

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**CONTRIBUIÇÃO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM SISTEMAS
SILVIPASTORIS COM *Brachiaria decumbens* STAPF**

**Valéria Xavier de Oliveira Apolinário
Zootecnista**

**RECIFE - PE
Outubro – 2014**

Apolinário, V.X.O. Contribuição de leguminosas arbóreas em sistemas...

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**CONTRIBUIÇÃO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM SISTEMAS
SILVIPASTORIS COM *Brachiaria decumbens* STAPF**

**Valéria Xavier de Oliveira Apolinário
Zootecnista**

**RECIFE - PE
Outubro – 2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**CONTRIBUIÇÃO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM SISTEMAS
SILVIPASTORIS COM *Brachiaria decumbens* STAPF**

VALÉRIA XAVIER DE OLIVEIRA APOLINÁRIO

**RECIFE - PE
Outubro-2014**

Valéria Xavier de Oliveira Apolinário

**CONTRIBUIÇÃO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM SISTEMAS
SILVIPASTORIS COM *Brachiaria decumbens* STAPF**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, do qual participam a Universidade Federal Rural de Pernambuco, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Forragicultura

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Prof. Ph.D José Carlos Batista Dubeux Júnior– orientador principal

Prof. Ph.D Mario de Andrade Lira– co-orientador

Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciollo Ferreira– co-orientador

**RECIFE - PE
Outubro-2014**

Ficha catalográfica

A643c Apolinário, Valéria Xavier de Oliveira
Contribuição de leguminosas arbóreas em sistemas
silvipastoris com *Brachiaria decumbens* STAPF / Valéria
Xavier de Oliveira Apolinário. – Recife, 2014.
109 f. : il.

Orientador: José Carlos Batista Dubeux Júnior.
Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco / Universidade
Federal da Paraíba / Universidade Federal do Ceará.
Departamento de Zootecnia da UFRPE, Recife, 2014.

Referências.

1. Ciclagem de nutrientes 2. Decomposição 3. Fixação
biológica de nitrogênio 4. Serrapilheira 5. Silvipastoril
I. Dubeux Júnior, José Carlos Batista, orientador II. Título

CDD 636

VALÉRIA XAVIER DE OLIVEIRA APOLINÁRIO**Contribuição de leguminosas arbóreas em sistemas silvipastoris com *Brachiaria decumbens* Stapf**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 20 de Outubro de 2014

Orientador:

Prof. Mário de Andrade Lira
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia/DZ

Comissão Examinadora:

Prof. Everardo V.S.B. Sampaio
Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Energia Nuclear/DEN-UFPE

Prof. Márcio Vieira da Cunha
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia/DZ-UFRPE

Prof.^a Mércia Virginia Ferreira dos Santos
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia/DZ-UFRPE

Prof. Vicente Teixeira Imbroisi
Universidade Federal Rural de Pernambuco
UAST-UFRPE

**RECIFE-PE
OUTUBRO-2014**

Ofereço

A minha amada mãe Maria de Lourdes Araújo, irmãs Valcilene e Valquiria e minha vó paterna Valderima Bomfim de Oliveira (in memoriam), pelo exemplo de luta, força, estímulos e acima de tudo, pela confiança que depositaram em mim.

Ao meu companheiro André Luiz Simões Apolinário, pela persistência, apoio, paciência e carinho em todos esses momentos de nossas vidas. AMO VOCÊS

Dedico

A minha amada filha Leticia de Oliveira Apolinário fonte de coragem para jamais desistir.

Agradecimentos

A Deus, por ter me concedido o dom da vida, força, saúde e coragem nas horas em que eu mais precisei, não deixando que desistisse em momento algum dos meus objetivos, permitindo que esse momento tão esperado chegasse.

A UFRPE, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao meu orientador José Carlos Batista Dubeux Júnior, pelo qual tenho enorme admiração, pela confiança depositada em mim, apoio, paciência, dedicação e orientação.

Aos meus co-orientadores Mário de Andrade Lira e Rinaldo Caraciollo, os quais acreditaram em mim e enriqueceram este trabalho.

Aos professores e funcionários do Departamento de Zootecnia em nome dos professores (as) Alexandre Mello, Márcio Cunha, Mércia Virginia pelos quais tenho grande admiração, sendo uns dos grandes responsáveis pelo término desta etapa.

Aos meus amigos da pós-graduação e graduação que criei laços de amizade fortes, contribuindo para o meu crescimento profissional e pessoal: Marcelo Batista, Silvania, Suellen, Karina, Hugo, João, Hiran, Vicente, Felipe, Joelma, Diego, Naligia, Niel, Janerson, Marcelo Cavalcante, Marta, Carol, Cristiane, Marcelo Meireles os quais contribuíram diretamente na conclusão desta etapa.

A todos os funcionários da Estação Experimental de Itambé do IPA, em especial ao amigos Aluízio, Silvio, Nego (Edvaldo), José dos Santos (Deca), Antônio (Tonho), Davi, Jeferson, Josenildo, Juliano, Max , Abenildo, Maria, Marilene, Formiga, Erick, Fernando, Silva e Severino os quais, não mediram esforços para me ajudar.

A todos os funcionários da UFRPE, pela disponibilidade e apoio durante estes anos de convivência.

Apolinário, V.X.O. Contribuição de leguminosas arbóreas em sistemas...

Aos professores Everardo Sampaio e Rômulo Menezes, os quais tenho profundo respeito e admiração e não mediram esforços para contribuir neste trabalho.

Aos amigos e funcionários do Departamento de Energia Nuclear, por todos os ensinamentos e pela acolhida calorosa.

Aos professores Daniel Alvarez e Jim Muir, por toda contribuição e disponibilidade em ajudar ativamente.

Aos amigos e pesquisadores do IPA: Cristina Lemos, Erinaldo Viana, Erick Xavier, José de Paula, José Américo por todo incentivo e ensinamentos.

Ao CENA, em nome do professor Plínio Camargo, pela contribuição e disponibilidade sempre que solicitado.

Ao meu amigo de trabalho, Fábio César, pelos seus ensinamentos, incentivo, confiança e apoio.

A todos os funcionários e pesquisadores do IPA que, de qualquer modo, tenham me ajudado, em especial, aos meus amigos de trabalho do LAPRA em nome de Maria do Carmo, sem os quais seria impossível a conclusão desta etapa.

Aos meus amigos que estiveram torcendo e contribuindo para a conclusão desta etapa, os quais não posso citar nomes, para não vir a faltar devido a tanta colaboração que tive.

A todos os meus familiares, pelo amor apoio e pelas palavras de incentivo nos momentos mais difíceis desta jornada.

Ao CNPq, CAPES e a FACEPE, pela concessão da bolsa e apoio financeiro para realização desta pesquisa.

Tendo em vista um trabalho que necessita de várias linhas de conhecimento científico, além de exigir uma quantidade grande de mão-de-obra seria impossível realizá-lo sem a contribuição de todos vocês.

Em fim, se faltou alguém ser lembrado, peço desculpas, porém jamais por falta de reconhecimento a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização de mais esta etapa, sendo assim, muito obrigada.

Biografia do autor

Valéria Xavier de Oliveira Apolinário, filha de Maria de Lourdes Araújo e Valdeci Xavier de Oliveira, nasceu em Recife, Pernambuco no dia 03 de Agosto de 1984. Concluiu a graduação em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) em 2008. Foi bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET) durante um ano e meio, desenvolveu suas atividades de pesquisa na área de Forragicultura e atualmente é Assistente de Pesquisa do Instituto Agrônomo de Pernambuco. Em Março de 2009, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, na área de concentração Forragicultura, recebendo o título de mestre em Dezembro de 2010. Logo em seguida ingressou no Doutorado Integrado em Zootecnia submetendo-se à defesa de tese em Outubro de 2014.

Sumário

Lista de Tabelas.....	xv
Lista de Figuras.....	xvii
Resumo Geral.....	xix
Abstract.....	xxi
Considerações Iniciais.....	23
Capítulo 1- Referencial Teórico.....	24
Referências Bibliográficas.....	35
Capítulo 2 - Deposição de serrapilheira e nutrientes de leguminosas em sistemas silvipastoris	39
Resumo.....	40
Abstract.....	41
Introdução.....	42
Material e Métodos.....	44
Resultados e Discussão.....	49
Conclusões.....	56
Referências Bibliográficas.....	57
Capítulo 3 - Decomposição de frações de leguminosas arbóreas em sistema silvipastoril	61
Resumo.....	62
Abstract.....	63
Introdução.....	64
Material e Métodos.....	66
Resultados e Discussão.....	71
Conclusões.....	81
Referências Bibliográficas.....	82
Capítulo 4 - Acúmulo de biomassa e nutrientes de leguminosas arbóreas em sistema silvipastoril	85

Resumo.....	86
Abstract.....	87
Introdução.....	88
Material e Métodos.....	90
Resultados e Discussão.....	95
Conclusões.....	104
Referências Bibliográficas.....	105
Conclusões Gerais	109

Lista de tabelas

1. Análise química de amostras de solo (0 a 20 cm) da área experimental antes da introdução da gliricídia e sabiá.....	46
2. Concentração de N (g kg ⁻¹) na serrapilheira de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	51

Capítulo 3

1. Análise química de amostras de solo (0 a 20 cm) da área experimental antes da introdução da gliricídia e sabiá.....	46
2. Composição de folhas de leguminosas em dois anos, antes de colocar para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	69
3. Composição de ramos em três classes de circunferência de gliricídia e sabiá, em dois anos, antes de colocar para decompor em sistema silvipastoril.....	69
4. Porcentagem de N remanescente em folhas gliricídia e sabiá, colocados para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	74
5. Nitrogênio remanescente em ramos de gliricídia e sabiá, colocados para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	74
6. Teor de N g kg ⁻¹ em folhas de gliricídia e sabiá, depois de colocados para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	75
7. Teor de N (g kg ⁻¹) em ramos de gliricídia e sabiá, após serem colocados para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	76
8. Teor de lignina (g kg ⁻¹) em ramos gliricídia e sabiá, após serem colocados para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	79
9. Relação lignina:N em ramos de gliricídia e sabiá, após serem colocados para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	79

Capítulo 4

1. Diâmetro médio (cm) dos fustes na altura do peito (DAP) e altura de Lorey (hL) de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	95
---	----

2. Biomassa aérea (Mg MS ha ⁻¹) de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	96
3. Poder calorífico superior (cal g ⁻¹) em ramos gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	99
4. Estoque de N _{dd} kg/ha em folhas de gliricídia e sabiá durante diferentes épocas de medidas em sistemas silvipastoris, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	100
5. Acúmulo de folhas e N derivado da atmosfera, de fevereiro de 2012 a setembro de 2013 em gliricídia e sabiá, Itambé na zona da mata de Pernambuco.	101
6. Concentrações de N, lignina e relação C:N em folhas de gliricídia e sabiá em diferentes épocas de medidas, Itambé na zona de mata Pernambuco.....	102

Lista de figuras

Capítulo 2	Pág
1. Precipitação pluvial mensal na Estação Experimental de Itambé-PE, durante período experimental.....	44
2. Deposição de matéria orgânica via serrapilheira de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	50
3. Nitrogênio total (kg ha ⁻¹) reciclado via serrapilheira de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	52
4. Percentual (A) e acúmulo de N derivado da atmosfera (B) via serrapilheira de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	53
5. Relação C:N na serrapilheira de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	54
6. Relação lignina:N e % lignina na serrapilheira de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	55
Capítulo 3	
1. Precipitação pluvial mensal na Estação Experimental de Itambé-PE, as setas indicam o início e fim do período de incubação dos experimentos.....	66
2. Porcentagem de MO remanescente em folhas (A) e ramos (B) gliricídia e sabiá, colocados para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	71
3. Porcentagem de N remanescente em folhas de gliricídia e sabiá, colocadas para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	72
4. Teor de N em folhas de gliricídia e sabiá nos anos 2011 e 2012 em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	75
5. Porcentagem de P remanescente em folhas de leguminosas, colocadas para decompor no sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	77
6. Teor de lignina g kg ⁻¹ em folhas (A) e ramos (B) de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco. Ramos finos (Classe 1: até 3 cm de circunferência), ramos médios (Classe 2: >3-9 cm de	

circunferência) e ramos grossos (Classe 3: acima de 10 cm de circunferência.....	78
7. Relação lignina/N em folhas de gliricídia e sabiá (A) em 2011 e 2012 (B), colocados para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.....	80

Capítulo 4

1. Precipitação pluvial mensal na Estação Experimental de Itambé, Pernambuco (2012 e 2013). As setas indicam os meses de avaliações das árvores.....	90
2. Folhas e ramos (kg MS/ha) ramos finos (Classe 1: até 3 cm de circunferência), ramos médios (Classe 2: >3-9 cm de circunferência) e ramos grossos (Classe 3: acima de 10 cm de circunferência). Onde (I) Erro padrão da média.....	97
3. Teor de N nos ramos de gliricídia e sabiá nas épocas de medidas em sistema silvipastoril, Itambé na Zona da Mata de Pernambuco. Ramos finos (Classe 1: até 3 cm de circunferência), ramos médios (Classe 2: >3-9 cm de circunferência) e ramos grossos (Classe 3: acima de 10 cm de circunferência)....	103
4. Teor de lignina em ramos de gliricídia e sabiá durante as épocas de medidas em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco. Ramos finos (Classe 1: até 3 cm de circunferência), ramos médios (Classe 2: >3-9 cm de circunferência) e ramos grossos (Classe 3: acima de 10 cm de circunferência).....	104

Resumo geral

Conhecer a contribuição de leguminosas em sistemas silvipastoris é essencial para promover maior eficiência dos serviços ambientais prestados por esses ecossistemas. Desse modo, objetivou-se avaliar a deposição, decomposição, contribuição de biomassa e composição química da gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.] e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth) em pastagens consorciadas com braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf). Para quantificar a deposição da serrapilheira foram utilizadas molduras de 0,5 m² locadas de 0,5 até 3,0 m do tronco das árvores, coletadas a cada 28 em 2012 e 2013. Na serrapilheira também foram determinados teor de N, percentual de nitrogênio da planta derivado do ar (% N_{dda}) pelo método da abundância natural, lignina e relação C:N, lignina:N. Na análise de decomposição foram realizados dois experimentos em áreas de exclusão, no primeiro foram incubadas folhas em sacos de nylon e no segundo, foram incubados ramos com três classes de circunferência, sendo retirados com 4, 8, 16, 32, 64, 128 e 256 dias, em 2011 e 2012. Foram determinados os teores de N, P, Ca, Mg, lignina e relação C:N, lignina:N. Para determinar a biomassa em 2012 e 2013 com intervalos de seis meses foram avaliadas: altura da leguminosa, stand, número de fustes, biomassa, nitrogênio total (N), % N_{dda}, lignina e relação C:N dos componentes (folhas e ramos em três classes de circunferências). A densidade e poder calorífico superior (PCs) também foram avaliados nos ramos. A deposição de serrapilheira anual da sabiá (4540 kg MO ha⁻¹) foi 8% superior ($P \leq 0,05$) a gliricídia (4200 kg MO ha⁻¹). A concentração de N da gliricídia foi (22,4 g kg⁻¹) 20,4% superior a sabiá ($P \leq 0,05$) (18,6 g kg⁻¹) proporcionando maior aporte anual de N (105 kg⁻¹ ha⁻¹) via serrapilheira de que a sabiá (87 kg⁻¹ ha⁻¹). A fixação biológica de N (FBN) não diferiu entre as espécies ($P > 0,05$) com contribuição variando de 51 a 70% para gliricídia e 43 a 61%, para sabiá correspondendo a 64 e 46 kg ha⁻¹ ano de N, respectivamente. A relação C:N da sabiá (23) foi superior ($P \leq 0,05$) a gliricídia (19:1). Os teores de lignina variaram de 17 a 30 % e a relação lignina:N de 5:1 a 21:1 durante os ciclos de avaliação, não diferindo ($P > 0,05$) entre as espécies. Para folhas de gliricídia de decomposição foi mais rápida $P < 0,0001$ ($k = 0,0038 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) que a da sabiá ($k = 0,0012 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) ocorrendo maior velocidade de liberação dos nutrientes. A taxa de decomposição dos ramos de gliricídia ($k = 0,0018 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), também foi maior ($P < 0,0001$) que a da sábia ($k = 0,0005 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$). Ocorreu 73 e 33% de mineralização do nitrogênio (N) das folhas proporcionando um aporte anual de 65 e 42 kg ha⁻¹ de N via

folhas de gliricídia e sabiá, respectivamente. O N remanescente foi inversamente proporcional à circunferência para os ramos da gliricídia. A mineralização de N nos ramos da gliricídia foi de 38% e na sabiá de 26% proporcionando um aporte anual de 6 e 1 kg N, respectivamente. O teor de P nas folhas incubadas diminuíram de 3,1 g kg⁻¹ para 1,5 g kg⁻¹ no dia 256. Os teores de lignina das folhas aumentaram cerca de 165 g kg⁻¹ até 184 g kg⁻¹ após 32 dias e até 210 g kg⁻¹ após 64 dias de incubação. Os teores de Lignina nas três classes de ramos da sabiá foram maiores ($P=0,0009$) que os dos ramos da gliricídia, o que indica uma melhor qualidade e durabilidade da madeira. A relação lignina/N nas folhas de sabiá (5:1) foi superior a da gliricídia ($P = 0,0009$) (4:1), o que provavelmente refletiu na biomassa remanescente com taxa de decomposição mais lenta para sabiá. O stand da gliricídia (3070 plantas ha⁻¹) foi maior que o de sabiá (2840 plantas ha⁻¹), com mortalidades de 15 e 21%, respectivamente, em relação ao inicial (3.600 plantas ha⁻¹). Os ramos grossos contribuíram com a maior proporção para biomassa total, tanto na gliricídia (58%) quanto na sabiá (54%). As folhas representaram a menor fração nas duas espécies, variando de 7 a 13% para gliricídia e de 4 a 14% para sabiá e foi à fração que teve maior oscilação entre os meses. Os teores dos nutrientes nas folhas e ramos, de modo geral, variaram pouco entre as espécies e ciclos de avaliações. A sabiá apresentou maior serrapilheira depositada anualmente e maior relação C:N, contribuindo para diminuição da velocidade de decomposição. Os diferentes comportamentos de decomposição das folhas e ramos revelaram a distinta capacidade das frações de leguminosas em reciclar nutrientes. O aporte de nitrogênio e o elevado potencial de fixação biológica de gliricídia e sabiá representam uma oportunidade de adição de N ao ecossistema pastoril, além dos outros benefícios advindos da introdução dessas espécies.

Abstract

Understanding the contribution of legume plant fractions in silvopastoral systems is critical to enhance efficiency of ecosystem services in these systems. This research evaluated litter deposition, litter decomposition, biomass accumulation, and chemical composition of gliricidia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.] and sabi (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth) intercropped with signal grass (*Brachiaria decumbens* Stapf.). Litter deposition was measured by 0.5 m² quadrats every 28 days, in a perpendicular transect across the tree rows, from 0.5 to 3.0 m away from the tree trunk, in 2012 and 2013. Other response variables measured included litter N, plant N derived from atmosphere (%N_{dda}) using the natural abundance technique, lignin, C:N, and lignin:N ratios. Two decomposition trials were performed in an exclusion area. In the first trial, leaves were incubated in litter bags. In the second trial, branches with three circumference classes were incubated. In both trials, bags were collected in eight incubation times (0, 4, 8, 16, 32, 64, 128, and 256), in 2011 and 2012. Response variables measured in the decomposition trials included N, lignin, P, C:N, and lignin:N for each incubation period. Tree biomass was determined every six months. Measurements included tree height, stand, number of timbers, biomass, total N, N derived from atmosphere (%N_{dfa}) using the natural abundance technique, lignin, and C:N ratio of each component (leaves and branches within the three circumferences classes). Density and higher calorific power (HCP) were also determined for the branches. Annual litter deposited by sabi (4540 kg OM ha⁻¹) was greater ($P \leq 0.05$) than gliricidia (4200 kg OM ha⁻¹). Gliricidia N concentration was (22,4 g kg⁻¹) 20,4 % greater ($P \leq 0.05$) than sabi (18.6 g kg⁻¹), leading to greater litter N input for gliricidia (105 kg ha⁻¹) than sabi (87 kg ha⁻¹). Biological N fixation (BNF) did not differ between tree species ($P > 0.05$) with N_{dfa} ranging from 51 to 70% for gliricidia and 43 to 61% for sabi, equivalent to 64 and 46 kg ha⁻¹ yr⁻¹ of N, respectively. Sabiá C:N ratio (23) was greater ($P \leq 0.05$) than gliricidia (19). Lignin concentration ranged from 17 to 30% and lignin:N from 5:1 to 21:1 along the evaluation periods and did not differ ($P > 0.05$) between species. Gliricidia leaves decomposed faster ($k = 0,0038 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) than sabi leaves ($k = 0,0012 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), leading to faster nutrient released by gliricidia. Branches of gliricidia also decomposed faster ($k = 0,0018 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) than branches of sabi ($k = 0,0005 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$). Leaves released 73 and 33% of its original N, leading to an annual input of 65 and 42 kg ha⁻¹ N via leaf decomposition, for gliricidia and sabi, respectively. Remaining N was inversely correlated

to branch circumference for gliricidia. Branch mineralization of N was 38% for gliricidia and 26% for sabi, with N contributions of 6 and 1 kg ha⁻¹, respectively. Leaf P concentration was 3.1 g kg⁻¹ at day zero, reducing to 1.5 g kg⁻¹ at day 256. Leaf lignin content increased around 165.6 g kg⁻¹ until 184 g kg⁻¹ after 32 d and 210 g kg⁻¹ after 64 d of incubation. Lignin was greater in sabi than in gliricidia, for the three branch circumference classes, reflecting better timber quality and longevity. Leaf Lig:N at time zero was greater for sabi (5:1) than gliricidia (4:1), reflecting the slower decomposition rate for sabi. Gliricidia stand (3070 trees ha⁻¹) was greater than sabi stand (2840 trees ha⁻¹), with plant mortality of 15 and 21% in regard to the initial stand (3600 seedlings ha⁻¹). Branches with greater circumference (class 3) made the greatest contribution for total tree biomass, with 58 and 54% for gliricidia and sabi, respectively. Leaf represented the lowest contribution for total biomass, ranging from 7 to 13% for gliricidia and from 4 to 14% for sabi, and was the fraction with most variation among the months. Leaf and branch nutrient did not vary much along the cycles. Sabi presented greater annual litter deposition and greater litter C:N, reducing decomposition rate. Different decomposition patterns from leaves and branches showed the distinct ability of tree legume to recycle nutrients. The N input and the BNF of gliricidia and sabi represents an opportunity to add N to grassland ecosystems and the other added benefits that come from the tree legume.

Considerações iniciais

A diminuição das áreas de pastagens brasileiras nos últimos 36 anos ocorreu associada com o aumento do efetivo de bovinos, chegando a dobrar o número de cabeças nesse período. Por consequência, há a necessidade de intensificar o uso das terras e aumentar a produção por área de pastagem para atender as demandas dos rebanhos, já que forragem é a principal fonte de alimento adotada na pecuária nacional devido ao baixo custo de produção.

Nesse cenário, a exploração de sistemas silvipastoris tem sido uma das alternativas para diversificar e aumentar a produção de alimentos, além de explorar diferentes atividades, proporcionando outras fontes de renda ao produtor. Entre as diversas espécies que podem ser exploradas nesses sistemas destacam-se leguminosas de múltiplos usos como a sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) e a gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.), devido à contribuição da biomassa de forragem, à proporção de nitrogênio fixado da atmosfera e ao potencial silvícola.

A introdução de leguminosas arbóreas nesses sistemas apresenta potencial de elevar a quantidade de serviços ambientais prestados, incluindo a diminuição do efeito estufa através da fixação de carbono, melhoria da fertilidade do solo, contribuição na ciclagem de nutriente com adição de resíduos de melhor qualidade, além de contribuir diretamente na transferência de nitrogênio para as gramíneas associadas e proporcionar um ambiente mais confortável para os animais em pastejo devido à sombra projetada. Esses serviços ambientais torna a exploração pecuária mais sustentável, diminuindo processos de degradações das pastagens. Desse modo, a presente tese objetiva avaliar a contribuição de leguminosas arbóreas em sistemas silvipastoris com *Brachiaria decumbens* Stapf na zona da mata de Pernambuco- Itambé.

Capítulo 1

Referencial Teórico

Referencial Teórico

1.0- Sistemas agroflorestais:

A carne bovina é uma das principais fontes de proteínas para a alimentação humana, chegando a um consumo anual em torno de 34,7 quilos por habitante/ ano (FAO, 2010). O setor agropecuário brasileiro apresenta vantagem competitiva, devido principalmente ao baixo custo de produção, uma vez que a alimentação animal é baseada no uso de pastagem com forrageiras adaptadas e melhoradas aos diversos ambientes. Essa vantagem contribuiu para o aumento de 2,3% do PIB brasileiro em 2013, com destaque para o setor agropecuário que apresentou aumento de 7% (IBGE, 2014).

A população mundial pode alcançar em 2050 9,15 bilhões de pessoas (FAOSTAT, 2013). O uso de técnicas que permitam maior produção e menor custo ambiental são essenciais. Nesse cenário, é de fundamental importância que o pecuarista intensifique o uso de áreas de pastagem para obtenção de maiores produções. A exploração de sistemas agroflorestais (SAFs) tem despertado interesse como prática de manejo para recuperação de áreas degradadas (Franke e Furtado, 2001). A combinação de espécies arbóreas com culturas agrícolas e ou, animais na tentativa de conservar e melhorar as propriedades físico-químicas dos solos, leva ao aumento da produção e renda.

Os sistemas agroflorestais surgiram para aumentar a eficiência do uso da terra, devido ao custo elevado do N e degradação da pastagem (Barcellos et al., 2008). A integração da exploração de espécies lenhosas perenes, associadas às culturas agrícolas e a pastagem, garante a estabilidade da produção e eleva a produtividade da terra, diversificando a produção, melhorando a fertilidade do solo e aumentando a oferta de forragens que supram a necessidade dos animais (Araújo Filho et al., 2010), evitando também maiores desmatamentos.

Sistemas agroflorestais têm como principal objetivo otimizar o uso da terra e conciliar a produção de florestas com produtos agrícolas e/ou animais (Allen et al., 2011). Estes sistemas priorizam a conservação do solo e de todo o ecossistema (Engel, 1999) por meio da ciclagem de nutrientes, elevando os teores de matéria orgânica do solo, além de promoverem redução dos processos erosivos, podendo assim contribuir de forma significativa na recuperação e redução das áreas de pastagens degradadas (Perez-Marín et al., 2006)

Devido a inúmeras denominações usadas para definir as integrações de espécies florestais com culturas agrícolas e/ou com a pecuária, existe bastante dúvida com uso das terminologias em sistemas agroflorestais, chegando ao ponto de se confundir com sistemas consorciados. Por outro lado, pode-se dizer que todo SAF é uma consorciação de cultivos, embora o inverso nem sempre seja verdadeiro (Engel, 1999).

Os SAFs são definidos por Nair (1993) como sistemas que aplicam tecnologias para exploração máxima da produtividade da terra, sendo utilizadas espécies lenhosas produtoras de madeira ou não (árvores, arbustos, palmáceas, bambus) junto com animais e outros cultivos agrícolas e/ou forrageiros, levando em consideração um arranjo espacial (misto, denso ou espaçoso, bordadura, etc.) e temporal (sequencial ou simultâneo). Enquanto que consórcio é um sistema de manejo da terra onde, na mesma unidade espacial, há o cultivo simultâneo de duas ou mais culturas agrícolas, geralmente não incluindo vegetação nativa em meio às culturas, caracteriza-se por maior diversificação no plantio (Lima et al., 2007).

Os SAF's podem ser classificados de acordo com a composição e variações dos arranjos em: sistemas agrossilviculturais (combinam árvores com cultivos agrícolas anuais), agrossilvipastoris (combinam árvores com cultivos agrícolas e animais) e silvipastoris (combinam árvores, pastagens e animais) (Nair, 1993; Engel, 1999; Daniel et

al., 1999). Esses sistemas também podem ser divididos em simultâneos e sequenciais. Nos sistemas simultâneos, as árvores, as culturas agrícolas ou animais crescem juntos, ao mesmo tempo e na mesma parcela de terra, ocorrendo maior competição entre árvores e culturas agrícolas pela água, nutrientes e luz. Já nos sequenciais, em algum momento do ciclo de cultivo, as árvores são o único componente do sistema. Cultivos agrícolas e/ou animais estão presentes em outro momento do ciclo, seja com ou sem a presença de árvores (Menezes et al., 2008).

Na prática é complicado classificar o sistema utilizado (Rangel et al., 2008). Dias et al. (2007) enfatizam os sistemas agroflorestais como uma alternativa para a produção sustentável de alimentos, por apresentarem maior diversidade de espécies e promoverem maior equilíbrio do ecossistema, ao contrário do que ocorre com as monoculturas. Os SAF's destacam-se dentre as tecnologias com alto potencial produtivo agropecuário, pois esses sistemas buscam aumentar a eficiência de uso da terra, diversificar a produção agrícola e melhorar a utilização do solo, da água e do ambiente.

Para o estabelecimento destes sistemas, no entanto, existem alguns desafios. A proteção do componente arbóreo na fase de estabelecimento é essencial para o sucesso da exploração (Paciullo, 2010). O estabelecimento do sistema agropastoril só é considerado completo quando ocorre o estabelecimento entre os componentes arbóreo, forrageiro e animal e quando as plantas crescem na proximidade umas das outras, interagindo de maneira positiva, atuando de forma complementar no sistema ou de forma negativa como competição (Sanchez, 1995).

Nos primeiros anos da implantação, os SAF's podem apresentar problemas, como perda de solo e de nutrientes, desequilíbrio do pH do solo e elevada incidência de plantas invasoras (Franke e Furtado 2001, Barcellos et al., 2008). Assim, para a execução correta desses sistemas é preciso observar inúmeros aspectos dos componentes do sistema.

Geralmente os custos dos tratos culturais e colheita representam mais de 70% da composição dos custos totais e a participação da mão-de-obra é superior a 50% nas fases de preparo da área e de manutenção dos SAFs (Bentes-Gama et al., 2005). De acordo com Fávero et al. (2008), os sistemas agroflorestais implantados e conduzidos sob os princípios da agroecologia, além de serem produtivos, podem recuperar áreas degradadas devido às melhorias que promovem nas condições do solo e às interações positivas entre seus componentes.

A escolha das espécies arbustivas e/ou arbóreas a serem implantadas dependerá, essencialmente, dos objetivos do produtor rural, podendo ocorrer com o plantio das árvores em pastagens já formadas, plantio das árvores e gramíneas juntas ou estabelecimento das gramíneas em áreas já com a presença de árvores, sendo a opção dependente da modalidade, das condições existentes e do objetivo a ser alcançado (Dias Filho, 2011).

Neste período inicial, o maior desafio é proteger as árvores de fatores que limitam o sucesso do estabelecimento como herbivoria, vento excessivo, umidade do ar alta ou baixa e competição com a gramínea e ervas daninhas (Dias Filho, 2011). Perturbações como estas podem interromper os ciclos biológicos que mantêm o equilíbrio entre as espécies e o meio ambiente.

Com adesão do sistema silvipastoril, o componente silvícola além de prover renda extra por meio da venda de produtos como lenha para energia ou estacas para utilização em cercas, tem potencial de adicionar N ao sistema por meio da fixação biológica quando feito com leguminosas, o que pode favorecer a gramínea. De acordo com Giller (2001), o potencial da fixação biológica de N das leguminosas tropicais é superior a $300 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo que a maioria dos resultados obtidos situa-se na faixa de $180 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Miranda et al., 2003), com a fixação biológica correspondendo de 70 a 94% do N contido na biomassa aérea das leguminosas.

2.0- Contribuições das leguminosas em sistemas agroflorestais:

Uso de leguminosas como parte do sistema normalmente pode contar com a fixação de N_2 atmosférico, com eliminação dos custos com esse nutriente. Além disso, pode contribuir para o enriquecimento da forragem e da serrapilheira produzida, uma vez que normalmente essas espécies têm elevado teor de proteínas (Freitas et al., 2010). Essa inclusão pode ser considerada um dos caminhos para reduzir o problema global de disponibilidade limitada de N, não apenas diminuindo o processo de degradação de pastagens, mas também aumentando o sequestro de carbono da atmosfera (Barcellos et al., 2008).

Leguminosas arbustivas como sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) e gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.] são exemplos de espécies forrageiras de reconhecido valor nutricional e de múltiplos uso (Freitas e Sampaio, 2008, Kreibich et al., 2006). A sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) é uma leguminosa utilizada como cerca viva, por ser pioneira, sendo ideal para recomposição de áreas degradadas (Costa et al., 2004), sem esquecer seu alto poder calorífico, resistência físico-mecânica e produção de estacas (Leal Jr. et al., 1999), além de valiosa fonte de alimento para os animais (Araujo Filho et al., 2010). A produção de estacas varia de 4000 a 9000 estacas ha^{-1} , em plantios de oito anos de idade (Leal Júnior et al., 1999; Carvalho et al., 2007).

No Nordeste, em região subúmida, obteve-se volume médio de 46,5 m^3 por hectare em plantações com seis anos de idade, com espaçamento de 2x2 m. A madeira de sabiá possui alta massa específica, sendo indicada para produção de carvão, com rendimento gravimétrico de carbonização a $420\pm 20^\circ C$ de 41,1%, com 73% de carbono fixo e teor de cinzas de 1,8% (Maia et al., 2006). Apresenta elevados teores de lignina e celulose, e por isso pode ser utilizada na produção de álcool e coque metalúrgico (Quirino et al., 2004). Podem ser utilizados vários tipos de espaçamentos para recuperar áreas degradadas, porém

deve-se tomar cuidados com a densidade devido a sua agressividade, quando não houver interesse de monocultivo.

A gliricídia é outra espécie indicada para sistema silvipastoril, com crescimento rápido e enraizamento profundo, o que lhe confere notável tolerância à seca. É capaz de aportar quantidades significativas de biomassa ao solo através da queda de suas folhas, pois, pelo menos abaixo das copas e posições próximas à fileira de árvores, essa queda assemelha-se àquelas em áreas de vegetação nativa (Carvalho et al., 2004). Além de possuir grande interesse comercial e econômico para regiões tropicais pelas suas características de uso múltiplo, destaca-se por apresentar rápido crescimento, capacidade de regeneração e resistência à seca (Paciullo et al., 2010).

Entre as gramíneas para introduzir no sistema silvipastoril ressaltam-se as do gênero *Brachiaria* spp., que ocupam cerca de 70% da área cultivada de pastagens no Brasil, devido às características produtivas e de adaptação ecológica, tais como a alta produção de matéria seca, crescimento estolonífero, produção de sementes e adaptação a vários tipos de solo, além da tolerância ao sombreamento (Paciullo et al., 2010). A braquiária por possuir metabolismo fotossintético C₄, apresenta vantagens como alta taxa fotossintética, baixa ou ausência de fotorrespiração, alta eficiência no uso d'água, alta tolerância salina, baixo ponto de compensação de CO₂, baixo custo e alto rendimento, quando comparada às plantas de fisiologia C₃, como as leguminosas (Salisbury, 1991; Kerbauy, 2004; Taiz & Zeiger, 2004).

Ao manejar espécies arbóreo-arbustivas com gramíneas, deve-se ter o conhecimento das características morfológicas e fisiológicas relacionadas ao crescimento de plantas forrageiras C₃ e C₄, bem como seu mecanismo fisiológico, que é importante para o planejamento e estabelecimento de estratégias de manejo com vista a maior produtividade no sistema. A importância das árvores contra as mudanças climáticas vem ganhando

destaque nos últimos anos, pois elas são excelentes sequestradoras de carbono ao captarem o CO₂ atmosférico no processo de fotossíntese, mantendo esse carbono fixado por um longo período já que a madeira é extraída após alguns anos, sendo empregadas na construção civil, fabricação de móveis e outros fins de longo prazo (Abdo et al., 2008).

Sistemas agroflorestais também podem proporcionar maior produção de carne. Rangel (2008), trabalhando na Embrapa Tabuleiro Costeiro, em Sergipe, avaliou a produção de carne bovina em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubada com N ou consorciada com gliricídia durante 5 anos obteve produção de 5,9; 17,7 e 13,1 arrobas⁻¹ ha ano⁻¹ em garrotes mestiços com nelore no regime intermitente nos tratamentos 0N, 0N+Gliricídia e 160N, respectivamente. Não foram contabilizados os benefícios do sistema para a qualidade de solo, qualidade da forragem, fixação de N e os benefícios gerados para o meio ambiente.

Freitas et al. (2010), avaliaram a quantidade de N fixado em folhas de leguminosas em dois locais de Caatinga do Semiárido brasileiro (Serra Talhada, PE e Remígio, PB), encontraram contribuição de 3,3 e 11,2 kg N ha⁻¹. Lira et al. (2006) defenderam a introdução de leguminosas fixadoras de N na pastagem já que ao simularem o efeito de diferentes práticas de manejo sobre a quantidade de N reciclado e a capacidade de suporte, estimaram uma fixação em torno de 60 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ pelas leguminosas, o que corresponde à aplicação de 100 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ via adubação, sem esquecer que proporciona uma serrapilheira de maior qualidade.

Menezes et al. (2005) demonstraram, em alguns estudos com sistemas agrossilvopastoris na região semiárida paraibana que a introdução de espécies arbóreas em pastagens pode aumentar a produtividade de biomassa em até 200 % e Dubeux Jr. et al. (2006) relataram valores médios de 20 a 25 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ fixados para cada tonelada de biomassa da parte aérea produzida.

Existe também a contribuição no valor nutritivo da forragem com o aumento no teor de N, que envolve sua composição química e digestibilidade. Paciullo et al. (2007) destacaram que o desenvolvimento de gramíneas tropicais sob sombreamento pode acarretar em melhora na composição química da forragem. Além disso, ocorre melhoria do conforto térmico dos animais e conseqüentemente da produção. Todavia, o componente arbóreo também pode atuar como um fator de competição se não for bem conduzido nos sistemas (Sanchez, 1995).

Durr e Rangel (2000) avaliaram o efeito do sombreamento no *Panicum maximum* também relataram aumento da disponibilidade de vários nutrientes no solo sob sombreamento, melhorando os teores de proteína bruta e de minerais na forragem, tais como cálcio, fósforo e potássio, comparados com a da pastagem exposta ao pleno sol. Soares et. (2009), trabalharam com níveis de luminosidade no sistema silvipastoril e afirmaram que o nível de radiação que chega ao estrato inferior é determinante para o crescimento e desenvolvimento de espécies em sub-bosque. Na exploração comercial de madeira, é comum a prática de desbastes quando a competição entre árvores se torna prejudicial à produção de madeira.

Além dessa prática, o raleamento dos ramos nas árvores melhora a qualidade e a intensidade da radiação que chega ao solo, possibilitando o consórcio entre as espécies arbóreas e forrageiras. No entanto, o ideal é o planejamento dos espaçamentos entre árvores, desde seu estabelecimento, para que as plantas adaptem-se ao nível de sombreamento, permitindo crescimento equilibrado entre as árvores e a pastagem.

A presença das árvores também pode interferir no comportamento dos animais, devido ao sombreamento promovido pela projeção da copa. Souza et al. (2010) avaliaram o período do dia em que estavam no pasto e o efeito da presença de árvores em sistema silvipastoril sobre o comportamento ingestivo de novilhas nelore no Paraná e observaram

que o período do dia influencia o comportamento e a frequência de consumo e ócio das novilhas, mas não muda o tempo e a frequência da ruminação.

Marin e Menezes (2008) realizaram um trabalho em um sistema de cultivo em aléias com gliricídia no Agreste paraibano e quantificaram a fração da precipitação pluvial total que atravessa a copa e chega ao solo, que escoar pelo tronco até o solo e que é interceptada pela copa das árvores, bem como os aportes de N, P e K ao solo por meio da água de chuva, da precipitação pluvial interna e da água escoada pelo tronco. Os aportes anuais de N, P e K ao solo de 5; 1 e 24 kg ha⁻¹, na água de chuva; 9, 2 e 62 kg ha⁻¹ na água, escoada através da copa e 0,12, 0,02 e 1 kg ha⁻¹ na água escoada pelo tronco.

Pode-se deduzir que devido à interceptação pela copa de uma quantidade significativa de água, haveria menos escoamento superficial e também menos suprimento de água para o lençol subterrâneo em áreas sob manejo agroflorestal do que em sistemas agrícolas tradicionais. Esses mecanismos, portanto, poderiam levar a menores perdas de solo, nutrientes e água por erosão, lixiviação e escoamento subsuperficial. Nair et al. (2007) observaram que áreas submetidas ao sistema silvipastoril apresentaram maior fixação de carbono no solo nas camadas de 0-5, 50-75 e 75-125 cm de profundidade. A proporção de carbono orgânico no solo derivados de plantas C₃ foi superior em sistema silvipastoril em todas as profundidades estudadas em comparação com as pastagens sem árvores sob condições ecológicas semelhantes. Evidenciando a contribuição das C₃ no sequestro de carbono ao fixarem CO₂ durante processos fotossintéticos e armazenarem também em diversas camadas do perfil do solo por longos períodos.

Dentre as várias contribuições da implantação do sistema silvipastoril citadas, a incorporação do N diminui os gastos com uso de fertilizantes minerais, além dos benefícios advindos da reciclagem de nutrientes, sendo mais eficiente no uso da água ao longo do perfil do solo do que o monocultivo de gramíneas devido à exploração de diferentes

camadas do solo pelas raízes das espécies arbórea/arbustivas por apresentarem sistema radicular mais profundo (Menezes et al., 2005).

Como, nesses sistemas ocorre diminuição do impacto das chuvas pelas copas das árvores e serrapilheira, diminuindo processos erosivos. Desta forma esses sistemas podem ser considerados uma das opções para formação e na recuperação de pastagens (Daniel et al., 1999, Dias Filho, 2011). A introdução de leguminosas é uma alternativa positiva em vários sentidos, tendo como destaques a adição de N, a exploração de diferentes camadas do solo e a extração da madeira. É de se esperar que o resultado dos benefícios ecológicos e produtivos proporcionem melhorias das condições de vida dos produtores, com o aumento da renda em sistemas silvipastoris.

Referências Bibliográficas

- Abdo, M.T.V.N., S.V. Valeri, and A.L.M. Martins. 2008. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. R. Tecn. Inov. Agropec. 1:50-59.
- Allen, V.G., C. Batello, E.J. Berretta, J. Hodgson, M. Kothmann, X. Li, J. Mcivor, J. Milne, C. Morris, A. Peeters, and M. Sanderson, 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. Grass Forage Sci. 66:2–28.
- Araújo Filho, J.A., M.M. Campanha, F.M.C. França, N.L. Silva, and L.M.S. Neto. Sistema de produção agrossilvipastoril no semiárido do Ceará. In: 2nd International Conference: climate, sustainability and development in semi-arid regions, 2010, Fortaleza - Ceará, Brazil.
- Barcellos, A.O., A.K.B. Ramos, L. Vilela, and G.B. Marth, Jr. 2008. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. R. Bras. Zootec. 37:51-67.
- Bentes-Gama, M.M., M.L. Silva, L.J.M. Vilcahuamán, and M. Locatelli. 2005. Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental, Machadinho d'oeste-RO. Rev Árvore. 29:401-411.
- Carvalho, P.E.R. Sabiá *Mimosa caesalpiniiifolia*, 2007.p.9 (Embrapa-Floresta. Circular Técnica, 135).
- Costa, G.S., A.A. Franco, R.N. Damasceno, and S.M. Faria. 2004. Nutrient input through litter in a degraded area revegetated with legume trees. R. Bras. Cienc. Solo. 28:919-927.
- Daniel, O., L. Couto, and A.C.T. Vitorino. Sistemas agroflorestais como alternativa sustentáveis à recuperação de pastagens degradadas. In: Simposio sustentabilidade da pecuária de leite no Brasil, 1., 1999, Goiânia. Anais... Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1999. p.151-170.
- Dias Filho, M.B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 4ed, Belém, 2011. p.216.
- Dias, P.F., S.M. Souto, A.S. Resende, S. Urquiaga, G.P. Rocha, J.F. Moreira, and A.A. Franco. 2007a. Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim *Survenola* crescido em consórcio. Cienc. Rural. 37:352-356.
- Dias, P.F, S.M Souto, A.A. Franco. 2007. Leguminosas arbóreas introduzidas em pastagem. Pesq. agropec. bras. 42:119-126.
- Dubeux Jr., J.C.B., M.A Lira, M.V.F. Santos, and M.V. Cunha. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de pastagens: Impactos no ambiente e na produtividade. p. 439–506. In C.G.S. Pedreira, J.C. Moura, S.C. Silva, V.P. Faria (ed.) As pastagens e o meio ambiente Piracicaba, FEALQ, 2006, p. 439-506.

- Durr, P.A., and J. Rangel. 2000. The response of *Panicum maximum* to a simulated subcanopy environment. I. Soil x shade interaction. Trop. Grassl. 34:110-117.
- Engel, V.L. Introdução aos sistemas agroflorestais. Botucatu: FEPAF, 1999. 70p.
- FAO. FAOSTAT. Disponível em : <<http://faostat3.fao.org/home/index.html>> Acesso em jul-2013d
- FAO. Production de produits alimentaires et agricoles. 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 28 jul 2012
- Fávero, C., I.C. Lovo, and E.S. Mendonça. 2008. Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no vale do rio Doce, Minas Gerais. Rev. Árvore. 32:861-868.
- Franke, I.L., and S.C. Furtado. 2001 Sistemas silvipastoris: fundamentos e aplicabilidade. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 51p. (Embrapa Acre. Documentos; 74).
- Freitas, A.D.S., and E.V.S.B. Sampaio. Fixação biológica do N² em leguminosas arbóreas da Paraíba e de Pernambuco. In: R.S.C. Menezes, E.V.S.B. Sampaio, Salcedo, I.H. (Eds.) Fertilidade do solo e produção de biomassa no semi-árido. Recife: Editora UFPE, 2008. 27-46.
- Freitas, A.D.S., E.V.S.B. Sampaio, and C.E.R.S. Santos. 2010. Fernandes, A.R. Biological nitrogen fixation in tree legumes of the Brazilian semi-arid caatinga. J. Arid. Environ. 74:344-349.
- Giller, K.E., Nitrogen fixation in tropical cropping systems. 2ed. Wallingord:CABI Publishing, 2001.p.423.
- IBGE (2014). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/noticiascensoview=noticia&id=1&idnoticia=2591&busca=1&t=2013-pib-cresce-2-3-totaliza-r-4-84-trilhoes>. Acesso em Março 2014.
- Kerbauy, G.B. Fisiologia vegetal, Rio de Janeiro, Guanabara, 2004. p. 452.
- Kreibich, H., J. Kern, P.B. Camargo, M.Z. Moreira, R.L. Victória, and D. Werner. 2006. Estimation of symbiotic N₂ fixation in an Amazonian floodplain forest. Oecologia, 147:359-368.
- Leal Jr., G., J.A. Silva, and R.C.B. Campello. Proposta de manejo florestal sustentado do sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). Crato: IBAMA, 1999. p.15.
- Lima, L.C.M. G.G. Oliveira, and C.S. Garrido. Cabucas e consórcios: um estudo de viabilidade econômica de sistemas agroflorestais no sul da Bahia. In: XLV congresso da Sober, Londrina Anais... Londrina, Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2007.
- Lira, M.A., M.V.F. Santos, J.C.B. Dubeux Jr., A.C.L. Mello, and M.A. Lira Jr Sistemas de produção de forragem: alternativas para a sustentabilidade da produção. In: Reunião

- anual da sociedade brasileira de zootecnia, João Pessoa -PB. Anais... João Pessoa: SBZ, 2006. (CD-ROM).
- Maia, S.M.F., F.A.S. Xavier, T.S. Oliveira, E.S. Mendonça, and J.A. Araújo Filho. 2006. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. *Rev. Árvore*. 30:837-848.
- Marin, A.M.P., and R.S.C. Menezes. 2008. Ciclagem de nutrientes via precipitação pluvial total, interna e escoamento pelo tronco em sistema agroflorestal com *Gliricidia sepium*. *R. Bras. Ciênc. Solo*. 32:2573-2579.
- Menezes, R.S.C., M.S. Garrido, and A.M. Perez. Fertilidade dos solos no semiárido. Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Recife, 2005. p. 30 (CD-ROM).
- Menezes, R.S.C., E.V.S.B. Sampaio, and I.H. Salcedo. 2008. Fertilidade do solo e produção de biomassa no semi-árido. Ed. Universitária da UFPE. p. 291.
- Miranda, C.H.B., A.V. Vieira, and G. Cadisch. 2003. Determinação da fixação biológica de nitrogênio no amendoim forrageiro (*Arachis spp.*) por intermédio da abundância natural de ^{15}N . *R. Bras. Zootec.* 32:1859-1865.
- Nair, P.K.R. 1993. An introduction to agroforestry. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands. p.520.
- Nair, V.D., S.G. Haile, G. Michel, and P.K.R. Nair. 2007. Environmental quality improvement of agricultural lands through silvopasture in southeastern United States. *Scientia Agricola*. 64:513-519.
- Paciullo, D.S.C, C.A.M. Gomide, C.R.T. Castro, P.B. Fernandes, M.D. Müller, M.F.A. Pires, E.N. Fernandes, and D.F. Xavier. 2011. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. *Pesq. Agropec. Bras.* 46:1176-1183.
- Paciullo, D.S.C., C.A.B. Carvalho, L.J.M. Aroeira, M.J.F. Morenz, C.F. Fernando Lopes, R.O.P. Rossiello. 2007. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. *Pesq. Agropec. Bras.* 42:573-579.
- Paciullo, D.S.C., C.R.T. Castro, C.A.M. Gomide, P.B. Fernandes, W.D. Rocha, M.D. Müller, and R.O.P. Rossiello. 2010. Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. *Sci. Agric.* 67:598-603.
- Perez-Marin, A.M., R.S.C. Menezes, E.D. Silva, E.V.S.B. Sampaio. 2006. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistemas agroflorestal no agreste paraibano. *R. Bras. Ciênc. Solo*. 30:555-564
- Quirino, W.F., A.T. Vale, A.P.A. Andrade, and V.L.S. Abreu, A.C.S. Azevedo. 2005. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. *Revista da madeira*. 89:100-106.

- Rangel, J.H.A., S. Almeida, E.N. Muniz, C.A.M. Gomide. 2008. Sistema silvipastoril: uma alternativa para a produção de ruminantes. In: Muniz, E.N., C.A.M. Gomide, J.H.A. Rangel, S.A. Almeida, C.O. Sá, J.L. Sá. Alternativas alimentares para ruminantes II. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 245-267.
- Salisbury, F.B., and C.W. Ross. Plant and physiology. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1991. 682p.
- Sanchez, P.A. 1995. Science in Agroforestry. *Agroforestry Systems*.30:5-55.
- Soares, A.B., L.R. Sartor, P. F. Adami, C. Varella, L. Fonseca, J.C. Mezzalira. 2009. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. *R. Bras. Zootec.* 38:443-451.
- Souza, W., O.R. Barbosa, J.A. Marques, M.A.T. Costa, E.E. Gasparino, and E. Limberger. 2010. Microclimate in silvipastoral systems with eucalyptus in rank with different heights. *R. Bras. Zootec.*39:685-694.
- Taiz, L, and E. Zeiger. 2006. Plant physiology. Sunderland: Sinauer Associates. p.705

Capítulo 2

Deposição de serrapilheira e nutrientes de leguminosas em sistemas silvipastoris

Resumo: Como a introdução de leguminosas fixadoras de N pode contribuir para aumentar a sustentabilidade das pastagens, quantificou-se deposição e composição química da serrapilheira de gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.] e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth) em pastagens de braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf). A serrapilheira foi coletada utilizando molduras de 0,5 m² de 0,5 até 3,0 m do tronco abaixo da copa a cada 28 dias, em 2012 e 2013. A deposição da sabiá (4540 kg MO ha⁻¹) foi 8% superior ($P \leq 0,05$) à da gliricídia (4200 kg MO ha⁻¹). Variando mensalmente de 207 a 597 kg ha⁻¹ para gliricídia e de 106 a 881 kg ha⁻¹ para a sabiá. A concentração de N da gliricídia (22,4 g kg⁻¹) foi 20 % superior a sabiá ($P \leq 0,05$) (18,6 g kg⁻¹), proporcionando maior aporte anual de N (105 kg⁻¹ ha⁻¹) que da sabiá, (87 kg⁻¹ ha⁻¹). A fixação biológica de N não diferiu entre as espécies ($P > 0,05$), variando de 51 a 70% de N nas plantas de gliricídia e de 43 a 61% nas de sabiá, correspondendo a 64 e 46 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, respectivamente. A relação C:N da sabiá (23:1) foi superior ($P \leq 0,05$) á da gliricídia (19:1), os teores de lignina não diferiram entre as espécies. A maior deposição e relação C:N da sabiá e o elevado aporte de N da fixação biológica dessas espécies representam uma oportunidade de adição de N ao ecossistema pastoril, além de outros benefícios advindos da introdução de leguminosas.

Palavras Chave: consórcio, fixação de nitrogênio, *Gliricidia sepium*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, nitrogênio

Litter deposition and litter nutrient concentration in legumes under silvopastoral systems

Abstract: Introduction of N-fixing tree legumes enhances pasture sustainability. In this experiment, we quantified litter deposition and litter chemical composition of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (gliricidia) and *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth (sabi) on signalgrass (*Brachiaria decumbens* Stapf.) pastures. Litter was collected every 28 days using 0.5-m² collectors allocated along transects perpendicular to the tree line (0.5 to 3 m away from the tree trunk), in 2012 and 2013. Annual litter deposition was (4540 OM ha⁻¹) 8% greater for sabi ($P < 0.05$) than gliricidia (4200 kg OM ha⁻¹). Monthly variation (OM) ranged from 207 to 597 kg ha⁻¹ for gliricidia and 106 to 881 kg ha⁻¹ for sabi. Litter N concentration was (22,4 g kg⁻¹) 20.4% greater for gliricidia ($P < 0.05$) than sabi (18.6 g kg⁻¹), leading to greater annual N inputs for gliricidia (105 kg N ha⁻¹) than sabi (87 kg N ha⁻¹). Annual biological N fixation (BNF) did not differ between species ($P > 0.05$), with biological N fixation contributing from 51 to 70% for gliricidia and 43 to 61% for sabi, resulting in 64 and 46 kg N ha⁻¹, respectively. Litter C:N ratio was greater ($P < 0.05$) for sabi (23) than for gliricidia (19). Lignin concentration did not differ between species. The higher annual litter deposition in sabi and the greater litter N fixation from both species, represents an opportunity to add N to the grassland ecosystem, in addition to other benefits due to introduction of these species.

Keywords: mixed pastures, fixation, *Gliricidia Sepium*, *Mimosa caesalpiniaefolia*, nitrogen

Introdução

No Brasil, estima-se que existem cerca de 172 milhões de hectares de pastagens (IBGE, 2006), sendo 50% dessa área constituída de pastagens em processo de degradação pela forma extrativista de exploração pecuária (Costa et al., 2010). A superlotação e o esgotamento da fertilidade do solo, em consequência da ausência de adubação, têm sido apontados como as principais causas da degradação das pastagens cultivadas (Bonfim-Silva et al., 2007).

Compreender os fluxos de nutrientes em um ecossistema pastoril pode viabilizar a manutenção da fertilidade do solo e a recuperação das pastagens degradadas. Este conhecimento é especialmente importante em solos tropicais, nos quais o alto grau de intemperismo frequentemente resulta em solos lixiviados e de baixa fertilidade (Pinho et al., 2012).

A introdução de leguminosas em pastagens é uma alternativa para minimizar via FBN (fixação biológica de nitrogênio) a deficiência de N nesses ecossistemas, problemas com fertilidade dos solos, aumentar o teor de proteína ingerida pelos animais e na serrapilheira sobre a superfície dos solos e diminuir os processos de degradação (Paciullo, 2010; Freitas et al., 2011). Além disso, leguminosas também podem trazer benefícios ambientais ao sequestrar carbono contribuindo na redução da emissão de gases causadores do efeito estufa com aumentos nos estoques de carbono no solo (Barcellos et al., 2008).

Apesar da abundância de N na atmosfera (78% de N), a presença da tripla ligação torna este gás extremamente estável à temperatura ambiente, sendo necessária a redução do N_2 a amônia para que ocorra a fixação do nitrogênio (Taiz & Zeiger, 2006). Algumas leguminosas têm a capacidade de fixar o N atmosférico pela simbiose com bactérias diazotróficas, favorecendo o aumento da produtividade e a sustentabilidade das pastagens.

A serrapilheira é um dos compartimentos beneficiados com a introdução de leguminosas no sistema solo-planta-animal, sobretudo via N proveniente da fixação biológica por leguminosas. A deposição de serrapilheira promove a existência de ampla variedade de nichos para a mesofauna e micro-organismos do solo, além de exercer função de isolante térmico, retentor de água, atenuador de efeitos erosivos e influenciador no estabelecimento de plântulas (Boldt et al., 2010).

A taxa de decomposição da serrapilheira é influenciada pela composição química e tem sido reconhecida sua influência sobre a fertilidade do solo. A qualidade pode ser predita por meio das relações C:N, C:P e lignina:N dentre outros indicadores (Heal et al., 1997). Porém, muitos outros fatores interferem na decomposição da serrapilheira, entre eles a prática de adubações, presença de animais, enzimas e micro-organismos (Dubeux et al., 2006a).

A presença simultânea de animais, espécies arbóreas e forrageiras no estrato herbáceo em uma mesma unidade produtiva caracteriza um sistema silvipastoril. Nesse sistema, objetiva-se a obtenção de múltiplos produtos de origem animal e vegetal como carne, leite e madeira (Allen et al., 2011; Rangel et al., 2008), as gramíneas podem se beneficiar do N₂ fixado pela leguminosa, seja pela excreção direta de compostos nitrogenados pelas raízes, seja pela decomposição dos nódulos, das raízes e da serrapilheira das leguminosas (Nair, 1993; Pirhofer-Walzl et al., 2012, Machado et al., 2012).

Outra característica importante das leguminosas é a baixa relação C:N, quando comparada às gramíneas tropicais. Este aspecto, aliado à forte presença de compostos solúveis, favorece sua decomposição e mineralização por microorganismos do solo e a reciclagem de nutrientes (Caldeira et al., 2013). Objetivou-se quantificar a deposição e composição química da serrapilheira de leguminosas arbóreas em pastagens de braquiária na zona da mata de Pernambuco.

Material e Métodos

Foi conduzido um experimento, de abril de 2012 a abril de 2013, na Estação Experimental de Itambé (7°23'S e 35°10'W e 190 m de altitude), pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizada na Zona da Mata Seca de Pernambuco. A precipitação e a temperatura anual média na área são de 1.200 mm e 25°C, respectivamente (Beltrão et al., 2005) e a precipitação durante o período experimental (Figura 1). Os solos predominantes são classificados como ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS TB, distróficos, com horizonte A proeminente, de textura média argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo suave ondulado (ZAPE, 2001).

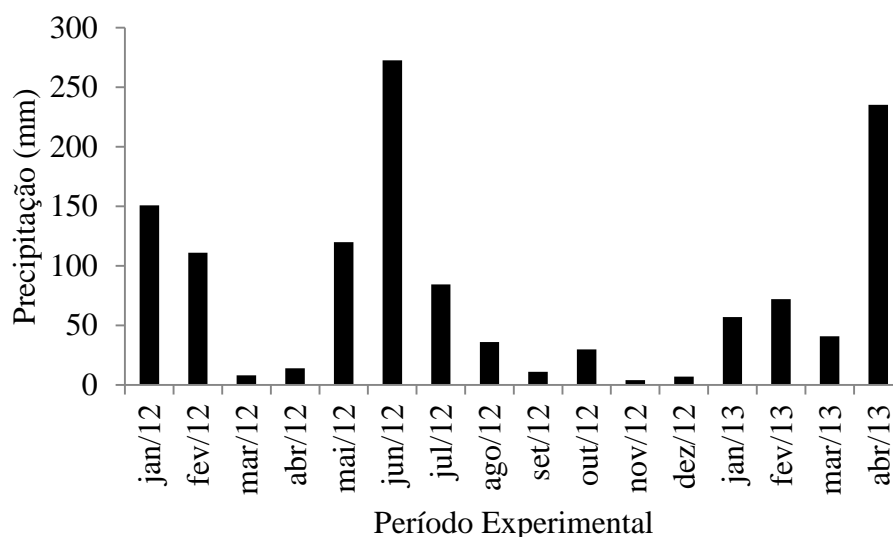


Figura 1. Precipitação pluvial mensal na Estação Experimental de Itambé-PE, durante período experimental.

O experimento foi montado em uma área de pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf., braquiária, formada há 20 anos, em blocos casualizados, com quatro repetições e dois tratamentos, correspondendo aos consórcios de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (gliricídia) e de *Mimosa caesalpinifolia* Benth (sabiá) com a braquiária. Cada parcela tinha 33 m x 20 m e em cada uma foram plantadas, em 2008, três fileiras duplas de

mudas de leguminosas, com 10 m entre o par de fileiras, 1 m entre cada fileira do par e 0,5 m entre as plantas na fileira.

Foram realizadas adubações fosfatada ($100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ na forma de super fostato simples) e potássica ($120 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ na forma de cloreto de potássio) no plantio, de acordo com as recomendações da análise de solo para a braquiária. As mudas da gliricídia e sabiá foram preparadas em casa de vegetação, no Departamento de Zootecnia da UFRPE, conforme Silva et al. (2013), e foram transplantadas com aproximadamente 30 cm de altura. Nas faixas das leguminosas, a braquiária foi pulverizada com o herbicida Glyphosate e foram aplicados $100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ de superfosfato simples e $120 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ de cloreto de potássio, de acordo com as recomendações da análise de solo. Durante o estabelecimento das mudas, as plantas de espécies daninhas foram controladas por meio de capinas manuais e as formigas *Atta* spp. (cortadeiras) usando formicida Mirex-S (8 g de isca por m^2).

Um ano após o plantio das leguminosas iniciaram-se ciclos de pastejo intermitente de 35 dias, com permanência dos animais por sete dias e descanso por 28 dias, que duraram até julho de 2010. De agosto de 2010 até setembro de 2011, o período de permanência passou a ser de três dias e de outubro de 2011 a janeiro de 2012 as parcelas ficaram sem pastejo.

Em cada parcela foi coletada uma amostra de solo, antes de iniciar as coletas de serrapilheira, que foi analisada quanto a características químicas seguindo as recomendações da EMBRAPA (1997), sendo os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química de amostras de solo (0 a 20 cm) da área experimental antes da introdução da gliricídia e sabiá.

Profundidade	pH	P	Na	K	Mg	Ca	Al	H+Al	MO
	água - 1:2,5	mg/dm ³	cmolc/dm ³						g kg
	Gliricídia								
0-20	5,4 ± 0,3	3,2 ± 2,5	0,1 ± 0,1	1,7 ± 1,6	2,0 ± 0,7	3,3 ± 0,7	0,2 ± 0,1	6,5 ± 1,0	43,1 ± 7,7
	Sabiá								
0-20	5,4 ± 0,2	2,6 ± 1,5	0,3 ± 0,2	1,7 ± 1,6	1,9 ± 0,5	3,0 ± 0,4	0,3 ± 0,2	6,4 ± 0,8	40,8 ± 6,6

*MO= matéria orgânica;

Os dados representam as médias ± desvios padrão de quatro blocos.

As coletas da serrapilheira foram iniciadas em abril de 2012 quando as plantas tinham cerca de 5 m de altura, seguindo metodologia desenvolvida por Bruce e Ebersohn (1982) e adaptada por Dubeux Jr. et al. (2006a). A cada 28 dias durante 13 ciclos de avaliações, para calcular a deposição foi recolhida a serrapilheira acumulada sobre 40 coletores de madeira com telas de nylon medindo 0,25m² por parcela, instalados abaixo das copas distribuídos de 0,5 até 3,0m do tronco e realizada a média dos 40 pontos por parcela. Os pastos neste período foram manejados através de lotação intermitente por meio de “mob stocking”. Quando a braquiária apresentava em média 50 cm de altura, bovinos mestiços 5/8 holandês x zebu entravam e eram retirados quando o resíduo se aproximava de 10-15 cm de altura.

O material dos 40 coletores foi reunido em uma amostra composta que foi seca em estufa (55 °C), pesada e moída para determinações da matéria seca e das concentrações de MO, sendo utilizada a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). Os teores de lignina (Lig) e fibra em detergente ácido (FDA) foram analisados pelo método de Van Soest et al. (1991), em autoclave, conforme relatado por Pell e Schofiel (1993).

Amostras de folhas senescentes de plantas de *Solanum paniculatum* L. (jurubeba), *Mangifera indica* L. (mangueira) e *Anacardium occidentale* L. (cajueiro), crescendo em

áreas adjacentes ao experimento, foram coletadas, secas, moídas e analisadas quanto às concentrações de ^{15}N para servirem como plantas de referência (não fixadoras) para o cálculo das porcentagens de N derivado da atmosfera (%N_{dda}) das leguminosas e estimar a contribuição via FBN (Freitas et al., 2010b). A média dos resultados das três espécies foi tomada como referência.

As amostras para determinação de $\delta^{15}\text{N}$, N, C nas plantas fixadoras e referências, foram analisadas por espectrometria de massa utilizando-se o espectrômetro de massa Finnigan Delta Plus acoplado a um auto-analisador de C e N total Carlo Erba EA 1108 – Finnigan MAT, no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da USP. Os valores foram expressos em unidades de “delta”, que é o desvio por mil (‰) da abundância de ^{15}N da amostra em relação ao padrão, no caso o N_2 atmosférico:

$$\delta^{15}\text{N} = \left(\frac{^{15}\text{N} / \delta^{14}\text{N}_{\text{amostra}} - ^{15}\text{N} / \delta^{14}\text{N}_{\text{padrão}}}{^{15}\text{N} / \delta^{14}\text{N}_{\text{padrão}}} \right) * 1000 \quad \text{(Equação 1)}$$

A expressão para o cálculo do percentual de N da planta derivado do ar foi estimado pela equação descrita por (Shearer e Kohl, 1989):

$$\% \text{N}_{\text{dda}} = \frac{[\delta^{15}\text{N} (\text{referência}) - \delta^{15}\text{N} (\text{fixadora})]}{\delta^{15}\text{N} (\text{referência}) - B} \times 100 \quad \text{(Equação 2)}$$

Em que : %N_{dda} é o percentual de N da planta fixadora que é derivado do ar, $\delta^{15}\text{N}$ (referência) é a abundância de ^{15}N da planta controle não fixadora, $\delta^{15}\text{N}$ (fixadora) é a abundância de ^{15}N da planta fixadora e B (também chamado valor B) é o valor de $\delta^{15}\text{N}$ para plantas fixadoras cultivadas na ausência de N. Para gliricídia foi utilizado o valor B = -1,45 (Boddey et al., 2000), e para sabiá o valor B = -1,23 (Reis et al., 2010).

Os dados da deposição foram analisados utilizando o PROC MIXED do SAS (SAS Inst., 1996) e as médias foram comparadas pelo LSMEANS ajustado para o teste de

Tukey, a 5% de probabilidade para espécies e ciclos de avaliações. O procedimento de medidas repetidas no tempo do SAS ('repeated') foi utilizado para variáveis mensuradas em mais de um ciclo.

Resultados e Discussão

Ocorreram interações entre espécies e ciclos de avaliação para serrapilheira depositada, teor de N total, N total reciclado (kg ha^{-1}), % N na planta derivado da atmosfera porcentagem, N reciclado originado da fixação e relação C:N. Para lignina e relação lignina:N foram observados efeitos entre os ciclos de avaliação.

A deposição anual da serrapilheira da sabiá foi (4540 kg ha^{-1}), 8% superior à da gliricídia (4200 kg ha^{-1}) (Figura 2), que mensalmente variou de 207 a $597 \text{ kg MO ha}^{-1}$ contra 106 a $881 \text{ kg MO ha}^{-1}$ na gliricídia e sabiá, respectivamente. A maior deposição ocorreu na época de menor precipitação pluviométrica (Figura 1). Plantas caducifólias apresentam queda de folhas em períodos secos para reduzir a perda de água (Sampaio, 1995). Embora durante o experimento o consumo não tenha sido avaliado a procura das leguminosas foi inferior à braquiária, não contribuindo com o retorno de forragem por perdas durante o consumo das leguminosas. Visivelmente a serrapilheira foi distribuída em maior quantidade abaixo das copas próximo ao fuste principal, criando um microambiente, provavelmente, devido ao aumento do retorno de nutrientes.

Para melhor distribuição da serrapilheira e nutrientes, a escolha da distância das linhas de plantio das árvores no sistema silvipastoril deve ser levada em consideração na otimização e manutenção do equilíbrio. Cabral (2013), ao avaliar a caracterização da serrapilheira de braquiária em função da distância de leguminosas arbóreas, observou que o teor de N da serrapilheira reduziu-se linearmente com o aumento da distância das árvores.

Marin et al. (2006), avaliaram a influência da distância de plantas de gliricídia sobre características da cultura do milho e verificaram que a massa seca das folhas, as concentrações de P, K e MO leve caídas embaixo da fileira de árvores foi diminuindo gradativamente com o afastamento do troco da planta. A serrapilheira das árvores, a

presença dos animais e consequente deposição de excretas em áreas sombreadas podem formar “ilhas” de fertilidade em sistemas com leguminosas (Pinho et al., 2012).

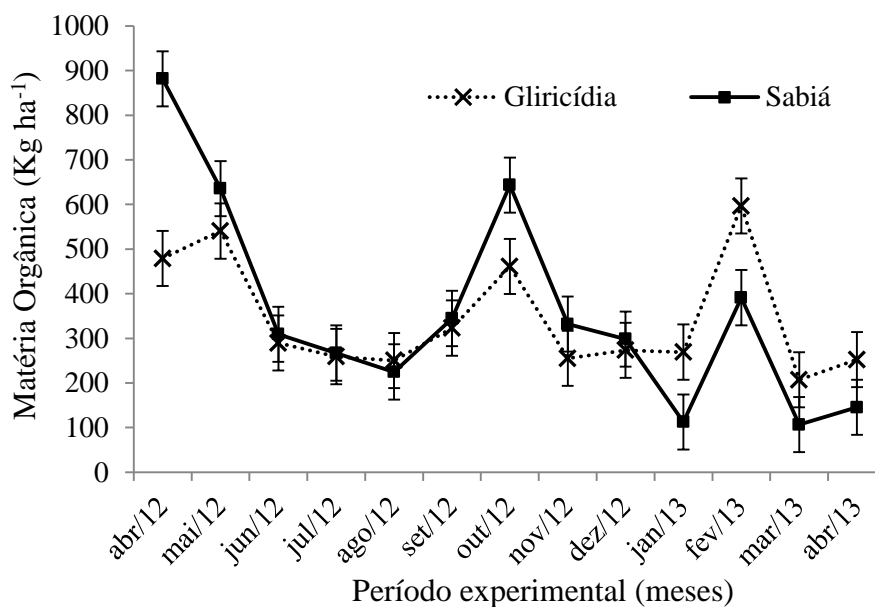


Figura 2. Deposição de matéria orgânica via serrapilheira de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

O maior acúmulo de serrapilheira depositada foi encontrado na sabiá (Figura 2) e com maior deposição no início da estação seca, além da grande variabilidade de acordo a época do ano. Em concordância com os resultados encontrados no presente trabalho Costa et al. (2004), ao avaliarem o aporte de nutrientes pela deposição de serrapilheira em área degradada onde as árvores estavam com 10 anos de idade, também verificam deposição anual menor para gliricídia de 3300 kg MS ha⁻¹, medindo 10 m de altura e 8800 kg MS ha⁻¹ na sabiá, medindo em torno de 8,6 m.

A concentração de N na serrapilheira depositada da gliricídia (22,4 g kg⁻¹) foi 20% superior à da sabiá (18,6 g kg⁻¹). A maior concentração de N na serrapilheira da gliricídia tende a uma maior velocidade de decomposição e liberação dos nutrientes que a sabiá. O teor mensal de N variou de 13 a 44 g kg⁻¹ na gliricídia e de 12 a 35 g kg⁻¹ na sabiá durante o período experimental (Tabela 2), resultando em maior biomassa, um vez que o N

contribui na formação da Rubisco, conseqüentemente fotossíntese e maior produção de tecidos (Taiz e Zeiger, 2006).

Tabela 2. Concentração de N (g kg^{-1}) na serrapilheira de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Ciclos	Nitrogênio g kg^{-1}	
	Gliricídia	Sabiá
abr/12	14,6c	12,1d
mai/12	17,0c	14,0d
jun/12	13,7c	12,1d
jul/12	17,7c	13,4d
ago/12	24,8b*	17,0cd*
set/12	24,8b	18,7c
out/12	22,8b*	15,7d*
nov/12	13,9c	15,3d
dez/12	18,7bc	17,4c
jan/13	24,9b	26,5b
fev/13	22,6b	19,8bc
mar/13	44,4a*	34,8a*
abr/13	31,0b*	24,4b*
Erro Padrão	0,13	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não são diferentes ($P \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. Médias seguidas * na linha são diferentes ($P \geq 0,05$) pelo teste de Tukey.

A produção de folhas é igual à sua deposição mais a variação no estoque das folhas nas plantas e essas variações são positivas no estoque de folha das plantas em crescimento (Menezes et al., 2008). O aporte de nitrogênio durante doze ciclos pela serrapilheira de gliricídia foi maior que da sabiá, retornando ao solo 105 e $87 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ano (Figura 3), respectivamente. Ressaltando a diferença mensal e o potencial de adição de N ao ecossistema via serrapilheira de leguminosas arbóreas (Freire et al., 2010; Reis et al., 2010; Pirhofer-Walzl et al., 2012). Desta forma, a implantação de sistemas silvipastoris com espécies fixadoras de N podem aumentar a disponibilidade de N nas pastagens.

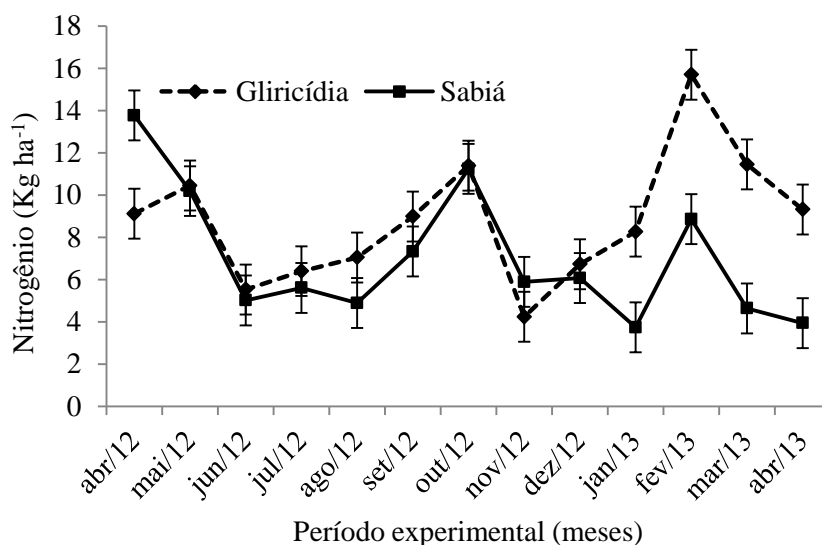


Figura 3. Nitrogênio total (kg ha⁻¹) depositado via serrapilheira de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

A FBN não diferiu entre as espécies, com contribuições que variaram de 51 a 70% do N em plantas de gliricídia e 43 a 61% nas de sabiá, durante o período de avaliação (Figura 4A), correspondendo a quantidades mensais de 2,5 a 10,2 kg ha⁻¹ na gliricídia e 1,9 a 6,2 kg ha⁻¹ na sabiá (Figura 4B). Com totais de nitrogênio acumulado anuais 64 e 46 kg ha⁻¹ de N na gliricídia e na sabiá, respectivamente (Figura 4B).

Essa adição de N evidencia que a FBN é uma importante contribuição das espécies arbóreas e mostra seu potencial de fixação que pode atingir até mais de 80% do nitrogênio da planta (Freitas et al., 2010a). A adoção de sistemas silvipastoris com leguminosas é um caminho para reduzir a adubação nitrogenada em pastagens (Dubeux Jr. et al., 2006b).

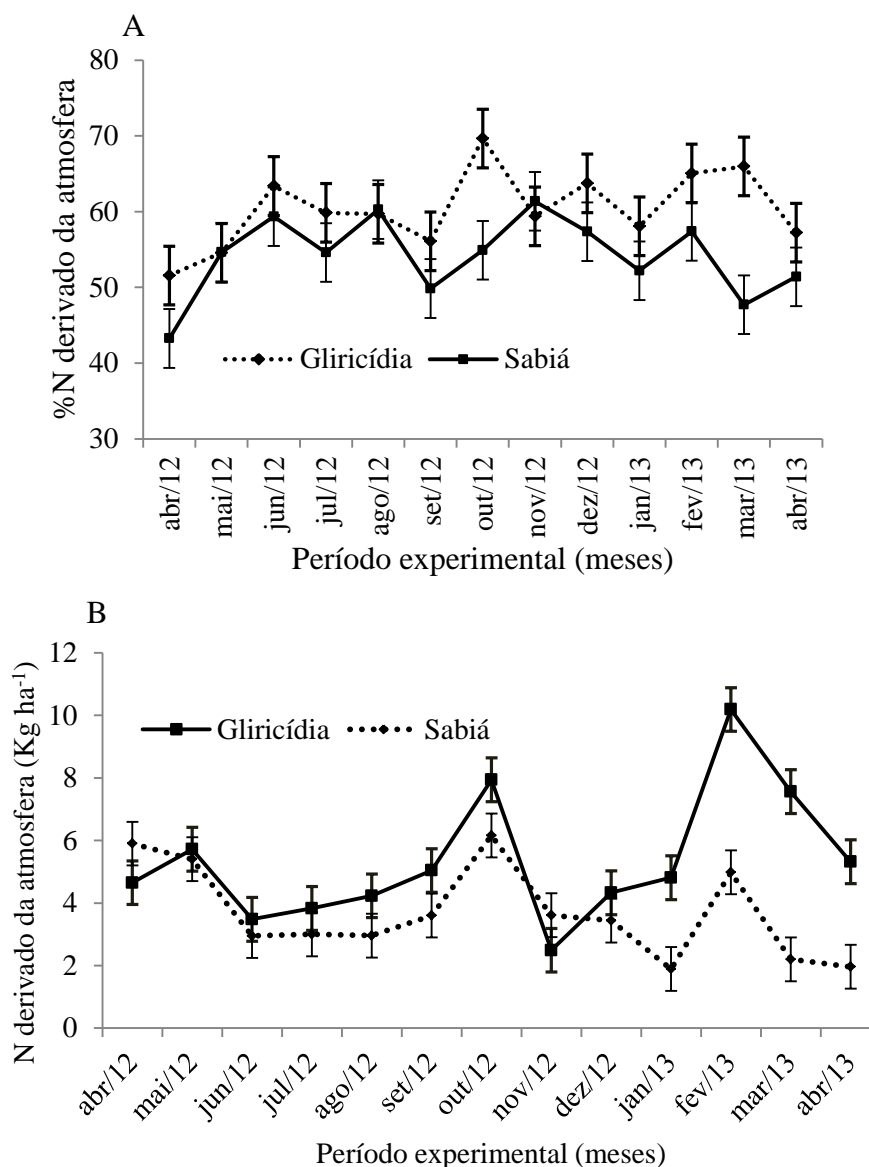


Figura 4. Percentual (A) e acúmulo de N derivado da atmosfera (B) via serrapilheira de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

A relação C:N da sabiá (23:1) foi superior significativamente à da gliricídia (19:1), com variações de 9:1 a 27:1 na gliricídia e de 12:1 a 31:1 na sabiá, ficando a maioria dos meses inferior a 30, o que facilita o processo de mineralização do N, conforme (Heal et al., 2007) (Figura 5A). Os valores encontrados podem ser considerados dentro de uma faixa de equilíbrio mineralização/imobilização (Heal et al., 1997). Como essa relação é inversamente proporcional à velocidade de mineralização da matéria orgânica, valores baixos nem sempre são vistos como ponto positivo para contribuir contra o efeito estufa.

Folhas e ramos de menores dimensões são as principais frações das plantas encontradas na serrapilheira e têm menores relações C:N que as partes lenhosas de maiores diâmetros. Assim, a serrapilheira depositada consiste em biomassa de rápida decomposição (Freire et al., 2010a). O aumento desta relação proporciona menor decomposição dos resíduos, contribuindo para o desequilíbrio entre a mineralização e a imobilização dos nutrientes, devido à influência do grau de recalcitrância dos substratos no processo de decomposição (Gama-Rodrigues et al., 2007).

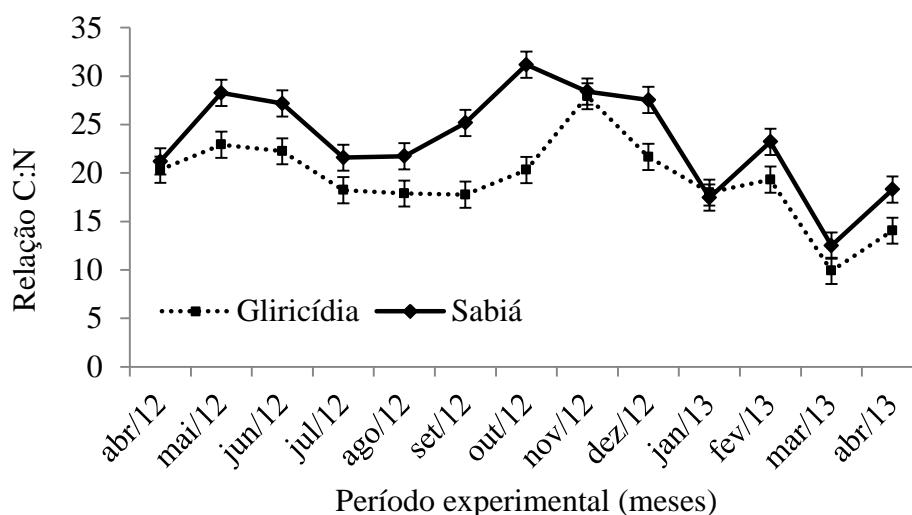


Figura 5. Relação C:N na serrapilheira de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Embora a relação C:N das duas espécies tenha sido inferior a 30:1, podem apresentar dinâmicas de mineralização diferentes, pois a relação C:N isoladamente não é o único fator determinante das taxas de mineralização, já que não revela como o C e N estão distribuídos entre os diferentes compostos químicos que constituem os tecidos vegetais (Alves et al., 2011).

O percentual de lignina e a relação lignina:N não diferenciaram entre as espécies, variaram apenas nos meses de avaliação (Figura 6). O percentual de lignina variou de 17 a 30:1 e a relação lignina:N de 5:1 a 20:1 durante os ciclos de avaliações. Embora essas

variáveis tenham apresentado valores mais altos que os de gramíneas, a lignina nas leguminosas concentra-se, principalmente, no tecido do xilema, o que possivelmente diminui à resistência da lignina a decomposição e aumenta a mineralização de N, enquanto que nas gramíneas ocorre na bainha vascular, esclerênquima e parênquima diminuindo a mineralização devido à alta recalcitrância deste elemento (Kerbaudy, 2008; Taiz e Zeiger, 2006).

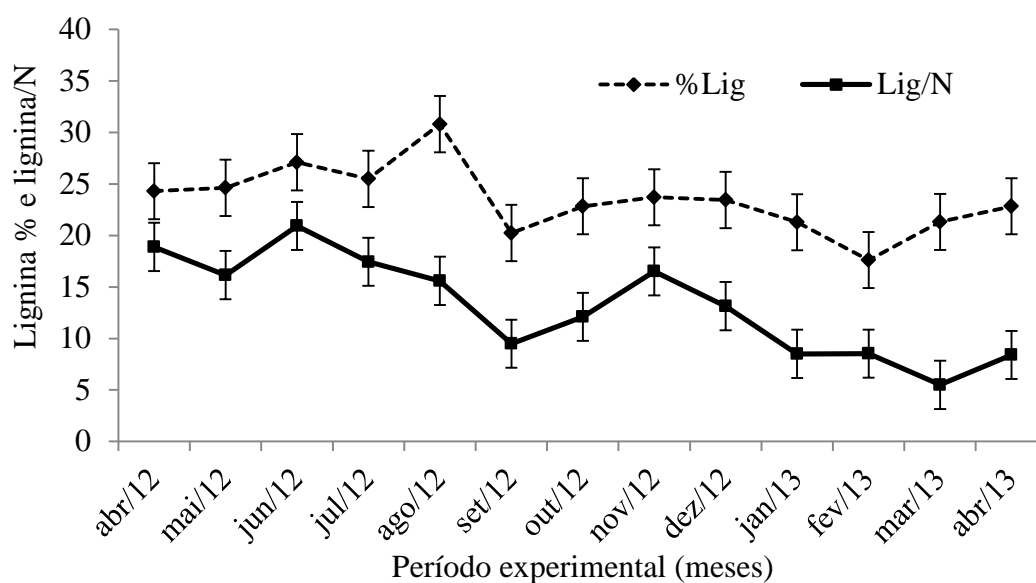


Figura 6. Relação lignina:N e % lignina na serrapilheira de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Nair et al. (2007) ao compararem o carbono do solo em sistema de monocultivo com silvipastoril, observaram que áreas submetidas ao sistema silvipastoril apresentaram maior fixação de carbono orgânico no solo derivados de plantas C3 nas camadas de 0-5, 50-75 e 75-125 cm de profundidade. Isso ressalta a contribuição da leguminosa no sequestro de carbono, diminuindo o efeito estufa mesmo apresentando alto teor de lignina, uma vez que a lignina retarda a decomposição de compostos carbônicos lábeis.

Conclusões

A serrapilheira de leguminosas é um importante meio de transferência de nutrientes, tendo em vista a quantidade de biomassa que retorna e sua composição química.

A deposição de serrapilheira e na sabiá foi superior à da gliricídia, mas com maior relação C:N, podendo levar a diminuição da velocidade de decomposição e a liberação dos nutrientes.

Nos meses de menor precipitação ocorreram a maior deposição de serrapilheira, conseqüentemente indica uma maior proteção do solo nesse período.

O aporte de nitrogênio via serrapilheira e o elevado potencial de fixação biológica da gliricídia e sabiá representam uma oportunidade de adição de N ao ecossistema pastoril além de outros benefícios advindos da introdução dessas espécies.

Referências Bibliográficas

- Allen, V.G., C. Batello, E.J. Berretta, J. Hodgson, M. Kothmann, X. Li, J. Mcivor, J. Milne, C. Morris, A. Peeters, and M. Sanderson, 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass Forage Sci.* 66:2–28.
- Alves, R.N., R.S.C. Menezes, I.H. Salcedo, and W.E. Pereira. 2011. Relationship between biomass quality and N mineralization in plant species used as green manure in semi-arid Brazil. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 5:1107-1114.
- Barcellos, A.O., A.K.B. Ramos, L. Vilela, and G.B. Marth, Jr. 2008. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. *R. Bras. Zootec.* 37:51-67.
- Beltrão, B.A., G.C. Mascarenhas, J.L.F. Miranda, L.C. Souza Jr, M.J.T.G Galvão, and S.N. Pereira. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea Estado de Pernambuco: diagnóstico do município de Itambé. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 22p
- Boddey, R.M., M.B. Peoples, B. Palmer, and P.J. Dart. 2000. Use of the 15N natural abundance technique to quantify biological nitrogen fixation by woody perennials. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 57:235–270.
- Boldt, R.H., E.D. Silva, R.J. Prado, E.D. Silva, A.M. Aker, B.E. Oliveira, J.R.O. Granha, and A.L. Caproni. 2010. Avaliação das frações de biomassa depositada em sistemas em recuperação no município de alta floresta D'Oeste-RO. In: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 29.
- Bonfim-Silva, E.M., F.A. Monteiro, and T.M.A. Silva. 2007. Nitrogênio e enxofre na produção e no uso de água pelo capim braquiária em degradação. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.* 31:309-317.
- Bruce, R.C., J.P. Ebersohn. 1982. Litter measurements in two grazed pastures in southeast Queensland. *Trop. Grassl.* 16:180-185.
- Cabral, F.A. Caracterização de pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf. em sistemas silvipastoril, 2013. 112 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- Caldeira, M.V.W., R.D. Silva, S.H. Kunz, J.P.F. Zorzanelli, K.C. Castro, and G.T. Oliveira. 2013. Biomassa e nutrientes da serrapilheira em diferentes coberturas florestais. *Com. Sci.* 4:111-119.
- Costa, G.S., A.A. Franco, R.N. Damasceno, and S.M. Faria. 2004. Nutrient input through litter in a degraded area revegetated with legume trees. *R. Bras. Ciên. Solo.* 28:919-927.
- Costa, K.A.P., V. Faquin, I.P. Oliveira. 2010. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim marandu. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 62:192-199.
- Dubeux, J.C.B. Jr., L.E. Sollenberger, J.M.B. Vendramini, R.L. Stewart, Jr. and S.M. Interrante. 2006a. Litter mass, deposition rate, and chemical composition in bahiagrass pastures managed

- at different intensities. *Crop Sci.* 46:1299-1304.
- Dubeux, J.C.B., Jr., M.A. Lira, M.V.F. Santos, and M.V. Cunha. 2006b. Nutrient flow in pasture ecosystems: Impacts on the environment and productivity. In: C.G.S. Pedreira, et al., editors, *Simposio sobre o manejo de pastagem: As pastagens e o meio ambiente*, 23, 2006b. Piracicaba: FEALQ. p. 439–506.
- EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. *Manual de métodos de análise de solo*. 2nd ed. Rio de Janeiro, 1997. p. 212.
- Freire, J.L., J.C.B. Dubeux, Jr., M.A. Lira, R.L.C. Ferreira, M.V.F. Santos, and E.V. Freitas. 2010. Litter deposition and chemical composition under a sabiá canopy. *R. Bras. Zootec.* 39:1650–1668.
- Freitas, A.D.S., E.V.S.B. Sampaio, C.E.R.S. Santos, and A.R. Fernandes. 2010a. Biological nitrogen fixation in tree legumes of the Brazilian semi-arid caatinga. *J. Arid Environ.* 74: 344-349.
- Freitas, A.D.S., E.V.S.B. Sampaio, and C.E.R.S. Santos. 2010b. Abundância natural do ^{15}N para quantificação da fixação biológica do nitrogênio em plantas. In: Figueiredo, M.V.B., H.A. Burity, J.P. Oliveira, C.E.R.S. Santos, N.P. Stamford. (editors.). *Biotecnologia Aplicada à Agricultura: Textos de Apoio e Protocolos Experimentais*. Recife. p. 505-517.
- Freitas, A.D.S., T.O. Silva, R.S.C. Menezes, E.V.S.B. Sampaio, E.R. Araujo, and V.S. Fraga. 2011. Nodulation and nitrogen fixation of caatinga forage species grown in soils of the semiarid area of Paraiba. *R. Bras. Zootec.* 40:1856–1861.
- Gama-Rodrigues, A.C., E.F. Gama-Rodrigues, and E.C. Brito. 2007. Decomposition and nutrient release from cover crop residues in passion-fruit plantation. *R. Bras. Ciênc. Solo.* 31:1421–1428.
- Heal, O.W., J.M. Anderson, and M.J. Swift . 1997. Plant litter quality and decomposition: An historical overview. In: G. Cadisch, and K.E. Giller, editors, *Driven by nature: Plant litter quality and decomposition*. CAB Int., Wallingford, Englad. p. 3–30.
- IBGE. Censo Agropecuário 2006. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatística/economia/agropecuaria/censoagro/2006/tabela1_1.pdf. Acesso em 15/01/2014.
- Kerbauy, G. B. 2008. *Fisiologia vegetal* . 2a. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan Ltda.
- Machado F.A., E. Bezerra Neto, P.S.C.B. Nascimento, L.M. Silva, L.P. Barreto, H.T.S. Nascimento and J.A. Leal. 2012. Produção e qualidade da serrapilheira de três leguminosas arbóreas nativas do nordeste do Brasil. *Arch. Zootec.* 61:323-334.
- Marin, A.M.P., R.S.C. Menezes, E.D. Silva, E.V.S.B. Sampaio. 2006. Effects of *Gliricidia sepium* on soil nutrients, microclimate and maize yield in an agroforestry system in semi-arid Paraiba, Brazil. *Rev. Bras. Ciên. Solo.* 30:555-564.

- Menezes, R.S.C., E.V.S.B. Sampaio, and I.H. Salcedo. 2008. Fertilidade do solo e produção de biomassa no semi-árido. Ed. Universitária da UFPE. p. 291.
- Nair, P.K.R. 1993. An introduction to agroforestry. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, p.520.
- Nair, V.D., S.G. Haile, G. Michel, and P.K.R. Nair. 2007. Environmental quality improvement of agricultural lands through silvopasture in southeastern United States. *Sci. Agric.* 64:513-519, 2007.
- Paciullo, D.S.C., C.R.T. Castro, C.A.M. Gomide, P.B. Fernandes, W.D. Rocha, M.D. Müller, and R.O.P. Rossiello. 2010. Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. *Sci. Agric.* 67:598-603.
- Pell, A.N., and P. Schofield. 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy Sci.* 76:1063-107.
- Pinho, R.C., R.P. Miller, and S.S. Alfaia. 2012. Agroforestry and the improvement of soil fertility: a view from Amazonia. *Appl. Environ. Soil Sci.* 2012:1-12.
- Pirhofer-Walzl, K., J. Rasmussen, H. Høgh-jensen, J. Eriksen, K. Søgaard, and J. Rasmussen. 2012. Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighbouring plants in a multi species grassland. *Plant Soil.* 350:71-84.
- Rangel, J.H.A., S. Almeida, E.N. Muniz, C.A.M. Gomide. 2008. Sistema silvipastoril: uma alternativa para a produção de ruminantes. In: Muniz, E.N., C.A.M. Gomide, J.H.A. Rangel, S.A. Almeida, C.O. Sá, J.L. Sá. *Alternativas alimentares para ruminantes II.* Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 245-267
- Reis Jr, F.B., M.F. Simon, E. Gross, R.M. Boddey, G.N. Elliott, N.E. Neto, M.F. Loureiro, L.P. Queiroz, M.R. Scotti, W.M. Chen, A. Nore, M. C. Rubio, S.M. Faria, C. Bontemps, S.R. Goi, J.P.W. Young, J.I. Sprent, and E.K. James. 2010. Nodulation and nitrogen fixation by *Mimosa* spp. in the Cerrado and Caatinga biomes of Brazil, *New Phytologist.* 186:934-946.
- Sampaio, E.V.S.B. 1995. Overview of the Brazilian caatinga. In: Bullock, S.H., H.A. Mooney, and E. Medina (Ed.). *Seasonally dry tropical forest.* Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 35-63.
- SAS Institute. 1996. SAS statistics user's guide. Release version 6. SAS Inst., Cary, NC.
- Soussana, J.F., V. Allard, K. Pilegaard, P. Ambus, C. Amman, C. Campbell, E. Ceschia, J. Clifton-Brown, S. Czobel, R. Domingues, C. Flechard, J. Fuhrer, A. Hensen, L. Horvath, M. Jones, G. Kasper, C. Martin, Z. Nagy, A. Neftel, A. Raschi, S. Baronti, R.M. Rees, U. Skiba, P. Stefani, G. Manca, M. Sutton, Z. Tuba, and R. Valentini. 2007. Full accounting of the greenhouse gas (CO₂, N₂O, CH₄) budget of nine European grassland sites. *Agric. Ecosyst. Environ.* 121:121-134
- Shearer, G., and D.H. Kohl. 1986. N₂-fixation in field settings: estimations based on natural ¹⁵N abundance. *Aust. J. Plant Physiol.* 13:699-756.

Apolinário, V.X.O. Contribuição de leguminosas arbóreas em sistemas...

- Silva, A.B., M.A. Lira, J.C.B. Dubeux Jr, M.V.B. Figueiredo, and R.P. Vicentin. 2013. Soil litter stock and fertility after planting leguminous shrubs and forage trees on degraded signal grass pasture. *R. Bras. Ciênc. Solo* 37:502-511.
- Silva, D.J., and A.C. Queiroz. 2002. *Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos*. 3rd ed. Vicososa. UFV 2002:235.
- Taiz, L, and E. Zeiger. 2006. *Plant physiology*. Sunderland: Sinauer Associates. p.705.
- Van soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polisacharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- ZAPE. Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco. Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento-UEP, Recife: Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária), CD-ROM, 2001. (Embrapa Solos. Documentos n.25).

Capítulo 3

Decomposição de frações de leguminosas arbóreas em sistema silvipastoril

Resumo: A deposição e decomposição da serrapilheira de leguminosas em sistema silvipastoril representam as principais vias de retorno de nutrientes e matéria orgânica (MO) à superfície do solo. Objetivou-se avaliar a decomposição das frações de leguminosas arbóreas *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (gliricídia), *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth (sabiá) e o retorno de nutrientes em sistema silvipastoril associadas à *Brachiaria decumbens* Stapf (braquiária). Foram realizados dois experimentos em áreas de exclusão simultaneamente. No primeiro o foram incubadas folhas e no segundo, foram incubados ramos com três classes de circunferência, os materiais foram colocados em sacos de náilon e após 4, 8, 16, 32, 64, 128 e 256 dias de incubação foram retirados, em 2011 e 2012. A taxa de decomposição nas folhas de gliricídia foi mais rápida $P < 0,0001$ ($k = 0,0038 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) que nas de sabiá ($k = 0,0012 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), assim como as do ramos de gliricídia ($k = 0,0018 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) contra ($k = 0,0005 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) da sabiá. Nas folhas de gliricídia e de sabiá, 73 e 33% do N foram mineralizados e proporcionaram aportes anuais de 65 e 42 kg de N, respectivamente. A mineralização de N nos ramos da gliricídia foi de 38% e na sabiá de 26% proporcionaram um aporte anual de 6 e 1 kg N, respectivamente. Os teores maiores de N foram nos ramos de menor circunferência tanto na gliricídia ($12,4 \text{ g kg}^{-1}$) quanto na sabiá ($7,3 \text{ g kg}^{-1}$). A cinética de liberação de P nas folhas diferiu entre os dias de incubação. O teor inicial de P nas folhas foi $3,1 \text{ g kg}^{-1}$ diminuindo para $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ depois de 256 dias de incubação. Os teores iniciais de lignina (Lig) das folhas foram bastante próximos $165,6$ e $164,1 \text{ g kg}^{-1}$, em 2011 e 2012 respectivamente, estabilizando-se, em 2011 aos 32 dias com valor final de $184,2 \text{ g kg}^{-1}$ e em 2012, aos 64 dias com $210,1 \text{ g kg}^{-1}$. Os teores de lignina e as relações lignina:N nas três classes de ramos da sabiá foram maiores ($P=0,0009$) que os da gliricídia indicando menor taxa de decomposição e melhor qualidade e durabilidade da madeira. Os diferentes comportamentos de decomposição das folhas e ramos revelaram a distinta capacidade das frações de leguminosas em reciclar nutrientes. Essas espécies podem ser indicadas como alternativas para introdução em sistemas silvipastoris e recuperação de áreas de pastagens degradadas devido à sua contribuição na ciclagem de nutrientes.

Palavras- chaves: ciclagem, folhas, matéria orgânica, nitrogênio, nutrientes

Decomposition of legume tree fractions in a silvopastoral system

Abstract: Deposition and decomposition of the litter from legume trees in silvopastoral systems represent one of the main via to return nutrients and organic matter to the soil surface. The objectives of these trials were to measure the decomposition of leaf and stem, and nutrient release to the soil from tree legumes *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (gliricidia) and *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth (sabi) in silvopastoral systems with *Brachiaria decumbens* Stapf (signal grass) pastures. Two experiments in exclude areas were done simultaneously. In experiment 1 leaves were incubated in nylon bags, in the experiment 2 stems were also incubated but divided by three circumferences classes. In both trials disappearance rates were measured at 0, 4, 8, 16, 32, 64, 128 and 256 d in 2011 and 2012. Gliricidia leaf disappearance rates were greater ($P<0.001$; $k=0.0038 \text{ g d}^{-1}$) compared to sabi ($k=0.0012 \text{ g d}^{-1}$). Gliricidia stem decomposition rate ($k=0.0018 \text{ g d}^{-1}$) was also greater ($P<0.001$) than sabi ($k=0.0005 \text{ g d}^{-1}$). In the leaves of gliricidia and sabi, 73% and 33% of leaf N were mineralized resulting in an annual contribution of 65 and 42 kg N, respectively. N mineralization in gliricidia stem was 38% compared to 26% in sabi, ($P<0.001$) resulting in an N contribution of 6 and 1 kg, respectively. Nitrogen concentrations were higher 12.4 and 7.3 g kg^{-1} ($P=0.024$) in smaller circumference stems for both species gliricidia and sabi, respectively. The dynamics of release of P by leaves, differed ($P<0.001$) among days of incubating. The initial content of P in leaves was 3.1 g kg^{-1} and decreased to 1.5 g kg^{-1} after 256 days of incubation. On Day 0, leaf acid detergent lignin (ADL) concentrations were ($P<0.001$) 165.6 and 164.1 g kg^{-1} in 2011 and 2012, respectively for the two species, but stabilization in 2011 occurred by the day 32 184.2 g kg^{-1} and at day 64 in 2012 with 210.1 g kg^{-1} . Acid detergent lignin concentration and the lignin:N ratio in the three branches circumferences of sabi was greater ($P=0.001$) than gliricidia, indicating slower decomposition rate and better quality of the timber. The differences in concentration and decomposition rates of the various fractions indicate distinct capacities for recycling nutrients between these tree legumes. Because of their N contributions and characteristics of nutrient release, these tree legumes appear suitable for the use in degraded pasture in function of their contribution to improve nutrient cycling.

Key words: nutrient cycling, leaves, organic matter, nitrogen, nutrients

Introdução

A deficiência de nutrientes na maioria dos solos tropicais leva a baixas produções de forragens, sendo necessário cada vez mais o uso de fertilizantes para garantir a produtividade e sustentabilidade das pastagens. A redução da fertilidade do solo das pastagens está relacionada principalmente à falta de reposição de nutrientes perdidos, especialmente de N e P (Liu et al., 2007, Takeda et al. 2009). Dubeux Jr. et al. (2007) reportaram que o uso de adubação mineral em pastagem é mínimo no Brasil, aproximadamente 5 kg de N-P-K anualmente por hectare de pastagem cultivada, principalmente por razões econômicas.

Além da adubação para preservação da fertilidade, um dos mecanismos que atua na conservação do solo protegendo contra a erosão e a degradação e reciclando nutrientes é a serrapilheira. A permanência da serrapilheira sobre o solo atuando como proteção depende de sua taxa de decomposição, que é influenciada pela concentração de alguns elementos/compostos, tais como N, P, polifenóis, lignina e relações C:N e lignina/N (Hatakka, 2001, Aita e Giacomine, 2003) entre outros fatores. O processo de decomposição também sofre influência do tipo de vegetação, de fatores abióticos, e da regulação da comunidade de decompositores (Hatakka, 2001).

Berg e McClaugherty (2008) concluíram que relações C:N inferiores a 20:1 favorecem a mineralização, enquanto relações superiores a 30:1 favorecem a imobilização. Uma forma de reduzir as relações C:N, lignina:N e P:N, deixando-as na faixa que proporciona rápida mineralização, é introduzir leguminosas no sistema. Leguminosas também contribuem na fixação de N, diminuindo o problema de sua disponibilidade limitada, do processo de degradação das pastagens e aumentando o sequestro de carbono da atmosfera (Barcellos et al., 2008; Paciullo et al., 2010).

A introdução de leguminosas permite que ocorram diferentes mecanismos de transferência de nutrientes para o pasto associado, sendo necessário compreender os efeitos do manejo da pastagem que interferem na velocidade de decomposição e consequentemente na liberação de nutrientes. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o retorno de nutrientes via decomposição de folhas e ramos de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril com braquiária.

Material e Métodos

Na Estação Experimental de Itambé-PE, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), foram conduzidos dois experimentos em 2011 e 2012. O total mensal de precipitação pluvial acumulada durante o período experimental pode ser observado na Figura 1 com as setas indicando o mês de coleta e início da incubação.

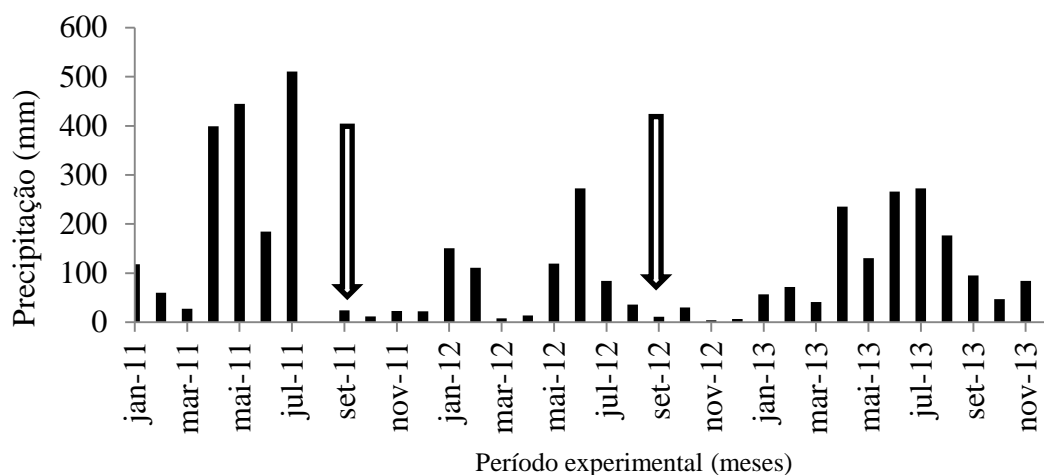


Figura 1. Precipitação pluvial mensal na Estação Experimental de Itambé-PE. As setas indicam o início de incubação dos experimentos em 2011 e 2012.

O solo da área experimental foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Tb DISTRÓFICO, com horizonte A proeminente de textura médio argilosa, e relevo suavemente ondulado (ZAPE, 2001). Amostras de solo foram retiradas da camada 0-20 cm e analisadas (Tabela 1 do capítulo 1) seguindo metodologia proposta pela Embrapa (1997).

Os experimentos foram montados em uma área de pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf., (braquiária), formada há 20 anos, em blocos ao acaso, com quatro blocos e dois tratamentos, correspondendo aos consórcios de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (gliricídia) e de *Mimosa caesalpinifolia* Benth (sabiá) com a braquiária. Cada parcela tinha 33 m x 20 m e em cada uma foram plantadas, em 2008, três fileiras

duplas de mudas de leguminosas, com 10 m entre o par de fileiras, 1 m entre cada fileira do par e 0,5 m entre as plantas na fileira.

As mudas foram preparadas em casa de vegetação, no Departamento de Zootecnia da UFRPE, conforme Silva et al. (2013), e foram transplantadas com aproximadamente 30 cm de altura. Nas faixas de transplante, a braquiária foi pulverizada com o herbicida Glyphosate e foram aplicados 100 kg P_2O_5 ha⁻¹ de superfosfato simples e 120 kg K_2O ha⁻¹ de cloreto de potássio, de acordo com as recomendações da análise de solo. Durante o estabelecimento das mudas, as espécies daninhas foram controladas por meio de capinas manuais e as formigas *Atta* spp. (cortadeiras) usando formicida Mirex-S (8 g de isca por m²).

Um ano após o plantio das leguminosas iniciaram-se ciclos de pastejo intermitente de 35 dias, com permanência dos animais por sete dias e descanso por 28 dias, que duraram até julho de 2010. De agosto de 2010 até setembro de 2011, o período de permanência passou a ser de três dias e de outubro de 2011 a janeiro de 2012 as parcelas ficaram sem pastejo.

Avaliações das leguminosas foram iniciadas em 2011, quando as plantas tinham cerca de 5 m de altura. Os pastos neste período foram manejados com lotação intermitente por meio de “mob stocking”. Quando a braquiária apresentava em média 50 cm de altura os animais entravam e eram retirados quando o resíduo se aproximava de 10-15 cm de altura, utilizaram-se bovinos mestiços 5/8 holandês x zebu.

Nos dois experimentos foram utilizados sacos de náilon com 15 x 30 cm e com poros de aproximadamente 75 μ m, que foram, pesados, colocados secos em estufa a 65 °C, por 72 horas e novamente pesados (Dubeux Jr et al., 2006b). Os sacos foram preenchidos com 11,25 g de folhas e ramos verdes separado em três classes de circunferência preenchendo os sacos com ramos finos (Classe 1; até 3 cm de circunferência), ramos médios (Classe 2;

>3-9 cm de circunferência) e ramos grossos (Classe 3; acima de 10 cm de circunferência) separadamente provenientes de podas realizadas em setembro de 2011 e 2012. As folhas e os ramos não foram moídos objetivando preservar a superfície original de exposição ao ataque dos micro-organismos.

Para incubação dos sacos em setembro de 2011 e 2012 foram montadas áreas de exclusão dentro de cada parcela, medindo 1,5 m² entre as fileiras duplas sem acesso dos animais. Os sacos dos dois experimentos foram incubados em cada parcela, sendo retirados dois sacos de cada material com 4, 8, 16, 32, 64, 128 e 256 dias após incubação. No final de cada tempo de incubação, os sacos foram limpos com pincel e secos em estufa, a 65 °C, por 72 horas. Sacos vazios também foram incubados em todos períodos objetivando corrigir o peso do saco após o período de incubação. Na área de exclusão a altura do pasto foi mantida similar à altura média do pasto, cortando-se a forragem e cobertos com materiais das podas de forma que representasse ao máximo as condições do meio.

Amostras compostas de folhas e ramos de cada tratamento foram moídas (1 mm), e analisados quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), cinzas e N, de acordo com metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). O teor de C, Ca, Mg e P, seguindo a metodologia de Bezerra Neto e Barreto (2011) e de lignina e fibra em detergente ácido (FDA), foram analisados pelo método de Van Soest et al. (1991), em autoclave, conforme relatado por Pell e Schofiel (1993). A composição inicial das folhas e ramos de gliricídia e sabiá estão descritas na Tabela 2 e 3.

Tabela 2. Composição de folhas de leguminosas em dois anos, antes de colocar para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Composição	2011			2012			EP
	Gliricídia	Sabiá	<i>P value</i> *	Gliricídia	Sabiá	<i>P value</i> *	
MO, g kg ⁻¹	930,2	934,3	0,4952	930,2	934,3	0,4952	20,0
N, g kg ⁻¹	35,3	27,8	0,1282	35,8	36,0	0,9998	2,0
Ca, g kg ⁻¹	27,3	28,1	0,9761	24,3	23,0	0,9159	1,4
Mg, g kg ⁻¹	5,8	3,2	0,0280	5,1	4,8	0,8703	0,3
P, g kg ⁻¹	4,0	4,3	0,1970	3,8	3,7	0,8183	0,4
FDA, g kg ⁻¹	366,9	477,2	0,6371	302,3	396,1	0,6811	55,0
Lig, g kg ⁻¹	112,0	138,0	0,3774	182	237	0,0770	14,0
C:N	10:1	13:1	0,0257	13:1	12:1	0,5946	0,8
Lig/N	3:1	5:1	0,0843	5:1	7:1	0,1369	0,5

*Valor da probabilidade do teste F referente à interação entre espécie e ano. EP=erro padrão.

Tabela 3. Composição de ramos em três classes de circunferência de gliricídia e sabiá, em dois anos, antes de colocar para decompor em sistema silvipastoril.

Composição	Gliricídia			Sabiá			<i>P</i> *	EP
	Classes de circunferência [§]							
	1	2	3	1	2	3		
MO, g kg ⁻¹	953,5	935,6	97,00	967,9	971,9	981,4	<0,0001	77
N, g kg ⁻¹	12,6	10,1	8,5	7,8	6,6	5,6	0,2339	0,75
Ca, g kg ⁻¹	1,98	2,09	1,81	2,1	2,19	1,89	0,944	0,16
Mg, g kg ⁻¹	0,34	0,26	0,21	0,22	0,18	0,14	0,0377	0,02
P, g kg ⁻¹	0,39	0,35	0,36	0,27	0,23	0,22	0,9220	0,06
FDA, g kg ⁻¹	577,7	618,2	640,9	584,3	582,9	669,0	0,3927	26
Lig, g kg ⁻¹	127,9	230,5	167,8	219,9	235,0	208,2	0,0476	26
C:N	25:1	36:1	57:1	54:1	60:1	85:1	0,9738	10

*Valor da probabilidade do teste F referente à interação entre espécie e classe de circunferência. [§] Ramos finos (Classe 1: até 3 cm de circunferência), ramos médios (Classe 2: >3-9 cm de circunferência) e ramos grossos (Classe 3: acima de 10 cm de circunferência). EP=erro padrão.

Os resultados foram expressos com base na matéria orgânica (MO) com o intuito de reduzir possíveis erros por contaminação de solo. A biomassa remanescente e liberação de nutrientes nos distintos períodos de incubação foram estimadas com base na massa residual após a incubação e respectivas concentrações de nutrientes.

Para os dois experimentos, a proporção de biomassa remanescente de cada nutriente antes e depois da incubação foi determinada pela seguinte fórmula: Remanescente = (final/inicial) x 100. O teor de lignina e relação lignina:N foram determinados usando o modelo de dois estágios “plateau linear” descrito por McCartor & Rouquette Jr. (1977).

Os dados foram analisados por meio do Proc Mixed do SAS (SAS Inst., 1996) e, quando significativos, modelos não lineares foram testados, utilizando-se o comando Proc Nlin. O modelo exponencial negativo simples (Wagner & Wolf, 1999) foi utilizado para estimar biomassa remanescente, percentagem de N remanescente e relação C:N, descrito pela equação: $X = B_0e^{-kt}$, em que X corresponde a proporção remanescente, t é o tempo em dias, B₀ é a constante de desaparecimento e k é a taxa relativa de decomposição.

Esses modelos foram aplicados para cada tratamento em cada bloco sendo encontrados os parâmetros B₀ e k (exponencial simples) e A e B₁ (“plateau linear”), por meio do Proc Nlin do SAS (SAS Inst., 1996). Em seguida, foi verificado se havia diferença significativa entre as espécies, ano, circunferências e tempos de incubação desenvolvendo-se uma equação entre os tratamentos separadamente e quando não, uma única equação foi criada para descrever o processo.

Resultados e Discussão

O modelo exponencial negativo simples adequado para explicar a curva de decomposição da MO remanescente das folhas e ramos. A maior queda no início da incubação (Figura 2A) é consequência de maior decomposição de compostos mais solúveis presentes nas folhas, que tende a estabilizar ou reduzir a velocidade de queda (Heal et al., 1997).

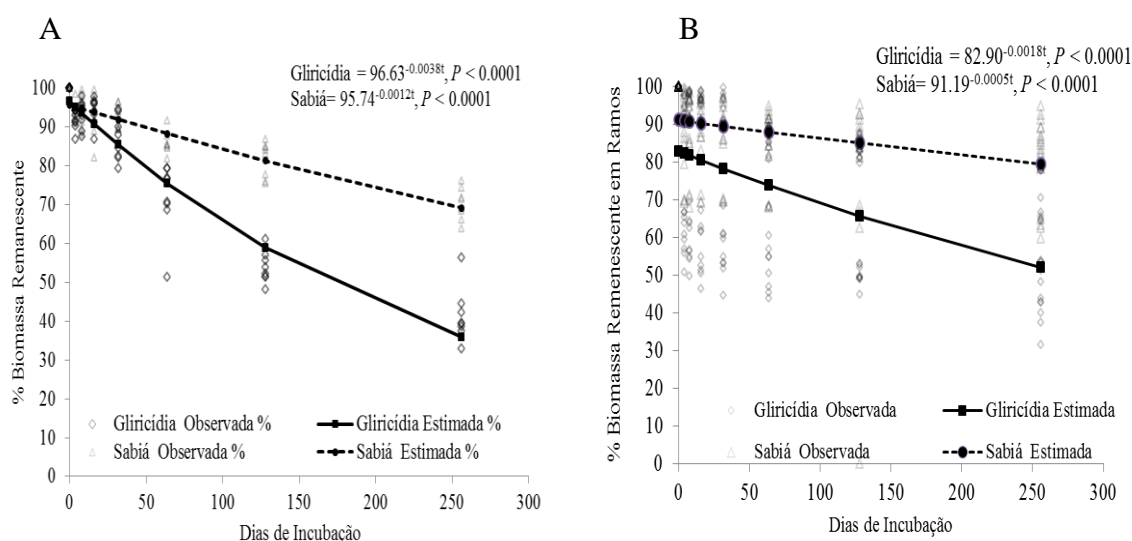


Figura 2. Porcentagem de MO remanescente em folhas (A) e ramos (B) gliricídia e sabiá, colocados para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

A taxa de decomposição das folhas de gliricídia foi mais rápida ($k = 0,0038 \text{ g.g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) que a das folhas da sabiá ($k = 0,0012 \text{ g.g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), proporcionaram maior velocidade de liberação dos nutrientes (Figura 2A). Embora as MOs remanescentes das duas espécies tenham ficado muito próximas nos primeiros dias, foram significativamente diferentes ($P < 0,0001$) após 256 dias incubação correspondendo a 36% para gliricídia e 69% para sabiá.

Essa redução ao passar dos tempos ocorreu provavelmente devido aos maiores teores de N nas folhas, situação também relatada por Canturutti et al. (2002), avaliaram no sul da Bahia a decomposição da *Brachiaria humidicola* e *Desmodium ovalifolium*, o que proporciona aumento na velocidade da ciclagem de nutrientes nas pastagens.

A taxa de decomposição dos ramos (Figura 2 B) da gliricídia ($k = 0,0018 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), foi maior que da sábia ($k = 0,0005 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), provavelmente devido à menor lignificação e relações C:N e lignina:N da gliricídia (Tabela 2). A sabiá seria mais indicada no processo de recuperação de áreas degradadas, já que nesta fase é importante o uso de espécies que adicionem C e N, além de fornecer material formador de serrapilheira com decomposição lenta.

Lin et al. (2012) concluíram que espécies de menor taxa de decomposição, liberam mais lentamente CO_2 , não intensificando o efeito estufa e são as que mais beneficiam a sustentabilidade dos sistemas produtivos a médio e longo prazo. Por outro lado, reduzem a velocidade de ciclagem de nutrientes e consequentemente a eficiência de uso do nutriente nas pastagens.

Considerando que o aporte de da gliricídia foi 4200 kg ha^{-1} e o da sabiá 4540 kg ha^{-1} para sabiá (Capítulo 2) e que a proporção de folhas na serrapilheira de gliricídia é de 60% (Costa et al., 2004) e de sabiá de 87% (Freire et al., 2010), os aportes anuais de N foram 65 e 42 kg de N via folhas de gliricídia e sabiá, respectivamente e as mineralizações corresponderam a 73 e 33% (Figura 3) com concentrações de $35,6 \text{ g kg}^{-1}\text{N}$ e $31,9 \text{ g kg}^{-1}\text{N}$ (Tabela 2). Essa contribuição diminui o uso de adubo mineral, embora nem sempre seja suficiente para atender a necessidade do sistema.

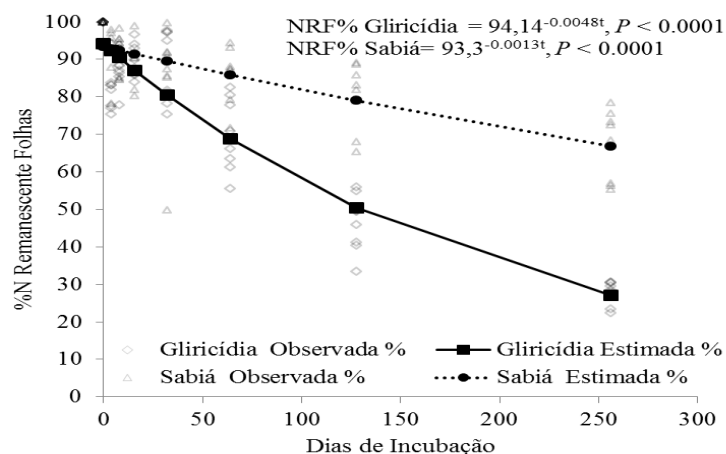


Figura 3. Porcentagem de N remanescente em folhas de gliricídia e sabiá, colocadas para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Embora o aporte de N via serrapilheira seja relevante, a rápida liberação no período inicial da decomposição pode acarretar em perdas para o ambiente, principalmente se coincidir com períodos de altas precipitações e temperaturas, já que pode seguir vários caminhos como volatilização, desnitrificação, lixiviação e pode ser imobilizado pelos micro-organismos ou ser absorvido pelas plantas (Aita e Giacomini, 2003). Perdas por lixiviação provavelmente não ocorreram, pois as maiores precipitações concentraram-se em junho e julho, nos dois anos de avaliação (Figura 1).

A gliricídia teve menor porcentagem de N remanescente que a sabiá (Figura 3), provavelmente por ter menos complexos de polímeros como a lignina e ter menores relações C:N e lignina/N (Tabela 2). Esses fatores são os principais responsáveis pelo controle da decomposição (Heal et al., 1997). A menor mineralização líquida de N nas folhas de sabiá durante os dois anos (Tabela 4) indica maior dificuldade de decomposição e disponibilidade desse nutriente para o meio ambiente (Freire et al., 2010), mas pode significar uma distribuição temporal mais homogênea.

Tabela 4. Porcentagem de N remanescente em folhas gliricídia e sabiá, colocados para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Anos	Gliricídia	Sabiá	<i>P value</i>
----- % N remanescente [¶] -----			
2011	72,3 a [§]	87,8 a	<0,0001
2012	75,4 a	84,9 a	0,0008
Erro padrão	2.0		

[§]Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste F. [¶]Média de oito períodos de incubação e quatro repetições.

O N remanescente foi inversamente proporcional à circunferência dos ramos de gliricídia (Tabela 5). Os galhos representam na serrapilheira de gliricídia 13% (Costa et al. 2004) a 40% na da sabiá (Freire et al., 2010), que representariam retornos anuais de 590 e 1680 kg MO ha⁻¹ (Capítulo 2) com teores de 6 e 10 g kg⁻¹ N ($P = 0,0126$) e mineralização de N de 38 e 26% ($P = 0,0254$) proporcionando, aportes de 6 e 1 kg N ha⁻¹, respectivamente. Evidenciando que a contribuição de N para o sistema via folhas na serrapilheira é maior que a dos ramos.

Tabela 5. Nitrogênio remanescente em ramos de gliricídia e sabiá, colocados para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Classe	2011		<i>P value</i>	2012		<i>P value</i>
	Gliricídia	Sabiá		Gliricídia	Sabiá	
1	54,5a	81,2a	<0,0001	68,7b	78,8a	<0,0001
2	43,3b	67,5a	<0,0001	86,5a	72,1a	0,0068
3	59,4a	80,6a	<0,0001	74,4a	62,6b	0,0646
Erro padrão			3,7			

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste Tukey. Ramos finos (Classe 1: até 3 cm de circunferência), ramos médios (Classe 2: >3-9 cm de circunferência) e ramos grossos (Classe 3: acima de 10 cm de circunferência).

Houve interação entre os tratamentos e os dias de incubação para o teor de N nas folhas (Figura 4). O modelo exponencial negativo simples foi adequado para a diminuição dos teores de N ao longo (Figura 4). Os teores médios de N no início da incubação da folhas de gliricídia e de sabiá foram 35,6 e 31,9 g kg⁻¹, respectivamente. Teores elevados

de N no início do processo de decomposição auxiliam populações microbianas a decomponem rapidamente o C lábil Bonanomi et al. (2013), resultando em rápida decomposição dos resíduos como a que ocorreu nas duas espécies (Figura 2 A).

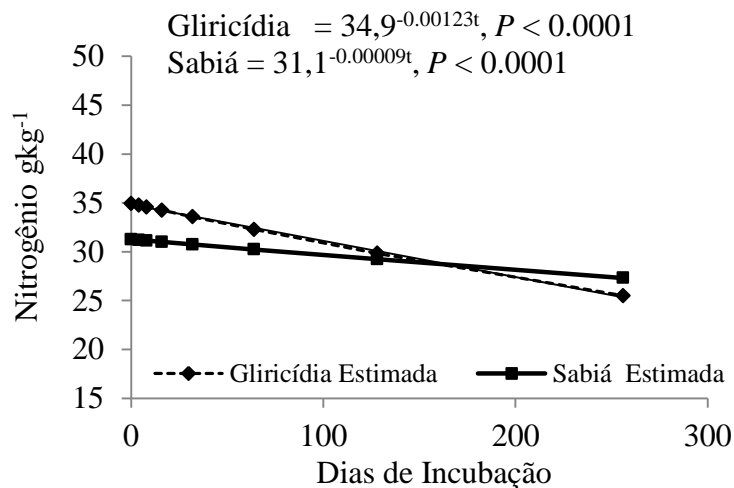


Figura 4. Teor de N em folhas de gliricídia e sabiá nos anos 2011 e 2012 em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Independente da fonte, o N é bastante dinâmico no sistema, sendo assim, os maiores teores encontrados em 2012 (Tabela 6) não são garantia de maior disponibilidade no solo e/ou absorção pela gramínea forrageira. Os menores teores de N para as duas espécies em 2011 podem ter sido influenciadas pela maior precipitação ocorrida neste ano (Figura 1) levando a lixiviação deste nutriente (Sanches al., 2009). Por outro lado, períodos de baixa precipitação como ocorreu em 2012, podem levar a morte dos micro-organismos e estes liberarem o N presente em suas moléculas elevando a disponibilidade para as plantas.

Tabela 6. Teor de N g kg⁻¹ em folhas de gliricídia e sabiá, depois de colocados para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Ano	Gliricídia	Sabiá	P value
2011	31,4b	27,7b	<0,0921
2012	33,4 ^a	34,1a	0,9712
Erro padrão	13		

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste F.

Os teores de N dos ramos não variaram significativamente ao longo dos períodos de incubação provavelmente porque os ramos precisam de mais tempo para decompor-se e liberar seus nutrientes. Ocorreu, no entanto, interação entre espécies e classes para esta variável (Tabela 7). Maiores teores de N foram observados nos ramos de menor circunferência (até 3 cm), tanto da gliricídia como da sabiá (Tabela 7).

Tabela 7. Teor de N (g kg^{-1}) em ramos de gliricídia e sabiá, após serem colocados para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Classes	Gliricídia	Sabiá	<i>P value</i>
1	12,45a	7,28a	<0,0001
2	9,27b	5,75b	<0,0001
3	8,12b	4,89b	<0,0001
Erro padrão	0,4		

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste Tukey. Ramos finos (Classe 1: até 3 cm de circunferência), ramos médios (Classe 2: >3-9 cm de circunferência) e ramos grossos (Classe 3: acima de 10 cm de circunferência).

Isso ressalta a importância de se deixar os galhos menores, que não tem interesse comercial, no campo quando se faz a poda ou corte das plantas, contribuindo para ciclagem e manutenção da MO no solo que geralmente é mais importante para a produtividade das pastagens do que a liberação em curto prazo dos nutrientes (Lu et al., 2010).

A cinética de liberação de P nas folhas diferiu entre os dias de incubação (Figura 5A). O teor de P inicial nas folhas variou de $3,1 \text{ g kg}^{-1}$ caiu para $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ depois de 256 dias de incubação. Assumindo uma deposição diária da serrapilheira de 11,5 e 12,4 kg (Capítulo 2), o retorno de P seria de aproximadamente 9,1 e 9,8 kg para gliricídia e sabiá, respectivamente, durante os 256 dias. Considerando que 50% do P sejam mineralizado até o final dos 256 dias e retornem para a pastagem (Dubeux et al., 2006a) a contribuição seria de apenas de 4,7 kg de P, uma pequena contribuição considerando as necessidades das forrageiras.

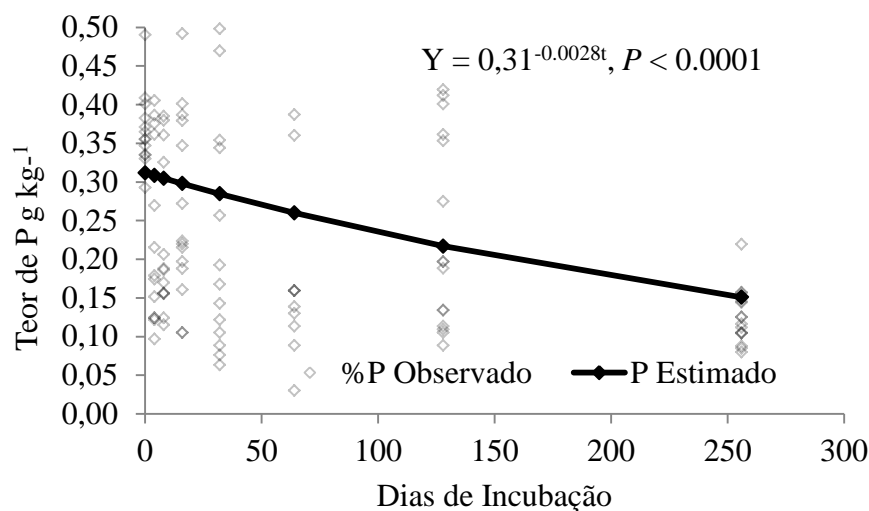


Figura 5. Porcentagem de P remanescente em folhas de leguminosas, colocadas para decompor no sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Os teores iniciais de lignina das duas espécies foram similares ($165,6$ e $164,1 \text{ g kg}^{-1}$), em 2011 e 2012, respectivamente e cresceram até a estabilização que ocorreu em 2011 aos 37 dias ($184,2 \text{ g kg}^{-1}$) e em 2012 aos 62 dias de ($210,1 \text{ g kg}^{-1}$) (Figura 6A). O aumento da concentração de lignina foi devido ao efeito de concentração com a decomposição de compostos mais facilmente mineralizáveis, já que a lignina é de difícil decomposição (Bonanomi et al., 2013). Dessa forma, ocorre um efeito de concentração inicial da lignina na biomassa incubada ao longo do período de incubação (Dubeux Jr. et al., 2006a).

O maior teor de lignina em 2012 pode ser explicado pela maior maturidade do material (Figura 6A). Elevados teores de lignina proporcionam maior resistência física do material e decomposição mais lenta, reduzindo a disponibilização do N para o solo, interferindo no processo de decomposição (Aita & Giacomine, 2003).

O teor de Lignina foi adequadamente explicado pelo modelo de platô linear de dois estágios (Figura 6B). Os ramos com maiores circunferências demoraram mais para estabilizar o teor de lignina, possivelmente pelo fato de apresentarem compostos menos

solúveis que demoram mais a decompor e a taxa sobe mais lentamente. Por outro lado, essa decomposição mais lenta dessas frações pode ser considerada um fator positivo, pois ocorre uma liberação mais lenta de C para a atmosfera (Lin et al., 2012).

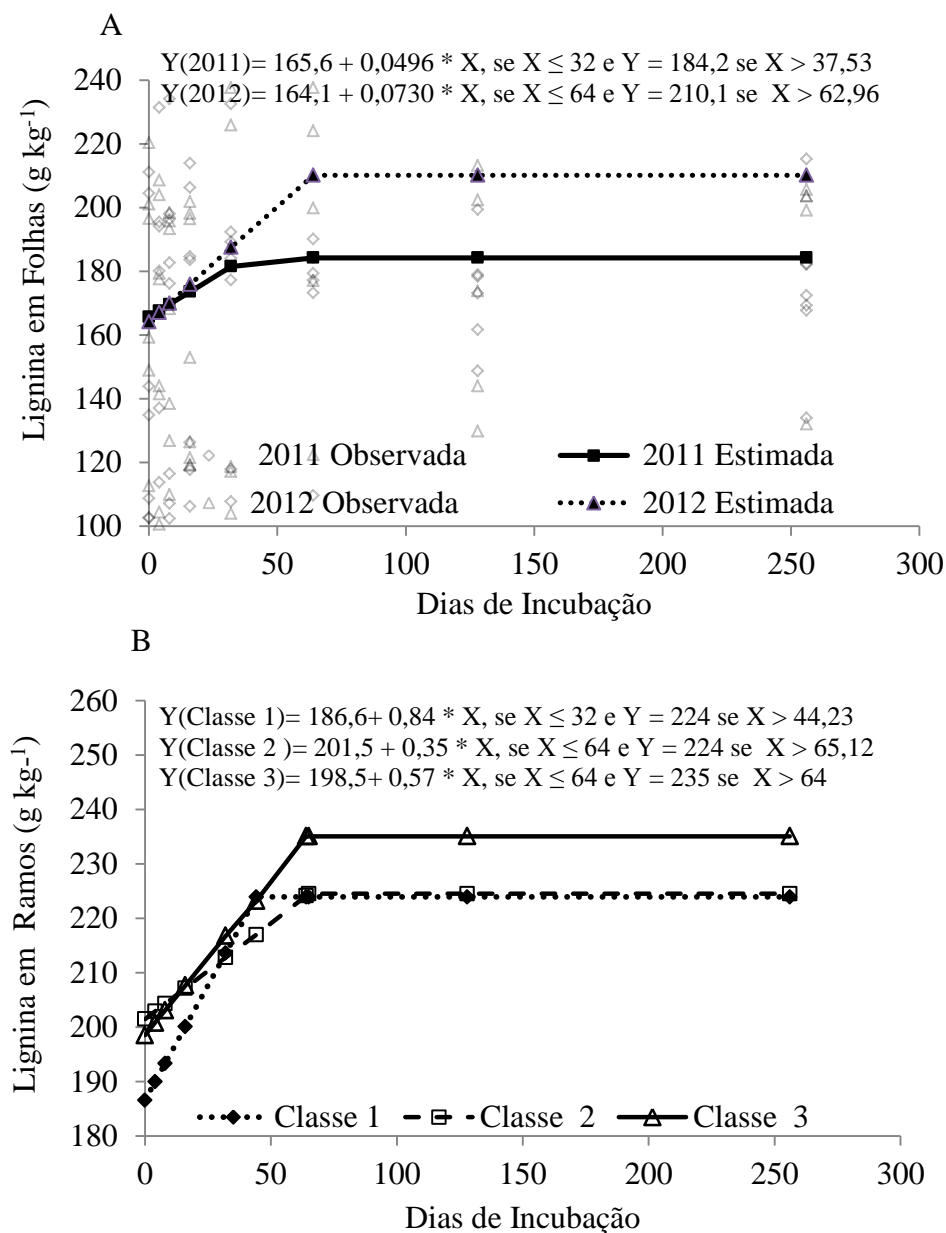


Figura 6. Teor de lignina g kg^{-1} em folhas (A) e ramos (B) de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco. Ramos finos (Classe 1: até 3 cm de circunferência), ramos médios (Classe 2: >3-9 cm de circunferência) e ramos grossos (Classe 3: acima de 10 cm de circunferência).

Os teores de lignina foram maiores nos ramos da sabiá nas três classes que nos da gliricídia. O que indica a melhor qualidade e durabilidade da madeira já que o teor de

lignina é um parâmetro que influencia o poder calorífico e combustibilidade da madeira (Gonçalves et al., 2010).

Tabela 8. Teor de lignina (g kg^{-1}) em ramos gliricídia e sabiá, após serem colocados para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Classes	Gliricídia	Sabiá	<i>P value</i>
1	168,8a	250,8a	<0,0001
2	190,4b	241,0a	0,0003
3	194,9b	247,4a	0,0002
Erro padrão	9,2		

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste Tukey. Ramos finos (Classe 1: até 3 cm de circunferência), ramos médios (Classe 2: >3-9 cm de circunferência) e ramos grossos (Classe 3: acima de 10 cm de circunferência).

Para relação lignina:N nos ramos ocorreu interação entre as espécies x classes (Tabela 9). Essa relação foi maior para as três classes de ramos da sabiá. Os teores de lignina mais altos para sabiá podem ter dificultado a disponibilização do N presente nesse material, já que também apresentou menor teor de N nas três classes de circunferência (7,8, 6,6, e 5,6 g kg^{-1}), dificultando a decomposição do material e conseqüentemente, a liberação de nutrientes para o solo.

Tabela 9. Relação lignina:N em ramos de gliricídia e sabiá, após serem colocados para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Classes	Gliricídia	Sabiá	<i>P value</i>
1	14a	37a	<0,0001
2	21b	48b	<0,0001
3	25b	56c	<0,0001
Erro padrão	2,6		

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste Tukey. Ramos finos (Classe 1: até 3 cm de circunferência), ramos médios (Classe 2: >3-9 cm de circunferência) e ramos grossos (Classe 3: acima de 10 cm de circunferência).

As folhas de sabiá tiveram maior relação inicial de lignina:N que a gliricídia tanto em 2011 quanto em 2012 (Figura 7A), o que provavelmente levou a uma taxa de decomposição mais lenta ($k = 0,0012 \text{ g.g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) contra ($k = 0,0038 \text{ g.g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) nas folhas e

($k = 0,0005 \text{ g.g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) contra ($k = 0,0018 \text{ g.g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) nos ramos. Diminuindo a liberação dos nutrientes, uma vez que essa relação correlaciona-se negativamente com a taxa de decomposição (Matos et al., 2011; Bonanomi et al., 2010).

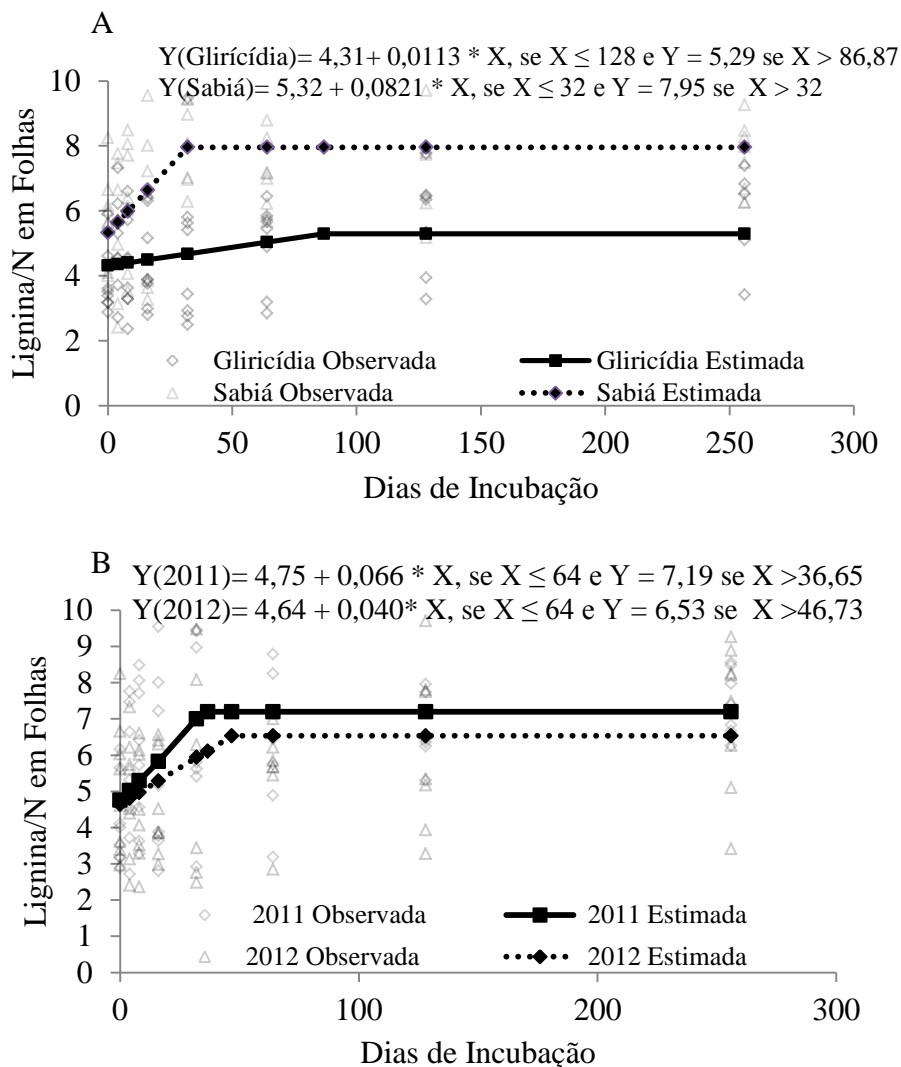


Figura 7. Relação lignina/N em folhas de gliricídia e sabiá (A) em 2011 e 2012 (B), colocados para decompor em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Conclusões

A contribuição de N para o sistema via folhas é maior que os ramos, devido a maior produção, concentração de nutrientes e taxa de decomposição.

Tanto folhas quanto os ramos da gliricídia tiveram maiores taxas de decomposição de que a sabiá, promovendo liberação mais rápida de nutrientes, mas menor cobertura de solo e maior liberação gases de efeito estufa.

Referências Bibliográficas

- Aita, C., and S.J. Giacomini. 2003. Crop residue decomposition and nitrogen release in single and mixed cover crops. *R. Bras. Ciênc. Solo.* 27:601-612.
- Barcellos, A.O., A.K.B. Ramos, L. Vilela, and G.B. Marth, Jr. 2008. Sustainability of animal production based on mixed pastures and on the use of monocrop legumes, as fodder bank, in the Brazilian tropics. *R. Bras. Zootec.* 37:51-67.
- Berg, B., and C. McClaugherty. 2008. Plant litter. Decomposition, humus formation, carbon sequestration. 2nd ed. Springer, Finland. p. 338.
- Bezerra Neto, E., and L.P. Barreto. 2011. *Análises químicas e bioquímicas em plantas.* Editora Universitária da UFRPE, Recife Brazil.
- Bonanomi, G., G. Incerti, V. Antignani, M. Capodilupo, and S. Massoleni. 2010. Decomposition and nutrient dynamics in mixed litter of Mediterranean species. *Plant Soil* 331:481-496.
- Bonanomi G, G. Incerti, F. Giannino, A. Mingo, V. Lanzotti, and S. Mazzoleni. 2013. Litter quality assessed by solid state ¹³C NMR spectroscopy predicts decay rate better than C:N and lignin/N ratios. *Soil Biol. Biochem.* 56:40-48
- Cantarutti, R.B., R. Tarre, R. Macedo, G. Cadisch, C.P. Rezende, J.M. Pereira, J.M. Braga, J.A. Gomide, E. Ferreira, B.J.R. Alves, S. Urquiaga, and R.M. Boddey. 2002. The effect of grazing intensity and the presence of a forage legume on nitrogen dynamics in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the south of Bahia, Brazil. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 64: 257-271.
- Costa, G.S., A.A. Franco, R.N. Damasceno, and S.M. Faria. 2004. Nutrient input through litter in a degraded area revegetated with legume trees. *R. Bras. Ciên. Solo.* 28:919-927.
- Dubeux, J.C.B., Jr., L.E. Sollenberger, B.W. Mathews, and J.M. Scholberg. 2007. Nutrient cycling in warm-climate grasslands. *Crop Sci.* 47:915-928.
- Dubeux, J.C.B., Jr., L.E. Sollenberger, J.M.B. Vendramini, R.L. Stewart, Jr. and S.M. Interrante. 2006b. Litter mass, deposition rate, and chemical composition in bahiagrass pastures managed at different intensities. *Crop Sci.* 46:1299-1304.
- Dubeux, J.C.B., Jr., L.E. Sollenberger, S.M. Interrante, J.M.B. Vendramini, and R.L. Stewart, Jr. 2006a. Litter decomposition and mineralization in bahiagrass pastures managed at different intensities. *Crop Sci.* 46:1305-1310.
- EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. *Manual de métodos de análise de solo.* 2nd ed. Rio de Janeiro, 1997. p. 212.

- Freire, J.L., J.C.B. Dubeux, Jr., M.A. Lira, R.L.C. Ferreira, M.V.F. Santos, and E.V. Freitas. 2010. Litter deposition and chemical composition under a sabiá canopy. *R. Bras. Zootec.* 39:1650–1668
- Freitas, A.D.S., E.V.S.B. Sampaio, C.E.R.S. Santos, and A.R. Fernandes. 2010. Biological nitrogen fixation in tree legumes of the Brazilian semi-arid caatinga. *J. Arid Environ.* 74: 344-349.
- Gonçalves, C.A, R.C. Lelis, H.S. Abreu. 2010. Physical and chemical characterization of *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. *Wood. Rev. Caatinga.* 23: 54-62.
- Hatakka, A., 2001. Biodegradation of lignin. In: Hofman, M., Stein, A. (Eds.), *Biopolymers. lignin, humic substances and coal*, vol. 1. Wiley, Weinheim, p. 129 -180.
- Heal, O.W., J.M. Anderson, and M.J. Swift. 1997. Plant litter quality and decomposition: An historical overview. In: G. Cadisch, and K.E. Giller, editors, *Driven by nature: Plant litter quality and decomposition*. CAB Int., Wallingford, England. p. 3–30.
- Lin, H., T. hong, C. Wu, H. Chen, C. Chen, J. Li, Y. Lin, H. Fan. 2012. Monthly variation in litterfall and the amount of nutrients in an *Aleurites montana* plantation. *Forestry Studies in China.* 14: 30-35.
- Liu, P., Sun, O.J., Huang, J.H., Li, L.H. & Hu, X.G. 2007. Nonadditive effects of litter mixtures on decomposition and correlation with initial litter N and P concentrations in grassland plant species of northern China. *Biol. Fert. Soils.* 44:211–216
- Lu, F., X. Wan, G. B. Han, Z. Ouyang, X. Duan, H. Zheng, H., and H. Miao. 2009. Soil carbon sequestrations by nitrogen fertilizer application, straw return and no-tillage in China's cropland, *Global Change Biol.* 15:281-305.
- Matos, E.S., E.S. Mendonça, I.M. Cardoso, P.C. Lima, D. Freese, and E.S. Matos. 2011. Decomposition and nutrient release of leguminous plants in coffee agroforestry systems. *R. Bras. Ciênc. Solo.* 35:141-149.
- McCortor, M.M., and F.M. Rouquette JR. 1977. Grazing pressures and animal performance from pearl Millet. *Agron. J.* 6:983-987.
- Paciullo, D.S.C., C.R.T. Castro, C.A.M. Gomide, P.B. Fernandes, W.S.D. Rocha, M.D. Muller; R.O.P. Rossiello, 2010. Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. *Sci. Agric.* 67:598-603.
- Pell, A.N., and P. Schofiel. 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *J. Dairy Sci.* 76:1063-107.
- Sanches. L., C.M.A. Valentini, M.S. Biudes, and J.S. Nogueira. 2009. Seasonal dynamics of the litterfall production and decomposition in tropical transitional fores. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.* 3:183–189.
- SAS Institute. 1996. SAS statistics user's guide. Release version 6. SAS Inst., Cary, NC.

Apolinário, V.X.O. Contribuição de leguminosas arbóreas em sistemas...

- Silva, D.J., and A.C. Queiroz. 2002. *Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos*. 3rd ed. Vicososa. UFV 2002:235. 1991
- Van soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74:3583-3597.
- Wagner, G.H., and D.C. Wolf. Carbon transformation and soil organic matter formations. In: D.M. Sylvia et al. (Ed.) *Principles and applications of soil microbiology*. Prentice Hall: Englewood Cliffs, NJ. 1999. 218-258.
- ZAPE. Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco. Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento-UEP, Recife: Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária), CD-ROM, 2001. (Embrapa Solos. Documentos n.25).

Capítulo 4

Acúmulo de biomassa e nutrientes de leguminosas arbóreas em sistema silvipastoril

Resumo: A introdução de leguminosas arbóreas de uso múltiplo em pastagens é uma alternativa para diversificar o uso da terra. Este trabalho objetivou avaliar o acúmulo de biomassa e de nutrientes nas leguminosas *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (gliricídia) e *Mimosa caesalpinifolia* Benth (sabiá) consorciadas com *Brachiaria decumbens* Stapf (braquiária). Com intervalos de seis meses foram avaliadas em 2012 e 2013 altura da leguminosa, stand, número de fustes, biomassa, nitrogênio total (N), percentual de N da planta derivado do ar (% N_{dda}) pelo método da abundância natural, lignina (Lig) e relação C:N dos componentes (folhas e ramos em três classes de circunferências). A densidade e poder calorífico superior (PCs) também foram avaliados nos ramos. O stand da gliricídia (3070 plantas ha⁻¹) foi maior que o de sabiá (2840 plantas ha⁻¹), com mortalidades de 15 e 21% em relação ao inicial (3.600 plantas ha⁻¹). As biomassas totais para as duas espécies foram maiores na época de maior precipitação (Agosto). Os ramos grossos (classe 3) foram o componente que mais contribuiu para biomassa total 58 % na gliricídia e 54 % na sabiá e as folhas o que menos contribuiu e o que teve maior oscilação entre os períodos de avaliação 7 a 13% na gliricídia e 4 a 14% na sabiá. As concentrações de N foram maiores nas folhas de gliricídia (33,6 - 38,0 g kg⁻¹) que de sabiá, (26,9 - 38,5 g kg⁻¹), não havendo diferenças, entre espécies e ciclos, nas concentrações de lignina (122 a 237 g kg⁻¹, nas folhas). A relação C:N nas folhas de gliricídia variou entre 11:1 e 13:1, mas chegou a 17:1 nas de sabiá que embora mais alta ainda fica na faixa que tende a rápida mineralização. Sabiá e gliricídia demonstraram elevado potencial de adaptação e de fixação biológica de nitrogênio em sistemas silvipastoris nas condições da Zona da Mata Seca de Pernambuco.

Palavras Chave: consórcio, fixação, gliricídia, nitrogênio, sabiá

Biomass and nutrient accumulation by tree legumes in silvopasture systems

Abstract: The use of tree legumes is an option to diversify the land use. This research evaluated biomass and nutrient accumulation by the legumes *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (gliricidia) and *Mimosa caesalpinifolia* Benth (sabi), planted in consortium with *Brachiaria decumbens* (signal grass) pastures. Every six months, during 2012 and 2013, the following responses were evaluated: tree legume height, stand, number of timbers, biomass, total N, percentage of plant N derived from atmosphere (%Ndfa) using the natural abundance method, lignin, C:N ratio of plant fractions (leaves and branches allocated in three circumference classes), density, and the high calorific value (HCV) of branches. Gliricidia stand (3070 plants ha⁻¹) was greater than sabi stand (2840 plants ha⁻¹), with plant mortality of 15 and 21% regarding the initial population (3600 plants ha⁻¹), respectively. The total biomass of both species were greater in the time of higher precipitation (August). Thicker branch (class 3) was the plant fraction that contributed the most for total biomass, with 58% for Gliricidia and 54% for sabi. Leaves represented the fraction with the least contribution, representing 7 to 13% of the total biomass for gliricidia and 4 to 14% for sabi. Leaf N content were greater in gliricidia ranging from 33.6 to 38.0 g kg⁻¹ than sabi (26,9 – 38,5g kg⁻¹). There were no differences between species and cycles, in terms of lignin content (122 a 237 g kg⁻¹) in leaves. Leaf C:N ratio ranged from 11:1 to 13:1 for gliricidia, and reach 17:1 in sabi, however its high value in sabi, this ratio still tends to have, rapid mineralization. Sabi and gliricidia showed adaptation and potential in silvopastoral systems, also ability to fix N from atmosphere in the North Coastal Region of Pernambuco.

Keywords: consortium, fixation, gliricidia, nitrogen, sabi

Introdução

Sistemas silvipastoris são caracterizados pela produção de espécies forrageiras e arbóreas cultivadas em uma mesma unidade produtiva, simultaneamente, com a presença de animais. Nesses sistemas almeja-se a obtenção de produtos de origem animal e vegetal, como carne, leite e madeira (Allen et al., 2011; Rangel et al., 2008) e o aumento no sequestro de carbono da atmosfera (Barcellos et al., 2008). A inclusão de leguminosas arbóreas, além de contribuir com a fixação simbiótica de N, enriquece a forragem produzida no sistema (Freitas et al., 2010) e pode ser considerado um dos caminhos para reduzir o problema global de disponibilidade limitada de N, diminuindo o processo de degradação das pastagens (Barcellos et al., 2008).

As gramíneas podem se beneficiar do N₂ fixado pelas leguminosas, pela excreção direta de compostos nitrogenados pelas raízes e a decomposição dos nódulos das raízes e da serrapilheira e pela ciclagem via excreta dos animais em pastejo (Nair, 1993; Teixeira et al., 2012). Em geral, a biomassa das leguminosas tem baixa relação C:N e, abundância de compostos solúveis, o que favorece sua decomposição pelos micro organismos do solo e a ciclagem de seus nutrientes (Zotarelli, 2000).

Algumas espécies de leguminosas fixadoras de N atmosférico vêm sendo estudadas para a implantação em cultivo associado com gramíneas. Dentre elas, pode-se citar gliricídia e sabiá, forrageiras de reconhecido valor nutricionais e de múltiplos usos (Dias et al., 2007). Entre as gramíneas, destaca-se a braquiária pelo elevado potencial de produção de matéria seca em solos ácidos e pobres em fósforos, crescimento decumbente, produção de sementes viáveis e tolerância ao sombreamento. Essas características produtivas e de adaptação ecológica credenciam essa espécie para utilização em sistemas silvipastoris (Dias et al., 2007; Paciullo, 2010).

Neste trabalho levanta-se a hipótese que a gliricídia e a sabiá introduzem N ao sistema via fixação biológica de N, produzem madeira com potencial energético e esses atributos contribuem com serviços ambientais. Neste sentido, objetivou-se avaliar a contribuição das frações de leguminosas forrageiras em pastagens de braquiária na Zona da Mata de Pernambuco.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Itambé, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco, localizada na Zona da Mata Seca do Estado, em torno das coordenadas geográficas de 7°23'S e 35°10'W e altitude de 189 m (CPRH, 2003). A precipitação e a temperatura anual média são de 1.200 mm e 25°C, respectivamente (Beltrão et al., 2005) e a precipitação mensal foi medida durante o período experimental (Figura 1).

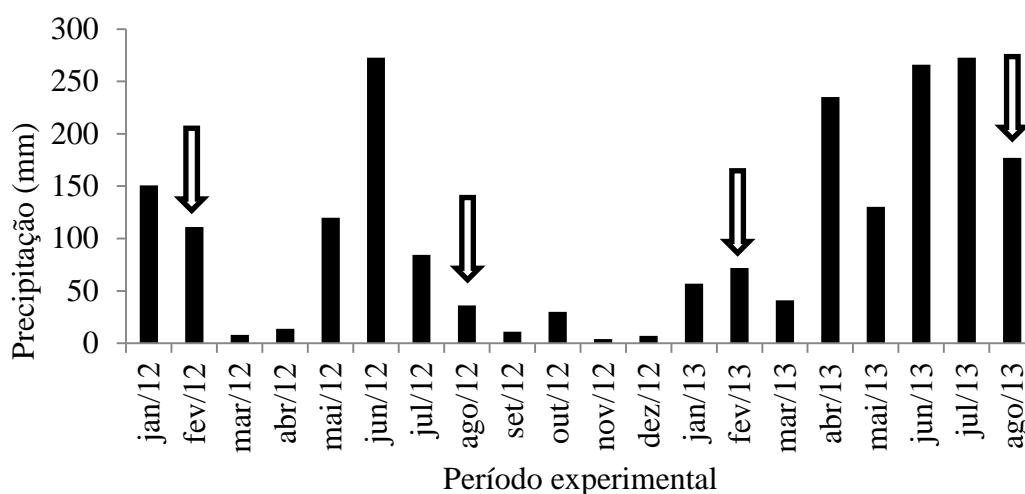


Figura 1. Precipitação pluvial mensal na Estação Experimental de Itambé, Pernambuco (2012 e 2013). As setas indicam os meses de avaliações das árvores.

Os solos predominantes em Itambé são classificados como ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Tb, distróficos, com horizonte A proeminente, de textura média argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo suave ondulado (ZAPE, 2001). O solo da área experimental, analisado seguindo as recomendações da EMBRAPA (1997), tinha as seguintes características: pH (água – 1:2.5) = 5.4; P = 3.2 mg dm⁻³ (Mehlich I); Na⁺ = 0.1 cmolc dm⁻³, K⁺ = 1.7 cmolc dm⁻³, Mg⁺ = 2.0 cmolc dm⁻³, Ca⁺ = 3.3 cmolc dm⁻³, Al³⁺ = 0.2 cmolc dm⁻³, H + Al = 6.5 cmolc dm⁻³ e matéria orgânica = 43.1 g kg⁻¹.

O experimento foi montado em uma área de pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf., braquiária, formada há 20 anos, em blocos ao acaso, com quatro repetições e dois tratamentos, correspondendo aos consórcios de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (gliricídia) e de *Mimosa caesalpinifolia* Benth (sabiá) com a braquiária. Cada parcela tinha 33 m x 20 m e em cada uma foram plantadas, em 2008, três fileiras duplas de mudas de leguminosas, com 10 m entre o par de fileiras, 1 m entre cada fileira do par e 0,5 m entre as plantas na fileira, 3600 plantas ha⁻¹.

As mudas foram preparadas em casa de vegetação, no Departamento de Zootecnia da UFRPE, conforme Silva et al. (2013), e foram transplantadas com aproximadamente 30 cm de altura. Nas faixas de transplante, a braquiária foi pulverizada com o herbicida Glyphosate e foram aplicados 100 kg P₂O₅ ha⁻¹ de superfosfato simples e 120 kg K₂O ha⁻¹ de cloreto de potássio, de acordo com as recomendações da análise de solo. Durante o estabelecimento das mudas, as espécies daninhas foram controladas por meio de capinas manuais e as formigas *Atta* spp. (cortadeiras) usando formicida Mirex-S (8 g de isca por m²).

Um ano após o plantio das leguminosas iniciaram-se ciclos de pastejo intermitente de 35 dias, com permanência dos animais por sete dias e descanso por 28 dias, que duraram até julho de 2010. De agosto de 2010 até setembro de 2011, o período de permanência passou a ser de três dias e de outubro de 2011 a janeiro de 2012 as parcelas ficaram sem pastejo.

Avaliações das leguminosas foram iniciadas em 2012, quando as plantas tinham cerca de 5 m de altura, derrubando-se seis árvores por parcela (uma em cada fileira), em fevereiro e seis em agosto e repetindo-se as derrubadas em 2013. Os pastos neste período foram manejados com lotação intermitente por meio de “mob stocking”. Quando a

braquiária apresentava em média 50 cm de altura os bovinos mestiços 5/8 holandês x zebu entravam e eram retirados quando o resíduo se aproximava de 10-15 cm de altura.

As avaliações constaram de determinação do stand de plantas (número de árvores por parcela), número de fustes (ramificações) por planta, altura de Lorey (hL), diâmetro na altura do peito (DAP) dos fustes, diâmetro na base (DB) e biomassa aérea total e por partes das plantas (folhas; fuste; ramos finos, com até 3 cm de circunferência; ramos médios, com mais de 3 cm até 9 cm de circunferência; e ramos grossos, com mais de 10 cm de circunferência). Nas folhas foram avaliadas as concentrações de C, N, lignina e a proporção de N proveniente da fixação simbiótica. Nas três classes de ramos, que compõem a fração lenhosa, foram avaliadas as concentrações de C, N e lignina e também a densidade e o poder calorífico superior (PCs).

A altura de Lorey foi obtida conforme a seguinte expressão:

$$hL = \frac{\sum_i^n h_i \cdot g_i}{\sum_i^n g_i}$$

Em que: hL = altura de Lorey; h_i = altura do i-ésimo indivíduo; g_i = área basimétrica do i-ésimo indivíduo; $i = 1, 2, \dots, n$.

Para determinação das biomassas secas, as folhas e os ramos foram pesados no campo logo após a separação, subamostrados e as subamostras pesadas úmidas e depois de secas em estufa a 55 °C. Em seguida foram moídas, até passarem em peneira de malha de 1 mm, e analisadas quanto às concentrações de C e de N, utilizando-se a metodologia de análise descrita por Silva & Queiroz (2002), e de lignina e fibra em detergente ácido (FDA), pelo método de Van Soest et al. (1991), em autoclave, conforme relatado por Pell e Schofiel (1993).

A densidade aparente dos ramos foi determinada através do peso e do volume de corpos de prova, confeccionados com dimensões de 20 x 3 x 3 cm, segundo a Norma

COPANT 30:1 - 004 (Lazo et al., 2013). O poder calorífico foi determinado de acordo com a norma NBR 8633 (ABNT, 1984) e o manual do calorímetro de marca IKA, modelo C 2000.

Para determinação das proporções de N fixado simbioticamente em cada fração, foi usada à metodologia da abundância natural de ^{15}N (Freitas et al. 2010a). Como plantas de referência que não fixam nitrogênio, foram colhidas amostras de *Solanum paniculatum* L. (jurubeba), *Mangifera indica* L. (mangueira) e *Anacardium occidentale* L. (cajueiro), crescendo em áreas adjacentes ao experimento. Nestas amostras e nas leguminosas foram determinadas as concentrações de ^{14}N e de ^{15}N por espectrometria de massa, no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da USP. Com os valores de ^{14}N e de ^{15}N das leguminosas e das plantas de referência foram calculados seus valores de $\delta^{15}\text{N}$, que são os desvios por mil (‰) da abundância de ^{15}N da amostra em relação ao padrão, no caso o N_2 atmosférico, usando a equação:

$$\delta^{15}\text{N} = \frac{(^{15}\text{N}/^{14}\text{N} \text{ da amostra} - ^{15}\text{N}/^{14}\text{N} \text{ do padrão}) \times 1000}{^{15}\text{N}/^{14}\text{N} \text{ do padrão}}$$

Em que $\frac{^{15}\text{N}}{^{14}\text{N}}$ da amostra e $\frac{^{15}\text{N}}{^{14}\text{N}}$ do padrão são as razões dos dois isótopos.

Para o cálculo da proporção de N da planta derivado do ar (%N_{dda}) foi usada à equação (Shearer & Kohl, 1989):

$$\%N_{dda} = \frac{(\delta^{15}\text{N} \text{ da referência} - \delta^{15}\text{N} \text{ da fixadora}) \times 100}{\delta^{15}\text{N} \text{ da referência} - B}$$

Em que: $\delta^{15}\text{N}$ das frações das referências e das fixadoras são os desvios (‰) da abundância de ^{15}N da amostra em relação ao N_2 atmosférico e B é o valor de $\delta^{15}\text{N}$ das plantas fixadoras cultivadas na ausência de N. Para gliricídia foi utilizado o valor $B = -1,45$ ‰ (Boddey et al. 2000) e para o sabiá o valor $B = -1,23$ ‰ (Reis et al. 2010).

Para determinar o acúmulo de N nas folhas provenientes da fixação, a proporção de N derivado do ar (%N_{da}) foi multiplicada pela biomassa da serrapilheira produzida ao longo do período experimental (capítulo 2), de fevereiro de 2012 a em agosto de 2013, somada à diferença nos estoques iniciais e finais de biomassa de folhas nas plantas neste período.

Os dados foram analisados utilizando o PROC MIXED do SAS (SAS Inst., 1996) e as médias foram comparadas pelo LSMEANS ajustado para o teste de Tukey, a 5% de probabilidade. O procedimento de medidas repetidas no tempo do SAS ('repeated') foi utilizado para variáveis com medidas em mais de um ciclo. Foram testadas as época de medida, espécies, classes de diâmetro e diâmetro na base e na altura do peito dos fustes.

Resultados e Discussão

O número de plantas de gliricídia em fevereiro de 2012 (3070 ha⁻¹) foi maior que o de sabiá (2840 ha⁻¹), correspondendo a mortalidades de 15 e 21 %, respectivamente, considerando o plantio inicial de 3600 ha⁻¹, em 2008. A maior mortalidade do sabiá pode ter ocorrido devido ao ataque mais intenso de formigas nesta espécie, na fase inicial de estabelecimento. O controle das formigas é um dos fatores preponderantes para manter o “stand” (Teixeira et al., 2010).

Ao longo de 2012 e 2013, as plantas passaram de 5 m para cerca de 6 m de altura não ocorrendo interação entre as espécies. Os diâmetros médios dos caules (DAP) cresceram de 4 cm para cerca de 5 cm, sendo o da sabiá significativamente maior que o da gliricídia na avaliação final (Tabela 1). O menor diâmetro médio da gliricídia foi, em parte, compensado pelo maior número de fustes por planta (2,28) que o da sabiá (1,96). Tamanhos e incrementos semelhantes foram encontrados por Suassuna (2003) em um sabiazal com 6 anos de idade, espaçado de 2,0 x 2,0 m, no qual a altura média das plantas foi 5,6 m, com taxa de incremento médio anual de 0,9 m, e o DAP foi 4,5 cm, com taxa de incremento médio de 0,8 cm.

Tabela 1. Diâmetro médio (cm) dos fustes na altura do peito (DAP) e altura de Lorey (hL) de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Época de medida	DAP (cm)		hLorey(m)
	Gliricídia	Sabiá	
Fevereiro-2012	4,0Aa	4,1Aa	5,0a
Agosto-2012	4,6Aa	4,3Aa	5,3a
Fevereiro-2013	4,7Aa	4,4Aa	5,3a
Agosto-2013	4,9Aa	5,4Bb	5,9b
Erro padrão	0,89		0,15

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na coluna e maiúscula na linha diferem significativamente (P<0,05) pelo teste Tukey.

O maior número de ramificações da gliricídia reflete a maior flexibilidade dos tecidos, principalmente na fase inicial das plantas, quando o pisoteio tende a promover morte e remoção dos meristemas apicais, levando ao aumento da brotação das gemas basilares (Dias et al., 2007). As plantas de sabiá tendem a crescer mais eretas que as de gliricídia, característica que resulta em melhores estacas e mourões, usados no campo, e entroncas, usadas na construção civil (Carvalho et al., 2007). As plantas de gliricídia tendem a ramificar os fustes, que são mais arqueados porque a madeira é mais flexível sendo mais utilizadas como forragem e ou cerca viva (Rangel et al., 2008).

As biomassas das partes aéreas das plantas praticamente duplicaram entre fevereiro de 2012 e agosto de 2013, passando de cerca de 25 a 50 Mg MS ha⁻¹ (Tabela 2), com decréscimos em fevereiro de 2013, correspondendo ao efeito da época seca, e sem diferenças significativas entre as espécies. A menor quantidade de folhas foi encontrada no período de estiagem (fevereiro), principalmente devido à queda das folhas neste mês, característica de plantas caducifólias para se preservarem no período de estiagem, refletindo-se em maior produção de serrapilheira nesse período (Capítulo 2).

Tabela 2. Biomassa aérea (Mg MS ha⁻¹) de gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Época de medida	Gliricídia Mg ha ⁻¹	Sabiá Mg ha ⁻¹	<i>P value</i>
Fevereiro/2012	23,9b	27,4b	0,3516
Agosto/2012	44,6a	38,4ab	0,0997
Fevereiro/2013	30,6b	34,8b	0,2335
Agosto/2013	53,7a	51,0a	0,4346
Erro Padrão	4,8		

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Moura et al. (2006) também encontraram menor proporção de folhas ao avaliarem a distribuição de biomassa e nutrientes minerais em componentes da parte aérea de árvores

de sabiá. A perda de folhas não é uniforme entre espécies, podendo ocorrer em anos e períodos distintos (Amorim et al., 2009).

Os ramos grossos (classe 3) contribuíram com a maior parte da biomassa aérea (58% na glicirídiá e 54 % na sabiá) e as folhas com a menor fração, variando de 7 a 13% na glicirídiá e de 4 a 14% na sabiá (Figura 2). Sendo a fração menos permanente, as folhas tiveram a maior oscilação sazonal de biomassa, boa parte delas caindo para formar a serrapilheira, principalmente no período de estiagem. As folhas de glicirídiá podem compor 60% da biomassa da serrapilheira (Costa et al., 2004) e as da sabiá até 87% (Freire et al., 2010).

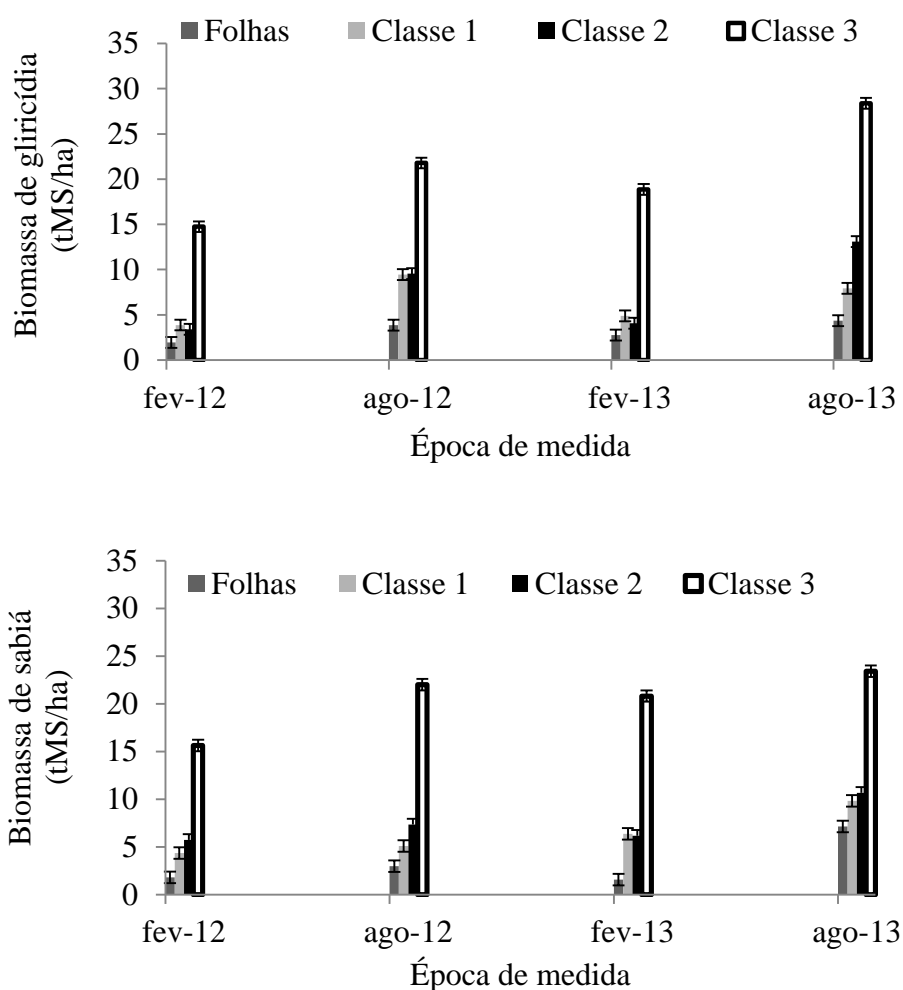


Figura 2. Folhas e ramos (kg MS/ha) ramos finos (Classe 1: até 3 cm de circunferência), ramos médios (Classe 2: >3-9 cm de circunferência) e ramos grossos (Classe 3: acima de 10 cm de circunferência). Onde: (I) Erro padrão da média.

A densidade da madeira na base dos fustes de sabiá ($0,97 \text{ g cm}^{-3}$) foi maior que na gliricídia ($0,65 \text{ g cm}^{-3}$). A densidade diminui ao longo do tronco no sentido axial, com valores médios de $0,87 \text{ g cm}^{-3}$ na base (0,1 m) e $0,75 \text{ g cm}^{-3}$ na altura do peito (1,5 m). Em função das árvores estarem se desenvolvendo em consórcio e adensadas, pode ter ocorrido um estiolamento do tronco contribuindo para redução da densidade, o que geralmente ocorre em bosques plantados no espaçamento usual (2m x 2m) superadensados. Com essa densidade poderão ser usadas quase que todas as partes do fuste para queima evitando desperdícios, embora a densidade básica da madeira de uma árvore não seja homogênea e apresente variações no fuste (Gonçalves et al., 2010).

Comportamento semelhante foi relatado por Gonçalves et al. (2012) caracterizando a madeira de *Acacia mangium* de 4,2 anos, obtida em plantios de forma consorciada com o híbrido *Eucalyptus urophylla* × *grandis* com diminuição da densidade no sentido axial até 75% da altura do tronco. Gonçalves et al. (2010) avaliaram algumas propriedades físicas e a composição química da madeira de sabiá em árvores com sete anos de idade e com diâmetros à altura do peito (DAP) abaixo de 15 cm, encontraram valores de densidade de $0,78 \text{ g cm}^{-3}$, inferiores ao encontrados neste trabalho.

Já os teores de umidade nos ramos de gliricídia (66%) foram o dobro dos de sabiá (33%), enquanto as concentrações de lignina tenderam a serem maiores que as de gliricídia (Figura 4), sem um padrão claro de diferenciação quanto ao diâmetro e aos períodos de amostragem. Maior densidade de madeira resulta em combustível com maior energia concentrada (Frederico, 2009) e o poder calorífico também é afetado pela concentração de lignina (Santos et al., 2011) e pelo teor de umidade, que absorve energia no processo da combustão (Quirino et al., 2005).

Assim, os ramos mais grossos de sabiá tiveram o maior poder calorífico (Tabela 3), mas as diferenças, entre classes de diâmetro, períodos e espécies, foram pequenas, não

chegando a 5%. Os valores, de 4020 a 4215 cal g⁻¹, foram intermediários entre os relatados por Quirino et al. (2005), na sua revisão de várias espécies (3350 a 5260 cal g⁻¹).

Tabela 3. Poder calorífico superior (cal g⁻¹) em ramos gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Época de medida	Gliricídia (cal g ⁻¹)	Sabiá(cal g ⁻¹)	P Value
1	4091a	4112c	0,2399
2	4092a	4159b	0,0007
3	4082a	4175a	<0,0001
Erro Padrão	14		

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Ramos finos (Classe 1: até 3 cm de circunferência), ramos médios (Classe 2: >3-9 cm de circunferência) e ramos grossos (Classe 3: acima de 10 cm de circunferência).

Ao fim de 2013, as plantas poderiam ser cortadas para lenha ou para aparelhamento como estacas, mourões ou entroncas. Para serem exploradas como estacas seriam necessários mais dois anos de crescimento, uma vez que as estacas de sabiá são consideradas de excelente qualidade (Moura et al., 2006; Carvalho et al., 2004) e possuem elevada demanda na região, com preço médio em torno de R\$ 2,50, na propriedade. Carvalho (2007) relatou que se obtêm quatro a oito mil estacas de sabiá por hectare de plantas com quatro a seis anos de idade, cada planta fornecendo até quatro estacas com cerca de 8 cm de diâmetro.

Entretanto, apesar de terem cinco anos de idade, as plantas tinham diâmetros dos fustes inferiores a estes 8 cm e ainda inferiores aos 7 cm, considerados como inadequados para estacas e que, mais usualmente, só são atingidos aos sete ou oito anos de idade (Carvalho et al., 2004). Com mais dois ou três anos de crescimento, uma estimativa preliminar indica que poderiam ser obtidas em torno de 5150 estacas por ha, calculando com base no número de fustes por planta e no “stand”, caso todas as plantas fossem cortadas. Ao preço atual, estas estacas poderiam gerar uma renda bruta de R\$12800 ha⁻¹, equivalentes à cerca de R\$ 1600 ha⁻¹ ano, em acréscimo à renda do sistema com a

braquiária em monocultivo. As estacas de gliricídia não são consideradas boas e têm valor muito inferior às de sabiá.

A madeira de gliricídia e a de sabiá poderia ser aproveitada para lenha, mesmo no tamanho atual. Admitindo o aproveitamento dos fustes e ramos maiores que 3 cm de circunferência (classes 2 e 3), poderiam ser produzidos cerca de 40 Mg ha⁻¹ de lenha de cada espécie, ou cerca de 90 st ha⁻¹, que vendidos cada um a R\$ 20, dariam R\$ 1800, equivalentes a R\$360 por ano. É uma renda inferior à que poderia ser obtida com estacas e, tanto para lenha quanto para estacas, deve-se considerar que o corte da parte aérea das plantas levaria à diminuição da fixação de N.

Houve interação entre as espécies e ciclos de avaliação (Tabela 4), para estoque de N_{dda} nas folhas. Os maiores estoques ocorreram no período das chuvas (Agosto de 2012 e 2013). Tal fato reflete a ideia de que, no período chuvoso, a maior presença de folhas contribuiria para o aumento do teor desse nutriente através da fixação, já que não houve diferença entre as espécies para o %N_{dda}, 58% e 54% nas folhas da gliricídia e sabiá, respectivamente. Dubeux et al. (2006) indicaram que a quantidade de N fixado por leguminosas em pastagens varia com a estação do ano, espécie forrageira, gramínea associada e intensidade de manejo do pastejo.

Tabela 4. Estoque de N_{dda} kg/ha em folhas de gliricídia e sabiá durante diferentes épocas de medidas em sistemas silvipastoris, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

Época de medida	Gliricídia (kg/ha)	Sabiá (kg/ha)	P Value
Fevereiro-2012	36b	30b	0,7282
Agosto-2012	93a	97a	0,8063
Fevereiro-2013	61b	42b	0,2501
Agosto-2013	72a	121a	0,0124
Erro Padrão	11		

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na coluna diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

Os sinais isotópicos de N nas folhas (1,49 a 2,48‰) e nos ramos (0,45 a 1,3‰) das duas espécies, significativamente inferiores em duas a três unidades de $\delta^{15}\text{N}$ que os sinais das plantas de referência (folhas, 7,4‰; ramos, 5,68 ‰), permitem estimativas confiáveis (Högberg 1997) das proporções de N derivadas da fixação (%N_{dda}). Considerando as biomassas de folhas produzidas e caídas de fevereiro de 2012 a agosto de 2013 (Tabela 5), suas concentrações de N (Tabela 2, capítulo 2) e as proporções de N fixado, as quantidades de N aportadas ao sistema pela fixação simbiótica foram de 110 kg ha⁻¹ na gliricídia e 160 kg ha⁻¹ na sabiá. Fixações mensais entre 6 e 9 kg ha⁻¹ de N evidenciam o potencial de adição de N em sistemas silvipastoris com a participação de leguminosas arbóreas (Freire et al., 2010; Reis et al., 2010; Pirhofer-Walzl et al., 2012).

Tabela 5. Acúmulo de folhas e N derivado da atmosfera, de fevereiro de 2012 a setembro de 2013 em gliricídia e sabiá, Itambé na zona da mata de Pernambuco.

	Gliricídia	Sabiá	EP	P Value
Biomassa (kg ha ⁻¹)	10291	14364	1437	0,1338
N fixado (kg ha ⁻¹)	110	163	24	0,2195

As concentrações de N nas folhas foram sempre relativamente altas, acima de 26 g kg⁻¹ (Tabela 6) mesmo em fevereiro quando muitas folhas de sabiá amarelecem e caem. Caso fossem consumidas pelos animais, poderia atender suas necessidades proteicas, já que os ruminantes precisam de apenas 7% de proteína bruta para atingir níveis de consumo e digestibilidade para manutenção (Van Soest, 1994). Para este consumo, as concentrações de lignina nas folhas de sabiá (Tabela 7) ligeiramente mais altas (186 a 237 g kg⁻¹) que as de gliricídia (122 a 191 g kg⁻¹), embora sem diferença estatisticamente significativa, poderiam causar alguma dificuldade na digestibilidade.

Em relação à gliricídia, as concentrações de lignina poderiam contribuir o consumo pelos animais mesmo com a presença da cumarina, composto volátil e tóxico que exige um

período de adaptação dos animais à dieta (Costa et al., 2009). Caso as folhas fossem deixadas para decompor, suas baixas relações C:N (11:1 a 17:1) (Tabela 6) levariam à rápida mineralização, reciclagem do N absorvido e disponibilização do N fixado (Heal et al., 1997).

Tabela 6. Concentrações de N, lignina e relação C:N em folhas de gliricídia e sabiá em diferentes épocas de medidas, Itambé na zona de mata Pernambuco.

Época de medida	Gliricídia	Sabiá	<i>P value</i>
-----g kg ⁻¹ de Nitrogênio-----			
Fevereiro/2012	35,8a	38,5a	0,7919
Agosto/2012	35,0a	33,5ab	0,9894
Fevereiro/2013	38,0a	26,9b	0,0029
Agosto/2013	33,6a	35,4a	0,9709
EP	1,4		
-----g kg ⁻¹ lignina-----			
Fevereiro/2012	182,1a	237,3a	0,7704
Agosto/2012	191,0a	209,7a	0,9991
Fevereiro/2013	122,3a	185,6a	0,9552
Agosto/2013	184,7a	221,9a	0,9552
EP	25,2		
-----relação C:N-----			
Fevereiro/2012	12a	11a	0,9906
Agosto/2012	13a	14b	0,8661
Fevereiro/2013	11a	17c	0,0004
Agosto/2013	13a	13b	0,9999
EP	0,64		

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

As concentrações de N nos ramos foram sempre mais baixas que nas folhas e decresceram com o aumento da circunferência (Figura 3). Em geral, foram maiores na gliricídia (7 a 20 g kg⁻¹) que na sabiá (4 a 12 g kg⁻¹). Por outro lado, as concentrações de

lignina (Figura 4) foram mais altas na sabiá (181-273 g kg⁻¹) que na gliricídia (137-269 g kg⁻¹) e ambas pouco inferiores às das folhas. Nos ramos de sabiá, as altas concentrações de lignina contribuem para o desenvolvimento das plantas, a resistência mecânica e proteção dos tecidos (Saliba et al., 2001), que resultam em boa resistência física e mecânica e grande durabilidade da madeira de estacas e mourões.

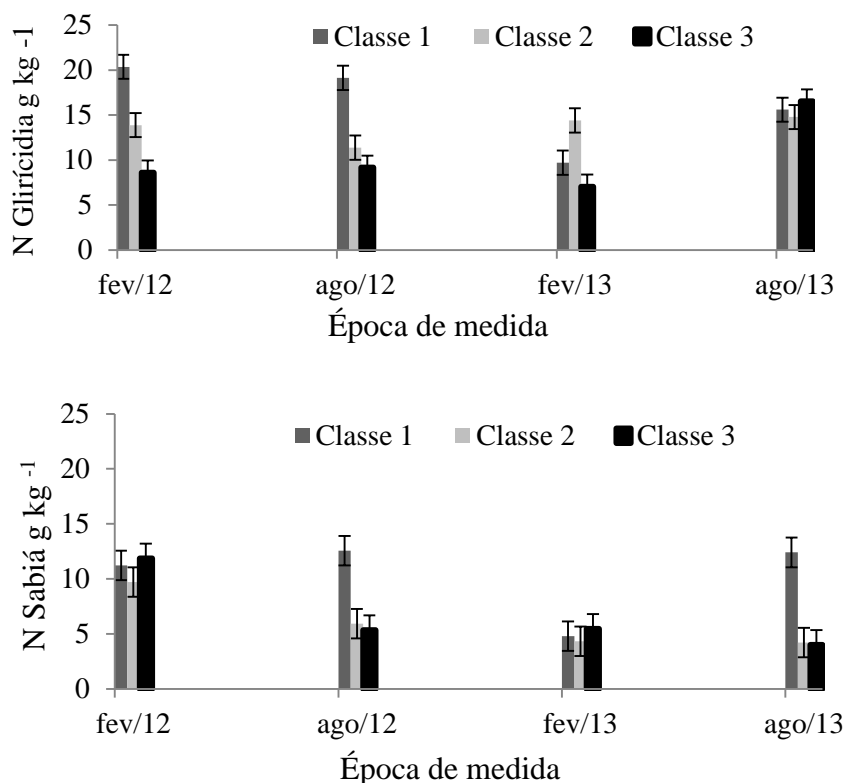


Figura 3. Teor de N nos ramos de gliricídia e sabiá nas épocas de medidas em sistema silvipastoril, Itambé na Zona da Mata de Pernambuco. Ramos finos (Classe 1: até 3 cm de circunferência), ramos médios (Classe 2: >3-9 cm de circunferência) e ramos grossos (Classe 3: acima de 10 cm de circunferência).

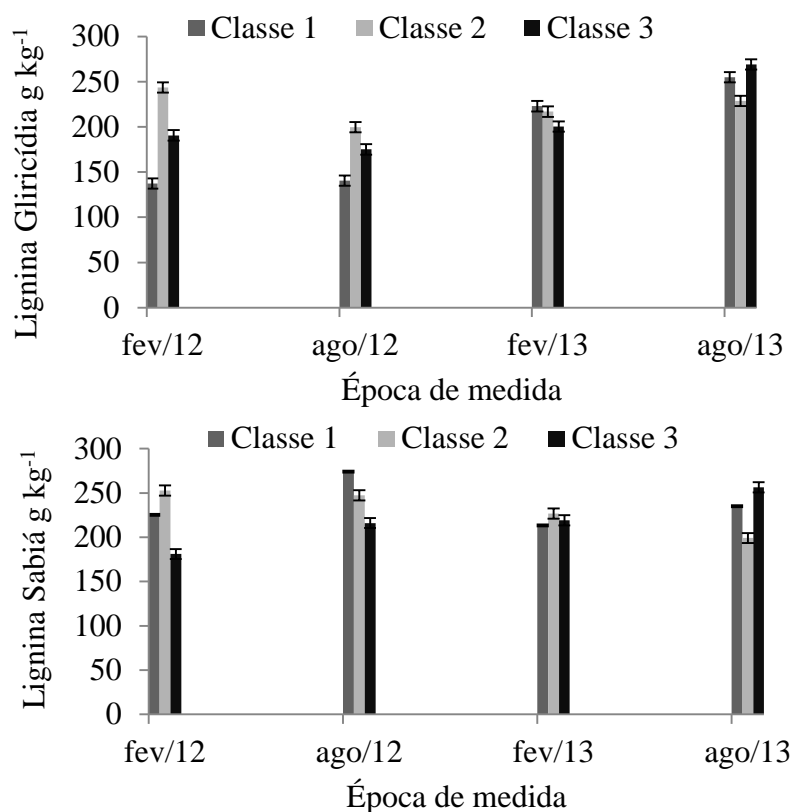


Figura 4. Teor de lignina em ramos de gliricídia e sabiá durante as épocas de medidas em sistema silvipastoril, Itambé na zona da mata de Pernambuco. Ramos finos (Classe 1: até 3 cm de circunferência), ramos médios (Classe 2: >3-9 cm de circunferência) e ramos grossos (Classe 3: acima de 10 cm de circunferência).

Conclusões

A época de medida das árvores influencia a produção de biomassa de folhas e ramos. A sabiá e gliricídia demonstraram elevado potencial de adaptação em sistemas silvipastoris e de fixação biológica de nitrogênio nas condições da Zona da Mata Seca de Pernambuco.

A madeira da sabiá apresenta menor umidade, maior teor de lignina, maior densidade e maior poder calorífico, atendendo melhor as especificações para uso em queima direta que a gliricídia.

Referências Bibliográfica

- Allen, V.G., C. Batello, E.J. Berretta, J. Hodgson, M. Kothmann, X. Li, J. Mcivor, J. Milne, C. Morris, A. Peeters, and M. Sanderson, 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass Forage Sci.* 66:2–28.
- Amorim, I.L, E.V.S.B. Sampaio, and E.L. Araújo. 2009. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do seridó, RN. *Rev Árvore, Viçosa-MG.* 33:491-499.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8644: Determinação do poder calorífico superior da madeira e do carvão vegetal. Rio de Janeiro, 1984.
- Barcellos, A.O., A.K.B. Ramos, L. Vilela, and G.B. Marth, Jr. 2008. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. *R. Bras. Zootec.* 37:51-67.
- Barichello, L.R., M.V. Schumacher, and H.L.M. Vogel 2005. Quantificação da biomassa de um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild. Na região sul do Brasil. *Ciênc. Florest.*15:129-135.
- Beltrão, B.A., G.C. Mascarenhas, J.L.F. Miranda, L.C. Souza Jr, M.J.T.G Galvão, and S.N. Pereira, Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea Estado de Pernambuco: diagnóstico do município de Itambé. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 22p.
- Boddey, R.M., M.B. Peoples, B. Palmer, and P.J. Dart. 2000. Use of the ¹⁵N natural abundance technique to quantify biological nitrogen fixation by woody perennials. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 57:235–270.
- Bonanomi, G., G. Incerti, V. Antignani, M. Capodilupo, and S. Massoleni. 2010. Decomposition and nutrient dynamics in mixed litter of Mediterranean species. *Plant Soil* 331:481-496.
- Bonanomi G, G. Incerti, F. Giannino, A. Mingo, V. Lanzotti, and S. Mazzoleni. 2013. Litter quality assessed by solid state ¹³C NMR spectroscopy predicts decay rate better than C:Nand lignin/N ratios. *Soil Biol Biochem* 56:40–48
- Carvalho, R., W. J. Goedert, and M. S. Armando. 2004. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. *Pesq. Agropec. Bras.* 39:1153-1155.
- Carvalho, P.E.R. Sabiá *Mimosa caesalpiniiifolia*, 2007.p.9 (Embrapa-Floresta. Circular Técnica, 135).
- Costa, B.M., I.C.V. Santos, G.J.C. Oliveira, and I.G. Pereira. 2009. Avaliação de folhas de *Gliricidia sepium* (Jacq.) walp por ovinos. *Arch. Zootec.* 221:33-41.

- Costa, G.S., A.A. Franco, R.N. Damasceno, and S.M. Faria. 2004. Nutrient input through litter in a degraded area revegetated with legume trees. *R. Bras. Ciên. Solo.* 28:919-927.
- Costa, K.A.P., V. Faquin, I.P. Oliveira. 2010. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim marandu. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 62:192-199.
- Dubeux, J.C.B., Jr., M.A. Lira, M.V.F. Santos, and M.V. Cunha. 2006. Nutrient flow in pasture ecosystems: Impacts on the environment and productivity. In: C.G.S. Pedreira, et al., editors, *Simposio sobre o manejo de pastagem: As pastagens e o meio ambiente*, 23, 2006b. Piracicaba: FEALQ. p. 439–506
- Dias Filho, M.B. *Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação*. 3. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190 p.
- EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. *Manual de métodos de análise de solo*. 2nd ed. Rio de Janeiro, 1997. p. 212.
- Frederico, P.G.U. *Influência da densidade e composição química da madeira sobre a qualidade do carvão de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden e de híbridos de Eucalyptus grandis X Eucalyptus urophylla S.T. Blake* 2009. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, MG, 2009. 66p.
- Freire, J.L., J.C.B. Dubeux, Jr., M.A. Lira, R.L.C. Ferreira, M.V.F. Santos, and E.V. Freitas. 2010. Litter deposition and chemical composition under a sabiá canopy. *R. Bras. Zootec.* 39:1650–1668.
- Freitas, A.D.S., E.V.S.B. Sampaio, C.E.R.S. Santos, and A.R. Fernandes. 2010. Biological nitrogen fixation in tree legumes of the Brazilian semi-arid caatinga. *J. Arid Environ.* 74: 344-349.
- Gonçalves F.G., and, R.C.C. Lelis. 2012. Technological characterization of wood from *Acacia mangium* Willd grown in mixed plantations with eucalypt. *Floresta Ambient.* 19:286-295.
- Gonçalves, C.A, R. C. Lelis, H.S. Abreu. 2010. Physical and chemical characterization of *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. *Wood. Rev. Caatinga.* 23: 54-62.
- Högberg, P. 15N natural abundance in soil-plant systems. *New Phytologist*, v.137, p.179-203, 1997.
- Lazo, D.A.A., J.B. Paes, R. Momoli, E. Baracho Junior, M. Tomazello. 2013 *Tecnologia da madeira*. 1. ed. Berlin: Editorial Académica Española, v.1. p. 259.
- Lima I.C.A.R., M.A. Lira, A.C.L. Mello, M.V.F. Santos, E.V. Freitas, and R.L.C. Ferreira. Evaluation for thorns and cattle preference of progenies of “sabiazeiro” (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) plants. *Rev. Bras. Ciênc. Agrár.* 3:289-294

- Moura, O. N., M.A.A. Passos, R.L.C. Ferreira, S.G. Molica, M.A. Lira Jr; M.A. Lira, and M.V.F. Santos. 2006. Distribuição de biomassa e nutrientes na área de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. Rev. Árvore. 30:877-884
- Nair, P.K.R. 1993. An Introduction to Agroforestry. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, p.520.
- Paciullo, D.S.C., C.R.T. Castro, C.A.M. Gomide, P.B Fernandes, W.D. Rocha, M.D. Müller, and R.O.P. Rossiello. 2010. Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. Sci. Agric. 67:598-603.
- Pell, A.N., and P. Schofiel. 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. J. Dairy Sci. 76:1063-107.
- Pirhofer-Walzl, K., J. Rasmussen, H. Høgh-jensen, J. Eriksen, K. Søgaard, and J. Rasmussen. 2012. Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighbouring plants in a multi species grassland. Plant Soil. 350:71-84.
- Quirino, W.F., A.T. Vale, A.P.A. Andrade, and V.L.S. Abreu, A.C.S. Azevedo. 2005. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. Revista da madeira. 89:100-106.
- Rangel, J.H.A., S. Almeida, E.N. Muniz, C.A.M. Gomide. 2008. Sistema silvipastoril : uma alternativa para a produção de ruminantes. In: Muniz, E.N., C.A.M. Gomide, J.H.A. Rangel, S.A. Almeida, C.O. Sá, J.L. Sá. Alternativas alimentares para ruminantes II. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. p. 245-267
- Reis Jr, F.B., M.F. Simon, E. Gross, R.M. Boddey, G.N. Elliott, N.E. Neto, M.F Loureiro, L.P Queiroz, M.R. Scotti, W.M Chen, A. Nore, M. C. Rubio, S.M. Faria, C. Bontemps, S.R. Goi, J.P.W. Young, J.I. Sprent, and E.K. James. 2010. Nodulation and nitrogen fixation by *Mimosa* spp. in the Cerrado and Caatinga biomes of Brazil, New Phytologist.186:934-946.
- Saliba, E.O.S., N.M. Rodriguez, S.A.L. Morais, and D. Piló-Veloso. 2001. Lignins – isolation methods and chemical characterization. Ciênc. Rural. 31:917-928.
- Santana, J.A.S., F.C.R. Vilar, P.C. Souto, and L.A. Andrade. 2009. Acúmulo de serrapilheira em plantios puros e em fragmentos de Mata Atlântica na Floresta Nacional de Nísia Floresta –RN. Rev. Caatinga, Mossoró. 22:59-66.
- Santos, R.C., A.C.O. Carneiro, A.F.M. Castro, R.V.O. Castro, J.J. Bianche, M.M. Souza, and M.T. Cardoso. 2011. Correlation of quality parameters of wood and charcoal of clones of eucalyptus. Sci. For. 39:221-230.
- SAS Institute. 1996. SAS statistics user's guide. Release version 6. SAS Inst., Cary, NC.
- Silva, A.B., M.A. Lira, J.C.B. Dubeux Jr, M.V.B. Figueiredo, and R.P. Vicentin. 2013. Soil litter stock and fertility after planting leguminous shrubs and forage trees on degraded signal grass pasture. R. Bras. Ciênc. Solo 37:502-511.

Apolinário, V.X.O. *Contribuição de leguminosas arbóreas em sistemas...*

Silva, D.J., and A.C. Queiroz. 2002. *Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos*. 3rd ed. Vicosa. UFV 2002:235.

Shearer, G., and D.H. Kohl. 1986. N₂-fixation in field settings: estimations based on natural ¹⁵N abundance. *Aust. J. Plant Physiol.*13:699-756.

Socher, L.G., C.V. Roderjan, and F. Galvão. 2008. Biomassa aérea de uma floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Aracucária (PR). *Floresta*. 38: 245-252.

Suassuna, J. Contribuição para o cálculo de volume do sabiazeiro (*Mimosa caesalpiniiifolia Benth.*). Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2003. Disponível em: <<http://www.fundaj.gov.br>>. Acesso em: julho 2014.

Teixeira V.I., J.C.B. Dubeux Jr., and M.V.F. Santos. 2010. Aspectos agronômicos e bromatológicos de leguminosas forrageiras no Nordeste Brasileiro. *Arch. Zootec.* 59:245-254.

Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional ecology of ruminant*. Ithaca: Cornell University Press.

ZAPE. Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco. Embrapa Solos - Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento-UEP, Recife: Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária), CD-ROM, 2001. (Embrapa Solos. Documentos n.25).

Conclusões gerais

O uso de gliricídia e sabiá em sistemas silvipastoris com braquiária, proporciona retorno de folhas via serrapilheira com baixa relação C:N e lignina:N que tendem a acelerar o processo de decomposição disponibilizando mais rápido os nutrientes, por outro lado os ramos deixados sobre o solo após queda ou corte são alternativas para manutenção da matéria orgânica do solo, devido a maior sincronização e distribuição homogênea dos nutrientes, uma vez que apresentam taxa de decomposição mais lenta.

As árvores contribuem para aumentar o retorno de N via serrapilheira e N derivado da atmosfera, além de melhorar os aspectos ambientais devido ao potencial de sequestro de C, mantendo aprisionado nos troncos e galhos de árvores durante seu crescimento, atuando positivamente na redução das emissões de metano. A adição de N ao ecossistema bem como a diversificação dos grupos funcionais e de espécies vegetal tem potencial de elevar a produtividade primária. Resultados dessa diversificação incluem não apenas a maior eficiência no uso dos recursos naturais existentes, promovendo maior produtividade do ecossistema, mas também a melhoria da qualidade do solo.

Sendo assim, esse sistema estudado é uma alternativa de opção sustentável na produção animal, as contribuições vão mais além do que uma fonte de N para diminuição de fertilizantes nitrogenados. Os serviços ambientais prestados como armazenamento de C na madeira por longos períodos, preservação da biodiversidade, além da exploração do uso da madeira para diversos fins são características fundamentais a serem exploradas.