argissolo-Vermelho-Amarelo. Esses solos apresentam acentuadas deficiências de fósforo que limitam o crescimento da forrageira, principalmente, na fase de estabelecimento, e deficiência de nitrogênio e de potássio limitando a produtividade de forrageiras após o estabelecimento (CARVALHO & CRUZ FILHO, 2000).

Como a produtividade e persistência dessas pastagens dependem de uma fonte de nitrogênio, a integração com leguminosas arbóreas fixadora de N<sub>2</sub> atmosférico pode constituir-se em opção viável para aumentar a disponibilidade desse nutriente no solo.

Segundo alguns autores, CARVALHO et al., (1977); CASTRO et al., (1999) citados por CARVALHO et al. (2001), as áreas montanhosas reúnem algumas das condições necessárias para se obter maiores benefícios da associação de pastagens cultivadas com árvores: os solos predominantes são deficientes em nitrogênio, as árvores podem atuar no controle da erosão, existem gramíneas forrageiras adaptadas a essas condições e que apresentam tolerância ao sombreamento moderado como as espécies do gênero *Brachiaria*, e existem leguminosas arbóreas de crescimento rápido com estrutura de copa adequadas para integração com pastagens. CARVALHO et al. (2001) indicam como leguminosas de potencial elevado para este sistema as espécies exóticas *Acacia mangium*, *A. auriculiformis* e *A. angustissima*, e a nativa *Mimosa artemisiana*. Relatam ainda que um modelo de sistema silvipastoril, visando promover o melhoramento da fertilidade e a conservação do solo, deverá oferecer atrativos econômicos que facilitem sua adoção pelos produtores.

O atrativo econômico nesse sistema silvipastoril advém dos seguintes aspectos: a) inclusão de espécies para produção de madeira, celulose, ou moirões para cerca, etc.; b) maior oferta de forragem ao longo do ano, resultante das contribuições das leguminosas forrageiras arbóreas em amenizar estresses ambientais para as herbáceas, além do esperado efeito das árvores sobre a qualidade das mesmas; e c) redução no uso de insumos, como fertilizantes e concentrados. Esse sistema não prevê o uso de fertilizantes nitrogenados, porém a aplicação de P e K, principalmente na fase de estabelecimento favorece o estabelecimento das mesmas. A adubação via espécie arbórea permite ainda, uso mais eficiente dos adubos que podem ser aplicados de forma concentrada junto as mesmas, sendo posteriormente adicionadas às espécies herbáceas na forma do material orgânico proveniente das árvores.

## 2.4 Sistema Planta - Animal

A produção de uma pastagem deve ser interpretada como uma inter-relação de fatores que envolvem dois sistemas biológicos básicos: a pastagem e o animal (SPEDDING, 1965; MATCHES, 1970). Qualquer outro fator que influencie um dos sistemas afetará o desempenho animal e o rendimento da pastagem por unidade de área. O desempenho animal depende da quantidade e qualidade da forragem produzida e sua conversão quando consumida pelo animal.

A presença do animal sobre a pastagem impõe taxas diferentes de produção de matéria seca, devido aos efeitos da compactação do solo, desfolhação desuniforme e pisoteio (BLASER, 1966). A forma de distribuição de fezes e urina também pode afetar de forma diferenciada o crescimento das pastagens (BLASER, 1966; GARDNER, 1967).

A contínua remoção de folhas pelo animal em pastejo tem um profundo efeito na capacidade fotossintética das folhas remanescentes. Em pastagens mantidas continuamente com baixo índice de área folhear (IAF), as novas folhas são produzidas sob alta luminosidade, sem serem sombreadas pelas folhas mais velhas e, desta forma, possibilitando alta capacidade fotossintética (WOLEDGE 1977). Entretanto, em altas taxas de lotação, muitas folhas são removidas ainda jovens ou mesmo ainda na fase de expansão. Assim, uma proporção importante das folhas fotossinteticamente mais eficientes são removidas e a fotossíntese do dossel foliar diminui progressivamente com o aumento da intensidade de desfolhação (PARSONS et al., 1983; KING et al., 1984).

Já que o homem pode intervir para determinar a condição ideal e as modificações subsequentes que ocorrem na pastagem pelo controle do tipo e número de animais e dos outros fatores, a pastagem deve ser vista como o eixo de referência para o sistema. Outros fatores que também afetam o desempenho animal podem ser considerados condicionantes da resposta animal (LUCAS, 1962). Lotação, pressão de pastejo e capacidade de suporte são expressões largamente usadas pela pesquisa no manejo de pastagens, especialmente em experimentos de pastejo.

BODDEY et al. (2000) trabalhando com *Brachiaria humidicola* em monocultura e em consórcio com a leguminosa forrageira *Desmodium ovalifolium*, sob pastejo contínuo de gado (novilhos azebuados) a três taxas de lotação; 2, 3 e 4 cabeças. ha<sup>-1</sup>, através das folhas senescentes (liteira) das forrageiras, observaram o efeito do aumento da taxa de lotação animal na partição de nutrientes entre aqueles reciclados eficientemente no material vegetal senescido e excretado pelos animais que são sujeitos a perdas do sistema solo/planta/animal. Os mesmos autores mostraram que dobrando a taxa de lotação de 2 para 4 cabeças.ha<sup>-1</sup>, quase dobrou a perda de N do sistema de 35 para 60 kg N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Comparando sistemas de manejo, MCMEEKAN e WALSHE (1963) consideraram a lotação como um instrumento poderoso, influenciando a eficiência da conversão da pastagem em produto animal por hectare. Por outro lado, CONWAY (1965) verificou que, com alta lotação, os animais encontravam forragem suficiente apenas no período de maior crescimento da pastagem, enquanto que, com baixas lotações, a produção de forragem era suficiente para atender as exigências dos animais durante todo o ano.

## 2.5 Os Sistemas Agroflorestais

O interesse relativamente recente nos sistemas agroflorestais (SAFs), principalmente em áreas tropicais e subtropicais, significa uma busca de sustentabilidade para sistemas agrícolas, em resposta aos problemas de redução na produtividade, degradação ambiental e desvalorização da terra em áreas de pastagens e de cultivos, fatos que têm se agravado nas últimas décadas.

Entre os SAFs, os sistemas silvipastoris têm grande potencial de contribuir para reverter o avanço de áreas degradadas, uma vez que a arborização de pastagens proporciona muitas vantagens, principalmente se forem utilizadas forrageiras tolerantes ao sombreamento, e leguminosas arbóreas que tenham a capacidade de fixar nitrogênio do ar

em densidade e estrutura de copa que determine apenas o sombreamento moderado da pastagem.

A principal motivação para adoção de sistemas agroflorestais, ou especificamente silvipastoris, é a perspectiva de recompor em parte o ambiente natural e a biodiversidade das áreas hoje exploradas em monocultivos ou com pastagens degradadas ou em vias de degradação. Na escolha de um dos SAFs para exploração, a obtenção de maiores proveitos de natureza sócio-econômica é uma contrapartida a ser levada em conta ao se reconhecer que sistemas bem planejados são mais produtivos e sustentáveis.

Quando essas associações envolvem espécies arbóreas, com cultivos agrícolas ou pastagens, são genericamente denominadas de sistemas agroflorestais. Quando a associação é entre árvores, pastagens, com animais em pastejo, e as árvores são exploradas com objetivo econômico, o sistema de exploração é denominado de silvipastoril. Quando a combinação é de árvores, cultivos anuais ou temporários e pastagens o sistema é chamado de agrosilvipastoril (PEREIRA & REZENDE, 1997).

Os sistemas silvipastoris podem ser classificados em eventuais e verdadeiros, quando são chamados de permanentes (VEIGA & SERRÃO, 1990). Nos eventuais, a associação de árvores e pastagens com animais em pastejo é somente na fase de estabelecimento das árvores. Nesses sistemas, o estrato herbáceo, formado por leguminosas ou gramíneas, espontâneas ou estabelecidas com o objetivo de cobrir o solo, são pastejadas pelo gado até o momento em que o desenvolvimento das árvores e fechamento das copas não constituem uma limitação para o crescimento das forrageiras. Nos sistemas eventuais, a produção animal só é explorada na fase de estabelecimento das árvores. São exemplos desses sistemas, os cultivos florestais com espécies do gênero *Pinus* (ANDERSON et al., 1988), seringueira, dendê e coco (THOMAS, 1978; SENA GOMES, 1991) encontrados em ecossistemas tropicais úmidos ou subúmidos. O pastejo dos animais pode ainda ter a função de controlar “invasoras” e reduzir o risco de incêndios, pela redução do acúmulo de material seco e estímulo da rebrota conforme vem sendo preconizados em cultivos de eucaliptos (COUTO et al., 1994).

Nos sistemas silvipastoris verdadeiros, árvores e pastagens são planejadas desde o início para serem integrantes permanentes do sistema. Para isso, o componente arbóreo em espaçamento adequado e a forrageira são selecionados, tendo em vista seus atributos morfo-fisiológicos que lhes conferem melhor tolerância às restrições abióticas e às pressões de pastejo, de modo a reduzir a possibilidade de supressão de um em benefício do outro. É comum neste sistema, durante a fase de estabelecimento do componente arbóreo, o plantio de cultivos anuais (milho, feijão, etc.), para reduzir o custo de implantação subsequente da pastagem, e protelar o pastejo até quando a altura das árvores possibilite a entrada dos animais sem que elas sofram danos. Em pastagens estabelecidas, as mudas arbóreas geralmente já desenvolvidas têm sido introduzidas na pastagem e protegidas contra os possíveis danos causados pelos animais, dessa forma onerando o custo da atividade em 9 a 10% (MONTROYA & BAGGIO, 1991). Nestes sistemas, ambos, produção animal e florestal, são explorados em forma conjunta por longos períodos. Nos sistemas de produção de leite convencional, embora o pasto seja a forma mais econômica de produzir leite, carne, ou lã a situação está insustentável, pois o adubo nitrogenado de forma solúvel, o produtor já não pode mais comprá-lo, pois o preço do leite não compensa o investimento e é o subproduto de um recurso natural não renovável que é o petróleo. Já nos sistemas

silvipastoris, as leguminosas arbóreas além de contribuírem com o N<sub>2</sub> oriundo da atmosfera para o sistema via FBN, estas externalizam outros serviços ambientais, sociais e econômicos.

## 2.6 Radiação Solar

Nos sistemas silvipastoris, o estrato arbóreo é o mais favorecido na competição por luz, ficando a persistência do herbáceo (forrageiras) dependente da sua adaptação fisiológica a menores intensidades luminosas, controladas pela densidade de plantio e pela natureza do dossel foliar do componente arbóreo e das condições de fertilidade do solo.

Gramíneas e leguminosas diferem entre si quanto à adaptação a diferentes intensidades luminosas. As leguminosas, por possuírem mecanismos fotossintéticos do tipo C<sub>3</sub>, seriam fisiologicamente mais adaptadas às baixas intensidades luminosas e, conseqüentemente, mais recomendadas para comporem o estrato inferior dos sistemas silvipastoris. Desta forma, as leguminosas Kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*), Calopogonio (*Calopogonium mucunoides*) e Centrosema (*Centrosema pubescens*), apresentam bom desempenho quando utilizadas como cobertura viva em cultivos perenes, tais como a seringueira (*Hevea* spp) e o dendê (*Elaeis* spp) (THOMAS, 1978, SENA GOMES, 1991), podendo serem pastejadas em caráter eventual ou temporário.

Alguns ensaios onde a radiação solar foi controlada têm comprovada tolerância à sombra das leguminosas, *Centrosema* spp e *Stylozanthos guyanensis* (ERIKSEN & WHITNEY, 1981, MACHADO, 1990).

Quanto às gramíneas tropicais, por terem em sua maioria mecanismo fotossintético do tipo C<sub>4</sub>, são mais adaptadas a elevadas intensidades luminosas, esperando-se, portanto, redução no seu crescimento e conseqüentemente na disponibilidade de forragem, quando sombreadas, caso não haja outro fator limitante ao crescimento das plantas. REYNOLDS, (1978); LIZIEIRE et al., (1994); CARVALHO et al.,(1994) observaram, no entanto, variações entre as espécies, quanto ao crescimento sob diferentes níveis de sombreamento. REYNOLDS (1978), por exemplo, comparando a produção de 16 gramíneas cultivadas sob coqueiral na Samoa Ocidental, permitindo 50% de transmissão de luz, verificou que *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria. humidicola*, *B. miliformes*, *Yschaemum maximum* e *Panicum maximum* var. Embu foram as gramíneas que melhor se comportaram, produzindo melhor que a espécie local predominante. Por outro lado *Brachiaria mutica* e *Digitaria decumbens* demonstraram baixa tolerância à sombra. ERIKSEN e WHYTNEY (1981) verificaram que *P. maximum*, *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria miliformes* também se mostraram tolerantes à sombra.

Em Coronel Pacheco-MG, das cinco gramíneas estabelecidas sob bosques de Angico - vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth), com transmissão de luz variando de 30 a 40 %, *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens* foram as mais tolerantes à sombra com produções de matéria seca (MS), relativa ao crescimento em pleno sol, de 49 e 33%, respectivamente (CARVALHO et al., 1994). Em Itaguaí, RJ, LIZIEIRE et al., (1994) também verificaram a relativa tolerância de *Brachiaria brizantha*, ao comprovarem que o crescimento da gramínea não sofreu redução até ao nível de 75% de sombreamento.

Estes resultados mostram variações importantes das diversas espécies de gramíneas em relação a tolerância ao sombreamento parcial que pode ser explorado para o desenvolvimento de SAFs.

## 2.7 Ciclagem de Nutrientes em Ecossistemas de Pastagens

Os nutrientes requeridos para o estabelecimento das plantas são oriundos principalmente de três fontes: intemperização dos minerais do solo, adição de fertilizantes e ciclagem de nutrientes (decomposição dos tecidos das plantas e animais através da biota do solo e liberação de nutrientes que serão reciclados).

Segundo MEENTEMEYER (1978), os dois fatores de maior importância que afetam a decomposição são clima e qualidade da serapilheira em termos de sua susceptibilidade ao ataque por decompositores. O maior interesse na qualidade da serapilheira está relacionado à concentração inicial (depois do início da decomposição) de nitrogênio total e lignina.

A razão da decomposição tem sido relacionada ao conteúdo de nitrogênio, lignina, relação nitrogênio/lignina e relação C/N (ATTIWILL & ADAMS, 1993). FROUFE (1999) encontrou maior taxa de decomposição em folhas de leguminosas arbóreas com menor relação C/N.

A razão de decomposição e ciclagem de nutrientes é determinada pela relação da entrada para o solo de tecidos de plantas mortas, pela natureza físico-química do material (origem qualidade e disponibilidade), por fatores abióticos (temperatura e umidade) e pela comunidade decompositora disponível (LEE & PANKHUST, 1992). Portanto, a biologia do solo é de grande importância nesse processo, podendo ser usada para interferir na ciclagem dos nutrientes, principalmente carbono, nitrogênio e fósforo (FRANCO & DÖBEREINER, 1994).

Em condições naturais, 85 – 98% do N do solo encontra-se ligado à matéria orgânica, sendo esta a principal fonte de N para a nutrição das plantas, principalmente em áreas onde o uso de adubo nitrogenado é baixo (URQUIAGA et al., 1993).

A habilidade em desenvolver associações simbióticas com bactérias do gênero rizóbio e fungos micorrízicos tem favorecido o uso de leguminosas arbóreas na revegetação de ecossistemas deficientes em água e que apresentam baixos níveis de N, P e outros nutrientes (FRANCO et al., 1991, 1995).

No cerrado brasileiro, OLIVEIRA et al. (2000) examinaram o efeito de árvores isoladas de baru (*Dipteryx alata*), leguminosa não fixadora, e de pequi (*Caryocar brasiliense*), espécie não leguminosa, sobre as características do solo sob pastagem de *Brachiaria decumbens* e observaram que a concentração de carbono orgânico foi maior sob as duas espécies arbóreas do que em área sem árvores, porém Ca, Mg e K trocáveis foram mais altas apenas sob as árvores da leguminosa baru *Dipteryx alata*.

Na Costa Rica, DACCARET & BLYDENSTEIN (1968) observaram que os teores de N no solo, a uma profundidade de 0-20 cm, foram mais altos em amostras coletadas sob a copa de uma espécie de árvore não leguminosa, do que em área sem árvores. Xavier (2003), verificou que a associação da pastagem de *Brachiaria decumbens* com a leguminosa arbórea fixadora de nitrogênio *Acacia mangium* proporcionou aumento da fertilidade do solo nas áreas de influência das árvores, os cátions trocáveis, exceto o alumínio, tiveram valores significativamente mais altos do que a área sem influência, nas duas profundidades estudadas. Em todos os casos o efeito foi maior na profundidade de amostragem de 0 - 10 cm do que na profundidade de 10 - 20 cm.

Trabalhando em áreas de mineração de areia JASPER et al. (1989) obtiveram incremento na biomassa da parte aérea de *Acacia concurrens* em resposta à aplicação de

fósforo e inoculação com fungos micorrízicos VA. Os autores atribuíram a resposta à inoculação pelo incremento na absorção de fósforo pelas plantas.

SANTOS et al. (1994) verificaram, em reflorestamento de encosta, que *M. caesalpiniiifolia* e *Acacia auriculiformis* foram as espécies de melhor desempenho, apresentando total recobrimento da área após o primeiro ano de plantio e que houve resposta à adubação com fósforo e à inoculação com rizóbio, sendo máxima a resposta para a *M. caesalpiniiifolia* quando inoculada também com fungo micorrízico.

A utilização de leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas permite a auto suficiência em N, contribuindo para o incremento do carbono orgânico, a fertilidade do solo, a transferência de N para a gramínea quando no consórcio, além do retorno econômico que pode ser obtido da exploração de lenha, carvão, madeira, pasto apícola, forragem etc. (FRANCO et al., 1991). Portanto, necessário se faz, identificar dentro das espécies de leguminosas arbóreas aquelas que mais poderão contribuir com a transferência de nitrogênio para a gramínea, quando do plantio em consórcio, dessa forma reduzindo os custos com o uso de fertilizantes nitrogenados para adubação de pastagens.

## 2.8 Transferência de N da Leguminosa para Gramíneas Crescidas em Consórcio

Nas áreas tropicais, uma das principais causas da degradação e baixa produtividade das pastagens, dominadas por gramíneas puras, está associada com a baixa disponibilidade de nitrogênio (N) dos solos (VARGAS, 1991).

Os estudos de respostas de gramíneas forrageiras à aplicação de fertilizantes nitrogenados indicam que no Brasil as pastagens de gramíneas, não adubadas com N, vêm produzindo somente 10 a 40% do obtido com adubo nitrogenado, sendo estes valores ainda mais baixos na época seca (CARVALHO et al., 1975). Nestes estudos de respostas de N em gramíneas forrageiras tropicais, quando se determina RAN (recuperação aparente de N e EU (Eficiência de utilização de N) as respostas são positivas, porém, baixas (CARVALHO & SARAIVA, 1987; DIAS, 1993).

Na pecuária extensiva praticada no Brasil, tem sido limitada a prática de adubação, devido ao alto custo dos fertilizantes, principalmente o nitrogenado, tomando maior importância a incorporação de N via FBN. A importância da leguminosa no consórcio está baseada na hipótese de que a gramínea utiliza uma significativa parte de N<sub>2</sub> fixado pela leguminosa, seja pela exsudação direta de compostos ricos em N pelas raízes, como pela decomposição dos nódulos, raízes e serapilheira da leguminosa (BROADBENT et al., 1982; BODDEY et al., 2000; XAVIER et al., 2003; NÓBREGA E NÓBREGA, 2003).

Estudos sobre a quantificação do N transferido da leguminosa para a gramínea consorciada, apresentam resultados muito variáveis e contraditórios, indo de 0 a 80% do N acumulado pela gramínea, sendo na maioria dos casos muito baixa (BROADBENT et al., 1982; LEDGARD et al., 1985; BOLLER E NOBERGER, 1988; TA et al., 1989).

VARGAS (1991), trabalhando com consórcio leguminosas/gramínea, verificou que a transferência de N variou de 10 a 39% do N acumulado pela *Brachiaria brizantha*, sendo máxima na relação leguminosa/gramínea 4:1. Na mais baixa relação leguminosa/gramínea (1:4), o consórcio *B. brizantha* com centrosema “Itaguaí”, que produziu mais, conseguiu acumular em 91 dias 101 kg.ha<sup>-1</sup> de N, superando o consórcio com *Galactia striata*. (83 kg.ha<sup>-1</sup> de N) e com *Desmodium ovalifolium*. (55 kg.ha<sup>-1</sup> de N).

Diversas técnicas de quantificação de transferência do N<sub>2</sub> fixado pela leguminosa para gramínea têm sido utilizadas: Diferença de N total, marcação de folhas com <sup>15</sup>N e Abundância natural de <sup>15</sup>N (VARGAS 1991).

Na atmosfera, a proporção de <sup>15</sup>N<sub>2</sub> é relativamente constante. Porém podem ocorrer variações no N disponível do solo, devido aos processos biológicos tais como nitrificação, desnitrificação e volatilização do NH<sub>3</sub>, (HAUCK & BREMNER, 1976).

Quase todas as transformações do N do solo resultam no fracionamento isotópico de N, sendo que o efeito final é um incremento pequeno, porém significativo, comparado com N atmosférico (0,3663 atm % <sup>15</sup>N, (SHEARER & KOHL, 1986). Em função desta pequena diferença na concentração de <sup>15</sup>N, os dados são comumente expressos em termos de partes por mil, δ <sup>15</sup>N ou ‰. Neste caso, em algumas situações, este enriquecimento natural em <sup>15</sup>N é significativo, a ponto de servir para estudos nos moldes do método de diluição isotópica de <sup>15</sup>N (RENNIE & RENNIE, 1983; SHEARER et al., 1983).

O uso desta técnica apresenta algumas vantagens, como a possibilidade de estudos em sistema sem nenhuma interferência externa e também pode-se conduzir estudos por longo período de tempo, não sendo necessária aplicação de <sup>15</sup>N. Assim, são evitados grandes problemas, como a criação de gradientes de δ <sup>15</sup>N com a profundidade, que geralmente são significativas e fáceis de acontecer quando da aplicação superficial de fertilizantes (VARGAS 1991).

## 2.9 Qualidade da Forragem em Pastagens Sombreadas

Em pastagens arborizadas, um aspecto muito importante é a qualidade da forragem produzida em condições de sombreamento, por influenciar diretamente a produção animal. Alguns modelos de sistemas silvipastoris podem incluir forrageiras arbóreas e arbustivas, que poderão ter participação significativa na dieta dos animais. Uma das principais vantagens dessas forrageiras é o alto valor nutritivo, principalmente se forem leguminosas como Leucena (*Leucaena leucocephala*), Gliricidia (*Gliricidia sepium*), algaroba (*Prosopis juliflora*), *Albizia lebbek*, e várias espécies de *Erythrina*, entre outras (RIBASKI, 1986; WILDIN 1990; POTT, 1993; ARAYA et al., 1994). Dessa forma, nesses sistemas poderá haver maiores ofertas de forragens de boa qualidade ao longo do ano, considerando-se também o efeito das árvores, e de suas sombras, sobre a produção e qualidade das forrageiras herbáceas.

A intensidade luminosa interfere na qualidade nutricional das forrageiras (WILSON, 1982; WILSON et al., 1990), a qual é geralmente expressa pelo produto do consumo voluntário de forragem e a digestibilidade dos nutrientes consumidos (NORTON et al., 1991).

A composição química é portanto uma outra medida da qualidade da forragem. O sombreamento pode aumentar os teores de nitrogênio de gramíneas forrageiras e conseqüentemente de proteína bruta (WILSON et al., 1990; CARVALHO, 1998), e alteração na concentração de alguns minerais como K, P, Ca e Mg, entre outros (CARVALHO, 1998).

Na literatura, aumentos significativos na concentração de K na parte aérea de diversas forrageiras sombreadas têm sido relatados, em experimentos conduzidos a campo,

com sombra de árvores e de telas. Modificações nas concentrações de P na planta em condições de sombra, são menos acentuadas (NORTON et al., 1991; CARVALHO et al., 1994).

ERIKSEN & WHITNEY (1981), trabalhando com diferentes taxas de luminosidade em seis gramíneas, verificaram que os teores de Ca, Mg, Cu e Zn na parte aérea aumentaram significativamente com o sombreamento. Já nas leguminosas, entre os elementos citados acima, apenas as concentrações de Mg tiveram aumentos significativos, e os de Cu diminuíram (ERIKSEN & WHITNEY, 1982), com a restrição de luz.

No Quênia, as concentrações de N, P, K, Ca, B e Cu de pastagens nativas aumentaram sob a copa de duas espécies arbóreas que ocorriam isoladamente, em relação à área sem árvores, enquanto, nas mesmas condições, as concentrações de Mn, Zn e Mo diminuíram (BELSKY, 1992).

CARVALHO et al. (2002), trabalhando com seis gramíneas forrageiras tropicais (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cvs. Aruana, Makueni, Mombaça e Tanzânia e *Cynodon dactylon* cv. Tifton 68) sob e fora da área de sombreamento de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), em Coronel Pacheco-MG, observaram que a tolerância ao sombreamento diferiu entre as gramíneas estudadas. O *C. dactylon* cv. Tifton 68 não foi tolerante e as outras espécies apresentaram tolerância moderada. O início do florescimento de todas as gramíneas, foi afetado em maior ou menor grau, dependendo da espécie. A produção de matéria seca das gramíneas foi reduzida pelo sombreamento, exceto em um corte, no qual o crescimento nas áreas com e sem sombra não diferiu significativamente. Entretanto, as condições de sombreamento, a digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) da parte aérea total das gramíneas foi significativamente mais alta do que na área sem árvores.

Em pastagem nativa do Quênia, a digestibilidade da MS da forragem foi menor sob a copa de duas espécies arbóreas do que na área sem árvores (BELSKY, 1992). Por outro lado, FLEICH et al. (1984) não observaram efeito significativo da redução na luminosidade sobre a digestibilidade “in vitro” da matéria orgânica (DIVMO) de “Green panic”.

NORTON et al. (1991) estudaram o efeito do sombreamento sobre a qualidade de cinco gramíneas tropicais, através de dois experimentos de campo e concluíram que, para as gramíneas estudadas (*Setaria sphacelata* cv. Kazangula, *Panicum maximum*, var. *tricolglume* cv. Petrie; *Panicum maximum* cv. Riversdali, *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, e *Paspalum notatum*), o sombreamento com 50% de transmissão de luz, teve pouco efeito sobre a digestibilidade in vitro da matéria seca.

Os resultados de HENDERSON & ROBINSON (1982), que trabalharam com as gramíneas *Cynodon dactylon* cv. Bermuda comum, Bermuda coastal (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), *Paspalum sawree* (Capim Pensacola) e *Paspalum dilatatum* (grama forquilha) sugerem que o efeito da intensidade luminosa sobre a digestibilidade de gramíneas varia conforme a espécie, idade da planta e outras condições ambientais, como temperatura. BELSKY, (1992) também relata que, em pastagem nativa, as concentrações de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) e celulose nas forragens diminuíram sob a sombra de árvores em relação à área sem sombra, enquanto as concentrações de lignina aumentaram.

NORTON et al. (1991), examinando a composição da parede celular de várias gramíneas forrageiras tropicais com e sem sombreamento, encontraram pouco efeito da



sombra sobre celulose, hemicelulose e lignina. Apenas no caso de capins *Setaria sphacelata*, *Panicum maximum* “Green panic” e *Panicum maximum* “Guiné” o teor de hemicelulose foi significativamente menor à sombra do que a pleno sol. Isto porque a sombra geralmente reduz os teores de carboidratos não estruturais totais (TNC) em gramíneas (SAMARAKOON et al., 1990; WILSON & WONG, 1982). Assim, apesar da variabilidade do sombreamento na qualidade da forragem, de uma maneira geral as gramíneas forrageiras diminui a produtividade, mas aumenta a quantidade de proteína bruta quando sombreadas.

## 2.10 Conforto Animal em Pastejo

Considerando o clima tropical, a abertura de novas fronteiras em regiões quentes úmidas e/ou secas, verifica-se que a Bioclimatologia Zootécnica, embora tradicional no Brasil e até mesmo no mundo, tem pouca adoção dos seus princípios (CARDOSO, 1997).

Os mamíferos têm desenvolvido seus mecanismos de regulação de calor, que permitem a eles manterem a homeotermia. Para isso, devem manter o equilíbrio térmico com o ambiente, que inclui radiação, temperatura e movimento do ar e umidade. A troca de calor do animal via radiação, convecção, condução e evaporação varia com as condições ambientais (CARDOSO 1997).

A energia radiante é recebida do sol, pelos reflexos das nuvens e superfície do solo. Quando a temperatura ambiente aproxima ou excede a do corpo, o animal aumenta o seu ativo resfriamento por evaporação da água via trato respiratório e sudação. Carga de calor externo, incremento do calor metabólico e eficiência dos mecanismos de perda de calor podem afetar o grau do estresse referencial.

Estresse térmico é provocado por mau dimensionamento de cocho e falta de área sombreada para descanso, que são fatores muitas vezes desprezados por técnicos e produtores, mas que podem comprometer a saúde e o desempenho do animal. Redução do estresse climático pela sombra e outras práticas pode ser importante para manter o consumo de alimentos e água, crescimento e, até mesmo, a sobrevivência dos animais.

Diferentes sistemas de condicionamento de ambiente, sobre o desempenho animal, em condições de estresse térmico, vêm sendo comparados com base na influência destes sistemas na melhoria do conforto térmico, sendo as árvores as que proporcionam melhores sombras (CARDOSO, 1997). A vegetação transforma a energia solar, pela fotossíntese, em energia química latente, além disso a evaporação de suas folhas consome calor reduzindo assim os efeitos da insolação durante o dia, ao mesmo tempo em que, pelo metabolismo, libera calor durante a noite (COSTA, 1982; CARDOSO, 1997).

Um efeito da cobertura vegetal, nas pastagens, é o isolamento térmico proporcionado ao solo, evitando o seu aquecimento excessivo pela radiação solar e alternando a reflexão desta sobre os animais. O plantio de gramas ao redor dos abrigos resulta em cerca de  $270 \text{ Wm}^{-2}$  a menos de radiação térmica em relação ao solo nu.

As folhas são excelentes emissoras (absorventes) da radiação infra-vermelha de ondas longas. A refletividade é maior nas folhas de cor clara e pubescentes, com camada de cera, ou com baixo teor de umidade (CARDOSO 1997). No sistema de produção a pasto, utilizam-se áreas de sombra produzidas por árvores, sombrites de tela ou bambú, com orientação norte-sul e leste-oeste. A área de sombra, necessária para uma vaca no clima seco é de 1,8 a 2,5 m<sup>2</sup>; e no clima úmido de 4 a 6 m<sup>2</sup>. O sombreamento, reduz em cerca de

30% ou mais a carga térmica radiante (CTR) incidente (BLACKSHAW, 1994) sobre os animais.

BACCARI (1988) cita que, em geral, quando a temperatura do ar ultrapassa 27 °C, as vacas leiteiras entram em estresse térmico e a produção de leite declina. Este autor recomenda, para as condições brasileiras, que nas horas mais quentes do dia, das 10:00 às 16:00 h, as vacas leiteiras tenham acesso livre às áreas sombreadas com disponibilidade de alimento para que elas não venham a reduzir o consumo.

Embora seja conhecido por técnicos a importante contribuição das árvores no comportamento animal, o sombreamento de pastagens não é ainda muito difundido no Brasil, devido à falta de informações consistentes, principalmente, sobre a densidade de plantio de mudas por ha, e aos poucos estudos sobre a capacidade de carga térmica radiante (CTR) na pecuária.

### 2.11 Densidade de Plantio

O sucesso das pastagens arborizadas ou sistemas silvipastoris depende da manutenção do equilíbrio entre os seus componentes. Para isso, torna-se necessário conhecer as interações existentes entre os componentes, principalmente no que diz respeito aos diferentes níveis de requerimento e utilização dos fatores naturais de produção, destacando-se luz, água e nutrientes (PEREIRA & REZENDE, 1997).

Embora a utilização de diversas modalidades de sistemas agroflorestais não seja uma prática recente, os estudos a respeito do seu funcionamento o são, de modo que o conhecimento sobre os processos que ocorrem nestes sistemas ainda é restrito. Além disso, estes sistemas apresentam inúmeras possibilidades de utilização de diferentes espécies e arranjos, cada um resultando em um conjunto com diferentes interações entre seus componentes. Essas interações são fortemente influenciadas pelas condições ambientais do local (clima e solo). Para NAIR (1993), a complexidade e a longa duração dos sistemas agroflorestais tornam difíceis as investigações dos mecanismos e processos, sendo que, sem o conhecimento a respeito desses mecanismos, é impossível generalizar e extrapolar os resultados de um estudo para diferentes condições.

A quantidade de luz disponível para o crescimento das forrageiras no sub-bosque de um sistema silvipastoril verdadeiro pode ser considerada como um fator chave para a sustentabilidade do sistema, dependendo da região. Este fator está submetido, basicamente, a quatro tipos de controle: a) espaçamento, por meio da escolha da densidade de plantio e direcionamento das linhas de plantio do componente arbóreo; b) seleção de espécies arbóreas em função das características de sua copa, c) manejos por meios de operações de desbastes e desrame, e d) seleção de espécies forrageiras tolerantes ao sombreamento (CARVALHO, 1998).

Quanto à distribuição das árvores nas pastagens, para proteção contra as oscilações extremas de temperatura, em Queensland, LOWRY (1989), citado por CARPANEZZI (1991), recomenda o plantio de 10 a 20 árvores/ha de *Albizia lebbek*, as quais trazem benefício de sombra, suplementação alimentar e melhoria das pastagens. Estas recomendações são focadas somente no bem estar dos animais. Quando se leva em conta outros benefícios ecológicos e a contribuição da FBN, com conseqüente redução do uso de

fertilizantes nitrogenados, certamente deverá ser recomendada uma densidade maior de árvores nas pastagens otimizando esta prática.

## 2.12 Produção Animal em Pastagens Arborizadas

Informações da literatura sugerem que a utilização de sistemas agroflorestais pecuários poderia desenvolver de modo sustentável os sistemas de produção de leite em várias regiões brasileiras (CARVALHO 1998).

A introdução de árvores em pastagens, além de proporcionar outros benefícios ao ambiente, fornece sombra para os animais, evitando as oscilações extremas de temperatura, prejudiciais ao desempenho dos animais. GARRETT et al. (1962) observaram que o sombreamento pode reduzir em 30% o calor radiante imposto ao animal. MONTOYA & BAGGIO (1991), relatam que, na califórnia, em animais sobre pastagem a céu aberto, esta redução representa (200 Kcal.m<sup>-2</sup>.hora<sup>-1</sup>), ou seja, mais que a taxa metabólica de um novilho de 450 kg (cerca de 160 Kcal.m<sup>-2</sup>.hora<sup>-1</sup>). O resultado dessa redução no estresse causado pelo calor influencia a eficiência da produção do gado de corte.

GARRETT et al. (1960), citam que, na Califórnia, nas mesmas condições de alimentação, o gado sob o efeito do sombreamento ganhou 0,29 kg.dia<sup>-1</sup> a mais que o gado sem sombra.

CHILES & PAHNISH (1952), mostraram que, no Arizona, o gado com sombra ganhou 0,23 kg/dia a mais que o sem sombra. Na Lousiana, MCDANIEL & ROARK (1956) e PONTIFF et al. (1972) demonstraram significativos aumentos de peso quando o gado teve acesso à sombra. HENDERSO & GEASLER (1968) realizaram testes de sombreamento durante sete anos em Kansas, Dakota do Sul e Ohio e concluíram que quando o gado foi alimentado sem sombra, nas condições climáticas do Meio-Oeste, nos meses de verão, ocorreu um decréscimo de 5% no peso do animal e o custo alimentar aumentou em 4%.

Há também exemplos de intensificação da produção de leite a pasto em sistemas silvipastoris multiestratos, com obtenção de níveis de produção de leite comparáveis à aplicação de quantidades de 300 a 600 kg/ha de fertilizantes nitrogenados (HERNANDEZ et al., 2000; MURGUEITIO, 2000).

Experiência realizada na Costa Rica mostrou que a suplementação da alimentação de vacas leiteiras com forrageiras arbóreas resultou em níveis aceitáveis de produção de leite e foi opção de suplementação protéica mais econômica do que as fontes tradicionais utilizadas (CAMERO, 1995). A folhagem das forrageiras lenhosas, tanto arbustivas como arbóreas, é a parte mais utilizada na alimentação animal. No entanto, há casos em que os frutos são a principal fonte de alimento. No nordeste do Brasil, as vagens de algaroba *Prosopis juliflora* e de faveira (*Parkia platycephala*) são importantes fontes de alimentação animal (CARVALHO et al., 2001).

Em condições de pesquisas, e usando sistemas multiestratos, na ausência de fertilização e irrigação, com manejo rotativo, foi possível obter produção de leite de 4000 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> com carga animal de 2,2 vacas.ha<sup>-1</sup> (HERNANDEZ et al., 2000). As espécies forrageiras utilizadas nesse sistema foram: *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham, *Stylozanthus guianensis* cv. CIAT-184, *Neonotonia wightii* cv. Tinaroo, *Teramnus labialis*

cv. Semilla Clara, *Centrosema pubescens* cv. SIH-129 e *Panicumm. maximum* (mistura das cvs. Likoni e SIH-127).

Níveis mais altos de produção de leite foram obtidos em um sistema silvipastoril com três estratos, constituídos de capim-estrela (*Cynodon. nlemfuensis*), *Leucaena leucocephala* e algaroba (*Prosopis juliflora*), estabelecido no vale do Cauca, Colômbia. Nesse sistema, a produção de leite deu retorno líquido maior (US\$ 4.311,00) do que a produção obtida em pastagem de capim-estrela em monocultura adubada com 400 kg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de uréia (US\$ 3.592,00) (Murgueitio, 2000).

Embora o retorno econômico, com a prática de arborização de pastagens, seja reconhecidamente favorável, conforme demonstrado em alguns trabalhos de pesquisa. A redução do custo de produção, de forma sustentável, é a garantia de qualquer atividade empresarial. Portanto, torna-se imprescindível conhecer o quanto a adoção da prática de arborização de pastagem afeta esta atividade empresarial.

### 2.13 Custo de Introdução das Mudanças de Espécies Arbóreas na Pastagem

Os bovinos tem propensão a danificarem ou destruírem as mudas das leguminosas introduzidas nas pastagens, principalmente danificando a copa, roçando a cabeça contra o tronco ou comendo as folhas ou a casca. Também os animais aprendem a baixar a copa das árvores jovens para se alimentarem. Portanto, a maior dificuldade prática da arborização das pastagens é o estabelecimento das árvores.

Quando a introdução das mudas das árvores é feita por ocasião da reforma das pastagens, ou em áreas ainda ocupadas com agricultura, CARVALHO, (1998) recomenda que o plantio das mudas de árvores pode ser inicialmente associado com culturas anuais, retardando-se a semeadura das forrageiras por 1-2 anos, o que contribui para evitar a necessidade de proteção das mudas. O grande desafio, entretanto, é introduzir as espécies arbóreas em pastagens na presença dos animais.

RIBASKI (1986), trabalhando com mudas de algaroba (*Prosopis juliflora*), introduzidas em uma pastagem de capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* cv. Biloela), verificou que após nove meses de plantio no campo, a porcentagem de sobrevivência das plantas, protegidas com cerca de quatro estacas e três fios de arame farpado, foi 62%, enquanto a das sem proteção foi de 38%

BAGGIO & CARPANEZZI (1989), com o objetivo de gerar conhecimentos básicos sobre o plantio de mudas altas, com 2-3 anos de idade, sob proteção, na presença de gado, testaram oito espécies florestais e quatro tratamentos. Constataram que o angico (*Parapiptadenia rigida*) foi a espécie que sofreu menos danos e que a cerca triangular, com arame farpado, impediu qualquer contato dos animais com a muda, constituindo proteção efetiva, porém de custo maior. MONTROYA & BAGGIO (1991) estudando a viabilidade econômica da introdução de mudas florestais altas para sombreamento em pastagens, na presença do gado, constataram que o método de proteção com "arame farpado e uma estaca", foi o método mais efetivo com menor custo.

A sua implementação implicou no acréscimo de 9% na estrutura do custo operacional da exploração extensiva de gado de corte, significando uma redução de 27% no retorno bruto. O sacrifício dessa renda somente seria compensado quando o efeito do sombreamento propiciasse ganho de 0,04 kg.dia<sup>-1</sup> no rebanho comercializado com 16,37 arrobas/cabeça (adicional de custo = adicional de receita), significando também a redução

da idade de abate de 3,5 para 3,2 anos. Segundo os autores acréscimo de 9% é um custo que dificulta a introdução da prática de arborização de pastagens. Portanto, alternativas que possibilitem a minimização desses custos é o foco da presente proposta de trabalho.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e Descrição das Áreas em Estudo

Sete áreas com pastagens foram avaliadas, sendo duas localizadas no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), convênio entre a EMBRAPA/CNPAB e SOLOS, PESAGRO-RJ/EES, UFRRJ e Prefeitura Municipal de Itaguaí e duas em áreas de pastagens pertencente à Área de Bovino de Leite da PESAGRO-EES/ABL, situadas no km 7 da BR 465, Seropédica, localizadas entre o paralelo 22°48' latitude sul e o meridiano 43°42' de longitude oeste de Greenwich, numa altitude de 33 m. As demais foram instaladas em propriedades particulares: uma na Fazenda Santa Mônica, pertencente ao Campo Experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite/EMBRAPA, situada entre as coordenadas 22°21' latitude sul e 43°42' de longitude oeste numa altitude de 364 m, às margens do Rio Paraíba do Sul, em Barão de Juparanã, segundo Distrito do Município de Marquês de Valença, Estado do Rio de Janeiro. As outras duas em propriedades particulares dos Srs. Sérgio Amorim Rezende e Luís Carlos Coutinho, localizadas em áreas da Usina do Funil (FURNAS) - Itatiaia – RJ, localizada no Sudoeste do estado do Rio de Janeiro, entre os paralelos 22°19' e 22°45' latitude Sul e o Meridianos 44°50' de longitudes Oeste de Greenwich numa altitude de 700 m.

#### 3.2 Climas

##### 3.2.1 SIPA e PESAGRO/ABL

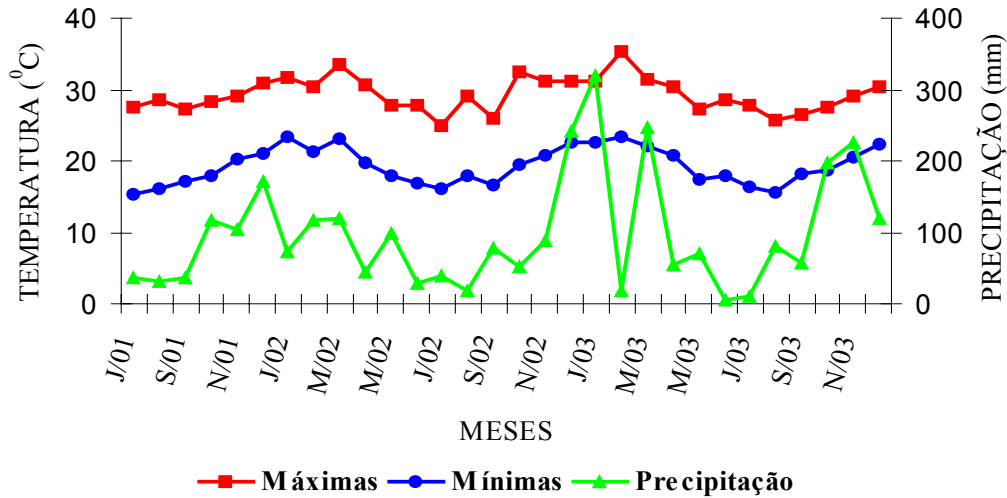
Os dados climáticos foram obtidos junto a Estação Meteorológica de Ecologia Agrícola da Pesagro-Rio/INMET, localizada no km 7 da Rodovia BR 465, em Seropédica-RJ, coordenada geográfica 22° 48' S e 43° 41' W; Alt.: 33,00 m.

Para os anos de 1993 a 2002, a temperatura média anual foi de 24,5 °C, com média das temperaturas máximas de 28,97 °C e média das mínimas de 20,0 °C.

A precipitação média anual para o mesmo período foi de 1206 mm e a mensal de 105,4 mm, sendo o mês de dezembro o mais chuvoso 184 mm, enquanto que, os meses de julho e agosto apresentaram as menores pluviosidades, média de 30,0 mm em cada mês.

O clima da região pode ser classificado como A<sub>w</sub> no sistema de Köppen, pois apresenta verões quentes e úmidos e invernos secos. Seu regime térmico pode ser caracterizado como subquente, uma vez que a temperatura média em 10 anos para o mês mais frio, no caso 16,5 °C no mês de julho, foi inferior a 18 °C e superior a 15 °C (CIDE, 1997).

Durante o período de estudo (julho de 2001 a junho de 2003), que incluiu o preparo das mudas no viveiro, a temperatura média do período foi de 24,6 °C. As médias das temperaturas máxima mensais foi de 29,7 °C, enquanto que a média das temperaturas mínimas mensais foi de 19,5 °C, (Figura 1).



**Figura 1.** Dados climáticos, temperaturas médias (máximas e mínimas) e precipitações nos meses de Julho a Dezembro 2001, Janeiro a Dezembro 2002, Janeiro a dezembro de 2003, no período de estudo em Seropédica.

### 3.2.2 Resende

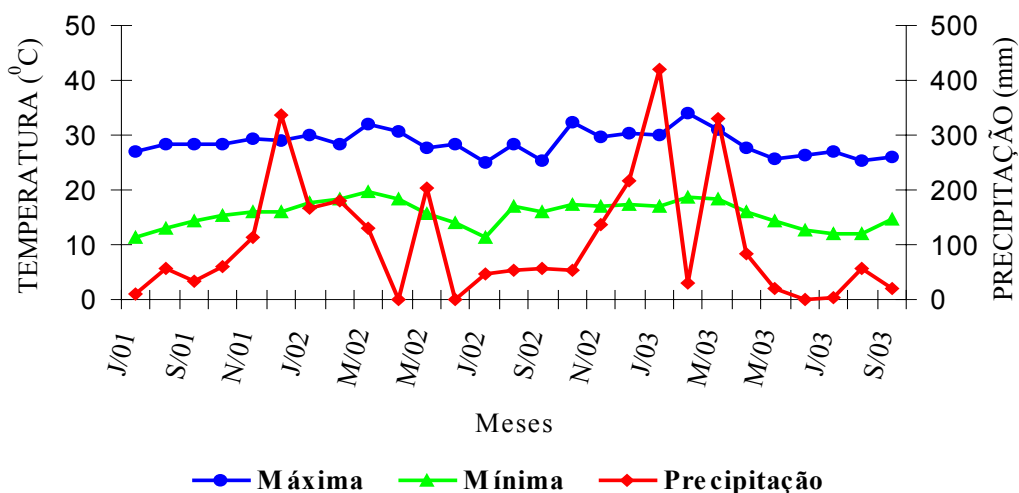
Os dados climáticos foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET 6º DISME/SEOMA, localizado na Av. Barão de Tefé nº 27, 2º/3º andar Rio de Janeiro/RJ, referente à Estação de Resende (Mun. Resende; Coord. Geográfica 22° S e 44° 28' W; Alt.: 439,90 m). Média de dez anos.

Para os anos de 1993 a 2002, a temperatura média anual foi de 22,5 °C, com média das temperaturas máximas de 27,9 °C e, média das mínimas de 17,2 °C.

A precipitação média anual para o mesmo período foi de 1521 mm e a mensal de 126,7 mm, sendo o mês de janeiro o mais chuvoso 296,3 mm, enquanto que o mês de junho apresentou a menor pluviosidade média 18,1 mm.

O clima da região pode ser classificado como A<sub>w</sub> no sistema de Köppen, pois apresenta verões quentes e úmidos e invernos secos. Seu regime térmico, segundo classificação CIDE (1997), pode ser caracterizado como mesotérmico brando, uma vez que a temperatura média em 10 anos para o mês mais frio, no caso 12 °C no mês de julho, foi inferior a 15 °C.

Durante o período de estudo (julho de 2001 a junho de 2003) a temperatura média anual foi de 22,5 °C. A média das temperaturas máxima mensais foi de 27,9 °C, enquanto que a média das temperaturas mínimas mensais foi de 17,2 °C, (Figura 2).



**Figura 2.** Dados climáticos: Temperaturas médias (máximas e mínimas) e precipitações nos meses de Julho a Dezembro 2001, Janeiro a Dezembro 2002, Janeiro a Outubro de 2003, no período de estudo em Itatiaia-RJ.

### 3.2.3 Fazenda Santa Mônica / Embrapa / CNPGL-Valença-RJ

Os dados climáticos foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET 6º DISME/SEOMA, localizado na AV. Barão de Tefé nº 27, 2º/3º andar Rio de Janeiro/RJ.; referente à estação de Vassouras (Munic.: Vassouras: Coord Geográfica 22º 20' S e 43º 40' W, Alt.: 437, 19 m. Médias de 10 anos.

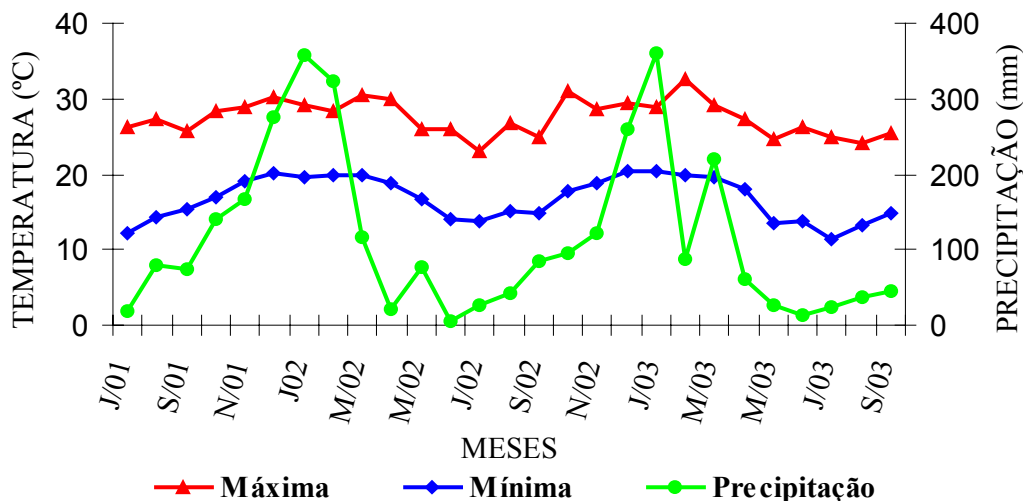
Para os anos de 1993 a 2002, a temperatura média anual foi de 21,5 °C, com média das temperaturas máximas 28,3 °C e média das mínimas 14,7 °C.

A precipitação média anual para o mesmo período foi de 1147 mm e a mensal de 95,6 mm, sendo o mês de janeiro o mais chuvoso 211,7 mm, enquanto que os meses de junho e julho apresentaram as menores pluviosidades médias: 15,6 e 14,3 mm respectivamente.

O clima da região pode ser classificado como A<sub>w</sub> no sistema de Köppen, pois apresenta verões quentes e úmidos e invernos secos. Seu regime térmico, segundo CIDE (1997), pode ser caracterizado como mesotérmico brando, uma vez que a temperatura média em 10 anos para as mínimas, mesmo no mês de janeiro, foi inferior a 18 °C (CIDE, 1997), sendo o mês de junho o mais frio.

Durante o período de estudo (julho de 2001 a junho de 2003) a temperatura média anual foi de 22,3 °C. A média das temperaturas máximas mensais foi de 28,7 °C, enquanto que a média das temperaturas mínimas mensais foi de 15,9 °C, (Figura 3).





**Figura 3.** Dados climáticos: Temperaturas (máximas e mínimas) médias e precipitações nos meses de Julho a Dezembro 2001, Janeiro a Dezembro 2002, Janeiro a Outubro de 2003, no período de estudo em Valença-RJ.

### 3.3 Solo

#### 3.3.1 Classificação dos solos

##### 3.3.1.1 SIPA E PESAGRO/ABL

O solo predominante na área é o Planossolo hidromórfico distrófico arênico, fase floresta ombrófila densa, relevo plano. Esses solos são constituídos de material mineral com horizonte A de textura arenosa desde a superfície até o início do horizonte B plânico gleizado. Além disto, apresenta baixa saturação de bases (VC 50%), na maior parte do horizonte B (RAMOS et al., 1973).

##### 3.3.1.2 Resende

O relevo é montanhoso, incluindo encostas e o topo do planalto, onde emergem notáveis penhascos rochosos. O solo predominante na área é o Argissolo vermelho-amarelo com textura argilosa (CIDE, 1997).

##### 3.3.1.3 Fazenda Santa Mônica / Embrapa/CNPGL-Valença-RJ

O tipo de solo predominante, neste local, pode ser classificado como Latossolo vermelho-amarelo álico, A moderado, com textura argilosa, desenvolvida a partir de produto de decomposição de gnaisses ou magmatitos, influenciados por algum retrabalhamento (CIDE, 1997).

### 3.3.2 Caracterização química dos solos

As análises químicas das amostras de solos da Fazenda Santa Mônica, Pesagro I e II, SIPA I e II para fins de fertilidade foram realizadas nos laboratórios da Embrapa Agrobiologia e são apresentadas no (Quadro 1).

**Quadro 1.** Características químicas dos solos nas sete unidades antes da implantação dos experimentos.

Unidades	pH H <sub>2</sub> O	Al	Ca+Mg	Ca	Mg	P	K	C	MO	N
		-----cmol <sub>c</sub> . dm <sup>-3</sup> -----				---mg.dm <sup>-3</sup> -		-----%-----		
<b>Sta Mônica</b>	5,4	0,0	3,2	2,0	1,2	6	58	1,16	2,0	0,098
<b>Pesagro I</b>	5,6	0,0	1,8	1,3	0,5	12	16	0,87	1,50	0,054
<b>Sr. Sérgio</b>	5,4	0,0	3,5	2,3	1,2	2	63	1,20	2,10	0,091
<b>SIPA I</b>	5,6	0,0	1,3	0,8	0,5	13	26	0,81	1,40	0,035
<b>Pesagro II</b>	5,3	0,1	1,5	1,0	0,5	4	15	0,84	1,45	0,053
<b>SIPA II</b>	5,6	0,0	2,9	2,1	0,8	4	27	0,81	1,40	0,066
<b>Sr. Luís</b>	5,5	0,1	3,4	2,2	1,2	3	58	1,16	2,00	0,089

MO: Matéria orgânica

### 3.4 Características das Leguminosas Arbóreas Fixadoras de Nitrogênio Usadas nos Experimentos

#### **Gliricidia sepium (Jacq.) Stend.**

Nome vulgar: gliricidia

É uma espécie nativa da América Central e México, encontrada tanto nas fazendas do Sul quanto da parte Norte da América do Sul, está hoje amplamente distribuída nas regiões tropicais (WILDIN, 1990; ALCÂNTARA, 1993).

É uma espécie de crescimento rápido (WILDIN, 1990) com várias utilidades na propriedade rural, incluindo produção de lenha e madeira. A característica de nodular de fixar nitrogênio, e a possibilidade de propagação por estacas a coloca em destaque e é, hoje, indicada como uma das melhores espécie para produção de moirões vivos utilizados na construção de cercas para divisão de pastagens e propriedades rurais das regiões tropicais (MARADEI 2000). Pode ser utilizada como forragem verde ou sistema “alley cropping” fenada na alimentação animal e como sombra para produção de culturas perenes e em plantios em aleias. (DOMMERGUES et al., 1999)

#### **3.4.2 Pseudosamanea guachapele (Kunth) Dugand**

Nome vulgar: albizia

Espécie nativa da América Central e do México, muitas vezes confundida com a *Albizia saman*. É uma espécie de crescimento rápido com porte ereto, produz madeira não muito durável, sendo bastante utilizada como lenha. Surpreendentemente, é uma espécie pouco estudada em outras partes dos trópicos, e, embora estudos da utilização de suas

folhas como forragem para animais domésticos e adubação verde sejam escassos, seu crescimento

vigoroso após o corte evidencia o potencial dessa espécie como fixadora de nitrogênio e produtora de elevada quantidade de folhas (STEWART et al., 1992).

### **3.4.3 *Erythrina verna* Vell.**

Nome vulgar: Mulungu

Ocorre do Sul do Estado da Bahia ao Espírito Santo, Zona da Mata de Minas Gerais, Rio de Janeiro Vale do Paraíba no Estado de São Paulo, e na floresta pluvial (LORENZI, 1992).

A madeira presta-se apenas para forros e confecção de caixas, cepas de tamancos e pasta celulósica (LORENZI, 1992).

O florescimento dessa espécie é um belo espetáculo da natureza, cujo brilho e cor é dificilmente encontrado nas demais espécies de *Erythrina*. Pode ser empregada com sucesso no paisagismo, o que, felizmente, já vem sendo feito em algumas cidades de Minas Gerais e São Paulo, principalmente na arborização de praças e avenidas. Suas flores são muito procuradas por beija-flores e outros pássaros para sugar seu néctar. Por seu rápido crescimento e facilidade de multiplicação e rebrota, não pode faltar nos reflorestamentos mistos destinados à recomposição de áreas degradadas. Pode ser também usada como moirão vivo na confecção de cerca (LORENZI, 1992 e MARADEI 2000).

### **3.4.4 *Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poiret.**

Nome vulgar: Jurema preta

Ocorre na Região Nordeste do país, principalmente Ceará, Rio Grande do Norte, Sul do Piau, Bahia (Vale do São Francisco) e na Caatinga (LORENZI, 1998).

A madeira é empregada apenas localmente para obras externas, como moirões, estacas e pontes, para pequenas construções, rodas, móveis rústicos, bem como para lenha e carvão. As flores são apícolas. Planta pioneira e rústica, é indicada para composição de reflorestamentos heterogêneos com fins preservacionistas (LORENZI, 1998).

Planta decídua, heliófita, seletiva higrófila, pioneira, característica e exclusiva das caatingas, onde é bastante comum, porém com dispersão descontínua e irregular ao longo de sua área de distribuição. Ocorre preferencialmente em formações secundárias de várzeas com bom teor de umidade, de solos profundos, alcalinos de boa profundidade, onde chega a crescer vigorosamente a ponto de ser considerada pelos pecuaristas como séria planta daninha quando em pastagens. Produz anualmente grandes quantidades de sementes viáveis (LORENZI, 1998).

### **3.4.5 *Mimosa caesalpinifolia* Benth.**

Nome vulgar: sabiá

Ocorre desde o Maranhão até a Bahia, na caatinga, Rio de Janeiro, Espírito Santo, e Minas Gerais. Hoje é plantada até o estado de S. Paulo (LORENZI, 1992).

A madeira é muito apropriada para usos externos, como moirões, estacas, postes, dormentes, esteios e lenha e carvão. (LORENZI, 1992).

A árvore apresenta características ornamentais, principalmente pela forma entouceirada que geralmente se apresenta, podendo ser empregada no paisagismo em geral. É também muito empregada como cerca viva defensiva (FARIA et al. 1998).

É amplamente cultivada para a produção de madeira na região nordeste do país. Como planta tolerante à luz direta e de rápido crescimento, é ideal para reflorestamentos heterogêneos destinados à recomposição de áreas degradadas. As flores são melíferas (LORENZI, 1992). Também é utilizada com sucesso na recuperação de áreas degradadas FRANCO et al., (1994), sendo pioneira com persistência por muitos anos, podendo formar áreas homogêneas da espécie

#### **3.4.6 *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan.**

Nome vulgar: angico vermelho

Ocorre do Tocantins a Goiás, Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, na mata semidecídua e na sua transição para o cerrado (cerradão) (LORENZI, 1992).

A madeira é empregada para construção civil, como caibros, vigas, ripas, esteios, batentes de portas, obras externas, como moirões e estruturas de pontes, confecção de móveis e esquadrias, bem como para lenha e carvão. A casca é rica em tanino e outrora foi muito usada para curtir couro. As flores são apícolas (LORENZI, 1992).

#### **3.4.7 *Acacia holosericea* (Cunn. ex Don)**

Nome vulgar: holoserícia

É uma espécie nativa da Austrália e ocupa as margens dos córregos dos rios das zonas baixas subúmidas do Norte da Austrália nas regiões tropicais. A precipitação normal para a espécie fica entre 600 e 1200 mm de chuvas (DOMMERGUES et al., 1999). Esta espécie apesar de ter origem na Austrália, nodula com rizóbios nativos de solos brasileiros (FRANCO et al., 1996).

É uma planta que cresce rápido até 12 m de altura, mas que tem uma longevidade, em geral, menor que dez anos. Suporta uma certa salinidade no solo (COSSALTER, 1987).

Em propriedades rurais tem utilização como quebra ventos quando associada com *Eucalyptus camaldulensis* (LORENZI et al., 2003)

Tem sido usada na revegetação de substratos destituídos de matéria orgânica nas áreas de explorações de minérios FRANCO et al., (1996) e revegetação de cama vermelha, rejeito de produção de alumina (FORTES, 2000).

#### **3.4.8 *Acacia auriculiformis* (Cunn. ex Don)**

Nome vulgar: acácia auriculada

Espécie nativa da Austrália, encontra-se na península Cape York e em áreas costeiras próximas de Darwin (WILDIN, 1990), e das savanas de Papua Nova Guiné (NAS, 1979).

Nodula com um grande número de estirpes de *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* presentes em solos tropicais (DART, 1998; FRANCO et al., 1996). De crescimento rápido, pode atingir até 30 m de altura em locais favoráveis.

Essa espécie adapta-se a vários tipos de solos, inclusive os de baixa fertilidade, os salinos ou sujeitos ao encharcamento periódico (WILDIN, 1990). Adapta-se também a terrenos íngremes erodidos, e solos arenosos e muito ácidos. É uma espécie de clima quente úmido e quente subúmido com precipitação média anual variando de 1000 a 2000 mm, (WILDIN, 1990).

Suas utilidades são também variadas, produzindo lenha, polpa para fabricação de papel, servindo ainda para controle de erosão e para sombra (WILDIN, 1990).

Por sua capacidade de crescer em terrenos secos e erodidos, a espécie presta-se para recuperação de áreas degradadas (FRANCO et al., 1994). As vagens são consideradas forrageiras, sendo as folhas não muito apreciadas pelo gado (LORENZI et al., 2003)

#### **3.4.9 *Mimosa artemisiana* (Heringer & Paula)**

Nome vulgar: jurema branca

Ocorre do Estado da Bahia ao Estado do Espírito Santo e Rio de Janeiro, na mata pluvial Atlântica de tabuleiro, até 800 m de altitude (LORENZI, 1998).

A madeira é empregada localmente apenas para pequenas obras de construção civil, como ripas, caibros e paredes divisórias, para móveis simples, cabos de ferramentas, embalagens, bem como para lenha e carvão. Planta rústica e de rápido crescimento, é indicada para a composição de reflorestamentos mistos destinados a recuperação da vegetação de áreas degradadas (LORENZI, 1998).

#### **3.4.10 *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong**

Nome vulgar: orelha de negro

Ocorre do estado do Pará, Maranhão e Piauí até o Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul, nas florestas pluviais e semidecíduas. É particularmente freqüente na floresta latifoliada da bacia do Paraná (LORENZI, 1992).

A madeira é própria para o fabrico dos barcos e de canoas de tronco inteiro, brinquedos, compensados, armações de móveis, miolo de portas e caixotaria em geral. Os frutos contêm saponina e pode causar aborto em animais (TOKARNIA et al., 2000).

Á árvore possui copa ampla e frondosa, proporcionando ótima sombra durante o verão e fixa nitrogênio. É ótima para reflorestamento de áreas degradadas em plantios mistos, principalmente por seu rápido crescimento inicial (LORENZI, 1992).

#### **3.4.11 *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O. F. Cook**

Nome vulgar: mulungu do alto

Ocorre nos Estados do Acre e Amazonas (Amazônia Ocidental), na mata pluvial de terra firme e naturalizada na região sul da Bahia onde foi introduzida para sombreamento de cacauzeiros (LORENZI, 1998).

A madeira é apenas utilizada para confecção de embalagens, lápis, palitos e como matéria prima para placas de aglomerados. A árvore é extremamente ornamental quando

em pleno florescimento, podendo ser empregada na arborização paisagística, utilizada em arborização de pastagens e confecção de estacas para serem utilizadas como moirões vivos (LORENZI, 1998 e MARADEI 2000).

#### **3.4.12 *Albizia lebbek* (L.) Benth**

Nome vulgar: coração de negro

Originária da Ásia e África tropicais e Norte da Austrália (NAS, 1979; WILDIN, 1990). Árvore de crescimento rápido, podendo atingir 30m de altura (ALCÂNTARA, 1993). Caracteriza-se por sua tolerância a condições adversas, como fogo, geada e extremos de frios (WILDIN, 1990).

Adapta-se a regiões com precipitações médias anuais variando de 400 a 2500 mm (WILDIN, 1990).

#### **3.4.13 *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit (Mimosoideae)**

Nome vulgar: leucena

Originária da América Central, cresce também em diversos países da América do Sul, tendo sido introduzida nas Ilhas do Caribe, Havaí, Austrália, Índia, Indonésia, Malásia, Papua Nova Guiné e outros países do sudoeste da Ásia. Foi introduzida na África em 1950 (FAO, 1997).

É utilizada em sombreamento de outras espécies, em arborização urbana, em controle de erosão, na alimentação animal e produção de energia. Também é usada como adubo verde e melhoradora das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, fonte de nitrogênio para cultivo em aléias e aumento da matéria orgânica do solo (FAO, 1988; 1997).

Na alimentação animal, frutos, folhas e ramos verdes e/ou como feno são utilizadas na dieta de bovinos, caprinos, suínos e outros animais domésticos. Apresenta alto conteúdo de caroteno e teor de proteína bruta nas folhas de cerca de 15,6% (FAO, 1997). Quando se fornece acima de 20-30% do total da dieta animal, pode-se causar problemas em função da presença de mimosina (TOKARNIA et al., 2000)

Na forma de energia, é utilizada como lenha e carvão. A densidade varia de 0,45 a 0,70 g.cm<sup>-3</sup>, e o poder calorífico de 4.600 a 7.000 cal.kg<sup>-1</sup>. A madeira também pode ser transformada em celulose e aglomerados (FAO, 1988; 1997).

#### **3.4.14 *Machaerium hirtum* (Vell.) Steff.**

Nome vulgar: jacarandá bico de pato

Ocorre do Mato Grosso do Sul no Pantanal Matogrossense ao Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, na savana úmida da Bolívia e Paraguai (LORENZI, 1998).

A madeira é empregada apenas localmente para construções rústicas, para moirões vivos e principalmente para lenha e carvão. As flores são muito visitadas por abelhas. Sua cinza foi outrora usada para fazer sabão. A casca é muito reputada como medicinal. A árvore é ornamental quando em plena floração (LORENZI, 1998).

### **3.4.15 *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth.**

Nome vulgar: jacarandá da Bahia

A espécie ocorre naturalmente desde a Bahia até São Paulo, na floresta pluvial Atlântica. É uma espécie clímax, tem crescimento inicial moderado, e atinge de 15 – 25 m de altura. Adapta-se a terrenos secos, ocorrendo principalmente em encostas bem drenadas. Sua madeira foi muito utilizada para fabricação de mobiliário de luxo, instrumentos musicais, em acabamentos internos de construção civil, entre outros usos (LORENZI, 1992). Hoje em perigo de extinção.

## **3.5 Espécies de Leguminosas Arbóreas não Fixadoras de N**

### **3.5.1 *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub.**

Nome vulgar: canafístula

Ocorre do Estado da Bahia ao Rio de Janeiro, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul até o Paraná, principalmente na floresta latifoliada semidecídua (LORENZI, 1992).

A madeira é empregada na construção civil, marcenaria, tanoaria, carrocerias, dormentes, serviços de torno, etc. A árvore além de muito ornamental quando em florescimento, proporciona ótima sombra quando isolada. Pode ser empregada com sucesso no paisagismo em geral. Como planta rústica e de rápido crescimento, tem sido indicada para composição de reflorestamentos mistos de áreas degradadas, (LORENZI, 1992).

### **3.5.2 *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake**

Nome vulgar: guapuruvu

Ocorre do Estado da Bahia até Santa Catarina, na floresta pluvial da encosta atlântica (LORENZI, 1992).

A madeira é indicada para miolo de painéis e portas, brinquedos, saltos para calçados, formas de concreto, compensados, caixotaria leve e pesada. A planta é bastante ornamental quando em flor, porém não é recomendada para arborização de lugares muito freqüentados, devido aos riscos de acidentes pela queda fácil de ramos em dia de vento (LORENZI, 1992). Tem sido recomendada para reflorestamentos de áreas degradadas e em composições mistas (LORENZI, 1992).

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM ÁREAS DE PASTAGENS EXPOSTAS AO PASTEJO**



## RESUMO

DIAS, Paulo Francisco. **Introdução e avaliação de leguminosas arbóreas em áreas de pastagens expostas ao pastejo**. Seropédica – RJ, 2005. (Tese, Doutor em Ciências, UFRRJ, I. A., Departamento de Fitotecnia).

Em diversos países, a sustentabilidade das áreas de pastagens naturais e de outros sistemas agrícolas vem sendo ameaçada pela retirada de árvores para atender as necessidades crescentes das populações em madeira, lenha, carvão e outros produtos. O reconhecimento do papel que espécies arbóreas e arbustivas podem exercer na reabilitação dessas áreas tem sido uma das principais causas desse interesse. Essas árvores, no ecossistema de pastagem podem resultar em vários benefícios para os componentes clima, solo, microrganismos, plantas forrageiras e animais, principalmente se forem utilizadas espécies arbóreas com as características requeridas para esse fim. A escolha das espécies, no entanto, está diretamente relacionada com as condições de natureza química (acidez, alcalinidade, salinidade, etc.), física (textura, estrutura, drenagem, erodibilidade etc.) e biológica (matéria orgânica, atividade biológica, desequilíbrio populacional, falta de inóculos, etc.) do solo, com as do clima da região, resistência à presença de animais e com a função ecológica a que se destina a área a ser arborizada. O presente estudo objetivou selecionar entre dezesseis espécies de leguminosas arbóreas (*Gliricidia sepium*, *Pseudosamanea guachapele*, *Erythrina verna*, *Mimosa tenuiflora*, *Mimosa caesalpinifolia*, *Anadenanthera macrocarpa*, *Acacia holosericea*, *Acacia auriculiformis*, *Mimosa artemisiana*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Schizolobium parahyba*, *Erythrina poeppigiana*, *Albizia lebbbeck*, *Leucaena leucocephala*, *Machaerium hirtum*, *Peltophorum dubium*), aquela(s) que pudesse(em) ser introduzida(s), ainda pequena(s), nas pastagens em usos sem que houvesse necessidade de proteção da(s) mesma(s). Esse estudo foi desenvolvido em sete unidades, distribuídas em três cidades, Seropédica, Valença e Resende, localizadas no Estado do Rio de Janeiro. Durante, aproximadamente, dezesseis meses de observação do comportamento das espécies no campo, na presença dos animais, foram coletados dados, tabulados e analisados estatisticamente, cinco dos nove ciclos de pastejos realizados em cada unidade. Após a apresentação e discussão dos resultados, podem-se tirar as seguintes conclusões dos estudos: a) o grupo formado pelas leguminosas *M. artemisiana*, *A. holosericea*, *M. tenuiflora* apresentou grande potencial para ser introduzido em pastagens de capins braquiária e tifton 85, sem que houvesse necessidade de proteção das mudas e, com pouco menos potencial, as espécies *P. Guachapele*, *A. auriculiformis*, *M. caesalpinifolia* e *E. contortisiliquum*. As duas Acácias estão sendo recomendadas, mas com restrições por se tratar de pastagens e essas têm vida útil curta; b) o grupo formado pelas leguminosas *G. sepium*, *L. leucocephala* e *A. lebbbeck*, por ter sido altamente pastejados, demonstrou potencial para ser aproveitado na formação de bosques e bancos de proteína; c) o grupo formado pelas leguminosas, *E. verna*, *A. macrocarpa* e *S. parahyba*, *E. poeppigiana* não resistiu ao sistema de manejo implantado nas unidades e nem à competição das gramíneas; d) as leguminosas *M. hirtum* e *P. dubium* apresentou baixa aceitabilidade pelos bovinos, mas precisa ser mais trabalhado com gramíneas com menor agressividade.

**Palavras - chave:** Agrofloresta, sustentabilidade de pastagem, arborização de pastagem

## ABSTRACT

DIAS, Paulo Francisco. **Introduction and evaluation of leguminous trees in pasture areas exposed to browsing.** Seropédica – RJ, 2005. (Thesis, Doctor of Science, UFRRJ, I. A. Departamento de Fitotecnia)

The trees, in the pasture ecosystem, can result in various benefits for the components: climate, soil, micro-organisms, forage plants and animals, principally if tree species with the characteristics required for this goal were utilised. The selection of species, nonetheless, is directly related to the natural chemical conditions (acidity, alkalinity, salinity etc.), physical (texture, structure, drainage, erodibility etc) and biological (organic material, biological activity, population disequilibrium, lack of inoculation etc.) of the soil, with the climatic conditions of the region, resistance to the presence of cattle and the ecological function for which the area to be planted is designed. The objective of the present study was to select from sixteen leguminous tree species (*Gliricidia sepium*, *Pseudosamanea guachapele*, *Erythrina verna*, *Mimosa tenuiflora*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Anadenanthera macrocarpa*, *Acacia holosericea*, *Acacia auriculiformis*, *Mimosa artemisiana*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Schizolobium parahyba*, *Erythrina poeppigiana*, *Albizia lebeck*, *Leucaena leucocephala*, *Machaerium hirtum*, *Peltophorum dubium*) those that could be introduced, even when small, in pastures in use without the need for protection. This study was developed in seven units in three cities, Seropédica, Valença and Resende located in the state of Rio de Janeiro. The data were collected, during approximately sixteen months of observation of the behavior of the species in the field in the presence of animals. Five of the nine cycles of grazing were carried out in each unit. After the presentation and discussion of results, the following conclusions can be drawn: a) the group made up of the legumes *M. artemisiana*, *A. holosericea*, *M. tenuiflora* showed great potential for introduction in pastures of Braquiaria and Tifton 85 grasses, without having to protect the transplants and, with a little less potential the species *P. guachapele*, *A. auriculiformis*, *M. caesalpiniiifolia* and *E. contortisiliquum*. Both Acacias are being recommended, but with restrictions for use with pastures and these have a very short useful life; b) the group consisting of the legumes *G. sepium*, *L. leucocephala* and *A. lebeck*, because they have been highly grazed, demonstrated potential for use in the formation of woods and protein banks; c) the group consisting of the legumes, *E. verna*, *A. macrocarpa* and *S. parahyba*, *E. poeppigiana* did not withstand the system of management implemented in the units nor did they compete with the grasses; d) the legumes *M. hirtum* and *P. dubium* showed low acceptability by cattle, but it is necessary to do more work with less aggressive grasses.

**Key Words:** Agroforestry, pasture sustainability, pasture arborization

## 1. INTRODUÇÃO

O interesse pelas árvores para associação com pastagens começou a manifestar-se nos últimos trinta anos. Em diversos países, a sustentabilidade das áreas de pastagens naturais e de outros sistemas agrícolas vem sendo ameaçada pela retirada de árvores para atender as necessidades crescentes em madeira, lenha, forragem e produtos diversos.

O reconhecimento do papel que espécies arbóreas e arbustivas podem exercer na reabilitação dessas áreas tem sido uma das principais causas desse interesse. ATTA-KRAH (1993), relata que em regiões tropicais e subtropicais fica cada vez mais evidente que as árvores são necessárias para melhorar a produção, qualidade e a sustentabilidade das pastagens. Essas árvores, no ecossistema de pastagem, podem resultar em vários benefícios para os componentes: clima, solo, microrganismos, plantas forrageiras e animais, principalmente se forem utilizadas espécies arbóreas com as características requeridas para esse fim.

Diversas informações da literatura indicam enriquecimento do solo de pastagens, através da deposição gradativa de biomassa, em áreas sob a influência das copas de árvores (KEELMAN, 1979; OVALLE & AVENDAÑO, 1984; LIBREROS et al., 1994; MAHECHA et al., 1999). Essas informações são mais evidentes em solos de baixa fertilidade do que em solos de fertilidade mediana a alta, além do efeito parecer maior no caso de leguminosas arbóreas que possuem a capacidade de fixar o nitrogênio do ar (CASTRO & CARVALHO, 1999).

O estabelecimento, cada vez crescente, de pastagens cultivadas, com a conseqüente melhoria da qualidade nutricional das forrageiras e genética dos animais tem melhorado o desempenho do rebanho. Porém, mesmo nos rebanhos adaptados às condições tropicais, alguns estresses ambientais podem prejudicar o desempenho dos animais. A presença de árvores nas pastagens pode amenizar estes efeitos (CARDOSO 1997). Portanto, a seleção de espécies arbóreas para implantação em pastagens, sem que haja necessidade de proteção das mudas, pode reduzir o custo da arborização e permitir a introdução destas espécies dentro das condições de baixa rentabilidade do setor, especialmente para a pecuária extensiva.

Os objetivos deste estudo foram introduzir e selecionar algumas espécies de leguminosas arbóreas que pudessem ser implantadas, a partir de mudas pequenas, sem proteção, em pastagens com presença dos animais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As atividades referentes ao presente trabalho foram desenvolvidas em sete unidades localizadas em três municípios, Valença, Itatiaia e Seropédica, no Estado do Rio de Janeiro.

Nos diferentes locais, cada unidade foi programada para ocupar uma área de 0,9 ha por tipo de pastagem, sendo cinco estabelecidas e duas em processo de reforma. Procurou-se, sempre que possível, durante a condução do experimento, manter o manejo que vinha sendo imposto em cada propriedade, visando a produtividade do pasto e o estabelecimento das leguminosas arbóreas dentro da realidade da exploração local.

No Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA) e na Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO - RIO)/Estação Experimental de Seropédica, as áreas experimentais foram compostas por duas pastagens de *Cynodon* sp Tifton 85 e duas de *Brachiaria* sp (uma com *Brachiaria decumbens* e outra com *Brachiaria brizantha* cv Marandú). Nas demais localidades, Fazenda Santa Mônica/ Embrapa Gado de Leite - Valença e FURNAS/ Produtores rurais - Itatiaia, as áreas de pastagens foram compostas por uma mistura de *Brachiaria decumbens* e *B. brizantha* cv. Marandú.

Cada unidade experimental que constituía um bloco foi assim denominada: Unidade 1 - Santa Mônica/CNPGL-Embrapa; Unidade 2 - Braquiária estabelecida/ABL-Pesagro-Rio; Unidade 3 - Proprietário Sr. Sérgio Amorim Rezende/Itatiaia; Unidade 4 - Tifton 85 estabelecido/SIPA; Unidade 5 - Braquiária em formação/ABL-Pesagro-Rio; Unidade 6 - Tifton 85 em formação/SIPA; Unidade 7 - Proprietário Sr. Luís Carlos Coutinho/Itatiaia), com lotações de 54; 20; 25; 30; 20; 30; e 53 cabeças. ha<sup>-1</sup> em cada unidade e, peso vivo médio de 480, 450, 450, 300, 450, 300 e 300 kg. an<sup>-1</sup>, respectivamente. Avaliou-se o comportamento das espécies arbóreas introduzidas, sem proteção das mudas, sem a exclusão dos animais. Os sistemas de pastejos adotados nas unidades seguiam os da propriedade, porém, de forma mais controlada, não permitindo o super pastejo das áreas.

Os tratamentos foram formados pelas introduções das espécies arbóreas. (1 - *Gliricidia sepium*, 2 - *Pseudosamanea guachapele*, 3 - *Erythrina verna*, 4 - *Mimosa tenuiflora*, 5 - *Mimosa caesalpiniiifolia*, 6 - *Anadenanthera macrocarpa*, 7 - *Acacia holosericea*, 8 - *Acacia auriculiformis*, 9 - *Mimosa artemisiana*, 10 - *Enterolobium contortisiliquum*, 11 - *Schizolobium parahyba*, 12 - *Erythrina poeppigiana*, 13 - *Albizia lebbek*, 14 - *Leucaena leucocephala*, 15 - *Machaerium hirtum*, 16 - *Peltophorum dubium*). As mudas foram produzidas no viveiro do Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, no período de agosto a novembro de 2001. As sementes foram inoculadas com estirpes eficientes de rizóbio (Embrapa-Agrobiologia) e com os fungos micorrízicos *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum*, plantadas em saquinhos de 800 a 1000 g com substrato contendo 30% de composto orgânico, 30% argila, 30 % areia e 10 % de fosfato de rocha. As misturas de estirpes usadas para cada leguminosa que nodula foram as seguintes: *Gliricidia sepium* (BR 8801 + BR 8803), *Pseudosamanea guachapele* (BR6205 + BR6821), *Erythrina verna* (BR 5609 + BR 3611), *Mimosa tenuiflora* (BR 3405 + BR 3462), *Mimosa caesalpiniiifolia* (BR 4307 + BR 3446), *Anadenanthera macrocarpa* (BR 9001 + BR 9004), *Acacia holosericea* (BR 5608 + BR4406), *Acacia auriculiformis* (BR3465 + BR3609), *Mimosa artemisiana* (BR 3462 + BR 3609), *Enterolobium contortisiliquum* (BR 4406 + BR 4407), *Schizolobium parahyba* (não nodula), *Erythrina*

*poeppigiana* (BR96 + BR3611), *Abizia lebbeck* (BR5611 + BR 6610), *Leucaena leucocephala* (BR 827 + BR 825), *Machaerium hirtum* (SMF 1 a SMF7, mistura de sete estirpes) e *Pelthophorum dubium* (não nodula).

## 2.1 Implantação dos Experimentos

A partir de novembro de 2001, foram iniciadas as atividades de marcação e confecção de cercas para limitação da área do experimento em cada unidade.

Em dezembro de 2001, iniciou-se o período de plantio das mudas nas unidades (experimentos). As mudas foram levadas para o campo quando atingiram entre 40 e 60 cm (4 a 5 meses de viveiro). O plantio foi feito em covas de 20 x 20 x 20 cm de dimensões, adubadas com 100 g de fosfato de rocha + 10g de FTE Br12 (12% de Zn, 1,6% de Cu, 4% de Mn; 1,8% de B; 0,2% Mo e 5,4% Fe) + 25g de Sulfato de potássio + 25g de Calcário dolomítico. As covas foram feitas manualmente, em linha, com o auxílio de enxades, no espaçamento de 7,5 m x 7,5 m entre linhas e entre plantas, sendo plantadas 10 plantas de cada espécie constituindo uma área total de 0,9 ha para cada unidade (experimento), sendo considerada cada planta de cada espécie uma unidade experimental.

O plantio em áreas com pastagens formadas foi efetuado após o pastejo em cada unidade (experimento). As temperaturas média, média das máximas e das mínimas e precipitação pluviométrica, durante o período experimental (Janeiro de 2002 a novembro de 2003), nos municípios de Seropédica, Valença e itatiaia foram, respectivamente, de 24,6; 29,7; 19,5 °C e 1.015 mm; 22,3; 28,7; 15, 9 °C e 1345 mm; 27,9; 17,2 °C e 1.685 mm.

## 2.2 Biometria das Leguminosas Arbóreas

A partir de janeiro de 2002, durante a fase de estabelecimento, período esse que durou 150 dias, o acompanhamento das mudas foi feito uma vez por mês em cada unidade implantada, a fim de avaliar a sobrevivência de cada espécie. Quando necessário, efetuou-se o replantio das mudas mortas, pois a preocupação era obter o maior número possível de plantas, por espécie, em cada unidade. Por esse motivo não foi efetuada a análise estatística dos dados coletados nesta fase de estabelecimento. Posteriormente, deu-se início à fase experimental propriamente dita, com a presença do animal

A biometria das leguminosas arbóreas foi feita com o auxílio de paquímetro e trena, antes e depois do pastejo em cada piquete. As variáveis analisadas foram diâmetro do caule (medido a 10 cm da superfície do solo), altura da planta (medida da superfície do solo ao ápice da planta), diâmetro da copa (medidos nas projeções das copas no sentido N - S e L - O), nº de plantas atacadas por formigas, pisoteadas, quebradas, pastejadas e porcentagens de plantas sobreviventes. Todas essas informações sobre as espécies de leguminosas arbóreas foram obtidas sem a proteção das mudas, quando submetidas às diferentes lotações e sistemas de manejo das pastagens. Foram feitas cinco avaliações realizadas em dezesseis meses de crescimento das mudas no campo.

### 2.3 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso onde cada unidade (experimento) representou um bloco, no total de sete. Sendo seis com 16 espécies arbóreas e uma com menos duas das dezesseis espécies (tratamento), repetidas de 8 a 10 vezes em cada unidade (experimento).

### 2.4 Análise Estatística Univariada

Para análise estatística, utilizou-se o programa SAEG (versão 8.1), segundo RIBEIRO JÚNIOR (2001). Procedeu-se à análise de variância univariada para o conjunto de unidades, considerando-se as médias de tratamento em cada unidade e o teste de Scott – Knott para comparação das médias a 5% de probabilidade.

### 2.5 Análise Estatística Multivariada

Para revelar similaridades entre as áreas avaliadas e o relacionamento entre as variáveis, foi aplicada a análise multivariada, análise de fatores para os valores médios das biometrias obtidas em cada espécie arbórea em cada área estudada (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 1ª Fase: Estabelecimento das Leguminosas sem a Proteção das Mudas e sem a Presença dos Animais.

Os resultados médios sobre a introdução e o comportamento das leguminosas arbóreas nas pastagens estabelecidas e em formação sem a presença dos animais, nas sete unidades, são mostrados na (Tabela 1).

**Tabela 1.** Avaliação das medidas dos parâmetros (altura, diâmetro do caule e copa, e sobrevivência) das espécies antes do período experimental, 1ª fase (Janeiro a Junho de 2002).

Espécies	A. da planta <sup>1</sup>	D. do caule <sup>2</sup>	D. da copa <sup>3</sup>	Sobrevivência
	.....cm.....			%
<i>Gliricidia sepium</i>	99,8	1,8	76,3	100
<i>Pseudosamanea guachapele</i>	110,7	1,6	55,3	100
<i>Erythrina verna</i>	44,7	1,3	31,3	70
<i>Mimosa tenuiflora</i>	107,9	1,2	96,4	97
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	100,5	1,5	91,4	93
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	40,8	0,5	25,7	88
<i>Acacia holosericea</i>	94,7	1,1	58,0	95
<i>Acacia auriculiformis</i>	73,8	1,0	46,5	92
<i>Mimosa artemisiana</i>	61,5	1,3	61,6	94
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	88,1	1,6	40,8	93,6
<i>Schizolobium parahyba</i>	51,7	0,9	31,4	92
<i>Erythrina poeppigiana</i>	87,0	2,9	47,8	83
<i>Albizia lebeck</i>	73,3	1,1	36,4	94
<i>Leucaena leucocephala</i>	123,0	1,5	55,1	100
<i>Machaerium hirtum</i>	30,9	0,5	18,9	92
<i>Peltophorum dubium</i>	44,3	1,0	33,9	93

1 - Altura medida da superfície do solo ao ápice da planta

2 - Diâmetro medido a dez centímetro da superfície do solo

3 - Diâmetro médio (N - S e L - O) da projeção da copa.

O crescimento das plantas de cada espécie durante a fase de estabelecimento das mudas no campo foi similar, independente da unidade considerada, daí os resultados dos parâmetros apresentados serem médias oriundas das repetições e das sete unidades.

Aos 150 dias de crescimento, observou-se que a *M. tenuiflora*, *M. caesalpiniiifolia*, *G. sepium* e *M. artemisiana* apresentaram maior diâmetro médio de copa. As espécies *A. holosericea*, *P. guachapele*, *L. leucocephala* e *E. poeppigiana* apresentaram-se como o grupo com tendência de diâmetro médio de copa intermediário e, com tendência para menor desenvolvimento de copa, as espécies *E. contortisiliquum*, *A. lebeck*, *P. dubium*, *E. verna*, *S. parahyba*, *A. macrocarpa* e *M. hirtum*.

As espécies com porcentagem de sobrevivência das plantas na faixa de 90 a 100% foram *G. sepium*, *P. guachapele*, *L. leucocephala*, *M. tenuiflora*, *A. holosericea*, *M. artemisiana*, *A. lebbeck*, *M. caesapiniifolia*, *P. dubium*, *S. parahyba*, *A. auriculiformis*, *M. hirtum* e as com porcentagem que variou de 70 a 80% foram a *A. macrocarpa*, *E. poeppigiana* e *E. verna*. O período de entrada dessas mudas no campo, associada às boas condições climáticas (precipitação, temperatura, adubação com PK e micronutrientes localizada na cova de plantio) e as características morfogenéticas e agronômicas inerentes a cada espécie favoreceram a atividade metabólica promovendo maior desenvolvimento das espécies que se apresentaram bem resistentes aos estresses ambientais, conseqüentemente obtendo maiores sobrevivência para iniciar a 2ª fase do estudo, que se deu com a presença dos animais e sem a proteção das mudas, considerando o total de indivíduos sobreviventes de cada espécie.

3.2 2ª Fase: Desenvolvimento das leguminosas arbóreas em pastagens sem a proteção das mudas, na presença dos animais.

Nesta segunda fase avaliou-se o efeito da presença dos animais sobre as espécies de leguminosas nas unidades de plantios, após a fase de estabelecimento inicial, em cinco ciclos de pastejo dos nove que foram avaliados para biometria, plantas quebradas, atacadas por formigas, pisoteadas, pastejadas e sobreviventes.

3.3 Avaliação das Unidades Quanto à Biometria para Diâmetro do Caule e Copa e Altura das Plantas

Para taxa de crescimento do diâmetro do caule, altura e diâmetro de copa, observou-se o efeito altamente significativo entre as unidades e entre as espécies (tratamento) ( $p \leq 0,01$ ), conforme mostram o (Anexo I) e (Tabela 2).

**Tabela 2.** Avaliação do incremento da altura, diâmetro de caule e copa de leguminosas arbóreas introduzidas em pastagens sem a exclusão dos animais e sem proteção das mudas.

Unidades	D. Caule <sup>(1)</sup>	Altura <sup>(1)</sup>	D. Copa <sup>(1)</sup>
	.....cm/mês.....		
Santa Mônica(1)	0,11 <sup>(2)</sup>	3,06 <sup>(2)</sup>	2,06 <sup>(2)</sup>
PESAGO - Rio I (2)	0,13	4,72	5,03
Produtor Rural Sérgio(3)	0,09	3,62	2,43
SIPA I (4)	0,15	5,25	7,00
PESAGRO - Rio II(5)	0,22	6,81	6,45
SIPA II(6)	0,16	7,34	4,84
Produtor Rural Luís Carlos(7)	0,11	4,12	1,16
CV %	33,68	50,92	79,53

<sup>1</sup> Médias das espécies de indivíduos no campo.

<sup>2</sup> Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade.



Na classificação descritiva das unidades, a maior taxa de diâmetro de caule apresentada pela unidade (5), taxa de crescimento de altura apresentada pelas unidades (5) e (6) e, também, para diâmetro de copa seguidos das unidades (4) e (2) procede, pois as mais baixas taxas de lotações e pressões de pastejos, associados às boas condições climáticas da região podem ter favorecido essas quatro unidades. MCMEEKAN & WALSCHE (1963), consideraram a lotação como um instrumento decisivo e capaz de influenciar a eficiência da conversão da pastagem em produto animal por hectare, sem prejudicar o ecossistema. A limitação de consumo do capim pelo bovino em pastejo é realizada, somente quando o teor de proteína bruta deste for inferior a 8,05 %, (MILFORD & MINSON 1965). As boas condições climáticas existentes, em cada região, podem ter favorecido o bom desenvolvimento das espécies arbóreas, não se tendo a competição com o capim um fator limitante a ponto de prejudicar o desenvolvimento das árvores. As unidades em evidências para três parâmetros avaliados, possivelmente favoreceram às espécie cujos desempenhos estiveram mais relacionados com as características agrônômicas. Parece que a presença de espinhos, composição bromatológica de algumas espécies e lotações impostas às unidades foram decisivos para esse resultado.

#### 3.4 Avaliação das Unidades de Acordo com o Percentual de Plantas Quebradas, Atacadas por Formigas, Pisoteadas, Pastejadas e Sobreviventes

Durante o período experimental, contabilizou-se o número de plantas de cada espécie que foram quebradas, sofreram o ataque de formigas, foram pisoteadas e sobreviveram com intuito de diferenciá-las daquelas que foram prejudicadas pelo pastejo.

Os resultados, apresentados nos (Anexos II, III e IV) e (Tabela 3), mostram os efeitos significativos para plantas quebradas, atacadas por formigas, pisoteadas, sobreviventes e não significativo para plantas pastejadas entre as unidades implantadas. Utilizando-se de um modelo de análise univariada, os resultados apresentados no (Anexo II) mostraram efeito altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ) para unidades. A unidade 5 destacou-se das demais por ser uma das unidades onde houve maiores taxas de crescimento de planta e diâmetro de caule e copa, resultando em maiores possibilidades de quebra.

**Tabela 3.** Avaliação do percentual de mudas quebradas, atacadas por formigas, pisoteadas, e sobrevivência durante o período experimental nas 7 unidades implantadas.

Unidades	Quebradas	Formigas	Pisoteadas	Sobrevivência
	.....%.....			
Santa Mônica (1)	2,0 <sup>(1)</sup>	26,0 <sup>(1)</sup>	6,0 <sup>(1)</sup>	57,4 <sup>(1)</sup>
PESAGRO - Rio - I(2)	5,0	2,0	0,0	81,0
Sérgio (3)	1,0	29,0	8,0	72,2
SIPA I (4)	1,0	26,0	1,0	68,6
PESAGRO - Rio - II (5)	14,0	1,0	5,0	89,1
SIPA - II (6)	1,0	10,0	1,0	83,1
Luís Carlos (7)	-	17,0	4,0	78,1
CV %	178,96	84,38	217,38	19,70

<sup>1</sup> Médias de indivíduos observados no campo de cada espécie.

O percentual de plantas quebradas pelos animais foi baixo, não ultrapassando, em média, 14% do total. A unidade instalada na PESAGRO (5), por apresentar maior taxa de crescimento da altura, possibilitou que as plantas sofressem com a presença dos animais no momento de se aliviarem do comichão.

Observou-se efeito altamente significativo entre as unidades, quanto à ocorrência de ataque de formigas. Através da classificação descritiva das médias (Tabela 3), as unidades (1), (3) e (4) sofreram ataques mais intensos de formigas, seguida pela unidade (7), onde o ataque foi pouco intenso e as unidades (2), (5) e (6) livres de ataques. Estes ataques foram mais intensos, onde o estágio de degradação das pastagens eram mais avançados e sem encharcamentos periódicos.

Observou-se efeito significativo para pisoteio nas unidades. Isto significa que as Unidades (1), (3), (5) e (7) se destacaram das unidades (2), (4) e (6) por apresentarem maiores pressões de pastejo por área.

Não observou-se efeito significativo ( $p > 0,05$ ) para espécies pastejadas entre as unidades. Isto mostra que independente da taxa de lotação, as plantas das espécies arbóreas foram igualmente pastejadas em todas as unidades.

Observaram-se diferenças altamente significativas para a sobrevivência das plantas entre as unidades. As Unidades (6), (5), (2) apresentaram maiores percentuais de sobrevivência. Nestas unidades também foram encontradas as menores lotações, menores ataques de formigas e baixas pressões de pastejos nas pastagens. As Unidades (7), (4) e (3) apresentaram sobrevivência intermediárias e, na Unidade (1) houve menor percentual de sobrevivência devido a presença de maior nº de animais na área.

### 3.5 Classificação das Espécies Quanto ao Desenvolvimento Médio do Diâmetro de Caule, Altura de Planta e Copa.

Como a literatura é farta em mencionar a dificuldade de se manter o consórcio gramínea x leguminosas herbáceas na presença dos animais, esse estudo, sobre o enfoque da arborização de pastagens, procurou mostrar a possibilidade de se introduzir mudas de algumas espécies de leguminosas arbóreas em pastagens sem a proteção das mesmas e sem a exclusão dos animais do pasto em três municípios do Estado do Rio de Janeiro (Seropédica - A, B, C; Santa Mônica - D, E, F; Itatiaia G, H), levando-se em consideração algumas características de biometria (Figura 4).



**Figura 4.** Entrada dos animais em uma das unidades montadas em Seropécica (A, B, C), Valença (D, E, F), Itatiaia (G, H).

A análise de variância mostrou efeito significativo entre as espécies estudadas para algumas variáveis diâmetro de caule, copa e altura de planta, (Anexo I e Tabela 4).

**Tabela 4.** Classificação das espécies quanto ao incremento do diâmetro do caule e copa, e altura de leguminosas arbóreas introduzidas em pastagens sem a exclusão dos animais e sem a proteção das mudas.

Espécies	Diâm. Caule .....cm.....	Alt. planta .....mês <sup>-1</sup> *	Diâm. Copa .....
<i>Gliricidia sepium</i>	0,14 c <sup>(1)</sup>	3,20 c	1,22 b
<i>Pseudosamanea guachapelle</i>	0,18 b	8,01 b	5,54 b
<i>Erythrina verna</i> Vell.	0,14 c	1,95 d	0,17 b
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Wild.) Poiret.	0,20 a	7,49 b	12,45 a
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.	0,17 b	6,93 b	9,25 a
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth) Brean	0,05 d	2,83 c	1,25 b
<i>Acacia holosericea</i>	0,21 a	11,10 a	11,21 a
<i>Acacia auriculiformis</i>	0,17 b	7,54 b	4,19 b
<i>Mimosa artemisiana</i> (Heringer & Paula)	0,25 a	10,62 a	10,99 a
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	0,18 b	5,30 b	3,27 b
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	0,10 c	0,36 d	0,39 b
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walpers) O. F. Cook	0,09 d	0,31 d	1,47 b
<i>Albizia lebbbeck</i>	0,09 d	6,99 b	2,01 b
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) de Wit	0,12 c	4,80 c	2,07 b
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellf	0,08 d	3,15 c	1,66 b
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng) Taub.	0,07 d	1,57 d	0,40 b
CV %	33,68	50,92	79,53

\*Médias de sete locais (unidades) diferentes e repetições no campo de cada espécie.

1 Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade.

Na (Tabela 4), observou-se que as espécies *M. artemisiana*, *A. holosericea* e *M. tenuiflora* apresentaram maiores incrementos de diâmetro de caule (0,21 - 0,25 cm/mês), sendo estas, exceto a *M. tenuiflora*, as que se destacaram também para maiores incrementos de altura (10,62 - 11,10 cm.mês<sup>-1</sup>). Os maiores incrementos de diâmetro de copa (9,25 - 12,45 cm.mês<sup>-1</sup>) foram das espécies *Mimosa artemisiana*, *M. caesalpinifolia*, *A. holosericea* e *M. tenuiflora*. O grupo formado pelas espécies *A. lebbbeck*, *E. poeppigiana*, *P. dubium* e *M. hirtum* e *A. macrocarpa* apresentou-se com menor incremento de diâmetro de caule (0,05 - 0,09 cm.mês<sup>-1</sup>). Um outro grupo, formado por *E. verna*, *E. poeppigiana* e *P. dubium*, apresentou menor incremento em altura (0,31 - 1,95 cm.mês<sup>-1</sup>).

PIAGENTINI, et al., (2002), avaliando o estabelecimento de 18 espécies arbóreas em áreas de rejeito, observaram, de forma destacada incremento no diâmetro do caule das espécies *A. holosericea*, *A. auriculiformes*, *M. caesalpinifolia*, registrando assim o potencial que essas espécies possuem para se desenvolverem em ambientes adversos. No presente estudo, a *A. holosericea* e *M. caesalpinifolia* também se destacaram pelo menos

em um dos três parâmetros avaliados. Trabalhando com introdução de vinte espécies de leguminosas fixadoras de nitrogênio em taludes de exploração de ferro no Samarco Minerações, Mariana, MG, FARIA et al. (2002), destacaram as espécies fixadoras de nitrogênio *P. guachapele*, *A. lebbeck*, *E. contortisiliquum*, *M. artemisiana* e *M. caesalpiniiifolia* com potencial de crescimento em situações adversas de ambiente, corroborando com as informações obtidas no presente estudo, exceção feita para a *A. lebbeck* que apresentou baixa taxa de crescimento de diâmetro de caule. PAULINO et al. (2002), trabalhando com espécies florestais na recuperação de terras degradadas por pastagem em Conceição de Macabu, RJ, registraram maiores incrementos para *M. caesalpiniiifolia* e *A. auriculiformes* no recobrimento do solo, já a espécie *E. contortisiliquum* apresentou baixo desenvolvimento. PIAGENTINI et al. (2002) em Vazante, Minas Gerais, em depósito de rejeito de beneficiamento de minério de zinco, destacaram entre 18 espécies de leguminosas a *A. auriculiformes*, *Mimosa bimucronata* e *A. holosericea* como aquelas que apresentaram os maiores incrementos em altura. A indicação de espécies com capacidade para fixar nitrogênio e que apresentem características agrônomicas para se desenvolverem em situações adversas também manifestaram esse potencial quando introduzidas em pastagens, na presença de animais, no presente estudo.

De uma maneira geral, as espécies *M. tenuiflora*, *M. artemisiana*, *M. caesalpiniiifolia* e *A. holosericea* foram as que melhor se estabeleceram na arborização de pastagens sem a retirada dos animais e sem proteção das mudas. Este fato parece estar associado à presença de acúleos nas três primeiras e ao alto teor de tanino nas folhas da última (SILVA et al. 2004). Entre outras características, os acúleos podem inibir o ataque animal à planta e o tanino torna as plantas menos palatáveis.

Quando o objetivo é introduzir mudas de espécies arbóreas em pastagens já existentes, o fato de não ser apreciada pelo gado, fixar nitrogênio e apresentar bom desenvolvimento inicial representa vantagens na redução dos gastos com proteções para as mudas no momento do plantio.

### 3.6 Classificação das Espécies Quanto aos Percentuais de Plantas Quebradas, Pastejadas e Sobreviventes no Período Experimental

Durante o período experimental, enumeraram-se as plantas de cada espécie que foram quebradas, pastejadas e a sobrevivência das mesmas (Tabela 5).

As espécies se comportaram de forma semelhante independentemente da taxa de lotação e local onde foram introduzidas. Os resultados da análise (Anexos II, III e IV) mostraram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) para quebra, pastejo e sobrevivência. Ataque de formiga e pisoteio não chegaram a danificar de forma significativa as espécies.

**Tabela 5.** Classificação das espécies quanto às porcentagens médias de plantas quebradas, pastejadas e sobreviventes durante o período experimental.

Espécies	Quebra	Pastejo	Sobrevivência
	-----% <sup>(1)</sup> -----		
<i>Gliricidia sepium</i>	1,27 a <sup>(2)</sup>	81,13 a <sup>(2)</sup>	88,57 b <sup>(2)</sup>
<i>Pseudosamanea guachapele</i>	1,24 a	32,20 c	97,14 a
<i>Erythrina verna</i> Vell.	0,00 b	63,97 b	28,86 c
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Wild.) Poiret.	0,00 b	11,94 d	90,00 a
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth.	0,00 b	50,23 b	93,13 a
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (L.) Speg.	0,00 b	66,45 b	56,43 c
<i>Acacia holosericea</i>	2,33 a	26,37 c	84,43 b
<i>Acacia auriculiformis</i>	2,44 a	56,85 b	80,00 b
<i>Mimosa artemisiana</i> (Heringer & Paula)	0,60 a	14,98 d	90,38 a
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	1,22 a	32,96 c	95,43 a
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	0,42 b	48,10 b	20,17 d
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walpers) O. F. Cook	0,00 b	73,35 b	46,72 c
<i>Albizia lebbbeck</i>	0,29 b	65,92 b	92,86 a
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) de Wit	2,03 a	87,80 a	95,71 a
<i>Macaerium hirtum</i> (Vell.) Stelf	0,00 b	32,43 c	75,83 b
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng) Taub.	0,97 a	33,29 c	65,28 c
CV %	178,96	25,75	19,70

<sup>1</sup>Médias das plantas dos sete locais (unidades) diferentes.

<sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade.

Na (Tabela 5), observou-se, através do teste de Scott-Knott, que as plantas das espécies *A. auriculiformis*, *A. holosericea*, *G. sepium*, *L. leucocephala*, *E. contortisiliquum*, *P. guachapele*, *M. artemisiana*, e *P. dubium*, foram as mais danificadas pelos animais, por serem as espécies que apresentaram maiores incrementos médio de diâmetro de copa e caule, favorecendo, desta forma, condições para que os animais se aliviassem, principalmente, dos comichões, causados por carrapatos. No entanto, deve-se ressaltar que esses danos foram muito reduzidos.

Alguns autores como BAGGIO e CARPANEZZI (1989), MONTOYA & BAGGIO (1991), RIBASKI e MONTOYA (2001) recomendam o uso do mudão, justamente para evitar maior danos às mudas. Neste trabalho, as plantas demonstraram ter sido afetada com menor intensidade por este problema. É possível que a presença de acúleos em algumas espécies, teor de tanino e adequado manejo sanitário do rebanho contra ectoparasitos, associados à disponibilidade de material em oferta do pasto tenham minimizado os prejuízos às plantas.

Em relação ao pastejo das plantas, observou-se, que as espécies *L. leucocephala*, *G. sepium* foram as mais pastejadas, seguidas por um grupo de espécie de menor intensidade de pastejo *E. poeppigiana*, *E. verna*, *A. peregrina*, *A. lebbbeck*, *A. auriculiformis*, *M. caesalpiniiifolia* e outro grupo com intensidade menor ainda em relação aos dois anteriores

*S. parahyba*, *P. dubium*, *E. contortisiliquum*, *M. hirtum*, *P. guachapele*, *A. holosericea* e, por último, o grupo das espécies que coincidentemente fazem parte do grupo das espécies

que obtiveram maior incremento *M. artemisiana* e *M. tenuiflora*, na presença dos animais em todo o período experimental (Tabela 4).

Diversos autores, WILDIN (1990); ARAYA et al. (1994) e MARADEI (2000) relacionam as espécies *G. sepium*, *A. lebbeck*, *L. leucocephala*, *E. poeppigiana* como leguminosas arbóreas de alto valor nutritivo para alimentação animal. Neste caso, a introdução dessas espécies na pastagem, deve-se seguir àquela recomendada por CARVALHO (1998) onde, na ocasião da renovação das pastagens, ou em áreas anteriormente ocupadas com agricultura, o plantio das mudas dessas espécies pode ser inicialmente associado com culturas anuais, retardando-se a semeadura das forrageiras por 1-2 anos, o que contribui para evitar a necessidade de proteção das mudas. BAGGIO & CARPANEZZI, (1989) e MONTOYO & BAGGIO, (1991) relataram que, na presença de bovinos, os melhores resultados são obtidos quando da utilização de mudas altas, aliadas a métodos de proteção das mesmas, como forma de superarem essas dificuldades, em função de algumas espécies arbóreas apresentarem valor forrageiro, servindo principalmente para suplementação da alimentação animal em períodos de escassez de forragem.

Quanto à sobrevivência (Tabela - 5), *L. leucocephala*, *P. guachapele*, *M. caesalpiniifolia*, *M. artemisiana*, *E. contortisiliquum*, *A. lebbeck*, e *M. tenuiflora* se enquadraram no grupo das que apresentaram melhores resultados após dezesseis meses de crescimento das mudas no campo. Na avaliação desta característica, observou-se que dentro do grupo das classificadas como de maior taxa de sobrevivência, as espécies *G. sepium*, *A. lebbeck* e *L. leucocephala* são relacionadas por WILDIN (1990), ARAYA et al. (1994) como de maior valor forrageiro. A escolha de espécies arbóreas com o maior número possível das características desejáveis para a arborização é altamente desejável. No entanto, algumas podem não ser essenciais, como por exemplo, a condição de não ser forrageira, citada por POTT (1993), uma vez que as árvores, além de exercerem a função de serviço na pastagem como conforto térmico PONTIFF et al. (1972) e assim beneficiar a produção animal, HERNANDEZ et al. (2000), podem ter utilidades no fornecimento de madeira e, pela queda de folhas, galhos, flores e frutos ou produzir matéria prima para ciclagem de nutrientes (OVALLE e AVENDAÑO, 1984; NAIR, 1999). Os resultados obtidos no presente estudo, indicam que, havendo a escolha correta da espécie, a introdução das mudas nas pastagens em períodos de chuvas com boa precipitação, adubação localizada com pelo menos fósforo e micronutrientes para as mudas, baixa lotação da pastagem e controle do ataque de formigas, é possível introduzir com sucesso mudas pequenas de leguminosas arbóreas em pastagens, sem a proteção e sem a exclusão dos animais.

### 3.7 Análise Multivariada

O uso de técnicas estatísticas multivariadas permite a avaliação de inúmeras variáveis simultaneamente, proporcionando interpretações que não seriam possíveis com o uso da estatística univariada (LIBERATO et al., 1995), contribuindo, assim, para elucidar interações complexas observadas em estudos de biologia (DIGBY & KEMPTON, 1987, VAN STRAALLEN, 1998).

### 3.7.1 Análise de Fatores

A Análise de Fatores permitiu agrupar as variáveis por meio de suas correlações, ou seja, aquelas pertencentes a um mesmo grupo foram fortemente correlacionadas entre si, mas pouco correlacionadas com as variáveis de outro grupo. Cada grupo de variáveis representou um fator. Esta análise é capaz de explicar o comportamento de um número relativamente grande de variáveis avaliadas, em termos de um pequeno número de fatores simultaneamente, permitindo que se façam inferências entre suas relações a partir de uma única análise. Uma outra peculiaridade deste método é a possibilidade de se analisar quaisquer tipos de dados quantitativos positivos, sem exigências quanto à normalidade das distribuições, permitindo assim, a inclusão de outras variáveis (KACHIGAN, 1991).

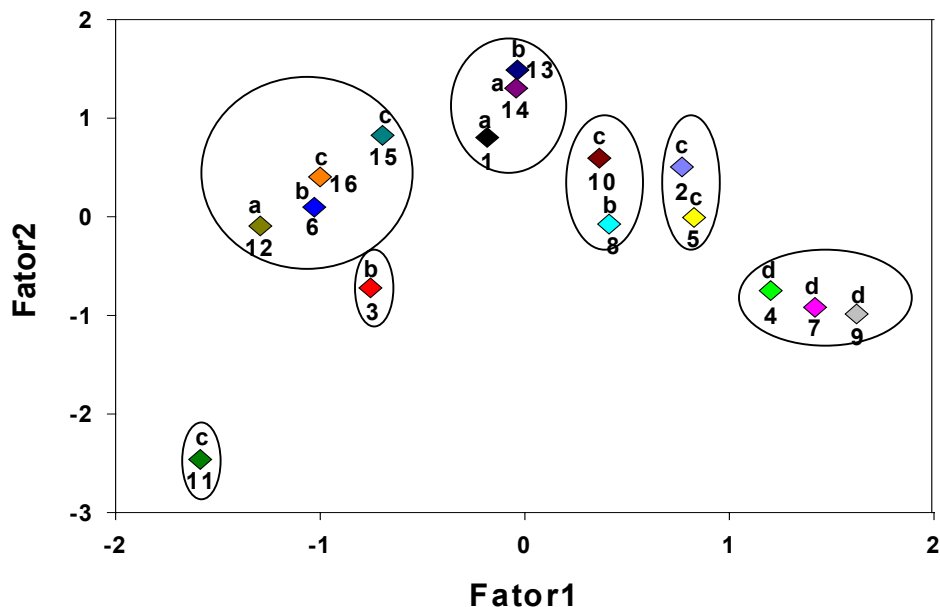
As análises foram conduzidas inicialmente com os valores médios de tratamentos (espécies): 1 - *G. sepium*, 2 - *P. guachapele*, 3 - *E. verna*, 4 - *M. tenuiflora*, 5 - *M. caesalpiniifolia*, 6 - *A. macrocarpa*, 7 - *A. holosericea*, 8 - *A. auriculiformis*, 9 - *M. artemisiana*, 10 - *E. contortisiliquum*, 11 - *S. parahyba*, 12 - *E. poeppigiana*, 13 - *A. lebbeck*, 14 - *L. leucocephala*, 15 - *M. hirtum*, 16 - *P. dubium* para as variáveis estudadas, mas a porcentagem de variância explicada pelo fator 1 mostrou-se muito alta, já a explicada pelo fator 2 ficou regular. Quando realizadas as análises com os valores médios de tratamentos (espécies), obtiveram-se, ao final, diagramas onde as relações espaciais dos tratamentos e pontos-variáveis mostraram-se muito semelhantes às análises anteriormente conduzidas, mas com porcentagem de variância explicada satisfatoriamente para que os primeiros fatores extraídos fossem considerados como significativos.

A interpretação de um diagrama de correspondência deve ser feita tomando-se inicialmente como base a projeção da cabeça da seta, utilizada para indicar os pontos-tratamentos, sob o eixo que é uma correlação entre a variável e o eixo. Uma variável pode ser considerada como significativamente ligada a um eixo, e, por consequência, suscetível de ser utilizada para interpretação deste, quanto maior for sua distância do centro do plano (KACHIGAN, 1991).

A proximidade de dois ou mais pontos-tratamentos no plano traduz uma maior ou menor correlação entre estes tratamentos, principalmente quando estão afastados do centro do plano. Por sua vez, a proximidade de pontos-variáveis no plano, indica que estas variáveis correlacionam-se e covariam nos tratamentos estudados (KACHIGAN, 1991).

Assim, o diagrama de ordenação dos pontos-variáveis e dos pontos-tratamentos foi montado apenas com os dois primeiros fatores extraídos uma vez que estes totalizam cerca de 92, 6% da variância existente (Figura 5).



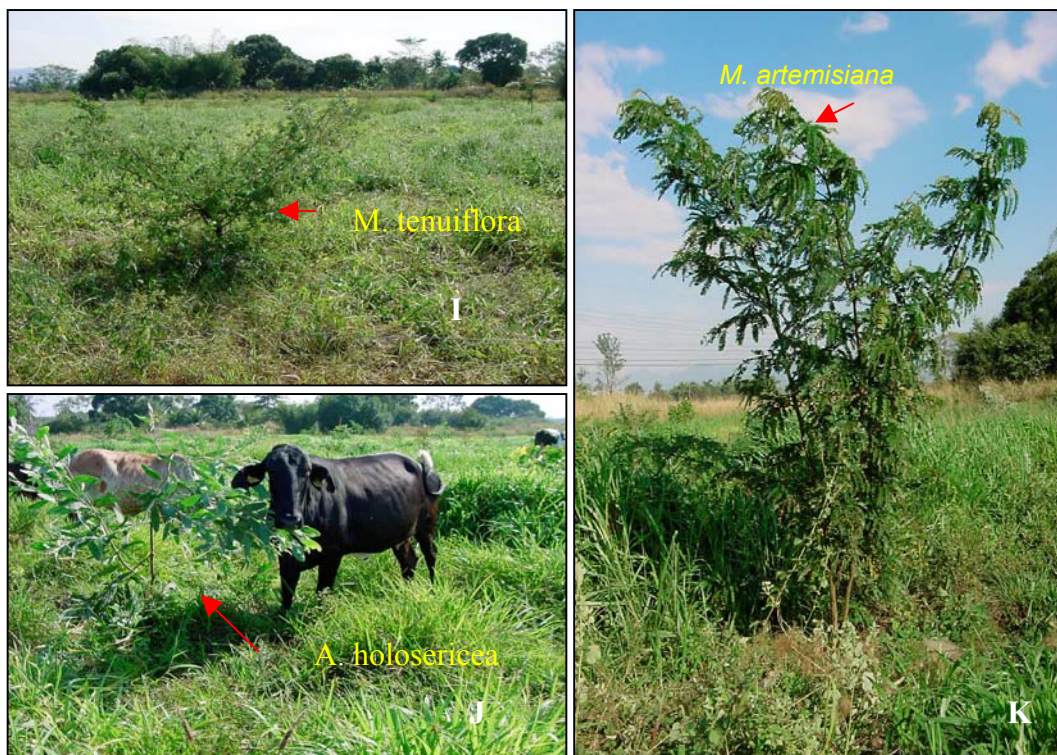


**Figura 5.** Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise de fatores (AF) para as médias de tratamentos. Eixo I ou Fator 1: 78 % da variância explicada; Eixo II ou Fator II: 14,6 % da variância explicada. Losangos indicam pontos tratamentos (espécies). As letras (a – alto pastejo, b – moderado pastejo, c – médio pastejo, d – baixo pastejo) indicam classificação das espécies quanto à intensidade do pastejo.

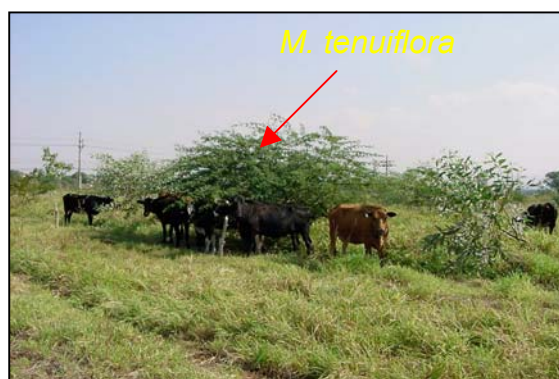
O eixo ou fator I (Anexo IVa), que responde por cerca de 78,0% da variância explicada, está positivamente ligado às variáveis: incremento de altura, incremento de diâmetro de caule e incremento de diâmetro de copa o que indica que suas quantidades covariam. O eixo ou fator II totalizou 14,6 % da variância explicada e esteve positivamente ligado à sobrevivência, indicando que a maior porcentagem foi observado nas espécies 1 - *G. sepium*, 14 - *L. leucocephala* e 13 - *A. lebbeck*, seguidas por 2 - *P. guachapele*, 10 - *E. contortisiliquum* e 5 - *M. caesalpiniifolia* (Figura 5).

Em contra partida, 11 - *S. parahyba* esteve projetado positivamente neste eixo, mas pela a sua proximidade do centro do diagrama, pode-se dizer que apresentou uma baixa correlação com o eixo fatorial (Figura 5).

As variáveis contribuíram muito para a formação do eixo e mostraram as espécies 4 - *M. tenuiflora*, 7 - *A. holosericea* e 9 - *M. artemisiana* muito pouco relacionadas com pastejo, apresentando alto crescimento e sobrevivência média (Figura 6 I, J, K) e no final de três anos já havia espécie servindo de sombra para os animais (Figura 7 L). Em oposição, projetam-se negativamente no eixo I as espécies 1 - *G. sepium*, 12 - *E. poeppigiana* e 14 - *L. leucocephala* que foram classificadas como espécies com alta susceptibilidade ao pastejo crescimento médio e alta sobrevivência no período experimental (Figura 8 M, N, O).



**Figura 6.** Espécies (I, J, K) muito pouco relacionadas com pastejo, apresentando alto crescimento e sobrevivência



**Figura 7.** Espécie servindo de sombra para os animais no final de três anos



**Figura 8.** Espécies com alta susceptibilidade ao pastejo e crescimento médio e alta sobrevivência no período experimental

Um terceiro grupo formado por 8 - *A. auriculiformis*, 10 - *E. contortisiliquum*, 2 - *P. guachapele* e 5 - *M. caesalpiniiifolia* apresentou médio crescimento, baixo pastejo e sobrevivência média, que foi acompanhado por um quarto grupo formado por 12 - *E. poeppigiana*, 6 - *A. macrocarpa*, 16 - *P. dubium* e 15 - *M. hirtum* que apresentou baixo crescimento, heterogêneo pastejo e sobrevivência média. Por último, dois grupos formados por 3 - *E. verna* e 11 - *S. parahyba* apresentaram de média a baixa sobrevivência, médio a baixo crescimento e pastejo e baixa sobrevivência, pastejo e crescimento respectivamente (Anexo IV b e Figura 5).

#### 4. CONCLUSÕES

O grupo formado pelas leguminosas *M. artemisiana*, *A. holosericea*, *M. tenuiflora*, *P. guachapele*, *A. auriculiformis*, *M. caesalpinifolia* e *E. contortisiliquum* apresentaram potencial para serem introduzidas em pastagens de capim Braquiária e Tifton 85 na presença de bovinos, sem que houvesse necessidade de proteção das mudas. As duas Acácias estão sendo recomendadas, mas, com restrições por se tratar de pastagens, e essas têm ciclo de vida curto. Porém há necessidade de maiores estudos da contribuição dessas espécies no ecossistema de pastagens.

O grupo formado pelas leguminosas *G. sepium*, *L. leucocephala* e *A. lebbeck*, por terem sido altamente pastejadas, demonstraram potenciais para serem aproveitadas na formação de bosques e bancos de proteína; com estabelecimento protegido dos bovinos

O grupo formado pelas leguminosas *E. verna*, *A. macrocarpa* e *S. parahyba*, *E. poeppigiana* não resistiram ao sistema de manejo implantado nas propriedades e nem à competição das gramíneas.

As leguminosas *M. hirtum* e *P. dubium* foram pouco pastejadas, mas apresentaram desenvolvimento reduzido em competição com as gramíneas.

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A introdução de mudas dispersas de leguminosas arbóreas, ainda pequenas, em pastagens estabelecidas sem a exclusão dos animais e sem proteção das mesmas é possível, se algumas práticas de manejos forem levadas em consideração como: época ideal para introdução das mudas na pastagem (início do período chuvoso), altura do pasto (se possível reservar piquete para produção de feno), lotação da pastagem e pressão de pastejo (visando a disponibilizar forragem com teor de N acima de 1,3% para não limitar o consumo de gramíneas), sistema de manejo da pastagens a ser adotado no momento do estabelecimento das mudas (ideal que seja rotacionado) e conhecer as características botânicas e agronômicas das espécies para composição do consórcio.

## **CAPÍTULO II**

### **AVALIAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA COPA DE TRÊS LEGUMINOSAS ARBÓREAS NA PRODUÇÃO DO CAPIM SURVENOLA**

## RESUMO

DIAS, Paulo Francisco. **Avaliação da área de influência da copa de três leguminosas arbóreas no rendimento e qualidade do capim survenola e características químicas do solo.** Seropédica – RJ, 2005. (Tese, Doutor em Ciências, UFRRJ, I. A., Departamento de Fitotecnia).

A pecuária de leite e carne no Brasil, baseada em pastagens, apresenta limitações que geralmente comprometem a sustentabilidade da atividade. Isso ocorre, principalmente, devido ao fato da formação de pastagens cultivadas em geral serem precedidas do preparo do solo, com eliminação de todas as árvores existentes na área, sem considerar que as árvores exercem vários efeitos benéficos para a pastagem, para os animais e para o meio ambiente. Inseridas neste contexto as leguminosas arbóreas podem ser uma alternativa viável na recuperação e sustentabilidade dessas áreas, como fornecedora de nitrogênio e outros serviços, amenizando os impactos das atividades ao ambiente. Sendo assim, o trabalho teve como objetivo avaliar a área de influência da projeção das copas de três espécies de leguminosas arbóreas, duas que nodulam e uma que não nodula, sobre o rendimento e composição mineral de uma pastagem formada com um híbrido interespecífico de Digitárias (*D. valida* x *D. setivalva*) e sobre as características químicas do solo. Para a realização deste estudo, foi instalado um experimento de campo no Sistema Integrado de Produção Agroecológico (SIPA - Fazendinha) em área de pastagem consorciada de capim survenola com três leguminosas arbóreas, duas fixadoras *D. nigra* e *E. contortisiliquum* e uma não fixadora de N, *P. dubium*, onde foram amostrados cinco pontos em relação ao tronco (D1 – 50 cm do tronco, D2 - metade do raio de projeção da copa, D3 - no raio de projeção da copa, D4 - uma vez e meia o raio de projeção da copa e D5 – duas vezes o raio de projeção da copa) para avaliar a influência da projeção da copa na produção da parte aérea do capim nas cinco distâncias. O presente estudo, permitiu as seguintes conclusões: a) Para as alturas de plantas e as espécies consideradas, na distância de 2 vezes a projeção da copa não há mais influência da árvore, b) A produção de biomassa seca do capim survenola e os teores de nutrientes foram maiores nas áreas sob a influência da espécie arbórea fixadora de nitrogênio; c) não foram detectadas, de forma consistente, diferenças nas características químicas do solo ao longo do transecto.

**Palavras chave:** Ciclagem de nutrientes, Agrosilvicultura, Fixação biológica de nitrogênio.

## ABSTRACT

DIAS, Paulo Francisco. **Evaluation of the area of influence of the canopy of three leguminous trees in yield and quality of a *Digitaria* hybrid and chemical characteristics of the soil.** Seropédica-RJ, UFRRJ, 2005. (Thesis, Doctor of Science, UFRRJ Departamento de Fitotecnia).

The dairy and meat industries in Brazil, based on pastures, exhibit limitations that always compromise the sustainability of the activity. Leguminous trees can be a viable alternative in the recovery of these areas, as a provider of nitrogen and other functions as well as, lessening the impact of these activities on the environment. The work had as an objective to evaluate the area of influence by the projection of the canopies of three species of leguminous trees, two that nodulate and one that does not nodulate, on the yield and mineral composition of a pasture planted with a interspecific hybrid of *Digitaria* (*D. valida* x *D. setivalva*) and on the chemical characteristics of the soil. In order to conduct this study a field experiment was set up in the Integrated System of Agroecological Production (ISAP – Organic farm) in a pasture area planted with *Survenola* grass and three leguminous trees, two nitrogen fixers (*D. nigra* and *E. contortisiliquum*) and one non nitrogen fixer (*P. dubium*). Five points were sampled in relation to the tree trunk (D1 – 50 cm from the tree trunk, D2 – half of the radius of projection of the canopy, D3 – at the radius of projection of the canopy, D4 – one and a half times the radius of projection of the canopy and D5 – two times the radius of projection of the canopy) in order to evaluate the influence of projection of the canopy on the production of the area of grass at the five distances. The following conclusions can be drawn: a) for the tree heights and the species studied, at the distance of 2 times the projection of the canopy there was no influence by the tree; b) shade positively affected the production of dry biomass and nutrient content in *Survenola* grass; c) consistent differences were not detected in the chemical characteristics of the soil.

**Key Words:** Nutrient cycling, Pasture productivity, Nitrogen fixing trees, Pasture nutrition



## 1. INTRODUÇÃO

A pecuária de leite e corte no Brasil, baseada em pastagens, apresenta algumas limitações que sempre comprometem a sustentabilidade da atividade. Isso sem levar em consideração, que, em geral, a sua formação, tem sido precedida do preparo do solo, com a eliminação de todas as árvores existentes na área, sem considerar que as árvores exercem vários efeitos benéficos para a pastagem, para os animais e para o meio ambiente. Quando essa eliminação total não ocorre, estas, com o passar dos anos, desaparecem das pastagens por terem origem em sistemas de clímax, não tolerando sistemas abertos.

O efeito das árvores, melhorando a qualidade das forrageiras, tem sido registrado na literatura (CARVALHO, 1998). Na maioria dos casos, tem sido observado aumento na qualidade de forragem em condições de sombreamento moderado, com mais ênfase quando o nível de nitrogênio no solo da pastagem é baixo. Nessas condições, maior concentração de N é observada na forragem da área sombreada em relação à não sombreada (ERIKSEN e WHITNEY, 1981; WILSON et al., 1990; BELSKY, 1992), sugerindo aumento na disponibilidade de N para as forrageiras.

O enriquecimento do solo nas áreas sob influência das árvores acontece principalmente pela incorporação gradativa de nutrientes ao sistema solo-pastagem, por meio da biomassa decídua das árvores (OVALLE e AVENDAÑO, 1984; NAIR, 1999) e, também, pela capacidade que as árvores têm de aproveitar nutrientes de camadas mais profundas do solo, disponibilizando-os às forrageiras. Portanto, quando se pensa em introduzir árvores no pasto, é importante que se conheça a área de influência da queda das folhas das árvores, vindo estimar até que distância da projeção da copa essa influência é positiva.

RUSSO (1983), trabalhando com *Erythrina poeppigiana*, mediu as folhas caídas naturalmente em 4 distâncias do caule das árvores e verificou que a deposição foi de: 0 - 1 m, 50,2 %; de 1 - 2 m, 22,8 %; de 2 - 3 m, 15,3 % e de 3 - 4 m, 11,7 % do total de folhas decaídas. BRONSTEIN (1984) registrou que a produção anual de biomassa das pastagens foi similar a 1,0 m e, nas amostras a 3,6 m das árvores, alcançando 9706 kg/ha.ano<sup>-1</sup> e 8916 kg/ha.ano<sup>-1</sup>, respectivamente.

Aumentos nos teores de fósforo (P), potássio (K) e outros nutrientes foram observados em amostras de solo coletadas sob a copa de árvores em relação àquelas coletadas em áreas de pastagens sem árvores (JOFFRE et al., 1988; VELASCO et al., 1999; DURR & RANGEL, 2002).

Outro fator limitante, mas também de crucial importância na arborização de pastagem, é a interceptação do fluxo de energia. A redução na luminosidade pode concorrer para diminuir o crescimento das plantas. No entanto, as mudanças que as árvores podem acarretar, no conforto térmico dos animais e nas condições microclimáticas, também podem resultar em forragem mais rica em proteína embora em muitas vezes, com redução na produção de biomassa total (CARVALHO, 1998).

Segundo alguns autores, a deposição gradual de biomassa no solo sob a área de influência das árvores aumenta também a matéria orgânica (MO) do solo (OVALLE & AVENDAÑO, 1984; MAHECHA et al., 1999) e, conseqüentemente, o carbono, sendo os teores, geralmente, maiores do que naquelas áreas a céu aberto. As alterações nas

temperaturas ambiente e do solo concorrem para reduzir a capacidade evaporativa do ar (OVALLE & AVENDAÑO, 1984) e para manter maior disponibilidade de água no solo (WILSON & WILD, 1991), condições que devem favorecer o crescimento das forrageiras em pastagens arborizadas. Conhecer o limite de influência do raio de projeção das copas das leguminosas no rendimento, qualidade da gramínea e fertilidade na camada de 0 – 20 cm do solo, sob a pastagem, é importante para que seja melhor programada a densidade de plantio e, também, a decisão do consórcio (gramínea x leguminosa), já que algumas características deverão ser levadas em consideração para o estabelecimento do consórcio, conforme visto no capítulo anterior.

A tolerância ao sombreamento varia entre espécies de gramíneas e de leguminosas forrageiras (WONG, 1991; CASTRO & CARVALHO 1999). Entre as gramíneas, alguns acessos e cultivares dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* geralmente têm exibido boa tolerância, tanto nos experimentos feitos com sombra artificial (WONG & WILSON, 1980; LIZIEIRE et al., 1994; CASTRO et al. 1999; OLIVEIRA & SOUTO, 2001 e 2002), como nos feitos com sombra natural (CARVALHO et al., 1997; BUSTAMANTE et al., 1998). No entanto, outras gramíneas foram lançadas no mercado, a maioria com grande importância como forrageira, tornando-se, portanto, desejável conhecer a sua tolerância ao sombreamento. O efeito das árvores sobre a fertilidade do solo em pastagens é mais evidente em solos de baixa fertilidade do que em solos de fertilidade mediana a alta, além do efeito parecer maior com espécies leguminosas do que com não leguminosas (CARVALHO et al., 1994).

Os objetivos do presente trabalho foram avaliar a área de influência da projeção das copas de três espécies de leguminosas arbóreas, duas fixadoras de N e uma não, sobre o rendimento e composição mineral de uma pastagem formada com um híbrido interespecífico de digitárias (*D. setivalva* x *D. valida*) e sobre as características químicas do solo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e Descrição da Área do Experimento

O estudo foi conduzido no campo experimental pertencente ao Sistema Integrado de Produção Agroecológica/SIPA - Fazendinha do Km 47, em uma pastagem de um híbrido interespecífico de *Digitaria setivalva* X *D. valida* (capim Survenola), formada há dez anos em um Planossolo Série Ecologia, de baixa fertilidade natural.

### 2.2 Implantação do Experimento

As mudas das leguminosas arbóreas foram produzidas no viveiro da Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro (1) *Dalbergia nigra* (Jacarandá da Bahia) e, no CNPAB (2) *Enterolobium contortisiliquum* (Orelha de Negro) e (3) *Peltophorum dubium* (Canafistula), em novembro de 1993, sendo as duas primeiras fixadoras de nitrogênio e a terceira não. As duas espécies que fixam nitrogênio e nodulam, Jacarandá da Bahia e Orelha de negro, foram inoculadas com estirpes de rizóbio específico e as três, Orelha de negro, Jacarandá da Bahia e Canafistula, inoculadas com os fungos micorrízicos *Gigaspora margarita* e *Glomus macrocarpum*. As mudas foram transplantadas para o campo em março de 1994, após 5 meses da semeadura no viveiro.

Na adubação de plantio das leguminosas foram aplicados 200 g de uma mistura de 2,0 partes de cinza + 1,0 parte de termofosfato + 0,5 parte de calcário + 10 g de FTE – BR12 contendo: 5,4 % - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 5,5 % - MnO<sub>2</sub>; 1,0 % - CuO; - 11,5 % - ZnO; 7,0 % - B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,2 % - MoO<sub>3</sub>, em covas de 20 x 20 x 20 cm, com espaçamento de 15 x 15 metros entre plantas. Não foi efetuada adubação de manutenção até o final do experimento. As plantas foram protegidas com cercas individuais até o terceiro ano do plantio no campo.

Antes do período experimental, a pastagem vinha sendo mantida sob pastejo rotativo, com período de descanso variando de 45 a 60 dias no período da seca e de 30 a 42 dias no período das chuvas. As amostragens foram feitas 42 dias após ter sido feita uma roçagem na área com roçadeira acoplada ao trator para uniformizar o crescimento da gramínea.

### 2.3 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. A unidade experimental constituiu-se de uma árvore de cada espécie de leguminosa arbórea (parcela), com cinco distâncias do tronco das árvores (subparcela)(D1 – 50 cm do tronco, D2 – metade do raio de projeção da copa, D3 - uma vez o raio de projeção da copa, D4 - uma vez e meia o raio de projeção da copa, D5 - duas vezes o raio de projeção da copa).

## 2.4 Determinações Biométricas e Coleta de Amostras da Parte Aérea das Espécies Arbóreas

A amostragem no campo foi realizada dez anos após plantio das árvores, em dezembro de 2003. Nesta data foram verificadas a altura e diâmetro de copa das leguminosas arbóreas e coletadas amostras de folhas no sentido dos quatro pontos cardiais, sendo na parte inferior, intermediária e superior da copa. As amostras foram pesadas e, em seguida, colocadas em estufa de ventilação forçada a 65 °C, até peso constante, para determinação do teor de umidade e análise química. Após secagem, as amostras foram moídas e analisadas quanto aos teores de N, P, K, Ca e Mg. O N foi determinado pelo método de Kjeldhal, após digestão com ácido sulfúrico (ALVES et al., 1994). Através da digestão nítrico-perclórica das amostras, o P foi determinado pelo método do ácido ascórbico e molibdato de amônio (SILVA, 1999). O K, por fotometria de chama e o Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica (SILVA, 1999).

## 2.5 Coletas e Determinação da Composição Química da Parte Aérea da Gramínea sob a Área de Influência das Copas das Leguminosas Arbóreas

A data de amostragem para determinação do valor nutritivo e composição química da parte aérea da gramínea foi a mesma para parte aérea da leguminosa arbórea em dezembro de 2003. Realizaram-se amostragens da parte aérea do capim e nas camadas de 0 - 5 e 5 - 20 cm do solo, sob o raio de influência da copa em cada indivíduo de cada espécie nos sentidos N - S, L - O.

As amostras foram coletadas com o auxílio de um quadrante de 0,048 m<sup>2</sup> de área, em quatro pontos, seguindo a referência, N - S, L - O nas seguintes distâncias: D1 - 50 cm de distâncias do tronco da árvore; D2 - metade da distância do raio de projeção da copa; D3 - No raio de projeção da copa; D4 - uma vez e meia a distância do raio de projeção da copa; e D5 - duas vezes a distância do raio de projeção da copa. As amostras foram colocadas em estufas de ventilação forçada a 65 °C, até peso constante, para determinação de umidade, e composição química (N, P, K, Ca e Mg), seguindo a mesma metodologia recomendada para análise da parte aérea da leguminosa.

## 2.6 Disponibilidade de Nutrientes no Solo Dentro e Fora das Áreas de Influência das Copas das Leguminosas Arbóreas

A amostragem para determinação da composição química do solo foi feita em dezembro de 2003. As amostras de solo foram coletadas a 0 - 5 e 5 - 20 cm de profundidade, nos mesmos pontos das amostras de forragem.

Após a coleta das amostras, as mesmas foram preparadas no Laboratório de Solos da Embrapa/Agrobiologia, onde foram determinadas as características químicas: N, P, K, Ca, Mg, Al, C, MO e pH em água (SILVA, 1999).

O P foi determinado pela metodologia que usa a Extração com Resina Trocadora de íons (SILVA 1999). O fósforo foi determinado por este método, uma vez que na área da pastagem, anteriormente e no plantio das árvores havia sido feito adubação com fosfato de rocha.

## 2.7 Transferência de Nitrogênio da Leguminosa para a Gramínea em Consórcio

Fazendo uso das amostras de gramíneas descritas acima, separou-se parte do material que foi triturado em moinho de rolagem até a pulverização conforme SMITTH & MYUNG (1990). Nestas amostras determinou-se a abundância natural de  $^{15}\text{N}$  ( $\delta^{15}\text{N}$ ) segundo SHEARER & KOHL (1986), com auxílio do espectrômetro de massa Finnigan Mat, modelo Delta plus da EMBRAPA/Agrobiologia.

Determinou-se o percentual de N transferido das leguminosas para a gramínea pela equação:

$$\% \text{ de N transferido} = 100 - \left( \frac{\text{valor de } \delta^{15}\text{N para D1, ..., D5} \times 100}{\delta^{15}\text{N planta testemunha (D5)}} \right)$$

Onde, D5 foi considerado o ponto de transferência zero de N (testemunha) por parte da leguminosa arbórea para a gramínea.

## 2.8 Análise Estatística

Os procedimentos foram determinados com o auxílio do pacote estatístico Sisvar, da Universidade Federal de Lavras e constaram da análise de variância com a aplicação do teste F e, para as variáveis cujo teste foi significativo, compararam-se as médias de tratamentos pelo teste de Scott-knott ( $p \leq 0,05$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Avaliação da Disponibilidade de Forragem e Composição Química do Capim Survenola na Área de Influência da Copa de Três Leguminosas Arbóreas.

Como as árvores já estavam plantadas há dez anos no campo e, apresentavam crescimento desuniforme entre os indivíduos da mesma espécie, a fim de poder comparar a área de influência da copa na ciclagem de nutrientes para o capim, decidiu-se escolher o raio de projeção da copa (Tabela 6) por ser uma variável qualitativa de medida de distância que permite comparar efeitos das leguminosas sobre a produtividade do capim em consórcio.

**Tabela 6.** Dados dendrométricos, Pontos de amostragem (D3 = raio da copa e ht: altura total das plantas) referentes às árvores de *D. nigra*, *E. contortisiliquum*, *P. dubium* aos 10 anos após o transplântio para o campo.

Espécies	Distâncias <sup>(a)</sup> (m)					Alturas <sup>(a)</sup> (m)
	D1	D2	D3	D4	D5	
<i>D. nigra</i>	0,50	3,30	7,6	11,40	15,2	6,6
<i>E. contortisiliquum</i> .	0,50	4,90	10,8	16,2	21,6	8,3
<i>P. dubium</i>	0,50	1,30	3,6	5,40	7,20	3,8

<sup>(a)</sup> Médias de três plantas no campo (m)

D1 - Medidas padronizadas para os raios (0,50 m do tronco), D2 - (1/2 da projeção da copa), D3 - (no raio de projeção da copa), D4 - (1 vez e meia a projeção da copa), D5 - (2 vezes a projeção da copa) para as três plantas de cada espécie no campo.

Os dados dendrométricos apresentados na Tabela 6 para as espécies fixadoras de nitrogênio, *E. contortisiliquum* e *D. nigra* indicam a grande possibilidade de contribuição dessas espécies para o capim Survenola, devido às suas copas apresentarem maiores diâmetro e altura, conseqüentemente maiores raios de ação para deposição da serapilheira.

#### 3.1.1 Rendimento de matéria seca do capim survenola

A produção de matéria seca (MS)  $\text{g.m}^{-2}$  e os conteúdos de nutrientes totais ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) na parte aérea do capim survenola (*D. setivalva* x *D. valida*) foram afetados significativamente ( $p \leq 0,05$ ) pelas leguminosas (*D. nigra*, *E. contortisiliquum* e *P. dubium*) e pelas distâncias do raio de influência da projeção da copa e pela interação leguminosa X distância, (Anexo V e Tabela 7).

**Tabela 7.** Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas na produção de matéria seca (MS) ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) da parte aérea do capim survenola. (médias de três repetições no campo).

Espécies	Distâncias <sup>(a)</sup>				
	D1	D2	D3	D4	D5
<i>D. nigra</i>	268,22 <b>Ab</b> <sup>(b)</sup>	136,15 <b>Bc</b>	136,02 <b>Bb</b>	139,18 <b>Bb</b>	130,90 <b>Bb</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	625,42 <b>Aa</b>	501,36 <b>Aa</b>	384,54 <b>Ba</b>	267,71 <b>Ca</b>	173,78 <b>Da</b>
<i>P. dubium</i>	267,65 <b>Ab</b>	267,02 <b>Ab</b>	134,04 <b>Bb</b>	126,08 <b>Bb</b>	139,51 <b>Bb</b>

<sup>(a)</sup> D1 – 50 cm do caule das leguminosas, D2 – metade do raio da copa, D3 – uma vez o raio de projeção da copa, D4 – uma vez e meio o raio de projeção da copa, D5 – duas vezes o raio de projeção da copa.

<sup>(b)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott – Knott ( $p \leq 0,05$ )

O resultado do desdobramento da interação indica a espécie *E. contortisiliquum* como aquela que mais contribuiu ( $p \leq 0,05$ ) para a produção de MS do capim survenola, chegando a produzir em média mais do que o dobro das demais. O efeito positivo desta espécie foi observado mesmo até duas vezes o raio da projeção da copa

Em todas as espécies, a influência das árvores foi mais acentuada quanto mais próximo ao tronco. Em *D. nigra* e *P. dubium* essa influência se deu somente até 50 cm (D1) do tronco (caso da *Dalbergia nigra*) e metade da projeção da copa (D2), (caso do *P. dubium*), o que, neste último, significa também cerca de 65 cm do tronco. Estes resultados parecem indicar que a altura da planta foi fundamental para ditar seu raio de influência. Quanto maior a altura, maior foi a distância de projeção das folhas da árvore. É claro que o tamanho das folhas, época de senescência, regime de ventos, também podem influenciar nesse fenômeno.

O valor médio para MS (D1 + D2 + D3) do capim (Survenola  $503,7 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) encontrado à sombra, no presente trabalho para *E. contortisiliquum* é semelhante aos registrados por Carvalho et al. (1994), com as espécies (*Brachiaria brizantha* -  $543,3 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$  e *B. decumbens* -  $491,4 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) associadas com nove leguminosas arbóreas (Jacarandá-branco; Angico-vermelho; Jatobá; Mulungu; Angico-branco; Monjoleiro; Vinhático; Maria-preta) e superior àqueles encontrados por CARVALHO et al. (2002), com as gramíneas (*B. brizantha* Marandu -  $206,3 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) e *Panicum maximum* (cv. Aruana -  $89,1 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ; cv. Makueni -  $157,9 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ; cv. Mombaça -  $259,9 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ; cv. Tanzânia -  $196,2 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) e *Cynodon* (Tifton 68 -  $7,7 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) associadas com Angico- vermelho. Os valores médios para MS da parte aérea do capim survenola nas distâncias D4 e D5, fora do raio de projeção da copa da leguminosa *E. contortisiliquum* ( $220,8 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ), são semelhantes àquele encontrado por CARVALHO et al. (2002) no capim Aruana ( $242,4 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) e inferior aos encontrados pelos mesmos autores nos capins Mombaça ( $540,8 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ), Marandu ( $366,1 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ), Makueni ( $364,9 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) Tanzânia ( $383,5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) e Tifton 68 ( $256,7 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ), fora do raio de projeção da copa da leguminosa.

Embora a produção média de MS da parte aérea do capim Survenola ( $180,1 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ) e ( $222,8 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ), sob as copas das leguminosas *D. nigra* e *P. dubium*, respectivamente (Tabela 7), tenham sido ( $p \leq 0,05$ ), às produções sob a copa da leguminosa *E. contortisiliquum*, estas, ainda assim, foram superiores àquelas obtidas por CARVALHO et al. (2002) com os

capins Aruana (89,1 g.m<sup>-2</sup>), Makueni (157,9 g.m<sup>-2</sup>) e Tifton 68 (7,7 g.m<sup>-2</sup>), sob as condições de sombra da copa da leguminosa.

O capim survenola associado à leguminosa *E. contortisiliquum* teve um rendimento de MS 259 % maior para D1, em relação à última distância amostrada fora da área de projeção de sua copa e 133 % a mais para a mesma D1 em relação às produções de forragens sob a copa das leguminosas *P. dubium* e *D. nigra*. Embora o *P. dubium* seja uma leguminosa não noduladora (FARIA & GUEDES 1998), os níveis de produções do capim survenola se mantiveram semelhantes ao da leguminosa *D. nigra*, uma espécie que nodula FARIA & GUEDES (1998), mas que apresentou crescimento reduzido nas condições do experimento em todas as distâncias amostradas, exceto para D2, onde a produção do *P. dubium* foi superior ( $p \leq 0,05$ ).

Segundo relatos de BRONSTEIN (1984), uma pastagem sombreada, às vezes, dependendo das espécies arbóreas em consórcio, tem uma produção maior que outras pastagens igualmente sombreadas. Quanto às outras espécies o mesmo autor explica que a pastagem não sombreada, descarta em princípio a radiação solar como um fator que justifica tais diferenças as quais parecem relacionar-se com a altura do fuste, o aporte de nutrientes deixado pela leguminosa e o microclima formado sob a copa das leguminosas.

RUSSO (1983), na Costa Rica, avaliando o efeito da poda de *Erythrina poeppigiana*, na produção de biomassa e conteúdo de nitrogênio no solo em um sistema agroflorestal, mediu as folhas caídas naturalmente a 4 distâncias das árvores, e as avaliações proporcionaram os seguintes resultados: de 0 - 1 m 50,7%; de 1 - 2 m 22,8%; de 2 - 3 m 15,3% e de 3 - 4 m 11,7% do total de folhas caídas. Neste trabalho, embora não tenha sido quantificada a serapilheira, o comportamento dos resultados de MS da gramínea, amostrada, nas diferentes distâncias dos raios de projeções das copas, permite especular que onde houver maior deposição de serapilheira, também haverá os melhores rendimentos de MS.

BRONSTEIN (1984), trabalhando com *Cordia alliodora* e *Erythrina poeppigiana* associada e não associada à pastagem e DACCARETT & BLYNDESTEIN (1968) na Costa Rica em experimentos de pastagens com espécies arbóreas, não encontraram diferenças na produção das pastagens associadas a *Erythrina poeppigiana*, quando não manejadas mediante a poda.

Segundo WONG (1991), quando se inclui o manejo periódico de poda nas espécies arbóreas, adicionando-se biomassa às pastagens, os resultados obtidos com espécies do gênero *Cynodon* tem sido melhor.

Na Colômbia, o capim-estrela (*Cynodon plectostachyus*) produziu cerca de 40% mais MS em associação com *Leucaena leucocephala* e *Prosopis juliflora* do que em monocultura (MAHECHA et al., 1999).

A espécie *C. nlemfuensis* teve produção total de MS 50% maior quando associado com *Erythrina poeppigiana* do que em área sem árvores (BUSTAMANTE et al., 1998). CARVALHO et al. (2002), trabalhando com *B. brizantha* cv. Marandu e cultivares de *P. maximum* registraram comportamento semelhante com tolerância média ao sombreamento, todos apresentando redução significativa de crescimento na área sombreada a baixa luminosidade incidente no verão (40% de transmissão de luz). Em outros estudos, essas espécies apresentaram tolerância média a alta (WONG & WILSON, 1980; CARVALHO et al., 1997; BUSTAMANT et al., 1998; CASTRO et al., 1999).



Neste sentido, os resultados sobre influência da árvore na produção de matéria seca da forragem é bastante viável e parece depender da relação existente entre as espécies envolvidas, condições climáticas e nível de sombreamento, podendo ser positiva quando bem manejada.

### 3.1.2 Teor e Acúmulo de N na Parte Aérea do Capim Survenola

O teor de N e o N-total acumulado na parte aérea do capim foram afetados significativamente ( $p \leq 0,05$ ) pelas distâncias dos raios de projeções das copas e pela interação leguminosa x distância. O desdobramento da interação é mostrado no (Anexo V e Tabela 8).

**Tabela 8.** Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas no teor de N (%) e N total ( $\text{g.m}^{-2}$ ) (entre parênteses) acumulado na parte aérea do capim survenola (médias de três repetições).

Espécies	Distâncias <sup>(a)</sup>				
	D1	D2	D3	D4	D5
<i>D. nigra</i>	1,67 <b>Aa</b> <sup>(b)</sup> (4,48) Ab	1,43 <b>Aa</b> (1,94) Bb	1,32 <b>Ba</b> (1,79) Bb	1,22 <b>Bb</b> (1,71) Bb	1,13 <b>Ba</b> (1,47) Ba
<i>E. contortisiliquum</i>	1,55 <b>Aa</b> (9,69) Aa	1,47 <b>Aa</b> (7,37) Aa	1,31 <b>Aa</b> (5,04) Ba	1,07 <b>Bb</b> (2,88) Ca	1,10 <b>Ba</b> (1,91) Ca
<i>P. dubium</i>	1,75 <b>Aa</b> (4,68) Ab	1,11 <b>Cb</b> (2,96) Bb	1,48 <b>Ba</b> (1,98) Bb	1,49 <b>Ba</b> (1,87) Ba	1,27 <b>Ca</b> (1,77) Ba

<sup>(a)</sup> D1 – 50 cm do caule das leguminosas, D2 – metade do raio da copa, D3 – uma vez o raio de projeção da copa, D4 – uma vez e meio o raio de projeção da copa, D5 – duas vezes o raio de projeção da copa.

<sup>(b)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott - Knott ( $p \leq 0,05$ ).

O resultado da análise de variância para os teores de nitrogênio na parte aérea da gramínea (Tabela 8), foram semelhantes nas três leguminosas, nas distâncias D1, D3, D5, exceto na distância D2, para a leguminosa *P. dubium*, e na distância D4 com *D. nigra*, onde os teores de N foram inferiores ( $p \leq 0,05$ ).

Os teores de N foram maiores ( $p \leq 0,05$ ), no capim survenola nas distâncias D1, D2, D3, sob a copa da leguminosa *E. contortisiliquum*, seguidos do *D. nigra* para as distâncias D1 e D2 e, finalmente, por *P. dubium* na distância D1.

À medida que a amostragem se afastou do tronco das leguminosas arbóreas, os teores de N tenderam a diminuir na parte aérea da gramínea, exceto para *P. dubium*, onde na distância (D2) o teor de N na parte aérea do capim foi inferior em relação às distâncias D3, D4 e D5, o que parece indicar algum fator específico do ponto amostrado.

Os teores de N encontrados na parte aérea do capim, sob a copa das leguminosas arbóreas (Tabela 8), foram inferiores àqueles encontrados por CARVALHO et al. (1994), nas folhas de *B. brizantha* e *B. decumbens* 1,92 e 2,00 % de N, respectivamente, sob seis leguminosas arbóreas e, também, inferiores àqueles encontrados por CARVALHO et al.

(2002), quando trabalharam com seis capins (Marandu, Aruana, Makuni, Mombaça, Tanzânia e Tifton 68). Sob Angico-vermelho, a baixa fertilidade do solo em questão parece ter influenciado esses resultados.

BALIEIRO (1999) registrou aumentos de N-NH<sub>4</sub> tanto na água de precipitação, após sua passagem pela copa de diferentes povoamentos, quanto entre as concentrações desse nutriente, que aportavam via escoamento de tronco nas espécies *Acacia mangium*, *Eucalyptus grandis* e *Pseudosamanea guachapele*. No presente estudo, notou-se aumento da concentração de N na parte aérea do capim, próximo ao tronco, comuns às três espécies.

O resíduo da leguminosa na pastagem é constituído de partes da planta, como sementes, galhos e folhas que senescem, e que são trituradas pelo pisoteio e pela fauna quando caem ao solo. O resíduo compreende ainda raízes e nódulos que se decompõem (HAYSTEAD & MARRIOT, 1979). A eficiência desses resíduos como mecanismo de transferência do N fixado, entre outros fatores, depende do seu conteúdo em N, do clima e mesmo do manejo. Resíduos com baixa concentração de N (0,5 – 1,8 %) liberam N mais lentamente do que material com níveis mais altos de N (VALLIS 1983). WHITNEY & KANEHIRO, (1967) estudaram a liberação do N e observaram que este foi lixiviado, principalmente na forma de aminoácidos. A concentração de N no resíduo de plantas pode afetar consideravelmente a taxa de liberação deste nutriente para o solo (VALLIS 1983).

A leguminosa *P. dubium*, uma espécie que não nodula, teve pouca influência sobre o capim survenola, no raio de influência da projeção da copa. A maior concentração de N na parte aérea do capim survenola, consorciado com *P. dubium*, verificada na distância D1, pode ser explicada pela lixiviação deste nutriente da parte aérea através do tronco conforme registrado por (BALIEIRO 1999) quando trabalhou com outras espécies arbóreas.

A maior concentração de N na parte aérea da gramínea sob a copa das árvores resultou em aumentos médios de 399%; 207% e 172% no N total acumulado, na menor distância, em relação à maior distância com *E. contortisiliquum*, *D. nigra* e *P. dubium*, respectivamente, indicando que mesmo a espécie não fixadora de N<sub>2</sub> aumentou o N acumulado pelo capim sob sua copa.

O N acumulado na parte aérea da gramínea, mostrado na Tabela 8, apresentou valores superiores ( $p \leq 0,05$ ) nas distâncias D1, D2, D3 (9,69; 7,37; e 5,04 g de N.m<sup>-2</sup>) com *E. contortisiliquum*, respectivamente. Nas distâncias D4 e D5, os valores de N acumulado na parte aérea da gramínea sob as três árvores não diferiram entre si e tendem a decrescer com o aumento da distância.

Os valores de N acumulados na parte aérea da gramínea nas distâncias D1, D2 (9,69; 7,37 g de N.m<sup>-2</sup>) e D1, (4,68; de N.m<sup>-2</sup>), para *E. contortisiliquum* e *P. dubium*, respectivamente, e, na distância D1 (4,48 g.m<sup>-2</sup>) com *D. nigra*, foram superiores ( $p \leq 0,05$ ) aos observados nas demais distâncias. Estes resultados mostram que a leguminosa *E. contortisiliquum* foi a espécie que mais influenciou de forma positiva o acúmulo de N na gramínea debaixo de sua copa, mais em função do aumento da produção de biomassa do que do aumento do teor de N na biomassa. A *D. nigra*, mesmo sendo uma espécie fixadora de N<sub>2</sub> pelo seu pouco crescimento não teve produção de biomassa suficiente para aumentar o N acumulado na parte aérea da gramínea.

### 3.1.3 Concentrações e acúmulos de P na parte aérea do capim survenola

As concentrações e o P acumulado na parte aérea das gramíneas variaram para distância e para a interação distância x leguminosas ( $p \leq 0,05$ ).

O desdobramento das interações leguminosas dentro de distâncias para concentrações e fósforo acumulado na parte aérea do capim são mostrados no (Anexo VI e Tabela 9).

**Tabela 9.** Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de P ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) e P total ( $\text{g.m}^{-2}$ ) (entre parênteses) acumulado na parte aérea do capim survenola (médias de três repetições).

Espécies	Distâncias <sup>(a)</sup>				
	D1	D2	D3	D4	D5
<i>D. nigra</i>	2,19 <b>Bb</b> <sup>(b)</sup> (0,59).Ab	1,76 <b>Cb</b> (0,24).Bc	2,53 <b>Aa</b> (0,34).Bb	2,78 <b>Aa</b> (0,39).Ba	2,27 <b>Ab</b> (0,30).Ba
<i>E. contortisiliquum</i>	2,23 <b>Ab</b> (1,36).Aa	2,53 <b>Aa</b> (1,26).Aa	2,78 <b>Aa</b> (1,04).Aa	2,28 <b>Ab</b> (0,61).Ba	2,57 <b>Aa</b> (0,44).Ba
<i>P. dubium</i>	2,67 <b>Aa</b> (0,71).Ab	2,31 <b>Aa</b> (0,60).Ab	1,47 <b>Bb</b> (0,20).Cb	1,61 <b>Bc</b> (0,20).Cb	2,83 <b>Aa</b> (0,40).Ba

<sup>(a)</sup> D1 – 50 cm do caule das leguminosas, D2 – metade do raio da copa, D3 – uma vez o raio de projeção da copa, D4 – uma vez e meio o raio de projeção da copa, D5 – duas vezes o raio de projeção da copa.

<sup>(b)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott - Knot ( $p \leq 0,05$ ).

As concentrações de P na parte aérea da gramínea foram superiores ( $p \leq 0,05$ ) nas distâncias D2 e D5 para o consórcio formado com *E. contortisiliquum* e *P. dubium*. Já na distância D3, o consórcio formado com *E. contortisiliquum* e *D. nigra* apresentou concentrações de P superiores ao da *P. dubium* para ( $p \leq 0,05$ ). A concentração mais baixa para P foi observado na distância D4 no consórcio formado com a leguminosa *P. dubium*.

As concentrações de P na parte aérea da gramínea, não apresentaram diferenças em todas as distâncias do raio de projeção da copa para o consórcio formado com *E. contortisiliquum*. O consórcio com *P. dubium* apresentou, nas distâncias D1 e D2, concentrações de P semelhantes à distância D5 e foram superiores ( $p \leq 0,05$ ) às distâncias D3 e D4, onde se obtiveram as mais baixas concentrações de fósforo (Tabela 9).

De acordo com os relatos de NORTON et al. (1991), modificações nas concentrações de P na parte aérea de forragem são menos acentuadas em condições de sombra. Os valores encontrados para P na parte aérea da gramínea para as distâncias D1 e D2 dentro de *D. nigra* estão de acordo com as observações feitas pelo mesmo autor. Os resultados semelhantes para os teores de P encontrados nas cinco distâncias na leguminosa *E. contortisiliquum* e nas distâncias D1 e D2 em *P. dubium* demonstram comportamento contrário, caracterizando, assim, a contribuição específica da parte aérea de cada leguminosa arbórea na ciclagem de P para o consórcio gramínea x leguminosa.

Os resultados, de uma maneira geral, mostram que a gramínea dentro ou fora da área de influência da copa das três espécies arbóreas apresentou níveis de suficiência de

P, não havendo influência significativa entre espécies fixadoras e não fixadora de N<sub>2</sub> na disponibilização de P à gramínea.

O acúmulo de P na parte aérea da gramínea, mostrada para o desdobramento das leguminosas dentro de cada distância, apresentou valores de P superiores ( $p \leq 0,05$ ), nas distâncias D1, D2, D3, D4 (1,36; 1,26; 1,04; 0,61 g de P.m<sup>-2</sup>) para *E. contortisiliquum* e D4 (0,39 g de P.m<sup>-2</sup>) para o consórcio com *D. nigra*. Na distância D5, o total de P acumulado na parte aérea da gramínea foi semelhante para as três espécies arbóreas (Tabela 9).

No desdobramento das distâncias dentro de cada leguminosa, os valores de P acumulados na parte aérea da gramínea, nas distâncias D1, D2, D3, 1,36; 1,26 e 1,04 g de P.m<sup>-2</sup>, respectivamente no consórcio formado com *E. contortisiliquum* e, nas distâncias D1 e D2, 0,71 e 0,60 g de P.m<sup>-2</sup>, respectivamente para o consórcio formado com *P. dubium*, e D1 (0,59 de P.m<sup>-2</sup>), no consórcio formado com *D. nigra*, foram superiores ( $p \leq 0,05$ ) em relação às demais distâncias em cada consórcio. O arranjo estrutural das copas, associado à biometria das plantas, produções de resíduos e topografia do terreno pode ter contribuído para que a área sob influência no consórcio formado com a leguminosa *E. contortisiliquum*, apresentasse maior quantidade de fósforo acumulado na parte aérea do capim survenola em maiores distâncias do tronco em relação às outras duas consorciações. Entretanto, o mais provável é que esta espécie produziu maior quantidade de material formador de serapilheira e tenha redistribuído o P aplicado na cova para a área de influência de sua copa. Nas outras duas espécies o aumento de P acumulado nas gramíneas junto ao tronco deve ter ocorrido em função da absorção direta de P adicionado na cova pelas mesmas. Estes resultados confirmam a propriedade de espécies arbóreas em distribuir P aplicado em forma concentrado junto ao tronco. Este seria um manejo recomendado para maior eficiência de uso de P em solos tropicais fixadores de P. Fosfato naturais, aplicado junto ao tronco de leguminosas fixadoras de N<sub>2</sub> propicia a mobilização do P pela acidificação da rizosfera, teria absorção favorecida pela associação micorrízica e redistribuição junto ao material formador de serapilheira (FRANCO et al.1995).

### **3.1.4 Concentrações e acúmulo de K na parte aérea do capim survenola**

Os resultados da concentração e acúmulo de K indicam diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) para leguminosa, distância em termos de concentrações e distância x leguminosa para K acumulado na parte aérea do capim (Anexo VI e Tabela 10).

Os resultados da análise, indicam que as concentrações de K (g.kg<sup>-1</sup>) na parte aérea da gramínea foram superiores ( $p \leq 0,05$ ) nos consórcios formados com *E. contortisiliquum* e *P. dubium* em todas as distâncias, exceto para a distância (D4), onde o *P. dubium* manteve-se superior ao *E. contortisiliquum* e a *D. nigra* (Tabela 10).

**Tabela 10.** Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de K ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) e K total ( $\text{g.m}^{-2}$ ) (entre parênteses) acumulado na parte aérea do capim survenola (média de três repetições).

Espécies	Distância <sup>(a)</sup>				
	D1	D2	D3	D4	D5
<i>D. nigra</i>	17,67 <b>Ab</b> <sup>(b)</sup> (4,74) Ab	12,00 <b>Bb</b> (1,63) Bc	12,17 <b>Bb</b> (1,65) Bb	13,33 <b>Bb</b> (1,85) Bb	10,00 <b>Cb</b> (1,31) Ba
<i>E. contortisiliquum</i>	27,33 <b>Aa</b> (17,09) Aa	19,00 <b>Ba</b> (9,51) Ba	16,67 <b>Ca</b> (6,41) Ca	14,50 <b>Db</b> (3,88) Da	13,00 <b>Da</b> (2,26) Ea
<i>P. dubium</i>	24,50 <b>Aa</b> (6,56) Ab	19,50 <b>Ba</b> (5,26) Ab	16,50 <b>Ca</b> (2,21) Bb	16,33 <b>Ca</b> (2,05) Bb	12,17 <b>Da</b> (1,70) Ba

<sup>(a)</sup> D1 – 50 cm do tronco das leguminosas, D2 – metade do raio da copa, D3 – uma vez o raio de projeção da copa, D4 – uma vez e meio o raio de projeção da copa, D5 – duas vezes o raio de projeção da copa.

<sup>(b)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott - Knot ( $p \leq 0,05$ ).

Para o desdobramento das distâncias dentro de cada leguminosa arbórea, as concentrações de K foram significativamente maiores para a distância D1, sob a copa das três leguminosas. À medida que a distância do tronco aumentou, as concentrações de K tenderam a diminuir, exceto nas distâncias (D2, D3 e D4) para *D. nigra*; (D4 e D5) na *E. contortisiliquum* e (D3 e D4) para *P. dubium*, onde as concentrações na parte aérea não diferiram, o que demonstrou a grande participação da estrutura da copa de cada espécie na transferência desse nutriente para a gramínea.

As leguminosas *P. dubium* (4 m) e *E. contortisiliquum* (8 m), em função do afastamento das distâncias do raio de projeção de suas copas em relação ao tronco, foram as espécies que mais contribuíram para o aumento na concentração de K na parte aérea da gramínea. Sendo essa contribuição mais evidente no consórcio formado com *D. nigra*.

Os resultados do K acumulado na parte aérea da gramínea para o desdobramento das leguminosas dentro de cada distância apresentaram valores estatisticamente superiores ( $p \leq 0,05$ ), na parte aérea da gramínea nas distâncias D1, D2, D3 e D4 no consórcio formado com *E. contortisiliquum*. Na distância D5, o valor de K acumulado na parte aérea da gramínea não diferiu entre as três consorciações e tendeu a decrescer com o aumento da distância em relação ao tronco. Essa maior produção acumulada de potássio na parte aérea do capim está relacionada com o maior rendimento de matéria seca obtida, mas nota-se forte influência da distância nos teores deste nutriente (Tabela 10).

No desdobramento do efeito das distâncias dentro de cada leguminosa, os valores de K acumulado na parte aérea da gramínea na distância D1, 17,09; 6,56; 4,74  $\text{g.m}^{-2}$ ; para *E. contortisiliquum*, *P. dubium* e *D. nigra* e também distância D2 para *P. dubium* foram superiores aos demais ( $p \leq 0,05$ ).

BALIEIRO (1999), avaliando quantidades de nutrientes aportados via água de precipitação incidente e interna e da que escorre pelo tronco das árvores, determinada a partir da concentração de cada um deles na água que atingia a serapilheira, verificou que a passagem da água de precipitação pelo dossel das diferentes coberturas arbóreas avaliadas

proporcionou aumentos na quantidade de nutrientes aportados à manta orgânica. O mesmo autor relata que este elemento foi um dos nutrientes incidentes em maiores quantidade na área experimental (1,14 g.m<sup>-2</sup>), superior à encontrada por CARVALHO (1992) (0,39 g.m<sup>-2</sup>), no mesmo município.

No presente estudo, as maiores concentrações deste elemento na distância D1, na parte aérea do capim nas três leguminosas, confirmaram as observações feita por BALIEIRO (1999) em seus estudos, além do acesso das raízes da gramínea ao potássio adicionado na cova da leguminosa, a superioridade das concentrações e acúmulos médios deste nutriente dentro do raio de projeção da copa D1 + D2 + D3 > D4 + D5 evidenciam a elevada contribuição das espécies na ciclagem de K e que não houve maiores diferenças entre as espécies fixadoras e a não fixadora de N<sub>2</sub> para distribuição do potássio. Segundo SWAMY (1992), COSTA et al (1997) e COSTA (1998), as estruturas reprodutivas das espécies arbóreas concentram maiores quantidades deste elemento, sendo parte devolvido ao ecossistema pela reciclagem. O potássio por não entrar na formação de compostos estruturais dos tecidos vegetais (MARSCHNER, 1995), apresenta alto potencial de lixiviação.

Deve também ser considerado a contribuição do K via exudatos da biomassa aérea junto ao tronco (BALIEIRO, 1999).

### 3.1.5 Concentrações e acúmulo de Ca na parte aérea do capim survenola

A análise de variância para as concentrações e acúmulo de Ca na parte aérea do capim survenola foi significativa para leguminosa, distância e as interações distância x leguminosas (Anexo VII).

O desdobramento da interação leguminosa dentro de distância para as concentrações e acúmulo de Ca são mostrados na (Tabela 11).

**Tabela 11.** Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de Ca (g.kg<sup>-1</sup>) e Ca total (g.m<sup>-2</sup>) (entre parênteses) acumulado na parte aérea do capim survenola em consorciação (médias de três repetições).

Espécies	Distâncias <sup>(a)</sup>				
	D1	D2	D3	D4	D5
<i>D. nigra</i>	6,78 <b>Aa</b> <sup>(b)</sup> (1,82)Ab	6,65 <b>Aa</b> (0,91)Bb	6,92 <b>Aa</b> (0,94)Bb	6,53 <b>Aa</b> (0,91)Ba	5,67 <b>Aa</b> (0,74)Ba
<i>E. contortisiliquum</i>	4,02 <b>Bb</b> (2,51)Aa	4,75 <b>Bb</b> (2,38)Aa	3,87 <b>Bb</b> (1,49)Ba	5,10 <b>Bb</b> (1,37)Ba	6,68 <b>Aa</b> (1,16)Ba
<i>P. dubium</i>	4,98 <b>Bb</b> (1,33)Ab	7,03 <b>Aa</b> (1,88)Aa	5,98 <b>Aa</b> (0,80)Bb	5,00 <b>Bb</b> (0,63)Ba	4,93 <b>Bb</b> (0,69)Ba

<sup>(a)</sup> D1 – 50 cm do tronco das leguminosas, D2 – metade do raio da copa, D3 – uma vez o raio de projeção da copa, D4 – uma vez e meia o raio de projeção da copa, D5 – duas vezes o raio de projeção da copa.

<sup>(b)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott - Knot (p ≤ 0,05).

Em função do desdobramento das leguminosas dentro de cada distância do tronco (Tabela 11), nota-se que as concentrações de Ca se mantiveram superiores ( $p \leq 0,05$ ), no consórcio formado com *D. nigra* e nas distâncias D2 e D3, onde os valores foram similares aos de *P. dubium*. Já na distância D5, concentração de Ca foi superior ( $p \leq 0,05$ ) no consórcio formado com a leguminosa *D. nigra* e *E. contortisiliquum*.

Já no desdobramento das distâncias dentro de cada leguminosa, as concentrações de Ca não diferiram nas diferentes distâncias no consórcio formado com a leguminosa *D. nigra* e foram superiores na distância D5 no consórcio formado com o *E. contortisiliquum* e nas distâncias D2 e D3 no consórcio formado com *P. dubium* (Tabela 11).

Segundo SWAMY (1992) teores de cálcio mais elevados são mais frequentemente encontrados nas folhas e nos galhos das espécies arbóreas, concentrando-se na parede celular podendo variar com a idade dos tecidos, mas mantendo maiores concentrações deste elemento nos tecidos senescentes por apresentar baixa remobilização para os tecidos vegetais jovens (MARSCHNER, 1995).

O desdobramento dos efeitos das distâncias dentro de cada leguminosa mostra que os valores de Ca acumulados na parte aérea da gramínea nas consorciações formadas com *E. contortisiliquum* e *P. dubium* nas distâncias D1, D2 e na distância D1, no consórcio formado com *D. nigra*, foram superiores às demais distâncias. A partir da distância D3, o comportamento do Ca acumulado na parte aérea da gramínea passou a ser semelhante em todas as distâncias e de forma decrescente à medida que se afastou do raio de projeção da copa, devido a menor contribuição das leguminosas nestas distâncias (Tabela 11).

### 3.1.6 Concentrações e acúmulo de magnésio na parte aérea do capim survenola

Os resultados das concentrações e acúmulos de magnésio para distância e desdobramento da interação leguminosa dentro de distância são mostrados no (Anexo VII e Tabela 12).

**Tabela 12.** Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de Mg ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) e Mg total ( $\text{g.m}^{-2}$ ) (entre parênteses) acumulado na parte aérea do capim survenola (Médias de três repetições).

Espécies	Distâncias <sup>(a)</sup>				
	D1	D2	D3	D4	D5
<i>D. nigra</i>	2,98 <b>Aa</b> <sup>(b)</sup> (0,80)Ab	2,18 <b>Aa</b> (0,30)Bb	2,73 <b>Aa</b> (0,37)Bb	2,02 <b>Aa</b> (0,28)Bb	2,45 <b>Aa</b> (0,32)Ba
<i>E. contortisiliquum</i>	2,55 <b>Aa</b> (1,60)Aa	2,68 <b>Aa</b> (1,34)Aa	2,50 <b>Aa</b> (0,97)Ba	2,57 <b>Aa</b> (0,70)Ba	1,62 <b>Bb</b> (0,27)Ba
<i>P. dubium</i>	2,40 <b>Aa</b> (0,66)Ab	2,22 <b>Aa</b> (0,52)Aa	2,63 <b>Aa</b> (0,35)Bb	1,90 <b>Aa</b> (0,23)Bb	2,30 <b>Aa</b> (0,32)Ba

<sup>(a)</sup> D1 – 50 cm do tronco das leguminosas, D2 – metade do raio da copa, D3 – uma vez o raio de projeção da copa, D4 – uma vez e meia o raio de projeção da copa, D5 – duas vezes o raio de projeção da copa.

<sup>(b)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott - Knott ( $p \leq 0,05$ ).

As concentrações de Mg na parte aérea da gramínea, foram similares para todas as distâncias, independente da espécie avaliada. Isso indica que Mg não foi fator limitante ao crescimento da gramínea. O mesmo pode ser inferido para a comparação entre espécies. Em função disso, o acúmulo de magnésio nas plantas acompanhou a produção de matéria seca.

De uma maneira geral, percebe-se o aumento do total de Mg acumulado na biomassa da gramínea sob a copa das árvores, sendo com mais intensidade abaixo da copa e até 1,5 vezes o raio de projeção da mesma. Estes resultados indicam o potencial da presença das árvores em pastagens cultivadas em solos de baixa fertilidade, podendo contribuir para a sustentabilidade do sistema.

A literatura tem relatado que aumentos na produção de forragem sob o efeito do sombreamento têm sido observados em locais onde o nível de N no solo da pastagem é baixo (WILSON & WILD, 1991). A área de pasto do capim survenola foi formada em cima de um planossolo e na ocasião do plantio foi realizado apenas uma fosfatagem na área (fosfato de rocha 500 kg.ha<sup>-1</sup>).

Como este tipo de solo apresenta baixos teores de N, após a fase de crescimento inicial da gramínea, a ausência de adubação na pastagem certamente contribuiu para a menor produção de forragem fora da área de influência da espécie arbórea.

No geral, é notória a influência das árvores na nutrição da gramínea, o necessário é ajustar o sistema de arborização de pastagens, de forma a otimizar este processo, através da busca do espaçamento e das espécies ideais. Neste estudo, observou-se que a área de influência da copa se limitou a cerca de 1,5 vezes o raio de projeção da copa, para todos as espécies. Isso indica que o manejo voltado para determinar o número ideal de espécies por hectare pode tomar por base essa distância, embora estudos sobre o efeito dessa nova densidade de planta devam ser avaliados para cada espécie de gramínea com que se queira trabalhar.

### 3.2 Composição Bromatológica das Leguminosas em Consórcio com o Capim Survenola

O Potencial de contribuição das árvores para a nutrição da pastagem, notadamente em N, pode ser avaliado pela composição mineral da parte aérea, das três espécies arbóreas (Tabela 13).

**Tabela 13.** Concentrações de N, P, K, Ca e Mg nas folhas de três espécies de leguminosas arbóreas (Médias de três repetições) e condição nutricional.

Espécies	N	P	K	Ca	Mg
	g.kg <sup>-1</sup>				
<i>Dalbergia nigra</i>	27,7	1,35	5,00	5,53	2,47
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	30,0	1,62	7,16	3,40	5,63
<i>Peltophorum dubium</i>	20,5	1,92	5,83	8,13	2,80



O aumento na concentração de N na forragem desenvolvida sob a copa das árvores pode estar associado ao efeito da sombra moderada, a qual aumenta a disponibilidade de N do solo para as plantas (WONG & WILSON, 1980; ERIKSEN & WHITNEY, 1981) e também, ao efeito da qualidade da biomassa das árvores.

Os resultados na Tabela 13 mostram claramente que a concentração de N nas duas espécies fixadoras de N<sub>2</sub> tendem a ser superiores a não fixadora de N<sub>2</sub>. Isto certamente foi fator importante na maior concentração de N e maior acúmulo de N na gramínea crescendo sob a influência da copa das mesmas. Diante dos resultados, especula-se a existência de dois mecanismos envolvidos na liberação desse nutriente: a imobilização de N pela biota e as perdas preferenciais de C solúvel em relação ao N. Segundo FOX et al. (1990) a mineralização de N é acentuada em resíduos com teores de N iguais ou superiores a 20,0 g.kg<sup>-1</sup>, teores estes encontrados apenas nos resíduos das leguminosas.

Nas avaliações das concentrações dos nutrientes nas folhas dessas espécies arbóreas, a literatura tem mostrado que a deposição gradual de biomassa no solo, sob a área de influência da copa da leguminosa arbórea aumenta a matéria orgânica (MO) do solo OVALE & AVENDAÑO, (1984) e MAHECHA et al. (1999) e, conseqüentemente, interfere na concentração de alguns nutrientes.

### 3.3 Contribuição de Três Leguminosas Arbóreas na Nutrição do Capim Survenola

A relação entre nutrientes tem sido utilizada como método alternativo de interpretação do status nutricional de espécies vegetais (LEITE, 1996; NEGI & SHARMA, 1996). A relação Ca e nutrientes, como N, P, K e Mg da folha, é a mais difundida nos estudos que contemplam a retranslocação de nutrientes no interior da planta e baseia-se na imobilidade que o Ca possui no interior da planta, inclusive em folhas senescentes (LEITE, 1996).

Os dados apresentados, na Tabela 14, permitem especular, que *E. contortisiliquum* apresenta sistema radicular melhor distribuído no solo, junto ao tronco ou mais profundo, uma vez que se observaram tendências de as relações entre Ca e demais nutrientes (Ca/N, Ca/P, Ca/K e Ca/Mg) na parte aérea do capim survenola ser menor do que quando esse capim crescia em consórcio com as outras duas espécies arbóreas.

**Tabela 14.** Real contribuição de três leguminosas arbóreas (duas fixadoras e uma não fixadora de nitrogênio) na nutrição do capim survenola, amostrados na metade = D2 e duas vezes = D5 o raio de projeção da copa.

Espécies	Ca/N	Ca/P	Ca/K	Ca/Mg
.....Distância D2.....				
<i>D. nigra</i>	0,47	3,79	0,56	3,03
<i>E. contortisiliquum</i>	0,20	1,89	0,25	1,78
<i>P. dubium</i>	0,64	3,13	0,36	3,62
.....Distância D5.....				
<i>D. nigra</i>	0,50	2,47	0,56	2,31
<i>E. contortisiliquum</i>	0,61	2,64	0,51	4,30
<i>P. dubium</i>	0,39	1,73	0,41	2,16

Na área fora da projeção da copa, essas relações tenderam a aumentar, exceto para a relação Ca/K para o consórcio formado com o *E. contortisiliquum*. Os teores de Ca tenderam a aumentar na parte aérea da gramínea, à medida que as amostragens foram sendo realizadas, distanciando-se do tronco. LEITE (1996) evidenciou tendência semelhante das relações entre Ca e N, P, K e Mg, à medida que o espaçamento entre as árvores de eucalipto foi aumentando. Segundo CARVALHO et al. (1980), a sombra altera a concentração de alguns minerais na forragem como N, P, K, Ca e Mg, entre outros.

O maior rendimento do capim Survenola, associado à leguminosa *E. contortisiliquum* pode ser especulado pelos valores de N aportados nas folhas desta espécie arbórea, os quais foram 30,0 g de N.kg<sup>-1</sup> de MS, contra 21,0 g de N.kg<sup>-1</sup> de MS, no *P. dubium* e 27,0g de N.kg<sup>-1</sup> de MS para *D. nigra*, acrescido do fato do maior crescimento do *E. contortisiliquum*, conseqüentemente retornando mais material formador de serapilheira na área de influência de sua copa.

O N foi reciclado, em parte, através do material formador da serapilheira conforme os relatos de (CARVALHO et al., 1994; ANDRADE et al., 2002) e lixiviado da copa (BALIEIRO, 1999), como indicado pela baixa relação apresentada entre as quantidades acumuladas entre o Ca e este nutriente na parte aérea do capim dentro do raio de projeção da copa. A Tabela 14 demonstra a superioridade das leguminosas fixadoras de nitrogênio na nutrição do capim Survenola em consórcio em relação à leguminosa *P. dubium* não noduladora e também das diferenças entre as espécies fixadoras de N<sub>2</sub>, sendo o *E. contortisiliquum* superior a *D. nigra*, uma espécie de clímax que apresentou crescimento reduzido na pastagem.

De acordo com as observações de NORTON et al. (1991), modificações nas concentrações de P na parte aérea de forragem são menos acentuados em condições de sombra. Isto porque o P orgânico contido na serapilheira também requer a ação de microrganismos decompositores para se tornar disponível. A mineralização do P no solo ocorre simultaneamente com a do C, através de microrganismos heterotróficos comuns, que produzem enzimas do tipo fosfatase e fitase, que atacam o material orgânico liberando PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> para a solução do solo. Este processo é influenciado pelas condições ambientais e pela mineralogia do solo. Em geral, nos solos oxidícos o P liberado é imediatamente adsorvido na fração mineral, ao contrário do que acontece com o N. É muito pouco provável que o

processo mineralização/imobilização resulte em imobilização líquida de P da solução (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

No presente estudo, os valores encontrados para P na parte aérea da gramínea para as distâncias dentro da área de projeção da copa de *D. nigra* e *P. dubium* estão de acordo com estas observações e também foi demonstrado pelo estado de nutrição deste elemento em relação ao Ca (Tabela 14). Os resultados semelhantes para os teores de P encontrados nas cinco distâncias de *E. contortisiliquum* e nas distâncias dentro do raio de projeção da copa em *P. dubium* demonstram comportamento contrário às observações feitas por (CARVALHO et al., 1980 e NORTON et al., 1991), caracterizando assim, a contribuição específica da leguminosa arbórea para a gramínea em consórcio.

O K é outro elemento também bem reciclado com a presença da leguminosas tanto fixadora como não fixadora de N<sub>2</sub> atmosférico. Aumentos significativos na concentração de K na parte aérea de diversas forrageiras sombreadas têm sido relatados, em experimentos conduzidos a campo, com sombra de árvores e de telas.

O maior rendimento do capim survenola, associado à leguminosa *E. contortisiliquum* pode ser explicado pelo acumulado de N e também pelos valores de K aportados nas folhas desta espécie arbórea, os quais foram 30 g de N e 7,2 g de K.kg<sup>-1</sup> de MS. No *P. dubium* esses valores foram 20,5 g de N e 5,83 de K.kg<sup>-1</sup> de MS e na *D. nigra* 27,7 g de N e 5,0 g de K.kg<sup>-1</sup> de MS (Tabela 13), reciclados em parte, através do material formador da serapilheira e água de lavagem da copa conforme relatado por (CARVALHO et al., 1994; ANDRADE et al., 2002) e pela baixa relação, apresentada entre as quantidades acumuladas entre o Ca e este nutriente na parte aérea do capim, dentro do raio de projeção da copa, demonstrando desta forma a superioridade do *E. contortisiliquum* na ciclagem destes elementos.

O maior rendimento de MS do capim survenola no consórcio com a leguminosa *E. contortisiliquum* pode ser explicado também pelas baixas relações obtidas entre o Ca/Mg, na parte aérea das leguminosas e da gramínea, indicando que esse nutriente não foi fator limitante no solo para a nutrição do capim, dentro da área de projeção da copa, em contraste com a alta relação entre o Ca/Mg, na parte aérea do capim, fora da área de projeção da copa.

CARVALHO et al. (1994), trabalhando com restrição de luz em seis gramíneas, observaram que os teores de Mg, na parte aérea, aumentaram significativamente quando a luminosidade foi reduzida em 73 %. Já para as leguminosas, ERIKSEN & WHITNEY (1982) relatam que os teores de Mg tiveram aumento significativo, quando da restrição de luz.

Para a análise de Ca, o resultado encontrado para *D. nigra* vai de encontro com os relatos de CARVALHO et al. (1994) e parece haver uma tendência das concentrações decrescerem, à medida que as amostragens da parte aérea da gramínea fossem avançando para fora do raio de projeção da copa. O contrário aconteceu com o consórcio formado com *E. contortisiliquum*, onde os teores médios de Ca, na parte aérea do capim, foram diminuindo nas amostragens realizadas próximas ao tronco da leguminosa. Na *D. nigra*, esses teores foram mais acentuados nas distâncias D2 e D3 próximos ao raio de projeção da copa. Estes resultados indicam que o principal fator limitante do sistema foi nitrogênio e que, de uma maneira geral, a diminuição das concentrações de Ca na gramínea foi devido à diluição pelo maior crescimento das mesmas, quando N deixou de ser o fator limitante.

As menores concentrações de Ca ocorreram onde houve maior produção de biomassa, indicando que este nutriente estava com baixa disponibilidade no solo, e isto se deu mais próximo ao tronco, onde o crescimento da gramínea foi maior. Entretanto, mesmo os níveis mais baixos foram superiores aos considerados limitantes ao crescimento das gramíneas (BUTLER & JONES 1973).

Em síntese, o conhecimento da ciclagem em sistemas agroflorestais é de extrema importância para que se possam manejar adequadamente estes sistemas para fins de conservação, recuperação ou produção. Portanto, faz-se necessário compreender cada um dos fatores envolvidos, desde o acúmulo de nutrientes pela fitomassa, a translocação interna de nutrientes entre tecidos jovens e senescentes, até a transferência desses elementos da fitomassa para o ambiente (solo, água e ar).

### 3.4 Quantificação da Transferência do N Fixado por Leguminosas Arbóreas para Capim Survenola Crescida em Consórcio.

A importância da leguminosa no consórcio está baseado na hipótese de que a gramínea se beneficia do N<sub>2</sub> fixado pela leguminosa, tanto pela excreção direta de compostos nitrogenados pelas raízes, como pela decomposição dos nódulos, raízes e serapilheira das leguminosas (BROADBENT et al., 1982; BRONSTEIN, 1984 e WEARNER, 1988). Muitos trabalhos têm tratado de estudar a transferência direta de N de uma leguminosa para uma gramínea consorciada, sendo seus valores geralmente baixos, em torno de 10 kg de N. ha<sup>-1</sup>, e muito variáveis (WEARNER, 1988 e VARGAS, 1991).

#### 3.4.1 Quantificação dos valores de $\delta^{15}\text{N} \%$ na parte aérea do capim survenola

O resultado da análise de variância dos dados para valores de  $\delta^{15}\text{N} \%$  na parte aérea do capim apresentou diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) para leguminosas, distâncias e para interação leguminosas x distâncias. O resultado do desdobramento das leguminosas dentro de cada distância é apresentado na (Tabela 15).

**Tabela 15.** Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas na concentração de  $\delta^{15}\text{N} \%$  na parte aérea do capim survenola (média de três repetições).

Espécies	Distâncias <sup>(a)</sup>				
	D1	D2	D3	D4	D5
<i>D. nigra</i>	2,47 <b>Da</b> <sup>(c)</sup>	2,92 <b>Ca</b>	3,41 <b>Ba</b>	3,43 <b>Bb</b>	3,96 <b>Aa</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	2,47 <b>Ba</b>	2,37 <b>Bb</b>	3,19 <b>Aa</b>	3,13 <b>Ab</b>	3,38 <b>Ab</b>
<i>P. dubium</i>	2,87 <b>Ca</b>	2,75 <b>Ca</b>	2,86 <b>Cb</b>	3,96 <b>Aa</b>	3,47 <b>Bb</b>

<sup>(a)</sup> D1 – 50 cm do caule das leguminosas, D2 – metade do raio da copa, D3 – uma vez o raio de projeção da copa, D4 – uma vez e meia o raio de projeção da copa, D5 – duas vezes o raio de projeção da copa.

<sup>(b)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott - Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) na parte aérea do capim survenola indicaram que o solo sem influência das árvores apresentou valor de 3,38 a 3,96 unidades. Assim, pelos dados de  $\delta^{15}\text{N}$  nos demais tratamentos, demonstra-se uma clara influência das árvores como fornecedoras de N para a gramínea, sendo que grande parte desse N deveria ser derivada da fixação biológica de nitrogênio (FBN), uma vez que os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  da gramínea foram sensivelmente menores que o controle. Ainda, ficou claro que a maior influência se deu mais próximo ao tronco das árvores, onde se concentra a água de escorrimento e deposição de biomassa da serapilheira.

Com relação à contribuição das leguminosas na nutrição nitrogenada da pastagem, os resultados eram esperados para as espécies nodulantes, mas não para a espécie não nodulante *P. dubium*, considerada não fixadora de nitrogênio. No caso desta espécie, os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  da pastagem também indicaram que esteve contribuindo com N derivado da FBN. O fato de uma espécie como *P. dubium* não ser nodulante não garante que não seja beneficiada ou que promova contribuição da FBN. Diversos estudos têm demonstrado que culturas como cana-de-açúcar, arroz, capim elefante, entre outras, possuem variedades de diferentes comportamento quanto à contribuição da FBN associativa URQUIAGA et al., (1992); BODDEY et al., (2001), chegando, em algumas situações, a FBN associada à cultura, como cana-de-açúcar, a superar 60% do conteúdo de N da planta (URQUIAGA et al., 1992). Com relação à leguminosa arbórea *P. dubium*, não nodulante, que cresce adequadamente em solos pobres em N disponível, similar às leguminosas arbóreas nodulantes e que, inclusive, apresenta altos teores de N nas folhas, tudo indica que possua um sistema eficiente de FBN associativa. A este respeito deve-se destacar o trabalho de BRYAN et al. (1996) que, estudando a FBN associada a diferentes espécies de leguminosas não nodulantes, encontraram que *P. pterocarpum* possui um sistema eficiente de FBN associada às plantas, o que explicaria seu bom crescimento e acumulação de N crescendo em solos de baixa fertilidade nitrogenada.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 15, os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  da pastagem aumentam sensivelmente na medida que as plantas da pastagem se distanciavam do tronco das leguminosas, do qual deduz-se que, em geral, para as três espécies, a maior reciclagem do  $\text{N}_2$  fixado pelas leguminosas, influenciando na nutrição nitrogenada da pastagem, ocorreu, como esperado, até a área de projeção da copa das árvores.

### **3.4.2 Transferência do N fixado pela Leguminosa Arbórea para o Capim Survenola**

A análise de variância para os valores de N transferido para a gramínea foi significativo ( $p \leq 0,05$ ) para leguminosa, distância e para a interação distância x leguminosa.

Os Valores de N transferidos para a gramínea pelas espécies arbóreas, oriundos da FBN são mostrados na (Tabela 16).

Comparando os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  da pastagem usando-se as plantas da gramínea fora da influência das leguminosas como testemunha (D5), estimou-se que o nitrogênio na gramínea derivado das espécies arbóreas variou entre 0 e 38%, dependendo da espécie e da distância considerada.

**Tabela 16.** Porcentagem de nitrogênio acumulado na gramínea oriundo das leguminosas em consórcio (médias de três repetições).

Espécies	Distâncias <sup>(a)</sup>				
	D1	D2	D3	D4	D5
<i>D. nigra</i>	37,71 <b>Aa</b> <sup>(b)</sup>	26,26 <b>Ba</b>	13,80 <b>Cb</b>	13,28 <b>Ca</b>	0,00 <b>Da</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	26,87 <b>Aa</b>	29,88 <b>Aa</b>	5,72 <b>Bb</b>	7,40 <b>Ba</b>	0,00 <b>Ca</b>
<i>P. dubium</i>	27,27 <b>Aa</b>	20,73 <b>Aa</b>	17,66 <b>Aa</b>	0,00 <b>Bb</b>	0,00 <b>Ba</b>

<sup>(a)</sup> D1 – 50 cm do tronco das leguminosas, D2 – metade do raio da copa, D3 – uma vez o raio de projeção da copa, D4 – uma vez e meia o raio de projeção da copa, D5 – duas vezes o raio de projeção da copa.

<sup>(b)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott - Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Houve uma diminuição da transferência de N da leguminosa para o capim survenola, com o aumento da distância em relação ao tronco das espécies arbóreas, exceto nas distâncias D3 e D4, onde essas porcentagens foram mais inconstantes, indicando variações na influência inerente a cada espécie. Na distância D5 essas transferências foram praticamente inexistentes.

A transferência máxima de N da leguminosa para a gramínea foi ao redor de 38 % do total de N acumulado pelo capim survenola, equivalente a 2,60; 1,69; 1,28 g de N.m<sup>-2</sup> para *E. contortisiliquum*, *D. nigra* e *P. dubium*, respectivamente.

As estimativas dos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  Tabela 15, variando de 2,37 a 3,96 ‰ e das supostas transferências de N (Tabela 16) de 0 a 37,71 ‰, observadas neste trabalho nas diferentes distâncias, demonstram a importância das leguminosas na arborização de pastagens para a ciclagem de nitrogênio. Entretanto, a diluição isotópica de <sup>15</sup>N (Tabela 15) e na % de N transferido para a gramínea (Tabela 16), sob a área de influência da copa da espécie não noduladora, considerada não fixadora de nitrogênio, indicam a complexidade de entendimento do sistema.

Diversas são as causas apontadas como responsáveis pela melhoria da qualidade da forragem sob a copa das leguminosas não fixadoras, entre as quais se destacam: a) deposição de nutrientes absorvidos no subsolo sob a copa das árvores ou na área adjacente à copa; b) elevação da MO do solo via serapilheira e decomposição de raízes, com conseqüente aumento de sua capacidade de troca de cátions e de retenção de nutrientes; c) redução da perda por erosão e lixiviação; d) deposição de nutrientes, contidos na água de chuva e na poeira atmosférica, que foram interceptados pelas copas das árvores; e) deposição de nutrientes pela fauna (animais domésticos, pássaros, etc.) que utilizaram as árvores como abrigo (YOUNG, 1997) e f) fixação biológica de N<sub>2</sub> pela espécie arbórea e disponibilizado para a gramínea.

Os valores para nitrogênio acumulado pela gramínea nos consórcios formados com as leguminosas são mais ou menos semelhantes aqueles 10 a 39% do N acumulado pela gramínea, encontrados por VARGAS (1991), em três leguminosas herbáceas (*Centrosema*, *Galactia* e *Desmodium*), para *Brachiaria brizantha* consorciada.

Os resultados indicam que as leguminosas arbóreas, através da FBN, podem incrementar significativamente a disponibilidade de N, sem correrem o risco de desaparecerem do sistema, fato comum no consórcio com leguminosas herbáceas, ajudando

a minimizar uma das principais causas da degradação das pastagens. É verdade que se fazem necessários muitos ajustes para que este sistema se torne mais otimizado, inclusive com avaliações sobre o efeito no animal, por considerar-se que este seja o caminho para a reversão do quadro de degradação das pastagens no Brasil.

### 3.5 Efeito das Leguminosas Arbóreas na Disponibilidade de Nutrientes no Solo sob Pastagens de Capim Survenola.

As informações disponíveis na literatura relatam que os efeitos das árvores sobre a fertilidade do solo variam segundo as espécies e as condições ambientais e que as alterações edáficas proporcionadas pelos plantios de árvores são mediados pelas raízes, diferentes taxas de decomposição e qualidade nutricional da serapilheira (GAMA – RODRIGUES, 1997).

#### 3.5.1 Disponibilidade de N no solo

A acumulação de N em solos de pastagens consorciados depende de fatores como a quantidade de leguminosas presentes nas pastagens e as condições climáticas. No presente estudo, a análise de variância apresentou efeito significativo para teores de N do solo nas camadas de 0 – 5 e 5 – 20 cm para distância, leguminosas e distância x leguminosas (Anexo IX) e (Tabela 17).

**Tabela 17.** Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nos teores de N (%) no solo sob pastagem de capim survenola consorciado, nas profundidades de 0 - 5 e 5 - 20 cm (médias vindas de três repetições).

Espécies	Distâncias <sup>(a)</sup>				
	D1	D2	D3	D4	D5
.....0 – 5 cm.....					
<i>D. nigra</i>	0,06 <b>Ab</b> <sup>(b)</sup>	0,06 <b>Aa</b>	0,06 <b>Aa</b>	0,06 <b>Aa</b>	0,03 <b>Bc</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	0,08 <b>Aa</b>	0,06 <b>Ba</b>	0,06 <b>Ba</b>	0,05 <b>Ba</b>	0,05 <b>Bb</b>
<i>P. dubium</i>	0,06 <b>Ab</b>	0,06 <b>Aa</b>	0,05 <b>Aa</b>	0,06 <b>Aa</b>	0,06 <b>Aa</b>
.....5 – 20 cm.....					
<i>D. nigra</i>	0,04 <b>Aa</b>	0,04 <b>Aa</b>	0,04 <b>Ab</b>	0,03 <b>Aa</b>	0,02 <b>Aa</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	0,04 <b>Aa</b>	0,05 <b>Aa</b>	0,06 <b>Aa</b>	0,05 <b>Aa</b>	0,04 <b>Aa</b>
<i>P. dubium</i>	0,05 <b>Aa</b>	0,04 <b>Aa</b>	0,04 <b>Ab</b>	0,04 <b>Aa</b>	0,04 <b>Aa</b>

<sup>(a)</sup> D1 – 50 cm do caule das leguminosas, D2 – metade do raio da copa, D3 – uma vez o raio de projeção da copa, D4 – uma vez e meia o raio de projeção da copa, D5 – duas vezes o raio de projeção da copa.

<sup>(b)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott - Knott ( $p \leq 0,05$ ).

As concentrações de N na profundidade de 0 - 5 cm, para o desdobramento das leguminosas dentro de cada distância, conforme mostra a Tabela 17, indicam que os valores de N no solo sob pastagens para as três consorciações formadas são diferentes ( $p \leq 0,05$ ), nas distâncias D1 para *E. contortisiliquum* > *D. nigra* = *P. dubium* e D5 para *P. dubium* >

*E. contortisiliquum* > *D. nigra*. Nas distâncias D2, D3 e D4 as concentrações de N das gramíneas com as três leguminosas arbóreas não diferiram entre si ( $p \leq 0,05$ ).

O resultado da análise de variância para o desdobramento das distâncias dentro de cada leguminosa, apresentado na Tabela 17, indica concentrações similares de N no solo, sob pastagens no consórcio com *P. dubium* e *D. nigra* em todas às distâncias do raio de projeção da copa, não havendo influência significativa dessas espécies para o conteúdo de N do solo. Para *E. contortisiliquum*, a distância D1 apresentou concentração de N, superior às demais (Tabela 17).

As concentrações de N no solo nas distâncias dentro de cada leguminosa, apresentados na Tabela 17, na profundidade de 5 - 20 cm, indicam uma semelhança na concentração de N no solo, sob pastagens em todos os consórcios em todas as distâncias.

Observou-se, de maneira geral, que as concentrações de N no solo com a presença das leguminosas tenderam a aumentar sob as copas das árvores, na profundidade 0 – 5 cm. Sendo o consórcio formado com a leguminosa *E. contortisiliquum* aquele que apresentou maior aumento da concentração média de N em relação fora de sua influência. ANDRADE et al. (2002), trabalhando com a leguminosa Baginha (*Stryphnodendron guianensis* (Aubl) Benth.) em Argissolo Vermelho-Amarelo álico encontrou valores bem mais altos 0,18 e 0,10 % de N sob a copa e fora da copa na camada de 0 - 20 cm, respectivamente. A quantidade de serapilheira depositada ao longo do tempo e o nível de fertilidade nitrogenada do solo afetaram diretamente a possibilidade de detecção das alterações sofridas no solo. Assim, em trabalhos que visem buscar o efeito da arborização no desenvolvimento e na sustentabilidade de pastagens, a análise da forragem parece ser mais indicada, por ser mais sensível às mudanças. Entretanto, para a espécie fixadora de N<sub>2</sub> e de maior produção de biomassa, estes efeitos positivos também foram detectados na camada de 0 – 5 cm do solo.

### 3.5.2 Disponibilidade de P no solo

As leguminosas arbóreas, principalmente as que possuem sistema radicular profundo, podem disponibilizar o fósforo mineral de camadas do solo que estão fora do alcance das raízes das gramíneas forrageiras em consórcio, com sistema radicular geralmente mais superficial.

A análise de variância para as concentrações de fósforo no solo foi significativa ( $p \leq 0,05$ ) para leguminosas, distância e para a interação leguminosa x distância (Anexo IX). O desdobramento da interação leguminosa dentro de distância para concentrações de fósforo nas duas camadas 0 - 5 e 5 - 20 cm de solo, são mostrados na (Tabela 18).



**Tabela 18.** Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de P ( $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) no solo sob pastagem de capim survenola consorciado nas profundidades de 0 - 5 e 5 - 20  $\text{cm}^3$  (médias de três repetições).

Espécies	Distâncias <sup>(a)</sup>				
	D1	D2	D3	D4	D5
	.....0 – 5 cm.....				
<i>D. nigra</i>	3,4 <b>Ba</b> <sup>(b)</sup>	4,3 <b>Aa</b>	3,1 <b>Ba</b>	3,3 <b>Ba</b>	1,2 <b>Cc</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	3,2 <b>Aa</b>	2,0 <b>Bb</b>	2,1 <b>Bb</b>	2,8 <b>Aa</b>	3,6 <b>Aa</b>
<i>P. dubium</i>	3,4 <b>Aa</b>	2,6 <b>Bb</b>	1,9 <b>Bb</b>	1,9 <b>Bb</b>	2,4 <b>Bb</b>
	.....5 – 20 cm.....				
<i>D. nigra</i>	1,6 <b>Bb</b>	4,5 <b>Aa</b>	1,2 <b>Cb</b>	1,2 <b>Cb</b>	1,7 <b>Ba</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	1,8 <b>Ab</b>	1,2 <b>Bc</b>	1,2 <b>Bb</b>	1,4 <b>Ba</b>	1,9 <b>Aa</b>
<i>P. dubium</i>	2,3 <b>Aa</b>	2,5 <b>Ab</b>	1,6 <b>Ba</b>	1,2 <b>Cb</b>	1,6 <b>Ba</b>

<sup>(a)</sup> D1 - 50 cm do tronco das leguminosas, D2 – metade do raio da copa, D3 – uma vez o raio de projeção da copa, D4 – uma vez e meio o raio de projeção da copa, D5 – duas vezes o raio de projeção da copa.

<sup>(b)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott - Knot ( $p \leq 0,05$ ).

Os resultados apresentados na Tabela 18 indicam que as três espécies arbóreas tenderam a aumentar a concentração de P disponível na camada superior do solo (0 – 5 cm) sob a sua copa. Além disso, a espécie com maior produção de biomassa (*E. contortisiliquum*) tende a deixar o nível de P disponível no solo inferior às demais. Ocorreu, entretanto, uma grande variabilidade da concentração de P entre pontos amostrados, provavelmente devido a eventos anteriores, que dificultam a interpretação dos resultados.

### 3.5.3 Disponibilidade de K no solo

O resultado da análise de variância para as concentrações de K no solo foi significativa ( $p \leq 0,05$ ) para leguminosa, distância e para a interação distância x leguminosa (Anexo IX). O desdobramento das interações leguminosa dentro de distância para as concentrações de K nas duas camadas é apresentado na (Tabela 19).

**Tabela 19.** Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de K ( $\text{mg.dm}^{-3}$ ) no solo sob pastagem de capim survenola consorciado nas profundidades de 0 - 5 e 5 - 20 cm (médias de três repetições).

Espécies	Distâncias <sup>(a)</sup>				
	D1	D2	D3	D4	D5
	.....0 – 5 cm.....				
<i>D. nigra</i>	24,0 <b>Ab</b> <sup>(b)</sup>	20,7 <b>Ac</b>	16,3 <b>Ac</b>	18,0 <b>Ab</b>	18,5 <b>Ab</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	34,7 <b>Aa</b>	36,0 <b>Ab</b>	28,0 <b>Bb</b>	26,0 <b>Ba</b>	23,0 <b>Cb</b>
<i>P. dubium</i>	33,67 <b>Ca</b>	41,7 <b>Ba</b>	43,7 <b>Ba</b>	24,0 <b>Da</b>	49,0 <b>Aa</b>
	.....5 – 20 cm.....				
<i>D. nigra</i>	12,3 <b>Aa</b>	10,3 <b>Ac</b>	10,3 <b>Ab</b>	12,0 <b>Aa</b>	13,3 <b>Aa</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	16,0 <b>Aa</b>	18,0 <b>Ab</b>	18,0 <b>Aa</b>	13,3 <b>Ba</b>	11,0 <b>Ba</b>
<i>P. dubium</i>	15,7 <b>Ba</b>	31,3 <b>Aa</b>	15,0 <b>Ba</b>	13,0 <b>Ba</b>	13,0 <b>Ba</b>

<sup>(a)</sup> D1 – 50 cm do tronco das leguminosas, D2 – metade do raio da copa, D3 – uma vez o raio de projeção da copa, D4 – uma vez e meia o raio de projeção da copa, D5 – duas vezes o raio de projeção da copa.

<sup>(b)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott - Knott ( $p \leq 0,05$ ).

As concentrações de K na profundidade de 0 - 5 cm, para o desdobramento das leguminosas dentro de cada distância, (Tabela 19), indicam que os valores para K no solo sob pastagens, para o consórcio formado com *P. dubium*, são maiores em todas as distâncias, sendo que, nas distâncias D1 e D4, não diferiu dos valores encontrados para *E. contortisiliquum* (Tabela 19).

Em relação à influência das espécies, notou-se somente para *E. contortisiliquum* que em 1,5 vezes a projeção da copa houve influência nos teores de K do solo, o mesmo não ocorreu para as outras duas espécies. O maior crescimento de *E. contortisiliquum* parece ter contribuído para esses resultados. Na profundidade de 5 – 20 cm, embora os resultados não tenham se mostrado significativos, nota-se a tendência da maior concentração de K no solo estar associada a área de influência da copa.

No geral as concentrações médias de potássio apresentadas no presente estudo para o consórcio com a leguminosa *P. dubium* nas áreas dentro e fora da copa 39,67 e 36,5  $\text{mg.dm}^{-3}$  na camada de 0 - 5 cm foram baixos, respectivamente. ANDRADE et al. (2002) encontraram valores 105,50 e 93,25  $\text{mg.dm}^{-3}$  para a área dentro e fora da copa da leguminosa Baginha para a camada de 0 - 20 cm, o que indica a mesma tendência encontrada no presente estudo (Tabela 19).

BALIEIRO (1999), registrou em plantio de *Eucalyptus sp*, *Acacia mangium e Pseudosamanea guachapele* aumentos nos teores de K no solo sob a copa. O mesmo autor destaca que o fuste e o arranjo das folhas nas espécies arbóreas são fatores que alteram a distribuição do potássio no raio de projeção da copa. No presente trabalho, foi observado aumento da disponibilidade de K sob a copa de duas leguminosas fixadoras de nitrogênio, não só na camada superficial 0 – 5 cm, como também na camada de 5 – 20 cm de profundidade dos solo.

### 3.5.4 Disponibilidade de Ca no solo

O resultado da análise de variância para as concentrações de Ca foram significativas ( $p \leq 0,05$ ) para leguminosas, distâncias e para a interação distâncias x leguminosas nas duas camadas de solo 0 – 5 e 5 – 20 cm, respectivamente (Anexo X). O desdobramento das interações leguminosas x distância para as concentrações de Ca nas duas camadas de solo é apresentado na (Tabela 20).

**Tabela 20.** Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de Ca ( $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ ) no solo sob pastagem de capim survenola consorciado nas camadas de 0 - 5 e 5 - 20 cm (médias de três repetições).

Espécies	Distância <sup>(a)</sup>				
	D1	D2	D3	D4	D5
.....0 - 5 cm.....					
<i>D. nigra</i>	0,93 <b>Ab</b> <sup>(b)</sup>	0,90 <b>Aa</b>	0,85 <b>Ab</b>	0,87 <b>Ab</b>	0,75 <b>Ac</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	1,27 <b>Aa</b>	0,92 <b>Ca</b>	0,67 <b>Dc</b>	1,25 <b>Aa</b>	1,03 <b>Bb</b>
<i>P. dubium</i>	0,93 <b>Bb</b>	1,00 <b>Ba</b>	1,40 <b>Aa</b>	1,35 <b>Aa</b>	1,23 <b>Aa</b>
.....5 - 20 cm.....					
<i>D. nigra</i>	0,17 <b>Aa</b>	0,23 <b>Aa</b>	0,23 <b>Aa</b>	0,20 <b>Ab</b>	0,00 <b>Bc</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	0,73 <b>Aa</b>	0,47 <b>Aa</b>	0,77 <b>Aa</b>	0,50 <b>Ab</b>	0,30 <b>Ab</b>
<i>P. dubium</i>	0,53 <b>Aa</b>	0,60 <b>Aa</b>	1,07 <b>Aa</b>	1,47 <b>Aa</b>	1,03 <b>Aa</b>

<sup>(a)</sup> D1 – 50 cm do tronco das leguminosas, D2 – metade do raio da copa, D3 – uma vez o raio de projeção da copa, D4 – uma vez e meia o raio de projeção da copa, D5 – duas vezes o raio de projeção da copa.

<sup>(b)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott - Knott ( $p \leq 0,05$ ).

As concentrações de Ca na profundidade de 0 - 5 cm, para o desdobramento das leguminosas dentro de cada distância, indicam que os valores para Ca no solo sob pastagem na área de influência da leguminosa *P. dubium* foram superiores ( $p \leq 0,05$ ), exceto na distância D1, onde a concentração no solo foi menor do que aquela encontrada com a *E. contortisiliquum*. Como o cálcio apresenta baixa mobilidade na planta, isso se justifica, pois as folhas de *P. dubium* eram menores e suas folhas apresentaram maiores concentrações de cálcio, conforme mostrado na (Tabela 13). Já no consórcio formado com a *D. nigra*, especula-se o contrário.

Entre as distâncias para uma mesma espécie, observou-se pouca influência das árvores no teor de Ca do solo para as duas profundidades avaliadas.

O resultado da análise de variância indica uma semelhança nas concentrações de Ca no solo, sob pastagens, nas três consorciações formadas nas cinco distâncias amostradas em relação ao tronco.

### 3.5.5 Disponibilidade de Mg no solo

O resultado da análise de variância para as concentrações de Mg foi significativa ( $p \leq 0,05$ ), para leguminosa e para a interação leguminosa x distância na camada de 0 – 5 cm e para a interação na camada de 5 – 20 cm (Anexo X). O desdobramento da interação leguminosa x distância para as concentrações de Mg nas duas camadas de solo é apresentado na (Tabela 21).

**Tabela 21.** Efeito de espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de Mg ( $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ) no solo sob pastagem de capim survenola consorciado nas camadas de 0 - 5 e 5 - 20 cm (médias de três repetições).

Espécies	Distâncias <sup>(a)</sup>				
	D1	D2	D3	D4	D5
.....0 – 5 cm.....					
<i>D. nigra</i>	0,68 <b>Ab</b> <sup>(b)</sup>	0,50 <b>Bb</b>	0,57 <b>Bb</b>	0,67 <b>Ab</b>	0,75 <b>Aa</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	1,10 <b>Aa</b>	0,83 <b>Ba</b>	0,72 <b>Bb</b>	0,78 <b>Ba</b>	0,83 <b>Ba</b>
<i>P. dubium</i>	0,70 <b>Bb</b>	0,90 <b>Aa</b>	0,98 <b>Aa</b>	0,87 <b>Aa</b>	0,93 <b>Aa</b>
.....5 – 20 cm.....					
<i>D. nigra</i>	0,20 <b>Aa</b>	0,17 <b>Aa</b>	0,20 <b>Aa</b>	0,17 <b>Aa</b>	0,20 <b>Ac</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	0,90 <b>Aa</b>	0,47 <b>Aa</b>	0,72 <b>Aa</b>	0,43 <b>Aa</b>	0,27 <b>Bb</b>
<i>P. dubium</i>	0,37 <b>Ba</b>	0,33 <b>Ba</b>	0,57 <b>Ba</b>	0,87 <b>Aa</b>	0,66 <b>Ba</b>

<sup>(a)</sup> D1 – 50 cm do tronco das leguminosas, D2 – metade do raio da copa, D3 – uma vez o raio de projeção da copa, D4 – uma vez e meia o raio de projeção da copa, D5 – duas vezes o raio de projeção da copa.

<sup>(b)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott - Knott ( $p \leq 0,05$ ).

As concentrações de Mg na profundidade de 0 - 5 cm, para o desdobramento das leguminosas dentro de cada distância, indicam que os valores das concentrações de Mg no solo, sob pastagens, nas distâncias D2, D4 e D5 para a área de influência de *P. dubium* e *E. contortisiliquum*, não diferem entre si ( $p \leq 0,05$ ). Nas distâncias D1 e D3, os consórcios com *E. contortisiliquum* e *P. dubium* foram superiores ( $p \leq 0,05$ ), respectivamente. Essas concentrações maiores de Mg no consórcio formado pelas duas leguminosas estão relacionadas com os valores deste nutriente encontrados na parte aérea dessas espécies.

Já na camada de 5 - 20 cm, analisando o desdobramento da distância dentro de cada espécie e espécie dentro de cada distância, as três leguminosas apresentaram as concentrações constantes até a terceira distância. A partir da quarta distância, essas concentrações começam a não ter comportamento padronizado. Em relação à influência das distâncias para cada espécie na concentração de Mg, não pode ser observado nenhum comportamento padronizado, sendo difícil afirmar que os efeitos encontrados foram devidos às espécies envolvidas. Esta conclusão é reforçada por ALVAREZ (1995) que afirma que o magnésio é um dos elementos que mais variam a curta distância de amostragem do solo.

### 3.5.6 Valores de pH no solo

O resultado da análise de variância para os valores de pH em água foram significativos ( $p \leq 0,05$ ) para distância para as duas camadas de solo (Anexo XI).

O desdobramento das interações leguminosas x distância para os valores de pH nas duas camadas de solo é apresentado na (Tabela 22).

**Tabela 22.** Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nos valores de pH no solo sob pastagem de capim survenola consorciado nas camadas de 0 - 5 e 5 - 20 cm (médias de três repetições).

Espécies	Distâncias <sup>(a)</sup>				
	D1	D2	D3	D4	D5
	0 - 5 cm.....				
<i>D. nigra</i>	5,47 <b>Aa</b> <sup>(b)</sup>	5,60 <b>Aa</b>	5,70 <b>Aa</b>	5,80 <b>Aa</b>	5,67 <b>Aa</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	5,53 <b>Ba</b>	5,53 <b>Ba</b>	5,57 <b>Ba</b>	5,80 <b>Aa</b>	5,77 <b>Aa</b>
<i>P. dubium</i>	5,70 <b>Aa</b>	5,73 <b>Aa</b>	5,73 <b>Aa</b>	5,77 <b>Aa</b>	5,83 <b>Aa</b>
	5 - 20 cm.....				
<i>D. nigra</i>	5,26 <b>Aa</b>	5,40 <b>Aa</b>	5,63 <b>Aa</b>	5,60 <b>Aa</b>	5,53 <b>Aa</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	5,33 <b>Aa</b>	5,40 <b>Aa</b>	5,43 <b>Ab</b>	5,76 <b>Aa</b>	5,63 <b>Aa</b>
<i>P. dubium</i>	5,60 <b>Aa</b>	5,73 <b>Aa</b>	5,83 <b>Aa</b>	5,93 <b>Aa</b>	5,60 <b>Aa</b>

<sup>(a)</sup> D1 - 50 cm do tronco das leguminosas, D2 - metade do raio da copa, D3 - uma vez o raio de projeção da copa, D4 - uma vez e meia o raio de projeção da copa, D5 - duas vezes o raio de projeção da copa.

<sup>(b)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott - Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Os valores de pH em água na profundidade de 0 - 5 cm, para leguminosas dentro de cada distância, indicam que, no solo, sob pastagens de capim survenola, nas cinco distâncias para as três consorciações avaliadas não houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ). No entanto, para cada leguminosa, verificou-se que sob *E. contortisiliquum* ocorreram menores valores de pH nos três pontos de amostragem mais próximos ao tronco da árvore. Segundo SIQUEIRA & FRANCO (1988), em plantas que fixam nitrogênio, como no caso de *E. contortisiliquum*, há maior absorção de cátions ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^{+}$  e  $\text{Na}^{+}$ ) do que ânions ( $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{HPO}_4^{-2}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ). Isto porque, sendo o nitrogênio absorvido numa forma neutra ( $\text{N}_2$ ), o somatório de cátions absorvidos excede o somatório de ânions absorvidos, resultando num excesso de cargas positivas, desencadeando o mecanismo de extrusão de prótons, para reequilibrar o pH citoplasmático das plantas (ISRAEL & JACSON, 1978).

Não foram observadas diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) na profundidade de 5 - 20 cm para nenhum parâmetro estudado.

### 3.5.7 Disponibilidade de Al<sup>3+</sup> no solo

O resultado da análise de variância para as concentrações de alumínio foram significativas ( $p \leq 0,05$ ) nas camadas de solo 0 – 5 e 5 – 20 cm para leguminosa, distâncias, distância x leguminosas, respectivamente (Anexo XI). O desdobramento das interações leguminosas x distância para as concentrações de alumínio nas duas camadas de solo é apresentado na (Tabela 23).

**Tabela 23.** Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nas concentrações de Al<sup>3+</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) no solo sob pastagem de capim survenola consorciado nas camadas de 0 - 5 e 5 - 20 cm (médias de três repetições).

Espécies	Distâncias <sup>(a)</sup>				
	D1	D2	D3	D4	D5
.....0 – 5 cm.....					
<i>D. nigra</i>	0,00 <b>Ba</b> <sup>(b)</sup>	0,00 <b>Bb</b>	0,02 <b>Bb</b>	0,10 <b>Aa</b>	0,00 <b>Ba</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	0,00 <b>Ba</b>	0,17 <b>Aa</b>	0,17 <b>Aa</b>	0,13 <b>Aa</b>	0,00 <b>Ba</b>
<i>P. dubium</i>	0,00 <b>Aa</b>	0,00 <b>Ab</b>	0,00 <b>Ab</b>	0,03 <b>Ab</b>	0,00 <b>Aa</b>
.....5 – 20 cm.....					
<i>D. nigra</i>	0,37 <b>Aa</b>	0,30 <b>Ab</b>	0,00 <b>Bb</b>	0,00 <b>Ba</b>	0,30 <b>Aa</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	0,40 <b>Aa</b>	0,60 <b>Aa</b>	0,33 <b>Ba</b>	0,00 <b>Ca</b>	0,00 <b>Cb</b>
<i>P. dubium</i>	0,00 <b>Ab</b>	0,00 <b>Ac</b>	0,00 <b>Ab</b>	0,00 <b>Aa</b>	0,00 <b>Ab</b>

<sup>(a)</sup> D1 – 50 cm do tronco das leguminosas, D2 – metade do raio da copa, D3 – uma vez o raio de projeção da copa, D4 – uma vez e meia o raio de projeção da copa, D5 – duas vezes o raio de projeção da copa.

<sup>(b)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott - Knott ( $P \leq 0,05$ ).

As concentrações de Al<sup>3+</sup> em todos os pontos de amostragens estiveram abaixo do nível de toxidez, sendo maior na profundidade de 5 – 20 cm do que 0 – 5 cm. O desdobramento das distâncias dentro de cada leguminosa, apresentado na Tabela 23, indica que *P. dubium* não afetou a disponibilidade de Al<sup>3+</sup> no solo, enquanto *E. contortisiliquum* aumentou sua disponibilidade nas regiões de maior influência da copa (distâncias D2, D3 e D4). Segundo FOY (1974), a quantidade de alumínio presente no solo está associada à distinta habilidade do vegetal em alterar o pH da rizosfera. Conforme esperado, as espécies fixadoras de N<sub>2</sub> aumentaram a acidez sob a copa (Tabela 22) e a disponibilidade de Al<sup>3+</sup> (Tabela 23).

### 3.5.8 Disponibilidade de carbono no solo

A quantidade adicionada de carbono no solo, além das condições edafoclimáticas; depende das espécies e dos sistemas de cultura utilizados. Já as perdas de carbono ocorrem principalmente pela liberação de CO<sub>2</sub> na respiração, pela decomposição microbiana dos resíduos e da matéria orgânica do solo e pelas perdas de compostos orgânicos por lixiviação e erosão.

O resultado da análise de variância para os teores de carbono foi significativo para leguminosa, distância e para a interação leguminosa x distância na camada de 0 – 5 cm e somente para leguminosa na camada de 5 – 20 cm do solo (Anexo XI). O desdobramento das interações leguminosas x distância para os teores de carbono na camada de 0 – 5 e leguminosa na camada de 5 – 20 cm de solo é apresentado na (Tabela 24).

**Tabela 24.** Efeito de três espécies de leguminosas arbóreas nos teores de C (%) no solo sob pastagem de capim survenola consorciado nas camadas de 0 - 5 e 5 - 20 cm (médias vindas de três repetições).

Espécies	Distâncias <sup>(a)</sup>				
	D1	D2	D3	D4	D5
	.....0 – 5 cm.....				
<i>D.nigra</i>	0,34 <b>Aa</b> <sup>(b)</sup>	0,51 <b>Aa</b>	0,53 <b>Aa</b>	0,43 <b>Ac</b>	0,36 <b>Ab</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	0,55 <b>Ba</b>	0,43 <b>Ba</b>	0,62 <b>Ba</b>	1,10 <b>Aa</b>	0,42 <b>Bb</b>
<i>P. dubium</i>	0,46 <b>Ba</b>	0,39 <b>Ba</b>	0,52 <b>Ba</b>	0,85 <b>Ab</b>	0,61 <b>Ba</b>
	.....5 – 20 cm.....				
<i>D.nigra</i>	0,23 <b>Aa</b>	0,27 <b>Aa</b>	0,23 <b>Ab</b>	0,30 <b>Aa</b>	0,20 <b>Ab</b>
<i>E. contortisiliquum</i>	0,33 <b>Aa</b>	0,33 <b>Aa</b>	0,46 <b>Aa</b>	0,43 <b>Aa</b>	0,43 <b>Aa</b>
<i>P. dubium</i>	0,23 <b>Aa</b>	0,23 <b>Aa</b>	0,26 <b>Ab</b>	0,23 <b>Aa</b>	0,23 <b>Ab</b>

<sup>(a)</sup> D1 – 50 cm do tronco das leguminosas, D2 – metade do raio da copa, D3 – uma vez o raio de projeção da copa, D4 – uma vez e meia o raio de projeção da copa, D5 – duas vezes o raio de projeção da copa.

<sup>(b)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott - Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Considerando-se os teores de carbono no solo até a distância D4, tanto a espécie fixadora de N<sub>2</sub> (*E. contortisiliquum*), como a não fixadora (*P. dubium*) apresentaram maior conteúdo de C na profundidade de 0 – 5 cm do que fora da influência da copa (Tabela 24).

Nas três consorciações de pastagens avaliadas no presente estudo, os níveis de fertilidade foram de médio a baixo. Contudo, considerando-se as distâncias em relação ao tronco para amostragens, como referência para avaliar a fertilidade do solo, verificou-se que as maiores diferenças ( $p \leq 0,05$ ) entre os consórcios ocorreram para os valores de K, P, Ca, Mg, e Al, principalmente na camada de 0 - 5 cm. Essas alterações na fertilidade indicam ser decorrentes das diferentes taxas de transferência de nutrientes através do folheto, de decomposição e conteúdo nutricional desses consórcios.

A fertilidade do solo, de maneira geral, sob as áreas de projeção da copa foram maiores do que aquelas nas distâncias fora do raio de projeção da copa. Destacou-se a leguminosa *E. contortisiliquum*, pois apresentou os maiores acúmulos de N, P, K, Ca, Mg na parte aérea do capim. A leguminosa *P. dubium*, também apresentou grande acúmulo de P na sua fitomassa, no entanto as concentrações desses nutrientes no solo sob a área de influência de sua copa foram inferiores às consorciações formada por *E. contortisiliquum* e *D. nigra* na profundidade 0 - 5 cm.

### 3.6 Correlações de Pearson entre Características do Solo e Propriedades Nutricionais da Gramínea

Procedeu-se um estudo através da Correlação linear de Pearson, para verificar as relações existentes entre os parâmetros estudados (Tabela 25). GAMA - RODRIGUES (1997) relata que as coberturas florestais com suas biomassas e a qualidade nutricional da serapilheira revelaram a capacidade diferenciada de absorver e reciclar nutrientes nos agrossistemas, através da taxa de decomposição da serapilheira. Segundo o mesmo autor, quando as concentrações destes nutrientes aumentam, ocorre decréscimo de biomassa da serapilheira, provavelmente como resposta da rápida decomposição, devido às condições de microclima e qualidade do material depositado.

**Tabela 25.** Coeficientes de correlação de Pearson entre características químicas do solo e a produção e a concentração dos nutrientes na parte aérea do capim survenola em consórcio com três leguminosas arbóreas.

Solo	Espécies	Capim					
		N	P	K	Ca	Mg	MS
N	<i>D. nigra</i>	0,45*	-	-	-	-	-
	<i>E. contortisiliquum</i>	0,77**	-	0,77**	-0,66**	-	0,69**
	<i>P. dubium</i>	-	-	-	-	-0,52*	-
P	<i>D. nigra</i>	0,63**	-	0,46*	0,44*	-	-
	<i>E. contortisiliquum</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>P. dubium</i>	-	0,65**	0,60**	-	-	0,55*
K	<i>D. nigra</i>	0,70**	-0,43*	0,63**	-	-	0,77**
	<i>E. contortisiliquum</i>	0,75**	-	0,77**	-0,46*	-	0,72**
	<i>P. dubium</i>	-0,46*	-	-	-	-	-
Ca	<i>D. nigra</i>	0,43*	-	0,61**	-	-	0,49*
	<i>E. contortisiliquum</i>	-	-0,63**	-	-	-	-
	<i>P. dubium</i>	-	-0,65**	-0,65**	-	-	-0,64**
Mg	<i>D. nigra</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>E. contortisiliquum</i>	0,56*	-	0,74**	0,65**	-	-
	<i>P. dubium</i>	-	-	-0,45*	-	-	-
Al	<i>D. nigra</i>	-	0,63**	-	-	-	-
	<i>E. contortisiliquum</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>P. dubium</i>	-	-	-	-0,51*	-	-
PH	<i>D. nigra</i>	0,57	-	-	-	-0,46*	-
	<i>E. contortisiliquum</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>P. dubium</i>	-	-	-	-	-0,48*	-

\*\* ( $p \leq 0,01$ ); \* ( $p \leq 0,05$ )



No presente estudo, estas observações procedem de forma meio tímida em função das correlações apresentadas em cada consórcio formado. As correlações positivas entre os atributos do solo, a produção de matéria seca e as propriedades nutritivas do capim Survenola K/MS ( $r = 0,77$ ), P/N ( $r = 0,63$ ), K/N ( $r = 0,70$ ), Al/P ( $r = 0,63$ ), K/K ( $r = 0,63$ ), Ca/K ( $r = 0,61$ ) para o consórcio com *D. nigra*; N/MS ( $r = 0,69$ ), K/MS ( $r = 0,72$ ), N/N ( $r = 0,77$ ), K/N ( $r = 0,75$ ), N/K ( $r = 0,77$ ), K/K ( $r = 0,77$ ), Mg/K ( $r = 0,74$ ), Mg/Ca ( $r = 0,65$ ) *E. contortisiliquum* e P/P ( $r = 0,65$ ), P/K ( $r = 0,60$ ) para o consórcio com *P. dubium* apresentadas neste estudo demonstraram a importância da qualidade e da quantidade da serapilheira das leguminosas deixadas no consórcio. Observou-se pelas razoáveis correlações positivas e significativas ( $p \leq 0,05$ ) que as leguminosas fixadoras de nitrogênio são capazes de contribuir mais na ciclagem de nutrientes mediante o processo de decomposição em relação ao *P. dubium*, não fixadora. A introdução de um material mais rico em N ao solo dos plantios em consórcio, via queda de resíduos da leguminosa, foi determinante para a fertilidade do solo. Vale ressaltar, porém, que a tendência de reduções mais acentuadas nos coeficientes de correlação se deram para aqueles nutrientes oriundos do consórcio capim survenola *E. contortisiliquum*, ou seja, com os maiores teores de N. Vários autores (LUGO et al., 1990; CONSTANTINIDES & FOWNES, 1994; BRIONES & INESON, 1996) citam a importância que o N possui na decomposição de resíduos no solo.

Analisando-se os coeficientes de correlações, vê-se que liberações significativas se relacionaram com os nutrientes de maior mobilidade na planta (N, K e Mg), havendo porém comportamento distinto entre resíduos deixados pelas leguminosas em cada ecossistema formado. O Ca foi o nutriente que se apresentou com as maiores correlações negativas. Como é um nutriente que faz parte de moléculas complexas como celulose, hemicelulose e lignina, o acesso à microbiota do solo e conseqüentemente sua mineralização é mais limitada. Sendo assim, com a perda de C e demais nutrientes dos respectivos consórcios, o teor de Ca no resíduo remanescente tende a aumentar.

#### 4. CONCLUSÕES

A introdução de árvores em pastagens apresenta grande potencial para o suprimento e a manutenção da qualidade nutricional da forragem, nas condições avaliadas. Pela introdução de N ao sistema solo – planta – animal a reciclagem de outros nutrientes e pelo microclima favorável ao crescimento das gramíneas;

A presença das espécies arbóreas afetou positivamente a produção de biomassa seca e os teores de nutrientes do capim Survenola;

De acordo com as alturas das plantas e as espécies arbóreas consideradas, na distância de 2 vezes a projeção da copa não há mais influência da árvore, no crescimento e qualidade da forrageira;

A transferência de N das espécies arbóreas para a gramínea foi de até 37,71%, sendo maior na área de projeção da copa, e praticamente nula, 2 vezes a projeção da copa;

A espécie *E. contortisiliquum*, fixadora de nitrogênio, revelou-se promissora em melhorar a fertilidade do solo, e o plantio associado com o capim Survenola mostrou ser o sistema de arborização mais eficiente, por proporcionar simultaneamente a melhor qualidade nutricional da forragem na área de influência de sua copa e maiores quantidades de N, P, K, Ca e Mg acumulados na gramínea.

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da influência das árvores no solo e na produção e qualidade do capim, indica que ainda há um longo caminho a ser percorrido até que se possa otimizar o sistema silvipastoril. No entanto, os resultados aqui apresentados são promissores mostrando o efeito benéfico de espécies fixadoras de nitrogênio no crescimento e qualidade das gramíneas. Estudos complementares, como por exemplo a quantidade, qualidade e taxa de decomposição da serapilheira produzida pelas espécies nas condições e tipo de solo estudado, quando consorciadas com o capim survenola e também para diferentes condições de clima, topografia e solos das regiões da mata atlântica poderão otimizar o uso desta tecnologia para a recuperação e sustentabilidade das pastagens na região. A densidade de plantio para as mudas das leguminosas, utilizando como base, duas vezes o raio de projeção da copa neste estudo é um bom indicativo para densidade de plantio.

### **CAPÍTULO III**

#### **EFEITO DA INTRODUÇÃO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM PASTAGEM DE CAPIM SURVENOLA SOBRE A MACROFAUNA DO SOLO**

## RESUMO

DIAS, Paulo Francisco. **Efeito das copas de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio na fauna do solo em pastagem de um híbrido de *Digitária***. Seropédica – RJ: 2005. (Tese, Doutor em Ciências, UFRRJ, I. A., Departamento de Fitotecnia ).

No solo, os microrganismos e invertebrados são os responsáveis pelo início do processo de decomposição e ciclagem de nutrientes, podendo influenciar os processos do solo através das modificações físicas da serapilheira e do ambiente, e também pelas interações com a comunidade microbiana. A composição e intensidade da população de fauna edáfica do solo poderia desta forma, ser utilizada como indicadora da qualidade do solo. O objetivo do presente estudo foi avaliar a associação do tipo de cobertura vegetal com a qualidade e diversidade populacional faunística e reconhecer alguns representantes da fauna terrícola, observando-se a predominância de grupos em conformidade com a cobertura vegetal estudada. Foram utilizados dois pontos por amostragens, totalizando-se 6 pontos por consórcios formados pelo capim survenola e as três leguminosas arbóreas *Dalbergia nigra*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Pelthophorum dubium* dez anos após plantio no campo. Os resultados indicaram: a) a presença das leguminosas quer seja fixadora de N<sub>2</sub> ou não contribuem para o aumento da riqueza de determinados grupos da fauna de solo, principalmente (Oligochaetas, Coleoptera, Aranae e Formicidae); b) a área de pasto sem a presença das leguminosas fixadoras ou não de nitrogênio, pela sua maior relação C/N favoreceu a presença do grupo formicidae, conseqüentemente aumentando a densidade com sua dominância, porém de riqueza inferior em relação aos outros três consórcios; c) as leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio apresentaram sob sua copa uma população de fauna do solo mais diversificada, favorecida pela condição mais amena e serapilheira de menor relação C/N.

**Palavras-chave:** Fauna do solo, Arborização de pastagem, Leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio, Sustentabilidade de pastagem

## ABSTRACT

DIAS, Paulo Francisco. **The effect of nitrogen fixing leguminous trees canopies on soil faune in pastures of a *Digitaria hibrid.*** Seropédica – RJ. 2005. (Thesis, Doctor of Science, UFRRJ, I. A., Departamento de Fitotecnia).

In the soil, the microorganisms and invertebrates are responsables for all the processes of decomposition and cycling of nutrients and they, can influence soil processes through physical modifications of the organic material layer and of the environment. The objective of this work was to evaluate the association of the type of plant cover with the quality and population diversity of the fauna and to identify some of the representatives of earth fauna, observing the predominance of groups in accordance with the plant cover studied. The pasture area used in this experiment was the same as in Chapter II. Two points were used for sampling, 6 points in total for consortia formed by Survenola grass and the leguminous trees *D. nigra*, *E. contortisiliquum* and *P. dubium*. The present study led to the following conclusions: a) the presence of legumes whether nitrogen fixers or not contributed to the increase of certain groups of soil fauna, principally Oligochaetas, Coleoptera, Aranae and Formicidae; b) the pasture area without the presence of nitrogen-fixing and non nitrogen-fixing legumes because of its higher C/N ratio favored the presence of the Formicidae group, consequently increasing in density with its dominance, although with inferior richness in relation to the other three consortia. c) nitrogen-fixing leguminous trees exhibit a more diversified fauna population under their canopies, favoured by less harsh conditions and an organic material layer with a smaller C/N ratio.

**Key Words:** Soil fauna, Pasture arborization, Nitrogen fixing legume trees, Pasture sustainability

## 1. INTRODUÇÃO

Na maior parte do Brasil, a formação das pastagens geralmente está sendo feita após esgotamento do solo com culturas anuais. Por outro lado, na Amazônia e em algumas partes do cerrado, as pastagens estão sendo formadas em áreas de floresta, utilizando queimadas, seguidas de plantio de culturas anuais, e, no segundo ano, é feita a semeadura das forrageiras.

A minimização dos impactos ambientais da pecuária através da arborização de pastagens, em particular com leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio, é uma alternativa que visa principalmente incrementar a qualidade do solo. As características de um solo, bem como a sua qualidade, são determinadas em grande parte pelos organismos nele presentes. São os organismos do solo, microrganismos e invertebrados, os principais responsáveis por todo o processo de decomposição e ciclagem de nutrientes. Os efeitos dos invertebrados sobre os processos do solo ampliam-se à medida que estes possuem a habilidade de modificar o ambiente, influenciando grandemente a atividade microbiana a decomposição e a ciclagem de nutrientes através da construção de galerias e ninhos (LAVELLE et al., 1994). Organismos como minhocas, térmitas e formigas são capazes de movimentar-se eficientemente no solo, produzir estruturas organo-minerais e uma grande variedade de poros influenciando outros processos do solo como agregação e estruturação em ambientes favoráveis (LAVELLE, 1996).

A sombra das árvores promove alterações microclimáticas no ecossistema das pastagens, como reduções na temperatura do ar e do solo, diminuição nas taxas de evaporação e manutenção de maior teor de umidade no solo (WILSON & WILD, 1991). A temperatura ambiente nas áreas das pastagens sob as copas de árvores é geralmente mais amena do que naquelas a céu aberto (FRANK & FURTADO 2001). Em um sistema silvipastoril natural do Chile, OVALLE & AVENDAÑO (1984) verificaram que, sob as copas da leguminosa arbórea *Acacia caven*, as temperaturas máximas foram 2 – 3 °C mais baixas do que nas áreas de pastagens sem árvores e as temperaturas mínimas foram ligeiramente mais altas. No mesmo experimento, os autores, observaram que sob as copas das árvores, as reduções na temperatura do solo a 5 cm de profundidade variaram de 3 – 10 °C, dependendo da época do ano, em relação às áreas sem sombra.

Uma consequência dessas modificações nas condições ambientais no solo e na interface solo-serapilheira de áreas sombreadas é o incremento na atividade biológicas do solo, com aumento na mineralização da matéria orgânica em comparação com as áreas não sombreadas da pastagem (JOFFRE et al., 1988; HANG et al., 1995). Em sistemas silvipastoris naturais do Chaco árido argentino, HANG et al. (1995) verificaram que o N mineralizado, disponível e imobilizado na biomassa microbiana, foi mais alto sob as copas das árvores do que nos espaços abertos. Outro efeito observado em áreas sombreadas é um aumento na população de minhocas no solo. Em três locais de Queensland, Austrália, foi encontrado um maior número de minhocas em solos coletados em parcelas de gramíneas submetidas a 50 % de sombreamento artificial, do que em áreas sem sombra (WILD et al., 1993). As minhocas podem melhorar a degradação da serapilheira e a ciclagem de nitrogênio.

As pastagens cultivadas, principalmente aquelas formadas com gramíneas capazes de desenvolver sistema radicular profundo, reúnem as condições para aproveitar os benefícios da sombra das árvores. Nos solos dessas pastagens, formam-se abundantes substratos, constituídos de raízes e serapilheira, os quais propiciam o desenvolvimento de uma grande população de organismos. Esses organismos têm importante papel no desdobramento da matéria orgânica do solo, porém podem também imobilizar nutrientes, principalmente nitrogênio.

BARROS et al. (2003), trabalhando na região central da Amazônia brasileira, registraram maior diversidade de grupos de fauna em modelos com maior “input” em sistemas silvipastoris onde as árvores eram associadas com *Desmodium ovalifolium* em cobertura. A cobertura exercia um efeito favorável sobre a fauna do solo, presumivelmente mantendo mais sombra e fornecendo serapilheira como um substrato, sendo o grupo formado pelas Oligochaeta o que apresentou maior biomassa. Os autores relatam que estudos da comunidade da macrofauna do solo, incluindo a camada de serapilheira e camadas da superfície do solo, permitem identificar as combinações espécies plantadas/manejo que favorecem o aumento da diversidade dos invertebrados.

BENGTSON et al. (1998) observaram que, em plantios florestais, diferentes práticas de manejo dos resíduos, que terminam por disponibilizar maior ou menor quantidade de matéria orgânica e conseqüentemente de nutrientes, podem levar alterações em toda a teia trófica decompositora, mesmo a longo prazo.

O aporte de um material foliar rico em nitrogênio parece favorecer o estabelecimento de comunidades de fauna do solo mais abundantes e diversas (TIAN et al., 1993; PEREIRA et al., 1998). Além disto, um material com maiores concentrações de outros nutrientes e matéria orgânica também influenciam positivamente o estabelecimento de comunidades com maior densidade relativa (CANTO, 1995/1996, CORREIA, 1997). Por outro lado, maiores concentrações de lignina ou de compostos fenólicos presentes no material foliar podem atuar como inibidores do estabelecimento de alguns grupos da fauna do solo (BANDEIRA & SOUZA, 1992; TIAN et al., 1993; PEREIRA et al., 1998).

Nos sistemas silvipastoris, é na serapilheira e nos primeiros centímetros do solo onde ocorrem uma intensa decomposição e ciclagem de nutrientes, e são os invertebrados saprófagos, que aí vivem, os principais agentes dessas transformações (SEASTEDT, 1984). Portanto, é de extrema importância identificar espécie(s) de leguminosa(s) arbórea(s) que venha(m) favorecer a diversidade e densidade da macrofauna do solo sob sua copa.

O presente trabalho objetivou avaliar o efeito de três espécies arbóreas, sendo duas leguminosas fixadoras de nitrogênio, na diversidade e densidade da macrofauna do solo. Além disso, a predominância de grupos em conformidade com a cobertura vegetal estudada.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Descrição da Area

O experimento com pasto arbóreo utilizado como referência nesse trabalho está localizado no Sistema Integrado de Produção Agroecológico (SIPA) no Município de Seropédica (RJ), convênio entre a EMBRAPA/CNPAB e SOLOS, PESAGRO-RJ/EEI e UFRRJ, situadas no km 7 da BR 465, Seropédica, localizadas entre o paralelo 22°48' latitude sul e o meridiano 43°42' de longitude oeste de Greenwiche, numa altitude de 33 m.

### 2.2 Clima

Os dados climáticos foram obtidos junto à Estação Meteorológica de Ecologia Agrícola da Pesagro-Rio/INMET, localizada no km 7 da Rodovia 465, em Seropédica-RJ, Coordenada Geográfica 22° 48' S e 43° 41' W; Alt.: 33,00 m, segundo classificação de (CIDE, 1997).

Para os anos de 1994 a 2003, a temperatura média anual foi de 24,8 °C, com média das temperaturas máximas de 28,98 °C e média das mínimas de 20,2 °C. A precipitação média anual para o mesmo período foi de 1206,48 mm e a mensal de 105,6 mm sendo o mês de dezembro o mais chuvoso 185,00 mm, enquanto que os meses de julho e agosto apresentaram as menores pluviosidades, médias de 30,24 mm em cada mês.

A temperatura média mensal do ano de 2003 foi de 24,8 °C, com média das temperaturas máximas de 29,26 °C e a média das mínimas de 19,64 °C. As precipitações, total e média no ano de 2003 foram de 1408 mm e 117,3 mm, respectivamente. Sendo que o meses de janeiro e dezembro foram os mais chuvosos com 320,3 e 225,9 mm e os menos chuvosos junho e julho com 5,5 e 10,2 mm, respectivamente. Dados meteorológicos obtidos junto à Estação Ecologia Agrícola da Pesagro – Rio/INMET durante dez anos (1993 a 2002 e no ano de estudo 2003).

O solo predominante na área é o Planossolo hidromórfico distrófico arênico fase floresta ombrófila densa, relevo plano. Esse solo é constituído de material mineral com horizonte A de textura arenosa desde a superfície até o início do horizonte B plânico gleizado. Além disto, apresenta baixa saturação de bases ( $VC < 50\%$ ), na maior parte do horizonte B (RAMOS et al., 1973), sendo, portanto, considerado solo distrófico.

A área experimental onde foi desenvolvido esse estudo, faz parte do Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA). A data de plantio das leguminosas no campo ocorreu em 03/94.

O estudo foi conduzido com as espécies: *Dalbergia nigra*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium*.

As mudas foram produzidas de acordo com a tecnologia desenvolvida pela Embrapa Agrobiologia, onde as leguminosas foram inoculadas com as estirpes de rizóbio (Br 8401 e Br 8409 para *D. nigra*; Br 4406 e Br 4407 para *E. contortisiliquum* e Br 3617 e Br 3609 para *P. dubium* e com fungos micorrízicos arbusculares (*Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* para todas estas espécies, mais *P. dubium*, espécie que não nodula).



O plantio das mudas no campo se deu em uma pastagem estabelecida de capim Survenola ( híbrido de *Digitaria valida* X *Digitaria setivalva*) na área do SIPA aos noventa dias após a sementeira, tendo recebido 200g.cova<sup>-1</sup> de uma mistura de 20 partes de cinza mais 10 partes de termofosfato mais 5 partes de calcário mais 10g de FTE-Br-12 (5.4% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 5.5% MnO<sub>2</sub>; 1.0% CuO; 11.5% ZnO; 7.0% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0.2% MoO<sub>3</sub>) por cova, sem nenhuma adubação posterior a do plantio.

Os dados dendrométricos das espécies arbóreas na área de pastagem no SIPA, após 10 anos da implantação, encontram-se na Tabela (26).

### 2.3 Descrição da Metodologia de Amostragem

Foram utilizados 2 pontos de amostragem por planta de cada espécie, totalizando 6 amostras. Foi amostrado o solo sob a área de projeção da copa de *D. nigra*, *E. contortisiliquum*, *P. dubium* e área somente com o capim survenola. As amostragens foram feitas em novembro de 2003, no início do período chuvoso.

O método utilizado para retirada das amostras foi o TSBF, recomendado pelo programa Tropical Soil Biology and Fertility descrito por ANDERSON & INGRAM (1993).

O método TSBF consistiu em delimitar a área amostral com auxílio de um quadrado metálico de 25 cm x 25 cm. Primeiro abriu-se uma trincheira de 30 cm de profundidade para facilitar a retirada do solo a ser analisado. O solo foi acondicionado em sacos plásticos de acordo com a profundidade das amostras (0 – 5 cm; 5 – 20 cm e 20 – 30 cm). Em seguida, procedeu-se a separação da macrofauna contida no solo de cada profundidade mais a serapilheira, numa bandeja onde a fauna vista a olho nu (macrofauna) foi coletada e acondicionada em frascos identificados contendo álcool 70% para fixação.

No laboratório, o conteúdo dos recipientes foi examinado sob lupa binocular. Os indivíduos de cada frasco foram contados e identificados ao nível de grandes grupos taxonômicos, em geral ordens de acordo com as descrições fornecidas por COSTA et al. (1988), DINDAL (1990) e CSIRO (1991, vol 1 e 2).

### 2.4 Tratamento Estatístico dos Dados

Os dados relativos ao número de indivíduos por m<sup>2</sup> e o respectivo erro padrão da média foram obtidos a partir da média dos grupos em cada tratamento. Calculou-se também a diversidade (Índice de Shannon); a riqueza, expressa em número de grupos presentes e a equitabilidade em cada tratamento. O Índice de Shannon foi calculado a partir da fórmula:  $H = -\sum p_i \log_2 p_i$ , onde  $p_i$  é a proporção de indivíduos  $i$  coletados na amostragem (MAGURRAM, 1988). A relação feita por BEGON et al. (1996) para equitabilidade relata que quanto menores forem os valores obtidos para este índice, a comunidade estudada estaria sendo retratada como menos uniforme, ou seja, um grupo ou grupos específico(s) pertencente(s) a esta comunidade possuiriam uma dominância mais acentuada do que outras. A fórmula para calcular a equitabilidade ou Uniformidade de Pielou foi derivada a partir do Índice de Shannon, ou seja,  $U = H/\log_2 R$ .

A fim de evidenciar dissimilaridades entre as comunidades da macrofauna do solo, aplicou-se a análise multivariada de agrupamento, com o complemento do coeficiente de

correlação  $r$ -de Pearson como medida de distância e com o método de ligação completa. A partir desta análise foi obtido um dendrograma com menor ou maior grau de similaridade, de acordo com sua distância. O complemento do  $r$ -de Pearson ajusta as variáveis para o seu valor médio (DIGBY & KEMPTON, 1987). O método de ligação completa, também chamado de ‘método de aglomeração por diâmetro’ ou ainda de ‘vizinho mais distante’, caracteriza-se pela formação de grupos a partir da fusão dos dois elementos mais distantes, sendo o método mais recomendado em Ecologia quando o objetivo é identificar fortes discontinuidades (VALENTIN, 1995).

A análise de Correspondência também conhecida como Análise Fatorial de Correspondência (AFC) foi utilizada como método de ordenamento dos pontos-tratamentos formados pelas leguminosas e o pasto em monocultivo e pelos pontos-variáveis formados pelos grupos da fauna do solo.

A interpretação do diagrama de correspondência foi feito tomando-se inicialmente como base a projeção da cabeça da seta, utilizada para marcar os pontos tratamentos (espécies de leguminosas e pasto), sob o eixo que foi uma correlação entre a variável e o eixo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Densidade de Invertebrados

Nos resultados apresentados na (Tabela 26), observa-se uma maior contribuição da densidade sob a área de influência da leguminosa *P. dubium*, seguidos pela pastagem sem sombra, pela área com *E. contortisiliquum* e, por último, o consórcio formado com *D. nigra*.

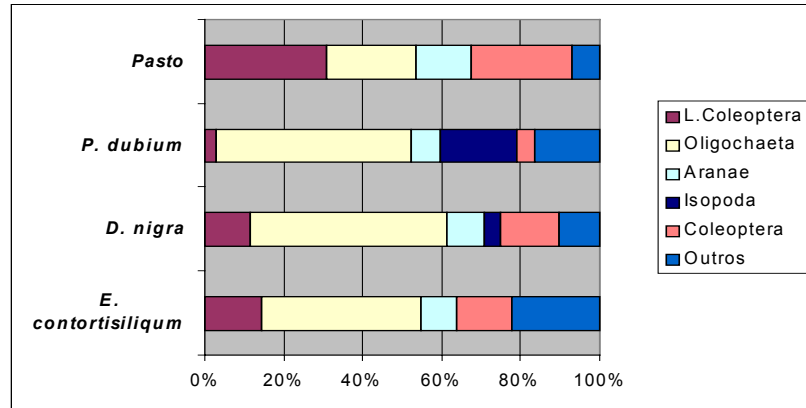
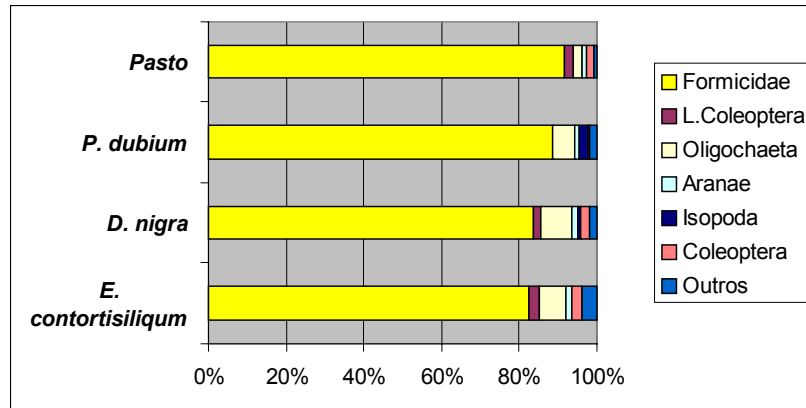
A maior variabilidade da densidade na macrofauna do solo entre os ecossistemas expressa pelo erro-padrão formados ocorreu na área de projeção da copa da espécie arbórea não fixadora de N<sub>2</sub>, o *P. dubium* comparado com as demais áreas amostradas (Tabela 26).

**Tabela 26.** Densidades da fauna de solo na camada de 0 - 30 cm sob pastagem de capim survenola com três leguminosas, expressas em número de indivíduos.m<sup>-2</sup> com respectivo erro padrão, Índice de Shannon, Riqueza total e média expressa em número de grupos por tratamento e Uniformidade.

Ecossistemas	Densidade	I. Shannon	R. total	R. média	Uniformidade
<i>E. contortisiliquum</i>	1931 ± 561	1,10	13	6	0,30
<i>D. nigra</i>	1554± 253	1,05	13	7	0,28
<i>P. dubium</i>	3317± 1726	0,81	18	7	0,19
<i>Pasto</i>	2213± 867	0,62	8	6	0,21

Os grupos de maiores expressões em todos tratamentos foram: Formicidae, Oligochaeta e larvas de Coleoptera (Figuras 9 A e B).

(A)



(B)

**Figura 9. A e B:** Composição relativa da macrofauna de solo, em cada consórcio (capim survenola x leguminosas arbóreas) e capim survenola solteiro (A) e excluindo-se o grupo Formicidae (B).

Formicidae, Figura 9 A, foi o grupo mais abundante em todos os sistemas avaliados, representando sempre mais de 80% do total de indivíduos, sendo um pouco mais expressivo no pasto solteiro, o que pode estar relacionado com a maior relação C/N apresentado pela gramínea, entre outros fatores.

Na Figura 9 B, excluindo-se Formicidae, o segundo grupo mais expressivo foi Oligochaeta, seguido de Coleoptera e Isopoda na presença das leguminosas em relação ao pasto solteiro. Entre os consórcios formados com as leguminosas *E. contortisiliquum* fixadora de nitrogênio e *P. dubium* não noduladora, é provável que a maior altura média das plantas de *E. contortisiliquum* (8,3 m) tenha permitido maior penetração de luz sob a sua copa, conseqüentemente diminuindo a umidade e aumentando a temperatura do solo. Esta alteração microclimática pode ter afetado negativamente a densidade de Oligochaeta e Isopoda, conforme registrado por JOFFRE et al., (1988) e HANG et al., (1995) trabalhando

com sistemas agrosilvipastoris na região do mediterrâneo na Espanha e sistema silvipastoril na Argentina, respectivamente.

FRAGOSO & LAVELLE, (1991) relataram que a atividade de Oligochaeta se concentra na camada de 0 – 20 cm do solo uniformemente distribuída na horizontal, sendo determinada pela umidade. Já os Isopodes são também muito influenciados pela umidade, sendo que sua ação é mais especificamente sobre a serapilheira.

Segundo CORREIA (2003), o grupo Oligochaeta é considerado um dos principais responsáveis pelo controle do balanço entre acumulação e mineralização da matéria orgânica com menor relação C/N. ANDERSON & FLANAGAN (1989) relataram que a taxa de decomposição da serapilheira e estrutura física do solo são determinados por uma seqüência de fatores hierarquicamente organizados que operam em escalas temporal e espacial e, no maior nível hierárquico desta escala, coloca-se o clima (precipitação e temperatura).

FROUFE (1999), trabalhando com *Eucalyptus grandis*, *Pseudosamanea guachapele* e *Acacia mangium* encontrou maior taxa de decomposição em folhas de leguminosas arbóreas com menor relação C/N.

A relação C/N e teor de polifenóis encontrados nessas duas espécies arbóreas foram 5,79 e 15,45 % para *E. contortisiliquum* e 24,50 e 19,96 % para *P. dubium*, conforme citado por (SILVA et al. 2004). A diferença encontrada entre essas duas leguminosas, em relação, à densidade de Oligochaeta e Isopoda, a favor do *P. dubium* no presente estudo, pode também, estar relacionada com a presença de outras substâncias, como no caso de saponinas e taninos no material formador da serapilheira do *E. contortisiliquum* (TOKARNIA et al., 2000; CORREIA, 1980).

De acordo com TAKEDA (1995), as serapilheiras podem servir de “habitat” e alimento, contribuindo para um aumento na densidade e diversidade de todos os grupos dos organismos do solo. As modificações nas condições ambientais e na interface solo-serapilheira de áreas, sob a copa de árvores, exercem efeitos positivos sobre a atividade biológica do solo (FRANK & FURTADO, 2001; SANTOS 2001). Uma consequência dessa maior atividade biológica foi o aumento da mineralização de N em pastagens sombreadas, em comparação com as áreas não sombreadas da pastagem ( JOFFRE et al., 1988; HANG et al., 1995), havendo, conseqüentemente, um aumento na população de minhocas (FRANK & FURTADO, 2001).

Na Figura 9 B, a abundância relativa de Oligochaeta praticamente dobrou em todos consórcios em relação às amostragens realizadas na área de pasto sem sombra. Esse resultado vem de encontro com as observações levantadas por (FRANK & FURTADO, 2001) e, também, com as experimentações feita por WILD et al. (1993), em três locais de Queensland, Austrália, quando trabalharam com restrições de luz em gramíneas e verificaram um aumento no número de minhocas em solos coletados em parcelas de gramíneas submetidas a 50% de restrições de luz, fator esse relacionado às condições microclimáticas provocadas pela sombra, embora não houvesse contribuição da serapilheira.

### 3.2 Indicadores de Diversidade da Macrofauna do Solo

De acordo com as observações de WALKER (1998), a diversidade da fauna do solo expressa pelo Índice de Shannon (IS) está associada a uma relação entre a riqueza (número de grupos) e a equitabilidade (distribuição do número de indivíduos entre os grupos). Para ODUM (1983), IS tem se mostrado um dos melhores índices na utilização de comparações entre tratamentos. O valor encontrado para o Índice de Shannon raramente ultrapassa 4,5, oscilando entre 1,5 e 3,5 (MARGALEF, 1972). O declínio dos valores de Shannon para BEGON et al.(1996) é considerado como sendo o resultado de uma maior dominância de alguns grupos em detrimento de outros. Como também pode haver exclusão de grupos.

Os maiores valores para o Índice de Shannon foram obtidos com as amostragens realizadas sob as copas das leguminosas fixadoras de nitrogênio *E. contortisiliquum* e *D. nigra* seguidos pelos índices obtidos sob *P. dubium* e por último os índices da área de pasto sem leguminosas (Tabela 26). Portanto, a presença de espécies arbóreas na pastagens favoreceu a diversidade da fauna de solo, em relação à pastagem sem a presença das leguminosas, além de criar condições favoráveis à fauna pela deposição da serapilheira deixada pelas leguminosas, diminuindo a relação C/N, cria também, sob sua copa um microclima mais favorável. Conseqüentemente é esperado um aumento do número de espécies e do número de indivíduos da macrofauna do solo entre as espécies pela disponibilidade de fonte de energia e nitrogênio, favorecendo a reprodução dos invertebrados, conforme relatado por JOFFRE et al. (1988), HANG et al. (1995), e que se revelam através do índice de diversidade de Shannon, e no índice de equitabilidade.

As riquezas total e média de espécies podem ser consideradas como uma medida geral para a diversidade, segundo STORK & EGGLETON (1992). A riqueza foi bem maior para *P. dubium*, o que significa dizer que o menor Índice de Shannon foi decorrente da baixa equitabilidade, ou seja, da dominância de formicidae.

Os maiores valores de riqueza total encontrados para o consórcio formado com as espécies arbóreas *E. contortisiliquum*, *D. nigra* e *P. dubium* (Tabela 26) podem ser explicados pelo microclima e pela serapilheira oriunda das leguminosas arbóreas, já que outros fatores tais como:solo, tipo de manejo e pastagem se mantiverem os mesmos. Apesar dos dados meteorológicos serem os mesmos para todas as espécies, não se pode inferir qual a influência dos diferentes fatores do clima na riqueza sob diferentes tipos de copa. No estado do Acre, FRANK & FURTADO (2001) registraram no período seco e chuvoso um aumento significativo da macrofauna no solo, sob a copa das árvores, fator esse que foi atribuído às condições do microclima.

Trabalhando com diferentes resíduos vegetais na camada superficial do solo, PINHEIRO, (1996); BAROSELA (1999) e SANTOS (2001) registraram a importância destes para atenuar o aumento da temperatura do solo e reter maior umidade no solo, fornecer alimento para os invertebrados do solo, aumentando o número de grupos funcionais na camada de solo e de serapilheira.

No presente estudo a superioridade do consórcio formado com o *P. dubium*, leguminosa não fixadora está associada aos fatores citados anteriormente. Nesta espécie, a altura média das plantas, inferior às demais, pode ter contribuído no aumento do número de grupos sob suas copas pela baixa penetração de luz favorecendo o microclima, confirmando

as observações registradas por BARROS et al., (2003). O contrário não aconteceu com as duas espécies fixadoras de nitrogênio e o pasto solteiro.

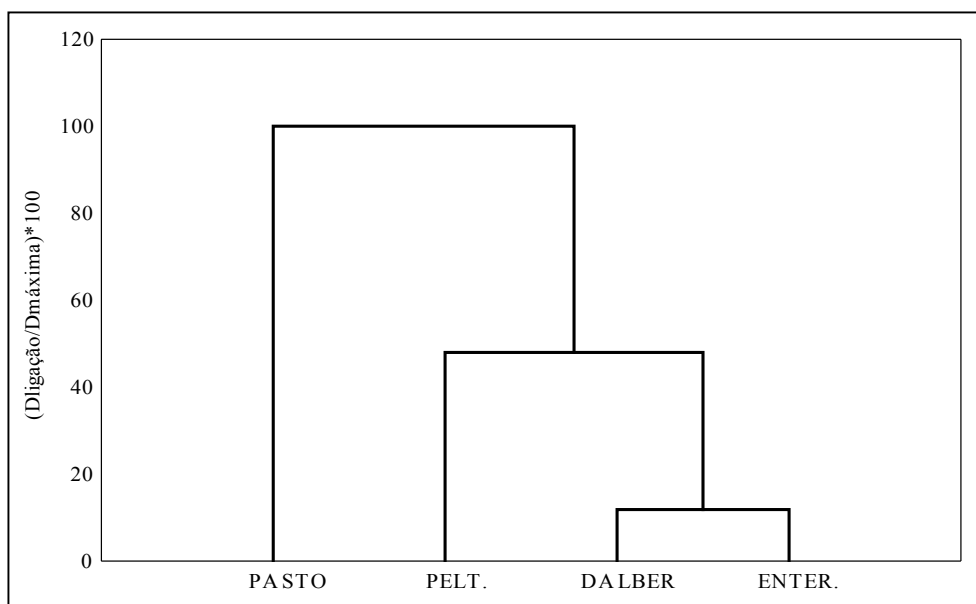
Os maiores valores de equitabilidade ou uniformidade de Pielou foram gerados nas amostragem realizadas na área de pastagem sob a copa das leguminosas *E. contortisiliquum* (0,30) e *D. nigra* (0,28), respectivamente (Tabela 26). A partir dessa relação, podemos estabelecer que neste experimento, as amostras coletadas sob a copa dessas espécies, obtiveram uma menor dominância de grupos do que nas duas outras áreas. Condições essas que podem sugerir para a época, início de período chuvoso, que a comunidade da macrofauna da área de pasto sob a copa da leguminosa *E. contortisiliquum* e *D. nigra* estiveram com uma melhor estruturação do que a comunidade das áreas de pasto fora da copa e área de pasto sob influência da copa da espécie *P. dubium*.

*E. contortisiliquum* e *D. nigra* apresentaram uma riqueza intermediária de grupos com diversidade e uniformidade maiores, enquanto o pasto sem sombra apresentou uma menor riqueza de grupos e, a área de pasto sob influência da copa da espécie, *P. dubium* propiciou condições para uma maior riqueza de grupos, porém com uma menor equitabilidade, fazendo com que a diversidade da fauna sob sua influência fosse menor.

No presente estudo, pelos resultados apresentados, observou-se que foram os consórcios existentes os reguladores das densidades e diversidade, já que o solo foi o mesmo para as quatro condições.

### 3.3 Dendrograma Resultante da Análise de Cluster

A análise de agrupamento identificou dois conjuntos de tratamentos que não apresentaram nenhuma similaridade entre si, uma vez que sua distância de ligação foi de 100 % (Figura 10).



**Figura 10.** Dendrograma resultante da análise de agrupamento realizada com os tratamentos estudados Pasto (capim survenola), Pelt (*P. dubium*), Dalber (*D. nigra*), Enter (*E. contortisiliquum*).

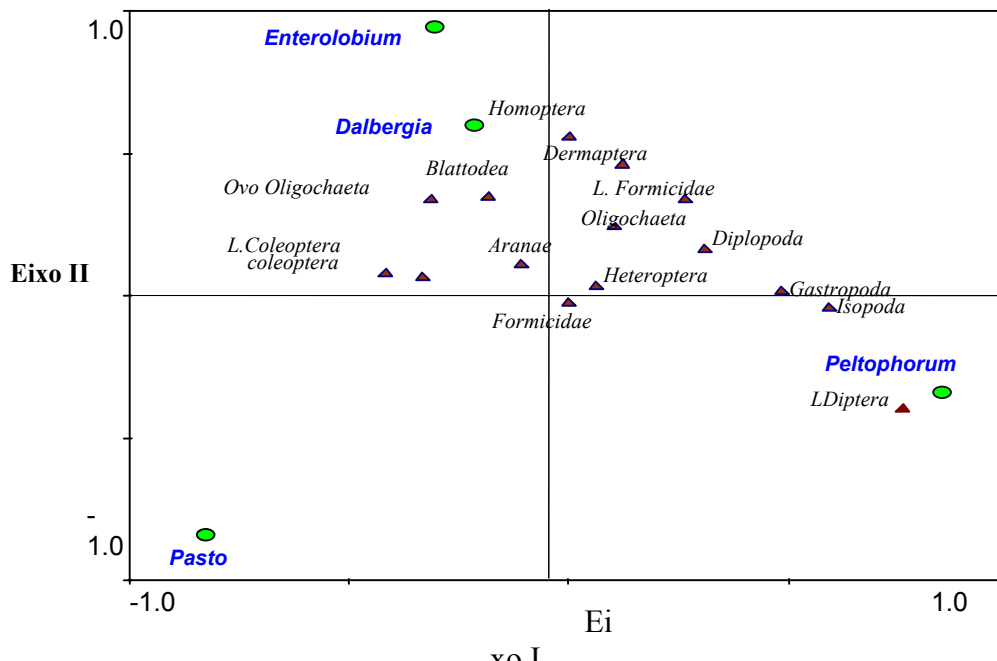
Um segundo grupo foi formado por dois sub-conjuntos que se dividiram com apenas 55% de características comuns. O consórcio formado com *D. nigra* e *E. contortisiliquum* apresentou uma ocorrência de grupos da fauna bastante semelhante, divergindo apenas 15 % entre si. As comunidades destes dois sistemas com *P. dubium* apresentou por sua vez uma semelhança de 50 % das distâncias calculadas. No caso da densidade no consórcio formado com *P. dubium*, observou-se uma grande diferenciação em relação aos outros. Isto significa dizer que, no conjunto geral dos consórcios em estudo, o formado com *P. dubium* apresentou um padrão diferente do que ocorreu com o pasto puro e com as outras duas leguminosas.

A relativa proximidade do pasto com o consórcio formado com *P. dubium* sugere que alguns fatores de regulação das populações são comuns entre os dois consórcios e estes fatores são verdadeiros para a ausência de leguminosas fixadoras de  $N_2$ . No entanto, a dinâmica populacional neste consórcio pode ter sido regulada também por outros fatores, além daqueles próprios das características do pasto sem a presença da leguminosa.



### 3.4 Análise de Ordenamento

A proximidade dos consórcios formados por *E. contortisiliquum* e *D. nigra* no plano traduz uma maior correlação entre estes tratamentos, possivelmente por serem duas leguminosas fixadoras de nitrogênio e estão distantes positivamente do centro de projeção do eixo II. A associação entre as variáveis L. Diptera, Gastropoda, Isopoda e o tratamento *P. dubium* de forma positiva, significa que em média estes grupos tem um alto valor correlacionado neste sistema (Figura 11).



**Figura 11.** Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise de fator por correspondência (AFC) para densidades médias dos grupos funcionais em uma coleta. Eixo I: 54 % da variância explicada; o Eixo II: 34 % da variância explicada.  $\Delta$  - indica pontos variáveis grupos da fauna. elipse – indica pontos – tratamentos.

No pasto, a pleno sol, observou-se um afastamento dos eixos de forma negativa, em relação aos outros pontos-tratamentos e também aos pontos-variáveis. Assim, o diagrama de ordenação dos pontos-variáveis e dos pontos-tratamentos formados foi montado apenas com os dois primeiros eixos ou fatores extraídos, uma vez que estes totalizaram 88 % da variância existente (Figura 11).

O tratamento formado por *P. dubium* e as variáveis L. Diptera, Isopoda, Gastropoda, Formicidae, Heteroptera, Diplopoda, Oligochaeta, L. Formicidae, Dermaptera e Homoptera estão positivamente ligados ao eixo, que responde por cerca de 54 % da variância explicada o que indica que suas densidades covariaram. Além disso, os grupos ocorreram em maior abundância nas amostras das leguminosas em relação ao pasto solteiro.

Em oposição, projetam-se negativamente no eixo I os pontos tratamentos formados com as leguminosas fixadoras de nitrogênio, com os pontos-variáveis formados por Aranae, Coleoptera, L. Coleoptera, Blattodea e casulos de Oligochaeta (Figura 11).

Os pontos-variáveis formados por Aranae, Heteroptera e Formicidae, contribuíram pouco para formação dos dois eixos.

O fator II totalizou 34 % da variância explicada e esteve positivamente ligado a maioria dos pontos-variáveis exceto para o formado com Formicidae, Isopoda e L. de Diptera, indicando que a maior abundância foi observada nos pontos tratamentos formado com *E. contortisiliquum* e *D. nigra*, indicando maior correlação entre esses tratamentos.

Em contrapartida pontos-variáveis formados por Formicidae e Isopoda estiveram projetados negativamente neste eixo, mas com a sua proximidade do centro do diagrama pode-se dizer que apresentaram uma baixa correlação com o eixo fatorial (Figura 7).

#### **4. CONCLUSÕES**

A presença das leguminosas quer sejam fixadoras e/ou não fixadoras de  $N_2$  contribuíram para o aumento da densidade de determinados grupos da fauna de solo, principalmente Oligochaeta, Coleoptera, Aranae e Formicidae. Ao favorecer a ocorrência de diferentes grupos, contribuíram também para o aumento da riqueza e diversidade.

A área de pasto sem a presença das leguminosas fixadoras de nitrogênio e não fixadoras, pela sua maior relação C/N, favoreceu a presença do grupo Formicidae, consequentemente aumentando a densidade com sua dominância, porém de riqueza inferior em relação aos outros três consórcios.

#### **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Como observado neste capítulo, a presença da leguminosa na pastagem é benéfica para o aumento do grupos de invertebrados da fauna de solo. Portanto, os estudos, para a identificação das espécies arbóreas que mais contribuem para esse aumento, bem como a influência do microclima sob e fora da área de projeção da copa das espécies arbóreas na comunidade da fauna e também o efeito alelopático deverão ser estimulados, uma vez que espécies com características desejáveis para a ciclagem de N no sistema não proporcionaram o aumento do número de indivíduos.m<sup>-2</sup> para o grupo de Oligochaeta, considerado como um dos indicadores de qualidade solo por decompor biomassas com baixa relação C/N.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, P. B. Recursos genéticos em leguminosas arbóreas e arbustivas. In: ALCÂNTARA, V. B. G.; ALCÂNTARA, P. B.; ASSEF, L. C. et al. (Ed.). In: SIMPÓSIO SOBRE USOS MÚLTIPLOS DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS E ARBUSTIVAS, 1993, Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1993, p. 1 – 29.
- ALVAREZ, V. H. V. **Avaliação da fertilidade do solo**. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1995. 98 p. – ABEAS – Brasília/DF. ( ABEAS. Curso de Fertilidade e Manejo do Solo. Módulo 11).
- ALVES, B. J. R.; SANTOS, J. C. F. dos; URQUIAGA, S. BODDEY, R. M. Métodos de determinação do nitrogênio em solo e planta. In: HUNGRIA, M. ; ARAUJO, R. S., (Ed. ). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA - SPI, 1994 p. 449 – 409. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 46).
- ANDERSON, G. W.; MOORE, R. W.; JENKINS, P. J. The integration of pasture, livestock and widely – spaced pine in South West Western Austrália. **Agroforestry System**, Austrália, v. 6, p. 195-211, 1988.
- ANDERSON, J. M.; FLANAGAN, P. Biological processes regulating organic matter dynamics in tropical soils. In: COLEMAN, D.C., et al. (Ed.). **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Honolulu: NIFTAL Project, 1989. p. 97 – 125.
- ANDERSON, J. D.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2 ed. Wallingford, UK: CAB. International. 1993, 171p.
- ANDRADE, C. M. S. de; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C. Árvores de Baginha (*Stryphnodendron guianense* (Aubl.) Benth) em ecossistemas de pastagens cultivadas na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 574 - 582, 2002.
- ARAYA, J.; BENAVIDES, J.; ARIAS, R.; RUIZ, A. Identificación y caracterización de árboles y arbustos com potencial forrajero en Puriscal, Costa Rica. In: BENAVIDES, J. E. (Ed.). **Árboles y Arbustos Forrajeros en America Central**. Turrialba: CATIE – Programa de Agricultura Sostenible, v. 1, p. 31 - 47,1994.
- AROEIRA, L. **Leite orgânico**: uma saída para aumentar a produção sem prejudicar o meio ambiente. Disponível em: <Htt://www.planetaorgnico.com.br/TrabAroeira2.htm.> Acesso em 2003. 2p.
- ATTA - KRAH., A. N. Trees and shrubs as decondary componentes of pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Rockhamton. **Proceedings...** Rockhampton: 1993. v. 3, p. 2045-2052.
- ATTIWILL, P. M.; ADAMS, M. A. Nutrient cycling in forests. **New Phytologist**, Oxford, v. 124, p. 561-582, 1993.
- BACCARI, F. Vacas produzem mais leite com sombra e água fria. **Folha de São Paulo**. São Paulo, nov. 1988. Caderno G4. Suplemento agrofolha.

BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, O. B. Resultados preliminares de um estudo sobre arborização de pastagens com mudas de espera. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba; n. 18/19. p. 17-22; 1989.

BALIEIRO, F.C. **Nutrientes na água de chuva e na biomassa em monocultivo e consórcio de *Acacia mangium* W., *Pseudosamanea guachapelle* Dugand e *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. maiden** 1999. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Agronomia, Viçosa.

BANDEIRA, A. G.; SOUZA, P. C. S. Influência do pinheiro (*Pinus caribaea*) sobre a fauna do solo na Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Nova Série: *Zoologia*, n. 114, p. 1 – 13. 1982.

BAROSELA, J. R. **Herbivoria foliar em *Xylopia aromática* (lam.) mart. de três fisionomias de cerrado e sua relação com teor de taninos, valor nutritivo e entomofauna associada.** 1999. 74p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) Universidade Federal de São Carlos Ribeirão Preto - SP.

BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E. C. M.; WANDELLI, E.; LAVELLI, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, Jenav. 47, n. 3, p. 273 – 280, 2003.

BEGON, M.; HAPER, J. L.; TOWNSED, C. R. **Ecology: Individuals, Populations and Communities.** 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 1996, 1068p.

BELSKY, A. J. Effects of trees on nutritional quality of understorey gramineous forege in tropical savannas. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 26, n. 1, p. 12 – 20, 1992.

BENGTSSON, J. LUNDKVIST, H., SAETRE, P. SOHLENIUS, B. SOLBRECK. Effects os organic matter removal on the soil food web: Forestry pratices meet ecological theory. **Applied Soil Ecology**, v. 9, p. 137 – 143. 1998.

BLACKSHAW, J. K. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviuor: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, Rockville, v. 34, n. 2, p. 285 – 288, 1994.

BLASER, R. E. Efecto del animal sobre la pastura. In: PALADINES, O (Ed.). **Empleo de los Animales en las Investigaciones sobre pasturas.** IICA-Zona Sur. 1966.

BODDEY, R. M. ; PEOPLES, M. B. ; PALMER, B. E ; DART, P. J. Use of the <sup>15</sup>N natural abundance tecnique to quality biological nitrogen fixation by woody perennials. **Nutrient Cycling in Agroecosistems**, v. 57, p. 235-270, 2000.

BODDEY, R. M.; POLIDORO, J. C.; RESENDE, A. S; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Use of the <sup>15</sup>N natural abundance techniqe for the quantification of the conribution of N<sub>2</sub> fixation to grasses and cereals. *Australian Journal of Plant Physiology* 28: 1 – 7. 2001.

BOLLER, B. C.; NOSBERGER, J. Influence of dissimilarities in temporal and spatial N-uptake patterns on <sup>15</sup>N- based estimates of fixation and transfer of N in ryegrass-clover mixtures. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 112, p. 167 – 175, 1988.

- BORDELEAU, L. M.; PRÉVOST, D. Nodulation and nitrogen fixation in extreme environments. **Plant and soil**, Dordrecht, v. 161, p. 115 – 125, 1994.
- BRIONES, M. J. I ; INESON, P. Decomposition of eucaliptus leaves in litter mixtures. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.28, n.10/11, p.1381 - 1388, 1996.
- BROADBENT, F. E.; NAKASHIMA, T.; CHANG, G. Y. Estimation of nitrogen fixation by isotope dilution in field and greenhouse experiments. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 625 – 628, 1982.
- BRONSTEIN, G. E. **Producción comparada de una pastura de *Cynodon plectostachyus* asociada com arboles de *Cordia alliodora*, com arboles de *Erythrina poeppigiana* y sin arboles**. 1984. 110 f. Dissertação (Mestrado Agronomia) - Centro Agronômico Tropical de Investigacion y Ensenanza, Catie Departamento de Recursos Naturales Renovables , Turrialba, Costa Rica.
- BRYAN, J.A; BERLYN, G.P.; GORDON, J.C Toward a new concept of the evolution of symbiotic nitrogen fixation in the leguminosae. **Plant and Soil**. Dordrecht, v. 186, p.151 – 159, 1996
- BUSTAMANTE, J.; IBRAHIM, M.; BEER, J. Evaluación agronómica de ocho gramíneas mejoradas en un sistema silvopastoril com poro (*Erythrina poeppigiana*) en el trópico húmedo de turrialba. **Agroforesteria en las Américas**, Turrialba, v. 5, n. 19, p. 11 – 16, 1998.
- BUTLER, G. W.; JONES, D. I. H. Mineral biochemistry of herbage. In: BUTLER, G. W.; BAILEY, R. W., ed. **Chemistry and biochemistry of herbage**. V.2. London, Academic Press, 1973. 455 p.
- CAMERO, A. Experiencias desarrolladas por el CATIE en el uso del follaje de *Erythrina* sp. En la producción de carne y leche de bovinos. **Agroforesteria en las Américas**, Turrialba, v. 2, n. 8, p. 9 – 13, 1995.
- CANTO, A. C. Alterações da mesofauna do solo causadas pelo uso de cobertura com plantas leguminosas na Amazônia central. **Rev. UA. Série: Ciências Agrárias**, v. 4/5, n. ½, p. 79 – 94, 1995.
- CARDOSO, R. M. Conforto animal em pastejo. Produção de bovinos a pasto; In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 13., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQUE, 1997. P. 185 – 198. Editores: A. M. PEIXOTO, J. C. de MOURA, V. P. de FARIA.
- CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L. G.; KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Funções múltiplas das plantas: conservação e recuperação do meio ambiente. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990. Campos do Jordão, **Anais...** Campos do Jordão, SP, 1990. p. 216-217.
- CARPANEZZI, O. B. **Produtos, serviços e modalidades de arborização de pastagens**. Piracicaba: ESALQ/Curso de Pós-Graduação/Departamento de Ciências Florestais: 1991. 23p.

CARVALHO, C. N. **Fluxo geoquímico de Na, K, Ca e Mg em função do uso agrícola**. 306 f., 1992. Tese (Doutorado em solos e Nutrição de Plantas)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

CARVALHO, M. M. **Arborização de pastagens cultivadas**. Juiz de Fora, MG: EMBRAPA – CNPGL, 1998. 37p. (EMBRAPA - CNPGL, Documento, 64).

CARVALHO, M. M. O papel das árvores em sistema de produção animal a pasto. **O produtor de leite**, v. 24, n. 147, p. 56-59, 1994.

CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P. ; ANDRADE, A. P. Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em um sub-bosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth). **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 17, n. 1, p. 24 - 30. 1994.

CARVALHO, M. M. de; ANDREW, C. S.; EDWARDS, D.G.; ASHER, C.J. Comparative performance of six *Stylozanthos species* in three acid soils. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 31,n.1, p.61 – 76, 1980.

CARVALHO, M. M., FREITAS, V. P., ALMEIDA, D. S., VILLAÇA, H. A. Efeito de árvores isoladas sobre a disponibilidade e composição mineral das forrageiras em pastagens de braquiária. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, n. 5, p. 709-718. 1994.

CARVALHO, M. M.; CRUZ FILHO, A. B. Desenvolvimento de pastagens em áreas de relevo acidentado. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J., (Ed.). **Pastagens para gado de leite em regiões de influência da Mata Atlântica**. Juiz de Fora : Embrapa Gado de Leite, 2000. p. 53 – 81.

CARVALHO, M. M., FREITAS, V. P., XAVIER, D. F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas tropicais sob condição de sombreamento natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 717 – 722, 2002.

CARVALHO, M. M.;SARAIVA, O. F. Respostas do capim gordura (*Melinis minutiflora* beav.) a aplicações de nitrogênio, em regime de cortes. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 16, n. 5. set/out, p. 442 - 454. 1987

CARVALHO, M. M.; XAVIER, D. F.; ALVIM, M. J. **Características de algumas leguminosas arbóreas adequadas para associação com pastagens**. Juiz de fora: Embrapa Gado de leite, 2001. 24p. (Embrapa Gado de Leite. Circular Técnica, 64).

CARVALHO, S. R.; SILVA, A. T.; COSTA, E. A.; SOUTO, S. M.; LUCAS, E. D. Influência da irrigação e da adubação em duas cultivares de capim elefante (*Pennisetum purpureum*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Zootecnia, Rio de janeiro, v. 10, p. 23 – 30, 1975.

CASTRO, C. R. T. de.; CARVALHO, M. M. **Sistemas Silvopastoris: relatos de pesquisa e de seu uso no Brasil**, Juiz de Fora , MG: Embrapa Gado de Leite, 1999, 24p. (Embrapa Gado de Leite. Circular Técnica, 53)

CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 28, n. 5, p. 919 - 927, 1999.

CHILES, A. C.; PAHNISH, O. F. The effect of Shade location on summer gains of fattening cattle. **Proceedings Western Sect. American Society Production**, n.3, p. 23, 1952.

CIDE. **Fundação Centro de Informações e dados do Rio de Janeiro**. Estado do Rio de Janeiro: Território Rio de Janeiro, 1997, 80p.

COLE, C. V.; HEIL, R.D. Phosphorus effects on terrestrial nitrogen cycling. In: CLARK, F. E., ROSSWALL, T., (Ed.). **Terrestrial nitrogen cycles**. 1981. p. 363 – 374. (Ecological Bulletin, 33).

CONSTANTINIDES, M.; FOWNES, J. H. Nitrogen Mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. **Soil Biochemistry & Biochemistry**, Oxford, v. 26 n. 1, p. 49 – 55, 1994.

CONWAY, A., . Grazing management in relation to beef production. In: PROCEEDING INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 9., 1965. **Anais...** p. 1601. 1965.

COPPIN, N. J.; BRADSHAW, D. **Quarry Reclamation** – the establishment of vegetation in Quarrises and open Pit Non- metal Mines. London: University of Liverpool, 1982. 112p.

CORREIA, A. A. D. **Bioquímica nos solos, nas pastagens e forragens**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1980. 789p.

CORREIA, M. E. F. Organização de comunidades da fauna do solo: o papel da densidade e da diversidade como indicadores de mudanças ambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1997. Palestra, seção 3. 20p. CD ROM.

CORREIA, M. E. F. **Distribuição, preferencial alimentar e transformação de serapilheira por diplópodes em sistemas florestais**. 100 f., 2003. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de concentração em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

COSSALTER C Introducing Australian acacias in dry tropical Africa. In: Turnbull JW (éd) Australian acacias in developing countries, Canberra: ACIAR. P 118 – 122. 1987

COSTA, C.; VANIN, S. A.; CASARI-CHEN, S. A. **Larvas de coleoptera do Brasil**. São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo: FAPESP, 1988.282p.

COSTA, G. S. **Ciclagem de nutrientes em uma área degradada revegetada com leguminosas arbóreas e em um fragmento florestal em crescimento secundário (capoeira)**. 1998. 87 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal Fluminense, Centro de Estudos Gerais Pós-graduação em Geociências (Geoquímica), Niterói - RJ.

COSTA, G. S.; DAMASCENO, R. N., ANDRADE, A.G.; FARIA, S. M. de. Dinâmica de nutrientes em plantios de *Mimosa caesalpiniiifolia* e *Acacia mangium* em planossolo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 6, Salvador. **Anais...** Salvador, 1997. v 2. p. 570 – 571

COUTO, L.; GARCIA, R. L., BETTERS, D. R. Cattle and sheep in eucalypt plantations: a silvopastoral alternative in Minas Gerais, Brasil. **Agroforestry Systems**, v. 28, n. p. 173-185, 1994.



- COZZO, D. **Tecnología de la forestación en Argentina y America Latina**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 1976. 610p.
- CREWS, T. E. Phosphorus regulation of nitrogen fixation in a traditional mexican agroecosystem. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 21, p. 141 – 166, 1993.
- CSIRO. **The insects of Australia: a textbook for students and reserarch workers**. 2 ed. New York :Cornell University, 1991. v.2. 1136p.
- DACCARETT, M.; BLYDENSTEIN, J. La influencia de árboles leguminosas sobre el forraje que cresce bajo ellos. **Turrialba**, Turrialba, v. 18, n. 4, p. 405-408, 1968.
- DART, P. J. Microbial symbioses of tree and shrub legumes. In: GUTERRIDGE, R. C.; SHELTON, H. M. (Ed.) **Forege tree legumes in tropical agriculture**. Toowoomba: Tropical Grassland Society of Australia, 1998. p. 143-157.
- DIGBY, P. G. N e KEMPTON, R. A. **Multivariate Analysis of Ecological Communities** 4 ed. London: Chapman & Hall, 1987. 206p. (Population and Community Biology Series 5).
- DIAS, P. F. **Rendimento, composição bromatológica e digestibilidade “in vitro” de três gramíneas forrageiras tropicais sob diferentes doses de nitrogênio**. 1993. 129 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia ) -Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade Federal de Lavras, Escola Superior de Agricultura de Lavras Lavras, MG.
- DINDAL, D. **Soil Biogy Guid**. Ed. John Wiley and Sons. New York. 1348p, 1990.
- DOMMARGUES, I.; DUHOUX, E.; DIEM, HOANG G. **Les arbres fixateurs d’azote. Caractéristiques fondamentales et role dans l’aménagement dès écosystèmes méditerranéens et tropicaux**. Montpellier: CIRAD, Editions Espaces, FAO, IRD, 1999. 502p.
- DURR, P. A.; RANGEL, J. Enhanced forage production under *Samanea saman* in a subhumid tropical grassland. **Agroforestry System**, v.54, p.99 - 102. 2002.
- ENCARNAÇÃO, R. de O.; KOLLER, W. W. A Importância do sombreamento nas pastagens. **Terra e Safra**, (6) p. 5. 1986.
- ERIKSEN, F. I.; WHITNEY, A. S. Effects of light intensity growth of some tropical forage species: 1. Interation of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, p. 427-433, 1981.
- ERIKSEN, F. I.; WHITNEY, A. S. Growth and N fixation of some tropical forage legumes as influenced by solar radiation regimes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 4, p. 703-709, 1982.
- FAO. Oficina regional de la FAO para América latina Y el caribe. **Espécies arbóreas y arbustivas para las zonas aridas y semi aridas de América Latina**. Santiago, 1997. (Serie: Zonas aridas y semiaridas, 12).
- FAO. Regional office for asia and pacific (RAPA). **Nitrogen fixing trees for wastelands**. Bangkok, Thailand, 1988. 104p.

FARIA, S. M. de; SILVA, M. G.; GRAIG, J.; DIAS, S. L.; LIMA, H. C.; NARA, M. Revegetação com espécies arbóreas fixadoras de nitrogênio em taludes de exploração de ferro na Samarco Minerações Mariana MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002. Belo Horizonte. Água e Biodiversidade. Palestras... Belo Horizonte: SOBRADE, 2002. p. 521 – 522.

FARIA, S. M.; GUEDES, R. E. **Obtenção de estirpes de rizobio eficientes na fixação biológica de nitrogênio para espécies florestais** (aproximação). Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1998. p. 1 - 4. (EMBRAPA – CNPB. Recomendação Técnica, 5).

FISHER, R. F. Amelioration of soils by trees, In: GESSEL, S. et al. (Ed.) **Sustained productivity of forest soils**. Van couver: Faculty of Forest, University of British Columbia, 1990. p. 290-300.

FLEICHEE, J. E. ; MASUDA, Y.; GOTO, I. The effects of light intensity on the productivity and nutritive value of green panic (*Panicum maximum* var. trichoglume cv. Petrie). **Journal of Japanese Society of Grassland Science.**, v. 30, p. 191 - 194, 1984.

FLINTA, C. M. **Praticas de plantación forestal en America Latina**. Roma: FAO. 1960. 468p.

FORTES, J. L. O. **Reabilitação de depósitos de rejeito do refino de Bauxita com uso de resíduos industriais e leguminosas, arbóreas**. 2000. 185 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ.

FOX, R. H.; MYERS, R. J. K E VALLIS, I. The nitrogen mineralization rate of legumes residues in soil as influenced by polyphenol, lignin and nitrogen contents. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 4, n. 129, p.251-259, 1990.

FOY, C. D. Aluminum toxicity in soils. In: CARSON, E. W., (Ed. **The plant root and its environment**. Charlottesville, University Press of virginia. 1974, p. 601 – 643.

FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Earthworm communities of tropical rainforests. **Soil Biology and Biochemistry**. Oxford, v. 24, n. 12, p. 1397 – 1408, 1992.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. Utilização de leguminosas em cercas e moirões vivos e na recuperação de áreas degradadas. In: SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE A PASTO E EM CONFINAMENTO, 2001, Juiz de Fora, MG. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, . 2001. p. 109–126.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, F.F., DIAS, L. E., FARIA, S. M. de. **Uso de leguminosas associadas a microrganismos na revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas – Pa**. Itaguaí: Embrapa Agrobiologia; 1996. 69 p. (Embrapa Agrobiologia. Documento, 27).

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; DIAS, L. E.; FARIA, S. M. Use of nodulated and micorrhizal legume trees of revegetation of residues from bauxite mining. In: INTERNACIONAL SIMPOSIUM ON SUSTAINABLE AGRICULTURE FOR THE TROPICS - THE ROLE OF BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION, 1995, Angra dos Reis. **Abstracts...** Rio de janeiro: Embrapa-CNPAB; UFRRJ; The Brazilian Academy of Sciences, 1995. p. 80 – 81.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; DIAS, L. E.; FARIA, S. M. Revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas-Pa com leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas. In: Simpósio Sul – Americano, I, Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, 2., 1994, Foz do Iguaçu. **Recuperação de Áreas Degradadas. Anais..** Curitiba . FUPEF, 1994. p. 145 – 154.

FRANCO, A. A.; CAMPOS NETO, D.; CUNHA, C. O.; CAMPELLO, E. F. C.; MONTEIRO, E. M. S.; SANTOS, C. J. F.; FONTES, A. M.; FARIA, S. M. de Revegetação de solos degradados In: WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1., 1990, Itaguaí. **Anais ...** Itaguaí; UFRRJ/IFT/DCA, 1991, p. 133–145.

FRANCO, A. A.; DÖBERAINER, J. A biologia do solo e a sustentabilidade dos solos tropicais. **Summa Phitopatologica**, v.20, n.1, p. 68 -74, 1994.

FROUFE, L. C. M. **Decomposição de serapilheira e aporte de nutrientes em plantios puros e consorciados de *Eucalipytus grandis* Maidem, *Pseudosamanea guachapele* Dungand e *Acacia mangium* Wild.** 1999. 73 f. Dissertação (Mestrado Ciência do Solo)- Instituto de Agronomia– Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

FRANKE, I. L.; FURTADO, S. C. Sistemas silvipastoris: fundamentos e aplicabilidade. Documentos, nº 74, Rio Branco: Embrapa Acre, 51p. 2001.

GAMA - RODRIGUES, A. C. da. **Ciclagem de Nutrientes por Espécies Florestais em povoamento Puros e Mistos, em Solos de Tabuleiro da Bahia, Brasil.** 1997. 107p. Tese (Doutorado Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Floresta, Viçosa M G.

GARDNER, A. L. **Estudio sobre los Metodos Agronómicos para la Evaluación de las Pasturas. IICA-Zona Sur.** 1967.

GARRET, W. N.; BOND, T. E.; KELLY, C. F. Effect of air velocit on going and physiological adjustments of hereford steers in high temperature environmente **Journal of Animal Science**, n. 19, p. 60, 1960.

GARRET, W. N.; BOND, T. E.; KELLY, C. F.; BOND, T. E. Total and shaded space allotments for beef feedlots as effected by ration in a hig temperature environmente. **Journal of Animal Science**, Savoy, n. 21, p. 794–797, 1962.

HANG, S.; MAZZARINO, M. J. NUÑEZ, G.; OLIVA, L. Influencia del desmonte seletivo sobre la disponibilidad de nitrógeno em años humedas y secos em sistemas silvopastoriles en el Chaco árido argentino. **Agroforesteria en las Américas**, Turrialba, v. 2, n. 6, p.9–14, 1995.

HAUCK, R. D.; BREMNER, J. M. Use of tracer for soil and fertilizer nitrogen reasearch. **Advances in Agronomy**, Madison, v. 28, p.219–266, 1976.

HAYSTEAD, A.; MARRIOTT, C. Transfer of legume nitrogen to associated grass. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 11, p. 99 - 104, 1979.

HENDERSON, H.E.; GEASLER, M. R. **Effect of environment and housing on the performance of feedlot cattle under midwest conditions.** New York: American Society of Animal Science, 1968. 33p (Review Paper AH-BC-48).

HENDERSON, M. S.; ROBINSON, D. L. Environmental influences on yield and in vitro true digestibility of warm-season grass and the relationships to fiber components. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 6, p. 943-946, 1982.

HERNANDEZ, I.; MARTIN, G.; MILERA, M.; IGLESIAS, J.; SIMÓN, L. Alternativas de utilización de los árboles en sistemas ganaderos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS NA AMÉRICA DO SUL, 2000. Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: 2000. Em CD - ROM.

ISRAEL, D. W.; JACSON, W. A. The influence of nitrogen nutrition on ion uptake and translocation by leguminous plants. In: ANDREW, C. S. & KAMPRATH, E. J. (Eds.), Mineral nutrition of legumes in tropical and sub-tropical soils. Melbourne, **CSIRO**, 1978. p.113 – 129.

JASPER, D. A.; ABBOT, L. K.; ROBSON, A. D. Acacias respond to addition of phosphorus and to inoculation with VA mycorrhizal fungi in soils stockpiled during mineral sand mining. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.115, p. 99 - 108, 1989.

JOFRE, R.; VACHER, J.; LLANOS, C. DE LOS; LONG, G. The dehesa: na agrosilvopastoral system of the mediterranean region with special reference to the sierra Morena area of Spain. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 6, p. 71–96, 1988.

KACHIGAN, S. K. **Multivariate statistical analysis**. A conceptual introduction. 2 ed. New York: Radius Press, 1991. 303p.

KARAMANOS, R. E.; RENNIE, O. A. Changes and significance in natural <sup>15</sup>N abundance in natural residual nitrogen fertilizer studies. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 61, p. 553-559, 1981.

KELLMAN, M. Soil enrichment by neotropical savanna trees. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 67. p. 565–577, 1979.

KING J., SIM E. M. & GRANT S. A. Photosynthetic rate and carbon balance o grazed ryegrass pastures. **Grass Forage Science**, Oxford, v. 39, p. 81 – 92. 1984

LAL, R.; STEWART, B. A. Need for land restoratin. **Advances in Soil Science**, Madison, v. 17, p. 1-9, 1992.

LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LOPEZ – HERNANDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSSAARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOMER, P. L.; SWIT, M. J. (Ed.). **The biological management of tropical soil fertility**. Chichester: John Wiley, 1994. 1994. p. 137 – 169.

LAVELLE, P. Diversity of Soil fauna and Ecosystem Function. **Biology International**, n. 33, p. 3 – 16. 1996.

LEDGARD, S. F.; FRENEY, J. R.; SIMPSON, J. R. Assessing nitrogen transfer from legumes to associated grasses. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 17, p.575 – 577, 1985.

LEDGARD, S. F.; FRENEY, J. R.; SIMPSON, J. R. Variations in natural abundance of <sup>15</sup>N in the profiles of some Australian pasture soils. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 22, p. 155 -164, 1984.

- LEE, K. E.; PANKHUST, C. E. Soil Organisms and Sustainable productivity. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 30, p. 820–892, 1992.
- LEITE, F. P. **Crescimento, relações hídricas, nutricionais e lumínicas em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais**. 1996. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.
- LIBERATO, J. R.; CRUZ, C. D.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. Técnica estatísticas de análise multivariadas, aplicada à fitopatologia. Análise de componentes principais, Análise Canônica “Cluster Análise”. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, V. 3, p. 227 – 281, 1995
- LIBREROS, H. F.; BENAVIDES, J. E.; KASS, D.; PEZO, D. Productividad de una plantación asociada de poró (*Erythrina poeppigiana*) y king grass (*Pennisetum purpureum* x *P. Typhoides*). I. Efecto de la adición de follaje al suelo sobre la producción y calidad de la biomassa. In: BENAVIDES, J. E. (Ed.) **Árboles y arbustos forrajeros en America Central**. Turrialba: CATIE – Programa de Agricultura Sostenible, 1994. v. 2. p. 453-473.
- LIZIERI, R. S.; DIAS, P. F.; SOUTO, M. S. Comportamento de gramíneas forrageiras na sombra. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994. Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994. p. 265.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Ed. Plantarum, 1992. v. 1.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Ed. Plantarum, 1998, v. 2.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003. 384p.
- LUCAS, H. L. Determination of forage yield and quality from animal responses. In: **Range Research Methods**. A Symposium. Melbourne: USDA. 1962.
- LUGO, A. E.; WANG, D.; BORMANN, F. H. A Comparative analysis of biomass production in five tropical trees species. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v. 31, p. 153–166, 1990.
- MACEDO, R. L. G.; CAMARGO, I. P. Sistemas agroflorestais no contexto do desenvolvimento sustentável. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1, ENCONTRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS PAÍSES DO MERCOSUL, 1, 1994, Porto Velho. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. v.2, Trabalhos Voluntários, p.43–49. (EMBRAPA – CNPQ. Documentos, 27).
- MACHADO, R. C. Respostas de leguminosas forrageiras tropicais a diferentes níveis de radiação solar. In: RED INTERNATIONAL DE EVALUACION DE PASTOS TROPICALES – RIEPT – AMAZÔNIA, 1990., Lima. **Anais...** Lima: CIAT., p. 897-900.
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its majorimant**. (Ed.) PRICETON University press, princeton, 1988. 179p.

- MAHECHA, L.; ROSALES, M.; MOLINA, C. H.; MOLINA, E. J. Un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala* -*Cynodon plectostachyus*-*Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca, Colombia. In: SÁNCHEZ, M. D.; ROSALES, M. M. **Agroforesteria para la producción animal en América Latina**. Roma: FAO, p. 1999. p.407-419.
- MARADEI, M. **Leguminosas arbóreas como moirão vivo**. 2000. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – , Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Seropédica-RJ.
- MARGALEF, E. Homage To Evelyn Hutchinson, or why is there na upper limit to diversity. **Transaction Connection Academy Arts Science**, n. 44, p.211–235, 1972.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic. 1995. 889p.
- MATCHES, A. G. Pasture research methods. In: PROC. OF THE NATL. CONF. ON FORAGE EVALUATION AND UTILIZATION, 1970., Lincoln, Anais... Nebraska (USA). 1970.
- McDANIEL, A. H.; ROARK, C. B. Performance and grazing habits of Hereford and Aberdeen-Angus cows and calves on improved pasture as related to type of shade. **Journal of Animal Science**, n. 15, p. 59, 1956.
- McMEEKAN, C.P. & WALSH, M. J. The inter-relationships of grazing method and stocking rate in the efficiency of pasture utilization by dairy cattle. **Journal of Agriculture Science**, v. 61, p.147 – 63, 1963.
- MEENTEMEYER, V. Macroclimate and lignin control of litter decomposition rates. **Ecology**, New York, v.59, p. 465–472, 1978.
- MILFORD, R.; MINSON, O. J. Intake of tropical pasture species. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGENS, 9., 1965, São Paulo. **Anais...** São Paulo: s. ed., 1965. p. 815 - 822.
- MONTOYA, L. J., BAGGIO, A. J. Estudos econômicos da introdução de mudas altas para sombreamento de pastagens. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL, 1., 1991 Curitiba: **Anais...** Colombo: EMBRAPA/CNPFFloresta, v. 2, p.172 – 191.
- MURGUEITIO, E. Sistemas agroflorestales para la producción ganadera en Colombia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SISTEMAS AGROFLORESTAIS PECUÁRIOS NA AMÉRICA DO SUL, 2000. Juiz de Fora, MG. Anais Juiz de Fora:/ Embrapa/ RED DE AGROFORESTERIA AGROPECUARIA. 2000. Em CD ROM.
- NAIR, P. K. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer.1993. 499p.
- NAIR, P. K. Biogeochemical processes in tropical agroforestry systems: Nutrient cycling. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO CONTEXTO DA QUALIDADE AMBIENTAL E COMPETITIVIDADE, 2., 1998, Belém. **Palestras...** Belém: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999, p. 81–89. ( Embrapa - Amazônia Oriental. Documentos, 25).
- NAS (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES). **Tropical legumes**: resources for the future. Washington, D.C., 1979. 331p.

- NEGI, J. D. S.; SHARMA, S. C. Mineral nutrition and resource conservation in Eucalyptus plantation and other forest covers in India: ATTWILL, P. M.; ADAMS, M. A. (Ed.) **Nutrition of Eucalyptus**. Melbourne: CSIRO, 1996. p.399 – 416.
- NÓBREGA, R. S.; NÓBREGA, J. C. A. Fixação biológica de nitrogênio na recuperação de áreas degradadas e na produtividade de solos tropicais: Agroecologia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 220, p. 64 - 72, 2003.
- NORTON, B. W.; WILSON, J. R.; SHELTON, H. M. ; HILL, K. D. The effect of shade on forage quality. In: SHELTON, H. M.; STUR, W. W. (Ed.). **Forages for plantation crops**. Canberra: ACIAR, 1991. p.83–88.
- ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1983, 434p.
- OLIVEIRA, F. L. de; SOUTO, S. M. Efeito do sombreamento no crescimento inicial de gramíneas forrageiras tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 7, n. 2, p.221-226, 2001
- OLIVEIRA, F. L. de; SOUTO, S. M. Comportamento de leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 8, n. 1 - 2, p. 67 - 74, 2002.
- OLIVEIRA, J. C. M.; REICHARDT, K.; BACHI, O. O. S.; TIMM, L.C., DOURADONETO D., TRIVELIN, P.O. C.; TOMINAGA, T. T.; NAVARRO, R. C., PICCOLO, M. C. ; CÁSSARO, F. A. M. Nitrogen dynamics in a soil sugar cane system. **Scientiae Agricola**, v. 57, n. 3, p.467–472, 2000.
- OVALLE, C.; AVENDAÑO, J. Utilización silvopastoril del espinal. II. Influencia del espino (*Acacia caven* (Ml.) Hook et Arn.) sobre algunos elementos del medio. **Agricultura Técnica**, Santiago, v. 44, n. 4, p. 353-362, 1984.
- PARSONS, A. J.; LEAFE, E. L.; COLLETT, B.; STILES, W. The physiology of grass production under grazing. 1 Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously grazed swards. **Journal of Applied Ecology**, New York, v. 20, p. 117 – 136. 1983.
- PAULINO, G. M.; SANTOS, M. L. dos; FROUFE, L. C. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; FRANCO, A. A.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da. Estudo da Contribuição de Espécies Florestais para a Recuperação de Terras Degradadas por Pastagens em Conceição de Macabú, RJ. Anais do V Simpósio nacional sobre recuperação de áreas degradadas: Água e Biodiversidade, Belo Horizonte-MG, SOBRADE, p. 508 – 510. 2002.
- PEREIRA, A. P., GRAÇA, M. A. S. & MOLLES, M. Leaf litter decomposition in relation to litter physico-chemical properties, fungal biomass, arthropod colonization, and geographical origin of plant species. **Pedobiologia**, Jena, v. 42, p. 316-327. 1998.
- PEREIRA, J. M.; REZENDE, C. P. Sistemas Silvopastoris: Fundamentos agroecológicos e estado de arte no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p.199-219.

PIAGENTINI, P. M.; DIAS, L. E.; CAMPELO, E. F. C.; RIBEIRO Jr., E. S. Crescimento de diferentes espécies arbóreas e arbustivas em depósito de rejeito de beneficiamento de minérios de zinco em Vazante-MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: água e biodiversidade, 2002. Belo Horizonte. **Anais...** Trabalhos voluntários. Belo Horizonte: SOBRADE, 2002, p.413–414.

PINHEIRO, L. B. A. **Estudo da macrofauna de solos cultivados com cana-de-açúcar, sob diferentes manejos de colheita crua e queimada.** 1996. 69 f. , Dissertação (Mestrado Ciência do Solo) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Seropédica-RJ.

PONTIFF, J. W. A.; NIPPER, A. F.; LOYACANO. A. F.; BRAUD, H. J. **Winter an summer shelter for beef cattle in Louisiana.** St. Joseph: ASAE, 1972. (Paper; 72-425).

POTT, A. Árvores no sistema pastoril. In: SIMPÓSIO SOBRE USOS MÚLTIPLOS DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS E ARBUSTIVAS, 1., Nova Odessa, SP. **Anais...** Nova Odessa, SP, Instituto de Zootecnia, 1993, 216p.

RAMOS, P. P.; CASTRO, A. F.; CAMARGO, N. M. Levantamento Detalhado de Solos da Área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia, Rio de Janeiro, v. 8, p.1 - 27, 1973.

RENNIE, R. J.; RENNIE, D. A. Techniques for quantifying N<sub>2</sub> fixation in association with nonlegumes under field and greenhouse conditions. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 29, p.1022 - 1035, 1983.

REYNOLDS, S. G. Evaluation of pasture grasses under coconuts in Western Somoa. **Tropical Grassland**, Melbourne, v. 12, n. 1, p. 146-151, 1978.

RIBASKI, J. Sobrevivência e desenvolvimento de algaroba, plantada com e sem proteção, em área de capim-búfel sob pastejo. Petrolina: EMBRAPA- CPATSA, 1986. 4p. (EMBRAPA-CPATSA. Pesquisa em Andamento, 48).

RIBASKI, J. ; MONTOYA, L. J. Sistemas Silvopastoris desenvolvidos na Região Sul do Brasil: a experiência da Embrapa Floresta. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C., (Ed.). **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**, Juiz de Fora : Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. P. 205 – 233.

RIBEIRO JUNIOR, J. I. **Análise estatística no SAEG**, Viçosa:UFV, 2001. 301p.

RUSSO, R. O. **Efecto de la poda de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O. F. Cook (Poró), sobre la nodulación, la producción de biomasa y contenido de nitrógeno en el suelo en un sistema agroforestal “Café-Poró”.** 1983. 108 p. Dissertação (Mestrado) - UCR-CATIE, Turrialba, Costa Rica, ,.

SAMARAKOON, S. P.; WILSON, J. R.; SHELTON, H. M. Growth, morphology and nutritive value of shaded *Stenotaphrum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 114, p. 161-169, 1990.

SANTOS, C. J. F.; CUNHA, C. DE O.; CAMPO NETO, D.; FONTES, A. M.; FRANCO, A. A. Uso de leguminosas arbóreas no reflorestamento de encosta de risco geotécnico sobre comunidade de baixa renda . In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO, 1., SIMPÓSIO



NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., 1994. Foz do Iguaçu. **Recuperação de áreas degradadas. Anais...** Curitiba: p. 261 – 269.

SANTOS, E. M. R. dos. **Densidade, diversidade e biomassa da fauna do solo em serapilheira manipulada numa floresta secundária na Amazônia Central**, - 2001. 95p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-Biologia. Manaus, AM.

SEASTEDT, T. R. The role of microarthropods in decomposition and mineralization process. **Annual Review of Entomology.**, Palo Alto, v.29, p. 25 – 46. 1984.

SENA GOMES, A. R. Sistemas agroclturais do sudeste da Bahia. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL: ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS, 2., 1991. Curitiba. **Anais...** Curitiba: Colombo: Embrapa – CNPE, 1991. P. 109 – 122.

SHEARER, G.; KOHL, D. H.; VIGINIA, R. A.; BRYAN, B. A.; SKEETERS, J. L.; NIELSEN, E. T.; SHARIFI, M. R.; RUNDEL, P. W. Estimates of N<sub>2</sub> fixation from variation in the natural abundance of <sup>15</sup>N in sonoran desert ecosystem. **O Ecologia**, Berlin, v. 56, p. 365–373, 1983.

SHEARER, G. ; KOHL, D. H. N<sub>2</sub> fixation in field settings: estimations based on natural <sup>15</sup>N abundance. **Australian Journal of Plant Physiology**, Rockville, v. 13, p. 699 - 756, 1986.

SILVA, F. C. da . **Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes/** Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Brasília: Embrapa Informática Agropecuária - Embrapa comunicação para transferência de tecnologia, 1999. 370p.

SILVA, G. T. A.; QUEIROZ, R. O. M.; NÓBREGA, P. O.; CAMPELLO, E. F. C.; RESENDE, A. S. Caracterização dos teores de nitrogênio, polifenol e relação C/N no tecido foliar de diferentes espécies vegetais em um sistema silvipastoril. In: JORNADA CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO, XIV, 2004. Seropédica. Anais... Seropédica: Editora da Universidade Rural, 2004. (no prelo)

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo** : fundamentos e perspectivas, Ciências Agrárias nos Trópicos. Brasília: MEC/ABEAS; Lavras: ESAL/ FAEPE, 1988. 236p.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. de S.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. **Microrganismos e processos biológicos do solo:** perspectiva ambiental. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Centro Nacional de Pesquisa de Soja. EMBRAPA - SPI, 1994. 142p - (EMBRAPA – CNPAF. Documentos, 45).

SPEEDING, C. R. W. Physiological basis of grazing management. **Journal British Grassland. Society**, Oxford, v. 20, p. 5, 1965.

STEWART, J. L.; DUNSDON, A. J.; HELLIN, J. J.; HUGHES, C. E. **Wood biomass estimation of Central América dry zone species**. Oxford: Oxford Forest Institute, 1992. 83p. (Tropical Forestry Paper, 26).

STORK, N. E.; EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture**, Greenbelt, v. 7, N<sup>o</sup>s 1 - 2, p. 38 – 47, 1992.

SMITH, J. L.; MYUNG, H. U. Rapid procedures for preparing soil and KCl extracts for <sup>15</sup>N analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. V.21, p. 2273 – 2279, 1990.

SWAMY, H. R. Organic productivity, nutrient cycling and small watershed hydrology of natural forest and monoculture plantations In: CALDER, I. R.; HALL, R. L.; ADLARD, P. G. (Ed.). **Growth and water use of forest plantations Oxford UK Chikmagalur district, Karnataka**. 1992. p. 145 – 158.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in Terrestrial Ecosystems**. Studies in Ecology, Oxford: Blackwell Scientific, 1979. v. 5. 372p.

TA, T.C.; FARIS, M. A.; MACDOWALL, F. D. H. Evaluation of <sup>15</sup>N methods to measure nitrogen transfer from alfalfa to companion timothy. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 114, p. 243 - 247, 1989.

TAKEDA, H. Templates for the organization of collembolan communities. In: EDWARDS, C. A.; ABE, T.; STRIGANOVA, B. R. (Ed.). **Structure and function of soil communities**. Kyoto: University Press, 1995. p. 5 – 20.

THOMAS. D. Pastures and livestock under tree crops in the humid tropics. **Tropical Agriculture**, v.55, n. 1. p. 39 - 44, 1978.

TIAN, G., BRUSSARD, L. & KANG, B.T. Biological effects of plant residues with contrasting chemical composition under humid tropical conditions: effects on soil fauna. **Soil. Biol. Biochem.**, Oxford, v. 25, n. 6, p. 731-737. 1993.

TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTOV. P. **Plantas Tóxicas do Brasil**. Rio de Janeiro : Ed. Helianthus, 2000. 320p.

URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. Dinâmica do N no solo, In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE NITROGÊNIO EM PLANTAS, 1., 1993. Itaguaí, RJ. **Anais...** Itaguaí: UFRRJ; Imprensa Universitária, 1993. p. 181 - 225.

URQUIAGA, S.; CRUZ, K.H.S.;BODDEY, R. M. contribution of nitrogen fixation to sugar cane; nitrogen –<sup>15</sup> and nitrogen balance estimates. **Soil Science Society of America Journal**, Winsconsin, v. 56, n. 1, p. 105 – 114, 1992

VALENTIN, J. L. Agrupamento e Ordenação. In: PERES-NETO, P. R, VALENTIN, J. L. e FERNANDEZ, F. A. S. (Ed.). Tópicos em tratamento de dados Biológicos. Rio de Janeiro: UFRJ/Programa de Pos Graduação em Ecologia – Instituto de Biologia, 1995. p. 27 – 55. (Oecologia Brasiliensis, V. 2):.

VALLIS, I. Uptake by grass and transfer to soil of nitrogen from <sup>15</sup>N-labelled legume materials applied to a rhodes grass pasture. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 34, p. 367 - 376, 1983.

VAN STRAALLEN, N. M. Evaluation of bioindicator Systems derives from Soil artropod communities. **Applied Soil Ecology**. Amsterdam, v. 9, p. 429 – 437, 1998.

VARGAS, M. S. V. **Avaliação da Contribuição da Fixação Biológica de N<sub>2</sub> em Várias Leguminosas Forrageiras e Transferência de N<sub>2</sub> para uma Gramínea Consorciada.** 1991.176 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Instituto de Agronomia, Seropédica, RJ.

VEIGA, J. B.; SERRÃO, E. A. S. Sistemas Silvopastoris e produção animal nos trópicos úmidos: a experiência da Amazônia brasileira. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1990, campinas, **Novas tecnologias de produção animal**. Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 145-176.

VELASCO, J. A.; CAMARGO, J. C.; ANDRADE, H. J.; IBRAHIM, M. Mejoramiento del suelo por *Acacia mangium* en un sistema silvopastoril con *Brachiaria humidicola*. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS AGROPECUARIOS SOSTENIBLES, 6., 1999. Cali. **Memórias...** Cali: Centro de investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), 1999. CD ROM.

WALKER, D. Diversity and stability. In: CHERRET, J. M. (Ed.). **Ecological Concepts**. Oxford: Blackwell Scientific, 1998. p.115 – 146.

WEARNER, R. W. Isotope dilution as a method for measuring nitrogen transfer from forage legumes to grass. In: BECK, D. P.; MATERON, L. A. (Ed.). **Nitrogen Fixation by Legumes in Mediterranean Agriculture**. Netherlands: ICARDA, 1988. p. 358 - 365.

WHITNEY, A. S.; KANEHIRO, Y. Pathways of nitrogen transfer in some tropical legume-grass: associations, **Agronomy Journal**, Madison, v. 59, n. 6, p. 585 – 588, 1967.

WILD, D. W. M.; WILSON, J. R.; STÜR, W.W.; SHELTON, H. M. Shading increases yield of nitrogen-limited tropical grasses. In: INTERNACIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17.,1993, Rockhampton. **Proceedings...** Rockhampton: 1993. v. 3, p. 2060 - 2062.

WILDIN, J. H. **Trees for forage systems in Australia**. Rockhampton: Queensland Department of Primary industries. 1990. 43p.

WILSON, J. R.; HILL, K., CAMERON, D. M. The growth of *Paspalum notatum* under shade of a *Eucalyptus grandis* plantation canopy or in full sun. **Tropical Grassland**, Brisbane, v. 24, n.1, p. 24 - 28, 1990.

WILSON, J. R.; WILD, D. W. M. Improvement of nitrogen nutrition and grass growth under shading. In: SHELTON, N. M.; STUR, W. W. (Ed.). Forages for plantation crops. Canberra: ACIAR, 1991. p.77-82.

WILSON, J. R.; WONG, C. C. Effects of shade on some factors influencing nutritive quality of green panic and siratro pastures. **Australian Journal Agriculture Research**, Brisbane, v. 33, n. 6, p. 937-949, 1982.

WOLEDGE, J. The effects of shading and cutting treatments on the photosynthetic rate of ryegrass leaves. **Annals of Botany**, London, v. 41, p. 1279 – 1286, 1977.

WONG, C.C. **Shade tolerance of tropical forages for plantation crops**. Canberra: Aciar, 1991. p. 64 – 69, (Proc. 132).

WONG, C. C.; WILSON, J. R. The effect of shade on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 31, p. 269-285, 1980.

XAVIER, D. F. ; CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A. Melhoramento da fertilidade do solo em pastagens de *Brachiaria decumbens* associada com leguminosas arbóreas. **Pasturas Tropicales**, Cale, v. 25, n.1, p. 21 – 26 2003.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil management**. 2. Ed. Wallingford: CAB Internacional/ICRAF, 1997. 320p.

ZOCCAL, R. IBGE – **Pesquisa da Pecuária Municipal**. Embrapa Gado de Leite. Disponível em: <[http://www. Cnppl.embrapa.br/produção/02produção/tabela02.05.html](http://www.Cnppl.embrapa.br/produção/02produção/tabela02.05.html)> Acesso em: 25/11/2002.

## 5- ANEXOS

**Anexo I** Análise de variância para taxa de crescimento da altura, diâmetro de caule e copa de leguminosas arbóreas introduzidas em pastagens sem a exclusão dos animais e sem a proteção das mudas nas unidades.

FV	GL	Quadrado médio		
		Caule	Altura	D. copa
Blocos	6	0,2837604E-01**	37,06939**	71,78321**
Tratamento	15	0,2221040E-01**	72,27844**	122,9877**
Resíduo	78	0,2356281E-02	7,795284	12,82676
CV (%)		33,679	50,917	79,528

\*\*Significativo a 1% pelo teste F

**Anexo II** Análise de variância do percentual de mudas atacadas pelas formigas e pisoteadas nas unidades

FV	GL	Quadrado médio	
		A. formigas	Pisoteadas
Blocos	6	0,2199894**	0,137935E-01*
Tratamento	15	0,2374164E-01	0,6560132E-02
Resíduo	88	0,1745981E-01	0,5965208E-02
CV (%)		84,383	217,381

\*e\*\* significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

**Anexo III** Análise de variância do percentual de mudas pastejadas nas unidades

FV	GL	Quadrado médio
		Pastejadas
Blocos	6	0,4192243E-01
Tratamento	15	0,5276230**
Resíduo	88	0,3942007E-01
CV (%)		25,75

\*e\*\* significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

**Anexo IV** Análise de variância do percentual de mudas quebradas e sobreviventes nas unidades

FV	GL	Quadrado médio		
		Quebradas	Sobrevivência	
Blocos	5	0,4402863E-01**	6	0,3100917**
Tratamento	15	0,9741022E-02*	15	0,3944322**
Resíduo	73	0,5390821E-02	78	0,5889021E-01
CV (%)		178,963		19,701

\*e\*\* significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

**Anexo V (a) Modelo do fator**

Variáveis	Eixo ou fator I	Eixo ou Fator II
Sobrev	0,75861	0,64066
Taxaltura	0,95662	0,04266
Txdco	0,91603	-0,27560
Txdca	0,88971	-0,30837
Correlação da matriz		
Auto valores	3,1213	0,5833
Proporção	0,7803	0,1458
Acumulada	0,7803	0,9262

**Anexo V (b)**

Espécies	Intenspast	Variáveis				Scores	
		Claspast	Sobrev	Txaltura	Txdco	Txdca	Eixo I
1- <i>G. sepium</i>	d	1,128	3,20	1,64	0,14	-0,183	0,803
2- <i>P. guachapele</i>	d	1,48	8,01	5,54	0,18	0,7685	0,504
3- <i>E. verna</i>	d	0,82	1,95	0,17	0,14	-0,754	-0,722
4- <i>M. tenuiflora</i>	c	1,39	7,49	12,45	0,20	1,202	-0,749
5- <i>M. caesalpiniifolia</i>	b	1,43	6,93	9,25	0,17	0,827	-0,007
6- <i>A. Macrocarpa</i>	d	0,85	2,83	1,25	0,05	-1,028	0,096
7- <i>A. holosericea</i>	a	1,23	11,10	11,21	0,21	1,418	-0,919
8- <i>A. auriculiformes</i>	c	1,21	7,54	4,19	0,17	0,412	-0,075
9- <i>M. artemisiana</i>	c	1,36	10,62	10,99	0,25	1,622	-0,986
10- <i>E. contortisiliquum</i>	d	1,43	5,30	3,27	0,18	0,364	0,593
11- <i>S. parayba</i>	d	0,33	-0,36	0,39	0,10	-1,585	-2,462
12- <i>E. poeppigiana</i>	c	0,90	-0,31	-1,47	0,09	-1,292	-0,092
13- <i>A. Lebeck</i>	c	1,42	6,99	2,01	0,09	-0,035	1,487
14- <i>L. leucocephala</i>	d	1,49	4,80	2,07	0,12	-0,041	1,304
15- <i>M. hirtum</i>	c	1,12	2,87	1,59	0,07	-0,695	0,824
16- <i>P. dubium</i>	d	0,98	1,57	0,40	0,07	-1,000	0,403

**Anexo VI** Análise de variância para efeito de três espécies de leguminosas arbóreas na produção de matéria seca, teor de N e N acumulado na parte aérea do capim Survenola.

FV	GL	Quadrado médio		
		MS	N	N acumulado
Leg	2	2,3576454,5921**	0,0523	0,4576**
Erro 1	6	1965642,1437	0,0504	0,0230
Dist	4	8555131,0467**	0,3057**	0,3764**
Dist X Leg	8	1922952,3080**	0,0694**	0,0286*
Erro2	24	536355,0293	0,1715	0,0117
CV1 (%)		56,88	16,51	10,49
CV2 (%)		29,71	9,63	7,46

\* e \*\* significativo a 5 e 1 % pelo teste F, respectivamente.

**Anexo VII** Análise de variância para efeito de três leguminosas arbóreas nas concentrações e acúmulo de fósforo e potássio na parte aérea do capim Survenola, respectivamente.

FV	GL	Quadrado médio			
		P	K	P	K
Leg	2	0,3401	121,2056**	0,0006**	0,8926**
Erro 1	6	0,1388	4,0056	0,00002	0,0205
Dist	4	0,1927*	162,6611**	0,0002**	0,5862**
Dist X Leg	8	0,7637**	9,8028**	0,00006**	0,0428**
Erro 2	24	0,0554	1,6931	0,00001	0,0110
CV1 (%)		16,05	12,27	18,77	9,45
CV2 (%)		10,14	7,98	12,92	6,92

\* \*\* significativo a 5 e 1 % pelo teste F, respectivamente.

**Anexo VIII** Análise de variância para efeito de três leguminosas arbóreas nas concentrações e acúmulo de Cálcio e Magnésio na parte aérea do capim Survenola.

FV	GL	Quadrado médio			
		Ca	Mg	Ca	Mg
Leg	2	9,9832	0,1261	250,1888**	0,0004**
Erro 1	6	2,3366	0,5238	26,1616	0,00004
Dist	4	0,9505	0,5474*	183,6556**	0,0003**
Dist X Leg	8	3,0671**	0,3493	26,0244*	0,00004*
Erro 2	24	0,5983	0,1972	11,6983	0,00002
CV1 %		27,01	30,38	39,73	18,06
CV2 %		13,67	18,64	26,57	12,33

\* \*\* significativo a 5 e 1 % pelo teste F, respectivamente.

**Anexo IX** Análise de variância para efeito de três leguminosas arbóreas nos valores de  $\delta^{15}$  N e N acumulado no capim Survenola oriundo da leguminosa em diferentes distâncias.

FV	GL	Quadrado médio	
		$\delta^{15}$ N	N trans.
Leg	2	0,472002*	68,363576
Erro I	6	0,079722	55,0324
Dist	4	1,894319**	1642,892339**
Dist x Leg	8	0,245069**	171,240501**
Erro 2	24	0,057464	39,117583
CV 1 (%)		9,08	46,51
CV 2 (%)		7,71	39,21

\* \*\* significativo a 5 e 1 % pelo teste F, respectivamente.

**Anexo X** Análise de variância para efeito de três leguminosas arbóreas nos teores de N (%) e concentrações de P e K nas camadas de 0 - 5 e 5 - 20 cm no solo, sob pastagem de capim Survenola consorciado.

FV	GL	Quadrado médio		
		N	P	K
0 – 5 cm				
Leg	2	0,000107	1,646869	1341,238889**
Erro 1	6	0,000384	1,370596	15,672222
Dist	4	0,000291**	1,620103**	132,550000**
Dist x Leg	8	0,000276**	2,455255**	136,641667**
Erro 2	24	0,000051	0,221176	10,602778
CV 1 (%)		33,81	42,27	13,58
CV 2 (%)		12,33	16,98	11,17
5 – 20 cm				
Leg	2	0,000496	1,113247**	134,02222**
Erro 1	6	0,000480	0,091378	9,177778
Dist	4	0,000314*	3,445519**	80,25556**
Dist x Leg	8	0,000076	1,944236**	67,02222**
Erro 2	24	0,000094	0,041442	5,316667
CV 1%		52,72	16,78	20,41
CV 2%		23,32	11,30	15,53

\*e\*\* significativos a 5 e 1 % pelo teste F, respectivamente.

**Anexo XI** Análise de variância para efeito de três leguminosas arbóreas nas concentrações de Ca e Mg nas camadas de 0 – 5 e 5 – 20 cm no solo, sob pastagem de capim Survenola.

FV	GL	Quadrado Médio	
		Ca	Mg
0 – 5 cm			
Leg	2	0,392167**	0,270389**
Erro 1	6	0,002778	0,015333
Dist	4	0,062972**	0,016583
Dist x Leg	8	0,134181**	0,055875**
Erro 2	24	0,006944	0,007903
CV 1 (%)		5,15	15,72
CV 2 (%)		8,14	11,28
5 – 20 cm			
Leg	2	2,242667**	0,928667
Erro 1	6	0,267111	0,311111
Dist	4	0,177444	0,147444
Dist x Leg	8	0,201278	0,226444*
Erro 2	24	0,232667	0,091944
CV 1 (%)		93,40	132,80
CV 2 (%)		87,17	72,20

\*e\*\* significativos a 5 e 1 % pelo teste F, respectivamente.



**Anexo XII** Análise de variância para efeito de três leguminosas arbóreas para os valores de pH (em água), concentrações de Al (cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) e C (%) nas camadas de 0 - 5 e 5 - 20 cm no solo sob pastagem de capim Survenola.

FV	GL	Quadrado médio		
		pH	Al	C
0 – 5 cm				
Leg	2	0,060667	0,031722**	0,140327**
Erro 1	6	0,295778	0,001167	0,005018
Dist	4	0,076333*	0,014111**	0,197826**
Dist x Leg	8	0,014833	0,007278**	0,076657**
Erro 2	24	0,024667	0,001722	0,013782
CV 1%		9,57	83,08	13,10
CV 2%		2,77	100,95	21,71
5 – 20 cm				
Leg	2	0,290667	0,284667**	0,122889*
Erro 1	6	0,301111	0,000444	0,014222
Dist	4	0,168556*	0,135222**	0,005889
Dist x Leg	8	0,031222	0,083556**	0,005389
Erro 2	24	0,041667	0,005444	0,013389
CV 1%		9,83	13,75	40,35
CV 2%		3,66	48,12	39,15

\*e\*\* significativos a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)