

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

**CONTRIBUIÇÃO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM CONSÓRCIO COM
PALMA FORRAGEIRA FERTILIZADA COM DIFERENTES ESTERCOS**

KARINA RODRIGUES DE MIRANDA

Engenheira Agrônoma

**RECIFE - PE
FEVEREIRO – 2018**

KARINA RODRIGUES DE MIRANDA

**CONTRIBUIÇÃO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM CONSÓRCIO COM
PALMA FORRAGEIRA FERTILIZADA COM DIFERENTES ESTERCOS**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da 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. PhD. José Carlos Batista Dubeux Júnior - Orientador

Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello - Coorientador

Dra. Maria da Conceição Silva - Coorientadora

**RECIFE - PE
FEVEREIRO - 2018**

KARINA RODRIGUES DE MIRANDA

**CONTRIBUIÇÃO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM CONSÓRCIO COM
PALMA FORRAGEIRA FERTILIZADA COM DIFERENTES ESTERCOS**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 27 de fevereiro de 2018.

Orientador:

Prof. PhD. José Carlos Batista Dubeux Júnior
University of Florida

Comissão examinadora:

Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha
UFRPE - DZ

Profa. Dra. Maria Betânia Galvão dos Santos Freire
UFRPE - DEPA

Dra. Valéria Xavier de Oliveira Apolinário,
DCR/FACEPE/CNPq, IPA

Dr. Aldo Torres Sales
PNPD, DEN – UFPE

RECIFE – PE
FEVEREIRO - 2018

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

KARINA RODRIGUES DE MIRANDA - Filha de Leonila Rodrigues de Miranda e Gerson Barbosa de Miranda Filho, nasceu em Serra Talhada - PE, no dia 18 de janeiro de 1989. Iniciou a graduação em Agronomia na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, em março de 2007, recebendo o título de Engenheira Agrônoma em fevereiro de 2012. No mês de março de 2012, iniciou o mestrado acadêmico pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, área de concentração em Forragicultura, obtendo o título de Mestre em Zootecnia em fevereiro de 2014. Ainda em março do mesmo ano, iniciou as atividades no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, pela mesma Universidade, área de concentração em Forragicultura. Em fevereiro de 2018, submeteu-se à defesa de tese para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

“A persistência é o caminho do êxito”
(Charles Chaplin)

DEDICO

Aos meus pais, Leonila (Maroca) e Gerson Miranda, por serem a razão principal de toda minha motivação e dedicação para conclusão de mais uma etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela benção da vida, por me encorajar e dar forças quando precisei.

Aos meus pais Leonila e Gerson, pela dedicação, cuidados, incentivo e compreensão nos momentos difíceis; aos meus irmãos Carlota, Jéssyka, Jefferson e Geórgia, pelo apoio, afeto e carinho; ao meu sobrinho Ademir Neto, por tornar meus dias mais alegres e cheio de amor e ao meu companheiro Luiz, pelo amor, paciência e incentivo durante a conclusão desta etapa.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, pela oportunidade.

À Estação Experimental de Caruaru, do Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), pela disponibilidade da área experimental, pela estadia e apoio. Também agradecer aos funcionários Ivan Ferraz, Miriam, Moacir, ao pessoal de campo e todos os outros que contribuíram de alguma forma para a condução dessa pesquisa.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor José Carlos Batista Dubeux Júnior, pela orientação, aprimoramento dos meus conhecimentos, pelos ensinamentos, confiança e paciência.

Ao professor Alexandre Mello, pela coorientação, incentivo, ensinamentos e pela disponibilidade e ajuda durante a condução do experimento e elaboração da tese. À pesquisadora Conceição, pela coorientação, apoio e ensinamentos.

A todos os professores do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia/UFRPE, em especial aos professores Márcio Vieira, Mércia Virgínia e Mario Lira.

Aos colegas da Forragicultura: Suellen, João Tiago, Amanda, Carol, Gilka, Williane, Meiry, André, Paulo, Hugo, Talita, Valéria, Toni e Felipe, pelos momentos compartilhados.

À Wando Rocha, pela amizade, incentivo, paciência e ajuda durante o período de convivência.

A todos àqueles que de alguma forma, em algum momento, contribuíram para que eu me tornasse uma pessoa melhor ou que me fizeram acreditar no meu potencial, me incentivando e apoiando.

A todos, minha enorme GRATIDÃO!

SUMÁRIO

| | Página |
|--|---------------|
| Lista de tabelas..... | ix |
| Lista de figuras..... | x |
| Resumo geral..... | xii |
| Abstract..... | xiv |
| Considerações iniciais..... | 01 |
| | |
| Capítulo 1 - Referencial Teórico..... | 02 |
| Referências bibliográficas..... | 13 |
| | |
| Capítulo 2 – Produção de forragem e composição mineral da palma consorciada com leguminosas e adubada com diferentes fontes de esterco..... | 22 |
| Resumo..... | 23 |
| Abstract..... | 24 |
| Introdução..... | 25 |
| Material e Métodos..... | 27 |
| Resultados e Discussão..... | 31 |
| Conclusões..... | 36 |
| Referências bibliográficas..... | 36 |
| | |
| Capítulo 3 – Deposição de serapilheira e aporte de nutrientes de leguminosas arbóreas em cultivos de palma forrageira..... | 41 |
| Resumo..... | 42 |
| Abstract..... | 43 |
| Introdução..... | 44 |
| Material e Métodos..... | 45 |
| Resultados e Discussão..... | 49 |
| Conclusões..... | 61 |
| Referências bibliográficas..... | 61 |
| Considerações Finais..... | 65 |

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2 – Produção de forragem e composição mineral da palma consorciada com leguminosas e adubada com diferentes fontes de esterco

| | Página |
|---|---------------|
| Tabela 1. Teores de matéria seca (MS), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) de cada fonte de esterco, em março de 2015. | 29 |
| Tabela 2. Produção de matéria seca da palma IPA-Sertânia cultivada em diferentes sistemas de cultivo, em Caruaru, PE..... | 31 |
| Tabela 3. Produção de matéria seca da palma IPA-Sertânia a diferentes distâncias das filas duplas das leguminosas e fontes de esterco, em Caruaru, PE..... | 32 |
| Tabela 4. Teor de nitrogênio (N) da palma IPA-Sertânia a diferentes distâncias das filas duplas das leguminosas e fontes de esterco, em Caruaru, PE..... | 33 |
| Tabela 5. Teores de fósforo (P) e potássio (K) na palma IPA-Sertânia em diferentes sistemas de cultivo, em Caruaru, PE..... | 34 |
| Tabela 6. Teores de potássio (K) e magnésio (Mg) a diferentes distâncias das filas duplas das leguminosas, em Caruaru, PE..... | 35 |
| Tabela 7. Teores de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na palma IPA-Sertânia adubada com diferentes fontes de esterco, em Caruaru, PE..... | 36 |

Capítulo 3 - Deposição de serapilheira e aporte de nutrientes de leguminosas arbóreas em cultivos consorciados com palma forrageira

| | Página |
|--|---------------|
| Tabela 1. Teores de matéria seca (MS), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) de cada fonte de esterco, em março de 2015..... | 47 |
| Tabela 2. Proporção das frações folhas, ramos e estruturas reprodutivas da serapilheira de leucena e gliricídia, em Caruaru, PE..... | 54 |
| Tabela 3. Teores de P da serapilheira de leucena e gliricídia e nos meses de coleta, em Caruaru, PE..... | 57 |

| | |
|--|----|
| Tabela 4. Deposição de N, P e K pela serapilheira de leucena e gliricídia, em Caruaru, PE..... | 58 |
| Tabela 5. Caracterização química do solo coletado a três distâncias das filas duplas das leguminosas leucena e gliricídia, em Caruaru, PE..... | 59 |
| Tabela 6. Composição química do solo da área experimental adubado com diferentes fontes de esterco, em Caruaru, PE..... | 60 |
| Tabela 7. Teores de K ⁺ trocável no solo em função das distâncias de amostragem e da fonte de esterco aplicado, em Caruaru, PE..... | 61 |

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2 – Produção de forragem e composição mineral da palma consorciada com leguminosas e adubada com diferentes fontes de esterco

| | Página |
|--|---------------|
| Figura 1. Precipitação pluvial mensal (mm) na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco, em Caruaru, no período de março de 2014 a abril de 2016. Fonte: APAC (2017)..... | 27 |
| Figura 2. Croqui da área experimental delimitando as parcelas principais e subparcelas..... | 28 |
| Figura 3. Amostragem das plantas de palma nas parcelas com cultivo consorciado (3A) e no cultivo isolado (3B)..... | 30 |

Capítulo 3 - Deposição de serapilheira e aporte de nutrientes de leguminosas arbóreas em cultivos consorciados com palma forrageira

| | Página |
|---|---------------|
| Figura 1. Precipitação pluvial mensal (mm) na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco, em Caruaru, no período de novembro de 2014 a outubro de 2016. Fonte: APAC (2017)..... | 45 |
| Figura 2. Esquematização da parcela principal (consórcios) e subparcelas (fontes de esterco) do delineamento experimental, em Caruaru, PE. EB = esterco bovino; EC = esterco caprino; CF = cama de frango e | |

| | |
|--|----|
| EO = esterco ovino..... | 46 |
| Figura 3. Distribuição dos coletores de serapilheira nas filas duplas das leguminosas..... | 48 |
| Figura 4. Deposição de serapilheira (kg ha ⁻¹ de MS) de leucena e gliricídia, de novembro de 2014 a outubro de 2016, em Caruaru, PE. Dados médios de dois anos de avaliação. * indica diferença significativa entre tratamentos na respectiva data de avaliação (P<0,05) segundo o PDIFF ajustado para Tukey..... | 50 |
| Figura 5. Deposição de matéria seca mensal de folhas (A), ramos (B) e estruturas reprodutivas (C) da serapilheira de leucena e gliricídia, em Caruaru, PE. *indica diferença significativa entre tratamentos na respectiva data de avaliação (P<0,05) segundo o PDIFF ajustado para Tukey..... | 52 |
| Figura 6. Teor de N da serapilheira de leucena e gliricídia, nos meses de coleta, em Caruaru, PE. Média de dois anos (n = 12 amostras). * indica diferença significativa entre tratamentos (P<0,05) segundo o PDIFF ajustado para Tukey..... | 55 |
| Figura 7. Teor de K da serapilheira de leucena e gliricídia, nos meses de coleta, em Caruaru, PE. Média de dois anos (n = 12 amostras). * indica diferença significativa entre tratamentos (P<0,05) segundo o PDIFF ajustado para Tukey..... | 56 |
| Figura 8. Relação C:N da serapilheira de leucena e gliricídia, nos meses de coleta, em Caruaru, PE. Média de dois anos (n = 12 amostras). * indica diferença significativa entre tratamentos (P<0,05) segundo o PDIFF ajustado para Tukey..... | 57 |

CONTRIBUIÇÃO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM CONSÓRCIO COM PALMA FORRAGEIRA FERTILIZADA COM DIFERENTES ESTERCOS

RESUMO GERAL - O consórcio de plantas forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas do Semiárido nordestino brasileiro e a utilização de práticas de manejo adequadas, pode contribuir para melhorar a fertilidade do solo, incrementar a produtividade das culturas e a sustentabilidade dos sistemas de produção pecuária do Semiárido nordestino. Diante disso, objetivou-se avaliar o potencial produtivo e composição mineral da palma forrageira cv. IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) em cultivo isolado ou consorciada com leucena (*Leucaena leucocephala* [Lam.] de Wit) ou gliricídia (*Gliricidia sepium* [Jacq.] Steud.), e fertilizadas com diferentes fontes de esterco, bem como, a deposição de serapilheira e de nutrientes nesses sistemas e seus efeitos no solo. O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Caruaru pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco, IPA. O delineamento foi casualizado em blocos, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas consistiram nos sistemas de cultivo (palma em cultivo isolado, consorciada com leucena ou gliricídia), medindo 480 m², e as subparcelas, as fontes de esterco (bovino, ovino, caprino e cama de frango), medindo 120 m². O período experimental iniciou-se em março de 2014, com o corte de uniformização da palma, sendo a colheita realizada aos dois anos de crescimento a 1, 2, 3 e 4 m de distância das filas duplas das leguminosas nos sistemas consorciados. No cultivo isolado, foram colhidas quatro plantas por subparcela. A produção de matéria seca e os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foram determinados na palma. A deposição de serapilheira das leguminosas foi quantificada mensalmente, de novembro de 2014 a outubro de 2016, através da coleta do material depositado em caixas coletoras (0,25 m²) dispostas entre as filas duplas das leguminosas. Determinou-se a produção de matéria seca da serapilheira, os teores de N, P e K, a relação C:N e, a partir da sétima coleta, o material foi separado nas frações folhas, ramos, estruturas reprodutivas (flores, frutos e sementes) e miscelânea. Amostras de solo (0-0,20 m) foram coletadas entre as filas das leguminosas e a 2,5 e 4,5 m de distância, sendo analisadas quanto às características químicas do solo. Não foram observadas diferenças significativas para produção da palma entre os três sistemas de cultivos, atingindo valores de 20,5, 21,3 e 24,5 t ha⁻¹ 2

anos⁻¹ de MS, nos sistemas palma consorciada com gliricídia, palma consorciada com leucena e palma em cultivo isolado, respectivamente. Nos sistemas consorciados, a maior proximidade com as leguminosas incrementou a produção da palma, nos tratamentos adubados com os esterco bovino e ovino, e elevou os teores de P, K e Mg, mas não os teores de N. Os maiores teores de P e K foram obtidos na palma em cultivo isolado e em consórcio com gliricídia, enquanto que para N, os teores foram maiores na adubação com cama de frango. A deposição de serapilheira foi sazonal, com os maiores valores ocorrendo no final do período chuvoso, sendo a maior proporção da fração folha, seguida de estruturas reprodutivas e ramos. O valor médio de deposição total foi de 2,8 t ha⁻¹ ano⁻¹ de MS para a leucena e de 4,3 t ha⁻¹ ano⁻¹ de MS para a gliricídia. Entretanto, devido ao maior teor de N na serapilheira da leucena, esta foi responsável pela maior deposição desse nutriente ao solo. A melhoria nas características químicas do solo ocorreu a 2,5 a 4,5 de distância das filas das leguminosas, com redução da acidez do solo e elevação da SB, CTC e MO. A introdução de leucena e gliricídia em cultivos da palma IPA-Sertânia, juntamente com a aplicação dos esterco, é uma alternativa relevante para os sistemas de produção da região semiárida, tendo em vista o incremento de níveis consideráveis de matéria orgânica e nutrientes ao solo e deposição de serapilheira com relação C:N baixa. Tais melhorias implicam na manutenção da fertilidade do solo, na produtividade da palma e na sustentabilidade desses sistemas.

Palavras-chave: adubação orgânica, gliricídia, IPA-Sertânia, leucena, minerais produtividade.

CONTRIBUTION OF TREE LEGUMES IN INTERCROPING WITH FORAGE CACTUS FERTILIZED WITH DIFFERENT MANURE SOURCES

ABSTRACT - The consortium of forage plants adapted to the soil and climatic conditions of the Brazilian Northeastern semi-arid region and the use of appropriate management practices can contribute to improve soil fertility, increase crop productivity and the sustainability of livestock production systems in the northeastern semi-arid region. The objective of this project was to evaluate the productive potential and mineral composition of forage cactus cv. (*Leucaena leucocephala* [Lam.] De Wit) or gliricidia (*Gliricidia sepium* [Jacq.] Steud.), and fertilized with different sources of manure, as well as deposition of litter and nutrients in these systems and their effects on the soil. The experiment was conducted at the Caruaru Experimental Station belonging to the Agronomic Institute of Pernambuco, IPA. Treatments were allocated in a split-plot arrangement in a randomized complete block design, with four replications. Main plots consisted of cropping systems (cactus in monoculture, intercropped with leucaena or gliricidia), measuring 480 m². Split-plots consisted of manure sources (bovine, ovine, goat, and broiler litter), measuring 120 m². The experimental period started in March 2014, with the staging cut for the cactus. The harvest occurred after two years of growth at 1, 2, 3 and 4 m away from the double rows of legumes in the intercropping systems. In the monocrop system (cactus only), four plants were harvested per subplot. The dry matter production and the concentrations of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), and magnesium (Mg) were determined in the cactus. The litter deposition of the tree legumes was quantified monthly, from November 2014 to October 2016, through the collection of the litter deposited in collecting boxes (0.25 m²) arranged between the double rows of legumes. Response variables in this trial included litter DM deposition, litter N, P, and K concentrations, and litter C: N ratio. Plant components were separated into leaves, branches, reproductive structures (flowers, fruits and seeds), and miscellaneous after the 7th evaluation date. Soil samples (0-0.20 m) were collected between legume rows, and 2.5 and 4.5 m away from the rows, and analyzed for soil chemical characteristics. No significant differences were observed for cactus production between the three cropping systems, reaching values of 20.5, 21.3, and 24.5 Mg DM ha⁻¹ 2 years⁻¹, in the cactus intercropped with gliricidia, cactus

intercropped with leucaena, and cactus in monoculture, respectively. In the intercropping systems, the greater proximity to the legumes increased cactus production, for the treatments fertilized with the bovine and ovine manure, and increased the concentrations of P, K, and Mg, but not the N concentration. The greatest concentrations of P and K were obtained in the cactus in monoculture and in a consortium with gliricidia, whereas for N, the concentration were greater when fertilized with broiler litter. Litter deposition was seasonal, with the greatest values occurring at the end of the rainy season, being the largest proportion of the leaf fraction, followed by reproductive structures and branches. The mean value of total deposition was 2.8 Mg DM ha⁻¹ year⁻¹ for leucaena and 4.3 Mg DM ha⁻¹ year⁻¹ for gliricidia. However, greater N concentration in the leucaena litter lead to greater deposition of this nutrient to the soil. The improvement in soil chemical characteristics occurred at 2.5 to 4.5 m away from the legume rows, with reduction of the soil acidity and elevation of base saturation, CEC, and SOM. The introduction of leucaena or gliricidia intercropped with IPA-Sertânia cactus, along with the application of manure, is a relevant alternative for production systems in the semi-arid region, in order to increase soil organic matter and soil nutrients because deposition of litter with low C: N ratio. Such improvements imply the maintenance of soil fertility, cactus productivity, and the sustainability of these systems.

Keywords: organic fertilization, gliricidia, IPA-Sertânia, leucaena, minerals, productivity.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No semiárido nordestino, a economia está ligada diretamente à atividade pecuária, contribuindo tanto para a segurança alimentar, quanto para a composição da renda dos agricultores que, na sua grande maioria, são de base familiar.

Dentre os sistemas utilizados, a pecuária extensiva é bem característica desta região e fortemente dependente da época das chuvas. Porém, a irregularidade e escassez de chuvas restringe a produção de forragem na época de menor disponibilidade hídrica, o que dificulta o planejamento e a execução das atividades agropecuárias, ficando o produtor dependente da compra de insumos externos, substituição das fontes de criação ou até mesmo a venda dos seus animais.

O sucesso ou fracasso da produção pecuária nesse cenário fica dependente do uso racional de novas tecnologias. A utilização de espécies forrageiras adaptadas às condições adversas de clima e de solo existentes e a adubação orgânica com resíduos de animais são alternativas praticáveis.

Dentro desse contexto, a palma forrageira é uma cultura comumente utilizada nos sistemas de produção pecuária, uma vez que apresenta características morfológicas e adaptativas às condições do semiárido, suportando longos períodos de estiagem.

Porém, vale ressaltar que o fornecimento da palma de forma isolada ou à vontade pode causar distúrbios digestivos. Assim, recomenda-se o seu fornecimento associado a outros alimentos fibrosos e ricos em proteína, como, por exemplo, leguminosas forrageiras. A introdução das leguminosas arbóreas como leucena [*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.] e gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.] nos cultivos de palma forrageira, pode aumentar a sustentabilidade dos sistemas de produção animal, pois complementar a dieta dos animais juntamente com a palma forrageira, fornecendo fibra e proteína, contribuiria com a ciclagem de nutrientes pela deposição e decomposição de resíduos orgânicos, fixação biológica de nitrogênio, além do potencial incremento nos teores de matéria orgânica do solo.

Assim, a presente tese objetiva avaliar o potencial produtivo de sistemas de produção de palma forrageira cv. IPA Sertânia consorciada com leucena e gliricídia, e fertilizados com diferentes fontes de esterco.

CAPÍTULO 1

Referencial Teórico

CONTRIBUIÇÃO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM CONSÓRCIO COM PALMA FORRAGEIRA FERTILIZADA COM DIFERENTES ESTERCOS

1. Caracterização do Semiárido Nordestino

O Semiárido brasileiro abrange, aproximadamente, 10% do território nacional (969.589,4 km²) e 54% do território Nordeste, tendo como principais características a irregular distribuição de chuvas (300 a 800 mm anuais), concentrada em três a cinco meses do ano, sendo comum a presença de solos rasos, pedregosos, de baixa fertilidade e com baixa capacidade de armazenamento de água (SANTOS et al., 2013). Climaticamente, o semiárido nordestino apresenta temperaturas médias anuais relativamente altas (24 a 29 °C), baixa umidade relativa do ar (50 a 60%), elevada evaporação (~2000 mm/ano) e insolação (~2.800 h/ano) (MORAIS; VASCONCELOS, 2007). Ainda, o sistema fundiário é, na sua maioria, predominado por pequenas propriedades rurais (LIRA et al., 2005).

Diante deste cenário, a pecuária tem se constituído, ao longo do tempo, em uma das principais atividades econômicas e sociais no semiárido nordestino, sendo as pastagens nativas ou cultivadas, a base alimentar da maioria dos rebanhos (LOPES et al., 2007). Embora o Nordeste possua, aproximadamente, 28,2 milhões de bovinos, 7,8 milhões de caprinos e 9,3 milhões de ovinos (IBGE, 2014), os níveis de produtividade desses rebanhos são baixos, devido à marcante estacionalidade de produção que reduz a disponibilidade de forragem nos períodos de maior déficit hídrico (MORAIS; VASCONCELOS, 2007). Como alternativas para se elevar a eficiência da produção animal na região semiárida, recomenda-se a utilização de recursos forrageiros adaptados às condições edafoclimáticas, que em monocultivos ou em consórcios, aliado a práticas agrônomicas adequadas, podem aumentar a possibilidade de sucesso dos sistemas de produção pecuária nessa região (ARAÚJO et al., 2003).

A palma forrageira se destaca como um importante recurso forrageiro adaptado às condições edafoclimáticas dessa região, suportando prolongados períodos de estiagem em função das suas propriedades fisiológicas, caracterizadas pelo metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), o qual lhe confere uma maior eficiência no uso de água (SANTOS et al., 2013). Sua utilização no semiárido nordestino, mais frequente durante o período de estiagem, é justificada pelas seguintes características: a) bastante rica em água, mucilagem e minerais; b) boa digestibilidade da matéria seca e c) alta produtividade (LOPES et al., 2007). No entanto, apresenta limitações quanto ao valor proteico e de fibra, devendo ser fornecida aos animais *in natura* associada a fontes de

fibras e proteínas, como feno, silagem, restolho de sorgo, de milho, de feijão e outros (ALMEIDA, 2012).

As espécies *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm Dyck (cv. Miúda ou doce e IPA Sertânia) e a *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill (cv. Gigante, Redonda e o Clone IPA-20) são as mais cultivadas no Nordeste brasileiro (GALVÃO JUNIOR et al., 2014). Entretanto, diante do ataque da cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* (Cockerell)), nos últimos anos, tem-se observado uma redução na produtividade da cultura. Assim, o plantio de clones resistentes tem sido a melhor alternativa de cultivo para a palma nessas regiões, visto que sua utilização reduz a população do inseto a níveis toleráveis, com efeito cumulativo e persistente, não sendo poluente e não acarretando custos ao sistema de produção, bem como não requer conhecimentos específicos dos agricultores para sua utilização (LARA, 1991).

Pensando nisso, o Instituto Agrônomo de Pernambuco/IPA, em convênio com a UFRPE, realizou pesquisas afim de identificar genótipos resistentes a este inseto, como ação do Programa de Melhoramento da Palma Forrageira dessas instituições. Dentre os 1022 acessos avaliados do Banco Ativo de Germoplasma (BAG), foram identificados, como resistentes, os genótipos IPA-200013/F13, IPA-200015/F15, IPA-200016/Orelha de elefante Mexicana, IPA-200174/ Orelha de elefante Africana, IPA-200206/Orelha de Onça, IPA-200205/IPA-Sertânia e IPA-10004/Miúda (SANTOS et al., 2013).

A palma IPA- Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck), também conhecida como palma alagoana e palma baiana (LOPES et al., 2010), é morfológicamente semelhante à palma miúda, porém seus cladódios são maiores e sua brotação é inferior (SANTOS et al., 2013). A IPA- Sertânia apresenta hábito de crescimento erguido, planta estreita e de menor porte, com cladódios de média longitude, largura estreita, pequena relação entre a longitude/ largura do cladódio, formato elíptico médio, espessura grossa e de coloração verde amarelada, moderada cerosidade, sem ondulação na margem, com cinco aréolas na fileira central, aréolas de cor cinza, variando de 0 a 4 espinhos/aréola (GALLEGOS-VÁZQUEZ et al., 2005). Os resultados de pesquisa com a palma IPA-Sertânia, ainda são escassos, em virtude do seu lançamento como variedade resistente à cochonilha do Carmim ser recente.

***Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.**

A *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud., conhecida popularmente no Brasil como gliricídia, é uma planta nativa do México e da América Central, com distribuição pelas regiões tropicais da América do Sul, Caribe, África e Ásia (ELEVITCH; FRANCIS, 2006). No Brasil, foi introduzida na década de 70 para sombreamento das culturas de cacau no litoral baiano. Na década de 80, foi introduzida no Semiárido Nordeste nos Estados de Pernambuco e Sergipe, para fins de alimentação animal (ANDRADE et al., 2015).

A espécie pertence à família Fabaceae, subfamília Faboidae (Papilionoideae), sendo caracterizada como uma planta perene, caducifólia, de porte médio, variando de 12 a 15 metros de altura e 30 cm de diâmetro (DRUMOND; CARVALHO FILHO, 1999). Possui folhas alternadas, imparimpinadas, de 15 a 25 cm de comprimento, ovaladas, elípticas ou lanceoladas (QUINTERO DE VALLEJO, 1993). Tem seu melhor desenvolvimento em regiões de clima quente, com temperaturas anuais variando entre 22 e 28 °C, com mínimas entre 14 °C e 20 °C nos meses frios e máxima de 34 °C a 41 °C nos meses mais quentes e precipitações entre 500 e 3000 mm (MATOS et al., 2005). É tolerante a solos ácidos e pouco férteis, mas não se desenvolve bem em solos mal drenados, devendo-se evitar seu cultivo em solos compactados e propensos à inundação (CUERVO-JIMÉNEZ et al., 2013).

A gliricídia pode propagar-se por sementes ou partes vegetativas (estacas), sendo estabelecida diretamente no campo (semeadura na cova) ou através de mudas transplantadas de viveiros, com dois meses de antecedência (BARRETO, 2005). As sementes não apresentam dormência logo após a coleta. Porém, após alguns meses de armazenamento em câmara fria, as sementes necessitam de tratamento prévio para quebra de dormência, como a escarificação das sementes ou tratamento com água quente a 80°C ou ácido sulfúrico concentrado, por 4 minutos (MATOS et al., 2005). A propagação por sementes possibilita o desenvolvimento de um sistema radicular mais vigoroso, capaz de absorver água e nutrientes nas camadas mais profundas do solo, enquanto que sua propagação por estaca, desenvolve um sistema radicular mais superficial e com muitas raízes laterais, longas e fortes (CUERVO-JIMÉNEZ et al., 2013).

Ainda, as raízes de gliricídia mantêm simbiose com fungos micorrízicos arbusculares (JALONEN et al., 2013) e com bactérias do gênero *Rhizobium*, possibilitando a fixação biológica de nitrogênio e transferência de nutrientes do solo para a planta. Martins et al. (2015), em estudos no semiárido paraibano, encontraram que no sistema agroflorestal com capim buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) e palma forrageira [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.], as folhas de gliricídia adicionaram cerca de 40 kg ha⁻¹ de N fixado biologicamente.

Devido a sua grande flexibilidade de usos, a gliricídia é uma espécie de grande interesse comercial e econômico, sendo cultivada, por exemplo, em sistemas silvipastoris com *Braquiária decumbens* (APOLINÁRIO et al., 2016), em sistemas agroflorestais com milho e feijão, capim buffel e palma (MARTINS et al., 2015) e em alamedas, visando a adubação verde (PEREZ-MARIN et al., 2007; SANTOS et al., 2010). Como produtora de moirões vivos na construção de cercas, a gliricídia é uma das espécies mais utilizadas para essa finalidade (DIAS et al., 2009).

Também é utilizada como tutor vivo para o crescimento de outras culturas (MENEZES et al., 2013) e para o sombreamento de culturas perenes, como cacau e café (RICCI et al., 2013). Sua madeira é vista como de boa qualidade para lenha, com poder calorífico da ordem de 4.900 kcal kg⁻¹ (DRUMOND; MORGADO, 2004). Ainda, pode ser utilizada na medicina popular como repelente de ectoparasitas e no tratamento de doenças de pele como alergias graves, úlceras e erupções cutâneas em crianças, bem como rodenticidas (JIMÉNEZ et al., 2008).

Na alimentação animal, as folhas e ramos mais finos da gliricídia podem ser oferecidas *in natura* (banco de proteína) ou conservado na forma de feno ou silagem (BAYÃO et al., 2016; CARVALHO et al., 2017). Como banco de proteína, a gliricídia pode produzir em média 5 t ha⁻¹ corte⁻¹ de MS, a partir do terceiro ano, sendo recomendada a inclusão de até 30 % do alimento volumoso na dieta dos animais (RANGEL et al., 2011).

Quanto ao valor nutritivo, a gliricídia é uma leguminosa que apresenta elevado valor forrageiro. Gama et al. (2009) encontraram valor médio de 20,6 % de proteína bruta, 54,7 % de FDN e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de 48,6 % em folhas de gliricídia. Com relação a presença de compostos antinutricionais, a gliricídia apresenta teores de taninos condensados próximos à zero (JONES et al., 2000; VIEIRA et al.,

2001), sendo este nível considerado como não limitante do consumo da forragem. Entretanto, apesar de seu valor nutritivo, a forragem verde da gliricídia é considerada de baixa palatabilidade aos animais ruminantes, sobretudo bovinos, devido ao forte odor provocado pela liberação de compostos voláteis quando realizado o corte da planta (COSTA et al., 2009). Portanto, para o consumo da forragem verde, é necessário que os animais passem por um período de adaptação à nova dieta ou que sejam confinados junto a outros animais já adaptados ao consumo de gliricídia, ou que se utilizem alguns métodos para melhorar sua palatabilidade, como desidratação e adição de melaço ou sal (SIMMONS; STEWART, 1994).

***Leucaena leucocephala* [Lam.] De Wit.**

A leucena (*Leucaena leucocephala* [Lam.] De Wit.), como é conhecida no Brasil, é uma leguminosa originária da América Central e amplamente distribuída por toda a região tropical. Trata-se de uma planta arbóreo-arbustiva, perene, com altura de até 20 m e diâmetro à altura do peito de até 30 cm. Suas folhas são bipinadas, com 15 a 20 cm de comprimento, com 4 a 10 pares de pinas, cada uma com 5 a 20 pares de folíolos. Estes possuem de 7 a 15 mm de comprimento e de 3 a 4 mm de largura (SKERMAN, 1977).

A leucena pertence à família Fabaceae, subfamília Mimosoideae, sendo a *Leucaena leucocephala* a espécie de maior importância em nível internacional (BREWBAKER et al., 1985). Esta espécie possui um grande número de variedades (aproximadamente 100), podendo ser agrupadas em três tipos: Tipo Havaiano Comum, que tem como principais características porte baixo (até 5 m de altura), florescimento precoce e baixa produção de forragem e madeira, sendo recomendada para reflorestamento, produção de lenha e carvão; Tipo Salvador/Gigante, na qual as plantas são de porte alto (até 20 m de altura), e apresentam boa produção de forragem e de madeira e; Tipo Peru, cujas plantas possuem até 15 m de altura, ramificada na base do tronco e com boa produção de forragem (SOUSA, 2005).

Trata-se de uma espécie adaptada a regiões tropicais e subtropicais, com precipitações pluviométricas variando de 600 mm a 1.700 mm por ano e temperaturas entre 10 °C e 40 °C, sendo resistente a períodos de estiagem acima de oito meses, mas não tolera geadas (DRUMOND; RIBASKI, 2010). Quanto ao solo, desenvolve-se bem

em solos bem drenados, profundos, de boa fertilidade e com pH entre 5,5 e 7,5 (SEIFFERT; TIAGO, 1983).

A leucena se propaga por sementes, sendo seu estabelecimento realizado por semeadura direta ou pelo plantio de mudas formadas em viveiro, sendo este o método mais recomendado, pois permite o desenvolvimento mais rápido, uniforme e com plantas vigorosas. No entanto, para facilitar a germinação, as sementes necessitam de tratamento prévio para quebra da dormência, uma vez que seu tegumento é duro e impossibilita a entrada de água na semente (SOUSA, 2005). Mariano et al. (2016) avaliando o efeito de métodos de superação da dormência na germinação de sementes de leucena encontraram que, a escarificação mecânica com lixa e a água a 80 °C por 15 minutos, apresentaram os melhores resultados para porcentagem de germinação.

O sistema radicular da leucena é bastante desenvolvido, podendo formar simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio e associação com fungos micorrízicos arbusculares, permitindo à planta absorver nutrientes do solo com maior facilidade (DRUMOND; RIBASKI, 2010; FREIRE et al., 2010). A produção de matéria seca comestível (folhas e ramos finos) da leucena é variável no semiárido nordestino, podendo alcançar produções de quatro a seis t ha⁻¹ ano⁻¹ de MS (SOUSA, 2005).

A exemplo da gliricídia, a leucena é considerada como espécie de múltiplo uso, para o consórcio com culturas anuais, como milho, feijão, algodão, mandioca e gramíneas forrageiras, como *Panicum maximum*, *B. decumbens*, *Cenchrus ciliaries*, também sendo utilizado na adubação verde (SÁNCHEZ-CÁRDENAS et al., 2008; BERTALOT et al., 2010; BARRETO; FERNANDES, 2001). Como madeireira, o poder calorífico da madeira está em torno de 4.200 a 4.600 kcal kg⁻¹ (SILVA et al., 2017).

Como forrageira, a leucena é altamente palatável, de boa digestibilidade e de grande valor nutritivo, apresentando teores médios de 21,0 % de PB, 25,5 % de FDA e 39,4 % de FDN (LOPES et al., 2000). Pode ser utilizada na forma de bancos de proteína para pastejo direto ou corte e fornecimento da forragem verde, como feno, silagem e concentrado na dieta dos animais (CASTRO et al., 2007).

Quando fornecida como alimento exclusivo por período prolongado, a leucena pode causar intoxicação aos animais, apresentando sintomas de alopecia, devido à grande quantidade de um aminoácido, denominado mimosina, existente na sua composição (TOKARNIA et al., 2012). Jones (1979) afirma que, principalmente,

folhas, vagens e sementes contêm mimosina, podendo atingir níveis de 12% na matéria seca. Com isso, recomenda-se o consumo de leucena sob condições controladas, por curtos períodos de pastejo direto ou a inclusão de até 30% na dieta dos animais (BARROS-RODRÍGUEZ et al., 2014).

Adubação orgânica utilizando diferentes fontes de esterco de animais e seus efeitos potenciais

O adubo orgânico consiste de todo e qualquer resíduo de origem animal, vegetal, urbano e industrial, que possui altas concentrações de componentes orgânicos (carbono, lignina, celulose, lipídios, carboidratos e outros) e nutrientes, como N, P, K, Ca, Mg, S e outros (IGUE et al., 1984; KIEHL, 1985). Os sistemas agropecuários dão origem a vários tipos de resíduos orgânicos, os quais, se manejados e utilizados adequadamente, são importantes fontes de nutrientes para a produção de alimentos e forragem (CAMARGO; SANTOS; GUERRA, 1999).

Os estercos de animais são, dentre os resíduos orgânicos, os mais importantes e tradicionais, devido à sua composição, benefícios da aplicação e disponibilidade relativa (VITTI et al., 1995). Entretanto, na grande parte das propriedades rurais do Semiárido nordestino, a quantidade de esterco produzida, geralmente, é insuficiente para atender as necessidades nutricionais das culturas, levando os agricultores a comprar de regiões circunvizinhas, elevando os custos de produção (MENEZES et al., 2002).

O potencial de utilização dos estercos de animais no solo como adubo orgânico é determinado pela sua composição química e características desse material, tais como espécie animal, raça, sexo, idade, regime alimentar, eficiência de conversão alimentar, consumo de água, além do índice de aproveitamento de nutrientes da ração pelos animais e outros (TEDESCO et al., 2008; AZEEZ et al., 2010). Vários estudos têm demonstrado o incremento na produção de matéria seca das culturas com a adubação orgânica com estercos. Em estudos com a palma Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) cultivada sob diferentes espaçamentos de plantio (1,0 x 0,5; 2,0 x 0,25 e 3,0 x 1,0 x 0,25 m) e doses de esterco bovino (0, 30, 60 e 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹), Donato et al. (2014) observaram que o incremento das doses de esterco promoveu o aumento da altura da planta e comprimento do cladódio da palma Gigante, aos 600 dias após plantio. Ainda, a máxima produção de matéria seca (21,8 Mg ha⁻¹) da palma foi obtida quando se

aplicaram $71,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco bovino. Já Ramos et al. (2015), trabalhando com esterco caprino (0, 5, 10, 15 e 20 Mg ha^{-1}), observaram que, além do aumento da altura da planta e comprimento dos cladódios, o incremento da adubação orgânica também aumentou o número e largura de cladódios de palma Gigante.

O adubo orgânico adicionado ao solo pode ter efeito imediato e/ou residual, a depender do grau de decomposição dos resíduos e liberação de nutrientes. Santos et al. (2010), avaliando o efeito residual da adubação orgânica na produtividade de milho em sistema agroflorestal, relataram maior efeito residual nos tratamentos adubados com esterco do que com biomassa de gliricídia, sendo esse efeito mais pronunciado no sistema de milho solteiro. Segundo os autores, o maior efeito residual do esterco se deve principalmente às maiores quantidades de P e K contidos no esterco em comparação a biomassa de gliricídia e, devido a decomposição mais lenta do esterco, o qual favoreceu o armazenamento de nutrientes no solo e, conseqüentemente, maior efeito residual nos anos subsequentes à adubação.

Portanto, a velocidade de decomposição e mineralização dos resíduos orgânicos podem interferir diretamente na disponibilidade de nutrientes para as plantas (PEIXOTO FILHO et al., 2013), sendo influenciada pela composição e atividade dos organismos decompositores, condições edafoclimáticas (pH, textura, umidade, temperatura e aeração do solo) e a qualidade dos resíduos orgânicos (teores e relações entre C, N, P, S, lignina, celulose e polifenóis) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; VANEGA CHACÓN et al., 2011; FREITAS et al., 2012; SILVA et al., 2014). De modo geral, a decomposição é favorecida em resíduos que apresentam baixo teor de lignina ou compostos fenólicos, alto teor de compostos solúveis, nitrogênio e partículas de tamanho reduzido e com baixa relação C:N (AITA; GIACOMINI, 2007).

Souto et al. (2005), estudando a decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no semiárido da Paraíba, observaram que apesar de ter uma relação C:N maior que os esterco caprino (21,6) e ovino (24,2), o esterco bovino (27,1) foi o que apresentou maior taxa de decomposição, sendo este resultado atribuído à sua estrutura que favorece o ataque dos microrganismos.

A aplicação de adubos orgânicos deve ser realizada de modo a sincronizar a liberação de nutrientes mineralizados no solo com as necessidades nutricionais da

cultura, evitando a imobilização ou a rápida mineralização de nutrientes durante os períodos de alta ou de baixa demanda, respectivamente (FIGUEIREDO et al., 2012).

Sampaio et al. (2007) ao estudarem duas fontes de adubo orgânico (esterco bovino e *Egeria densa*) em plantios consecutivos de milho, observaram que a adição da massa seca de *E. densa* ao solo incrementou as concentrações de nutrientes e da biomassa das plantas de milho, já no primeiro plantio, enquanto que a aplicação de esterco bovino promoveu a imobilização dos nutrientes do solo no primeiro mês após sua incorporação. Logo após esse período, a liberação de nutrientes do esterco aumentou progressivamente, atingindo as maiores quantidades entre três e seis meses após a incorporação e, depois dos quais reduziu-se para um nível baixo. Os autores afirmam que a capacidade de fornecimento de nutrientes da massa de *Egéria* parece ser muito rápida, ou seja, os nutrientes foram mineralizados e disponibilizados para as plantas em menor tempo, diferentemente do esterco bovino, que disponibilizou nutrientes mais lentamente. Por outro lado, a liberação gradativa nos estercos pode ser benéfica, uma vez que pode aumentar sua eficiência de utilização pelas plantas, contribuindo na diminuição das perdas de nutrientes por escoamento superficial e por lixiviação para o lençol freático (HANISCH; FONSECA, 2011).

Deposição de serapilheira de leguminosas arbóreas

As principais fontes de nutrientes em sistemas de pastagem incluem a matéria orgânica do solo, biomassa vegetal viva, serapilheira e excreta animal (VENDRAMINI et al., 2014). A serapilheira é definida como material senescente da parte aérea das plantas depositado sobre a superfície do solo, como folhas, galhos, flores, frutos, sementes e cascas e, em menores quantidades, de restos e excrementos de animais (VIERA; SCHUMACHER, 2010). A queda de material vegetal ocorre em função de mudanças metabólicas ligadas à fisiologia de cada espécie vegetal e por estímulos ambientais, como fotoperíodo, temperatura, estresse hídrico e outros (ANDRADE et al., 2003).

Na ciclagem de nutrientes, a deposição de serapilheira constitui uma saída de nutrientes da parte aérea das plantas e, a decomposição, a via pela qual parte dos nutrientes e do carbono fixado pela planta retorna ao solo ou é devolvido para a atmosfera na forma de CO₂ (COSTA et al., 2004; SAURA-MAS et al., 2012). Assim, a

camada de serapilheira formada sobre a superfície do solo, protege-o dos processos erosivos e proporciona melhorias às propriedades físicas, químicas e biológicas (ANDRADE et al., 2000; DIAS et al., 2007).

A quantidade e composição mineral da serapilheira depositada pelas espécies varia em função de alguns fatores, tais como: características genéticas da planta (espécie, deciduidade, idade das árvores, proporção de folhas em relação aos demais componentes), tipo de solo, condições climáticas (precipitação, temperatura, fotoperíodo, velocidade do vento) e manejo, como densidade populacional e outros (CALVI et al., 2009). Assim, Costa et al. (2014) avaliando o potencial de povoamento de duas leguminosas arbóreas na recuperação de áreas de pastagens degradadas, em latossolo vermelho-amarelo no Rio de Janeiro, encontraram maior produção de serapilheira em sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), com 5,35 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, enquanto que a acácia (*Acacia auriculiformis*) produziu 4,39 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Em relação à periodicidade da deposição, Costa et al. (2004) observaram as maiores deposições de serapilheira de sabiá, acácia e gliricídia, no início da estação seca. Essa maior produção de serapilheira é resultante da redução da precipitação acarretando ao ecossistema florestal um estresse hídrico que utiliza a queda de folhas para diminuir seu consumo de água (MOREIRA; SILVA, 2004), como um mecanismo de defesa dos vegetais sob condições extremas de temperatura e precipitação (CUNHA et al., 1993).

Já Viera e Schumacher (2010), em povoamento de *Acacia mearnsii* no Rio Grande do Sul, constataram maior produção de serapilheira nas estações com maiores temperaturas e precipitações pluviométricas. Segundo Jackson (1978), a maior deposição de folhas no período de máxima precipitação ocorre em regiões com moderada sazonalidade de temperatura e leve sazonalidade de estresse hídrico, sendo a queda de folhas e a formação de folhas novos processos que ocorrem simultaneamente.

Os padrões de deposição da serapilheira podem ou não apresentar correlação com as variáveis climáticas, como observado por Ferreira et al. (2007), que encontraram maior deposição mensal de serapilheira e das frações folha e fruto de sabiá no início do período seco (outubro), mas não observaram correlação significativa entre deposição e precipitação ($r = -0,43$; $p > 0,05$). Estes resultados demonstram que talvez outras variáveis tenham atuado no padrão de deposição de serapilheira, como por exemplo a

deciduidade da espécie vegetal, já que a *Mimosa caesalpiniiifolia* é uma espécie decídua e, conforme Justiniano e Fredericksen (2000), essa característica é comum em espécies de regiões que possuem déficit hídrico durante longo período do ano, em que algumas espécies perdem as folhas no final da estação chuvosa e outras as perdem durante o período seco.

Além da espécie vegetal, a escolha da distância entre as linhas de plantio das árvores em Sistemas Agrossilvipastoril ou Silvipastoril também podem influenciar a deposição de serapilheira no solo (FREITAS et al., 2013). Pérez-Marin et al. (2006), em estudos no Agreste Paraibano com plantas de gliricídia consorciadas com milho, registraram maior queda de serapilheira embaixo da fileira da leguminosa (1.390 kg ha⁻¹ de matéria seca), sendo esse valor reduzido gradativamente para 270 kg ha⁻¹ a 3 m de distância das árvores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Matéria orgânica do solo, nitrogênio e enxofre de diversos sistemas de exploração agrícola. In: YAMADA, T.; STIPP, S.R. & VITTI, A.G.C., orgs. Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba, SP: International Plant Nutrition Institute, 2007. Cap. 1, p.2-41.

ALMEIDA, R. F. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos no Semiárido Brasileiro. **Revista Verde**, v. 7, n. 4, p. 08-14, 2012.

APOLINÁRIO, V. X. de O.; DUBEUX JR., J. C. B.; LIRA, M. de A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; AMORIM, S. O. de; SILVA, N. G. de M.; MUIR, J. P. Arboreal Legume Litter Nutrient Contribution to a Tropical Silvopasture. **Agronomy Journal**, v. 108, Issue 6, p. 2478-2484, 2016.

ANDRADE, A. B.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em Planossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 777-785, 2000.

ANDRADE, A. G.; TAVARES, R. S. de L.; COUTINHO, H. L. da C. Contribuição da serapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. **Informe Agropecuário**, v. 24, n. 220, p. 55-63, 2003.

ANDRADE, B. M. da S.; SOUZA, S. F. de; SANTOS, C. M. C.; MEDEIROS, S. S.; MOTA, P. S. S. da; CURADO, F. F. Uso da gliricídia (*Gliricidia sepium*) para

alimentação animal em Sistemas Agropecuários Sustentáveis. **Scientia Plena**, v. 11, n. 4, p. 1-7, 2015.

ARAÚJO, G. G. L.; CAVCALCANTI, N. B.; DANTAS, F. R.; CUNHA, A. P.; SOUZA, C. M. S.; GARZIERA, R. Valor nutritivo e o consumo de nutrientes do feno de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) por caprinos e ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. Anais... Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

AZEEZ, J. O.; VAN AVERBEKE, W.; OKOROGBONA, A. O. M. Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 5645-5651, 2010.

BARRETO, A. C. Cultivo de alamedas de Gliricídia (*Gliricidia sepium*) em solos de tabuleiros costeiros. Aracaju: EMBRAPA-Tabuleiros Costeiros, 2005. 2 p. (EMBRAPA-Tabuleiros Costeiros. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br>).

BARROS-RODRÍGUEZ, M.; SANDOVAL-CASTRO, C. A.; SOLORIO-SÁNCHEZ, J.; SARMIENTO-FRANCO, L. A.; ROJAS-HERRERA, R.; KLIEVE, A. V. *Leucaena leucocephala* in ruminant nutrition. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 17, n. 2, p. 173-183, 2014.

BAYÃO, G. F. V.; EDVAN, R. L.; CARNEIRO, M. S. de S.; FREITAS, N. E.; PEREIRA, E. S.; PACHECO, W. F.; BEZERRA, L. R.; ARAÚJO, M. J. de. Desidratação e composição química do feno de Leucena (*Leucena leucocephala*) e Gliricídia (*Gliricidia sepium*). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 3, p. 365-373, 2016.

BARRETO, A. C.; CARVALHO FILHO, O. M. Cultivo de leucena em consórcio com feijão, milho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 11, p. 1533-1540, 1992.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 10, p. 1287-1293, 2001.

BERTALOT, M. J. A.; GUERRINI, I. A.; MENDOZA, E.; PINTO, M. S. V. desempenho da cultura do milho (*Zea mays* L.) em sucessão com aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) sob manejos agroflorestal e tradicional. **Revista Árvore**, v. 34, n. 4, p. 597-608, 2010.

BREWBAKER, J. L.; HEGDE, N.; HUTTON, E. M.; JONES, R. J.; LOWRY, J. B.; MOOG, F.; VAN DEN BELDT, R. 1985. *Leucaena* - Forage production and use. nitrogen fixing tree association, Waimanalo, Hawaii.

CALVI, G. P.; PEREIRA, M. G.; ESPÍNDULA JÚNIOR, E. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes em áreas de floresta atlântica em Santa Maria de Jetibá, ES. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 2, p. 131-138, 2009.

CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A.; GUERRA, J. G. M. Macromoléculas e substância húmicas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese. 1999. p. 27-40.

CARVALHO, C. B. de M.; SILVA, S. F.; CARNEIRO, M. S. de S.; EDVAN, R. L.; PEREIRA, E. S. Composição química de silagem e feno de *Gliricídia sepium* em diferentes alturas de resíduo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 18, n. 2, p. 239-248, 2017.

CASTRO, K.J. de.; MORENO, G.M.B.; CAVALCANTE, M.A.B; NEIVA, J.N.M.; CÂNDIDO, M.J.D.; CARNEIRO, H.A.V.; CIDRÃO, E P.M.L. Consumo de nutrientes e desempenho produtivo de ovinos alimentados com dietas orgânicas. **Archivos de Zootecnia**, v.56, n. 214, p.203-214. 2007.

COSTA, G. S.; FRANCO, A. A.; DAMASCENO, R. N.; FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 5, p. 919-927, 2004.

COSTA, B. M. da.; SANTOS, I. C. V.; OLIVEIRA, G. J. C.; PEREIRA, I. G. Avaliação de folhas de *Gliricidia sepium* (JACQ.) Walp por ovinos. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, p. 33-41, 2009.

COSTA, M.G. da; GAMA-RODRIGUES, A. C.; ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da. Leguminosas arbóreas para recuperação de áreas degradadas com pastagem em Conceição de Macabu, Rio de Janeiro, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 101, p. 101-112, mar. 2014.

CUERVO-JIMÉNEZ, A.; NARVÁREZ-SOLARTE, W.; VON-HESSBERG, C. Características forrajeras de la especie *Gliricidia sepium* (jacq.) Stend, Fabaceae. **Boletín Científico**. Centro de Museos. Museo de Historia Natural. Universidade de Caldas, v.17, n.1, p.33-45, 2013.

CUNHA, G. C.; GRENDENE, L. A.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Dinâmica nutricional em floresta decidual com ênfase aos minerais provenientes da decomposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, v. 3, p. 35-64, 1993.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; CORREIA, M. E. F.; RODRIGUES, K. de M.; FRANCO, A. A. Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, p. 38-44, 2007.

DIAS P. F.; SOUTO S. M.; LIZIEIRE R. S. Moirão vivo de gliricídia na confecção de cerca elétrica. Niterói: Programa Rio Rural, 2009, 7 p. (Programa Rio Rural. Manual Técnico, 16).

DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S. L. R.; BONOMO, P.; SILVA, J. A.; AQUINO, A. A. Morfometria e rendimento da palma forrageira 'Gigante' sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 151-158, 2014.

DRUMOND, M. A.; CARVALHO FILHO, O. M. Introdução e avaliação da *Gliricidia sepium* na região semiárida do Nordeste brasileiro. In: Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido/Embrapa Recursos Genéticos - Cenargen, 1999.

DRUMOND, M. A.; MORGADO, L. B. Espécies arbóreas alternativas para sistemas agroflorestais na região Semiárida do Nordeste brasileiro. **Agrossilvicultura**, v. 1, n. 1, p. 43-50, 2004.

DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J. *Leucena (Leucaena leucocephala)*: leguminosa de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 8 p. (Embrapa Semiárido. Comunicado Técnico, 142).

ELEVITCH, R. C.; FRANCIS, J. K. *Gliricidia sepium* (Gliricidia). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. www.traditionaltree.org., ver. 2.I: 1-18. 2006.

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

FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS, C. M.; MENEZES, A. M. Mineralização de esterco de ovinos e sua influência na produção de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 175- 179, 2012.

FREIRE, A. L. de O.; RODRIGUES, T. de J. D.; MIRANDA, J. R. P. de. Fixação biológica do nitrogênio e crescimento de plantas de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit.) sob salinidade. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p. 90-96, 2010.

FREITAS, M. do S. C. de; ARAÚJO, C. A. de S.; SILVA, D. J. Decomposição e liberação de nutrientes de esterco em função da profundidade e do tempo de incorporação. **Revista Semiárido De Visu**, v. 2, n. 1, p. 150-161, 2012.

FREITAS, E.C.S. OLIVEIRA NETO, S. N.; FONSECA, D. M. da; SANTOS, M. V.; LEITE, H. G.; MACHADO, V. D. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com Eucalipto e Acácia. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 409-417, 2013.

GALLEGOS-VÁZQUEZ, C.J.; CERVANTES-HERRERA, J.; BARRIENTOS-PRIEGO, A. F. 2005. Manual gráfico para la descripción varietal del nopal tunero y xoconostle (*Opuntia* spp.). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas–Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SNICS–SAGARPA) y la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, México, 116 p.

GALVÃO JÚNIOR, J. G. B.; SILVA, J. B. A. da; MORAIS, J. H. G.; LIMA, R. N. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 2, p. 78-85, 2014.

GAMA, T. C. M.; ZAGO, V. C. P.; NICODEMO, M. L. F.; LAURA, V. A.; VOLPE, E.; MORAIS, M. G. Composição bromatológica, digestibilidade *in vitro* e produção de biomassa de leguminosas forrageiras lenhosas cultivadas em solo arenoso. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, p. 560-572, 2009.

HANISH, A. L.; FONSECA J. A. Características produtivas e qualitativas de sete forrageiras perenes de verão sob adubação orgânica e mineral. **Revista Verde**, v. 6, n. 4, p. 01-06, 2011.

IGUE, K.; ALCOVER, M.; DERPSCH, R.; PAVAN, M. N.; MELLA, S. C.; MEDEIROS, G. B. **Adubação orgânica**. Londrina, PR: Iapar, 1984. 33p. (Iapar. Informe de Pesquisa, 59).

IBGE. Pesquisa Pecuária Municipal: Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Recife, 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/>>. Acesso em: 17 nov. 2014.

JACKSON, J. F. Seasonality of flowering and leaf-fall in a Brazilian subtropical lower montane moist forest. **Biotropica**, v. 10, p. 38-42, 1978.

JALONEN, R.; TIMONEN, S.; SIERRA, J.; NYGREN, P. Arbuscular mycorrhizal symbioses in a cut-and-carry forage production system of legume tree *Gliricidia sepium* and fodder grass *Dichanthium aristatum*. **Agroforest Systems**, v. 87, n. 2, p. 319-330, 2013.

JIMÉNEZ, F. G.; VELASCO, P. R.; URIBE, G. M.; SOTO, P. L. Ganadería y conocimiento local de árboles y arbustos forrajeros de la selva Lacandona, Chiapas, México. **Zootecnia Tropical**, v. 26, n. 3, p. 333-337, 2008.

JONES, R. J. El valor de *Leucaena leucocephala* como pienso para rumiantes en los tropicos. **Revista Mundial de Zootecnia**, v. 31, p.13-23, 1979.

JONESA, R.J.; MEYER, J.H.F.; BECHAZ, M.; STOLTZ, M.A. An approach to screening potential pasture species for condensed tannin activity. **Animal Feed Science and Technology**, v. 85, 269-277, 2000.

JUSTINIANO, M. J.; FREDERICKSEN, T. S. Phenology of tree species in Bolivian dry forests. **Biotropica**, v. 32, p. 276-281, 2000.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 492p, 1985.

LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. 2.ed. São Paulo: Ícone, 1991. 336p.

LIRA, M. de A.; SANTOS, M. V. F. dos; CUNHA, M. V. da; MELLO, A. C. L. de; FARIAS, I.; SANTOS, D. C. dos. Utilização da palma forrageira na pecuária leiteira do semi-árido. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, vol. 2, p.107-120, 2005.

LOPES, E. B. Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semi-árido nordestino. In: Lopes, E. B.; Santos, Djalma Cordeiro dos; Vasconcelos, Manoel Ferreira de (Org.). **Cultivo da palma forrageira**. João Pessoa: EMEPA/FAEPA, 2007.p. 11-33.

LOPES, W. B.; SILVA, D. S. da; PIMENTA FILHO, E. C.; SILVA, R. L. da; Dias, J. M. Q. Avaliação morfofisiológica da leucena (*Leucaena leucocephala*) submetida a dois espaçamentos em duas épocas. **Revista científica de Produção Animal**, v. 2, p. 2, p. 131-140, 2000.

LOPES, E. B.; BRITO, C. H. de; ALBUQUERQUE, I. C. de; BATISTA, J. de L. Seleção de genótipos de palma forrageira (*Opuntia* spp.) e (*Nopalea* spp.) resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1929) na Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 204-215, 2010.

MARTINS, J. C. R.; FREITAS, A. D. S. de; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. de S. B. Nitrogen symbiotically fixed by cowpea and gliricidia in traditional and agroforestry systems under semiarid conditions. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 50, n. 2, p. 178-184, 2015.

MARIANO, L. G.; SOMAVILLA, A.; SILVEIRA, A. G. da; SALAMONI, A. T. Análise de superação de dormência de sementes de *Leucaena leucocephala* e desenvolvimento inicial de plântulas. **REGET**, v. 20, n. 1, p. 398-404, 2016.

MATOS, L. V.; CAMPELLO. E. F. C.; RESENDE, A. S. Plantio de leguminosas arbóreas para produção de moirões vivos e construção de cercas ecológicas. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 100 p. (Embrapa Agrobiologia, Comunicado Técnico: Sistemas de Produção, 3).

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SILVEIRA, L. M.; TIESSEN, H.; SALCEDO, I. H. Produção de batatinha com incorporação de esterco e/ou crotalária no Agreste paraibano. In: SILVEIRA, L.; PETERSEN, P. & SABOURIN, E., orgs. Agricultura familiar e agroecologia no semi-árido: avanços a partir do agreste da Paraíba. Rio de Janeiro, AS-PTA, p. 261-270, 2002.

MENEZES, A. J. E. A. de; HOMMA, A. K. O.; ISHIZUKA, Y.; KODAMA, N. R.; KODAMA, E. E. Tutor vivo de gliricídia (*Gliricidia sepium* L.) para pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.): preservando recursos florestais com produção para estado do Pará. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 8, n. 16, 2013.

MORAIS, D. A. E. F.; VASCONCELOS, A. M. Alternativas para incrementar a oferta de nutrientes no semi-árido brasileiro. **Revista Verde**, v. 2, n. 1, p. 01-24, 2007.

MOREIRA, P.R.; SILVA, O.A. Produção de serapilheira em área reflorestada. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 49-59, 2004.

MOREIRA, F.M.S; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2006. 729p.

PEIXOTO FILHO, J. U.; FREIRE, M. B. G. dos S.; FREIRE, F. J.; MIRANDA, M. F. A.; PESSOA, L. G. M.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de alfaca com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 17, n. 4, p. 419-424, 2013.

PÉREZ-MARIN, A. M. P.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, E. D.; SAMPAIO, E. V. de S. B. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistema agroflorestal no Agreste Paraibano. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 30, n. 3, p. 555-564, 2006.

PÉREZ-MARIN, A. M. P.; MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Produtividade de milho solteiro ou em aléias de gliricídia adubado com duas fontes orgânicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 669-677, 2007.

QUINTERO DE VALLEJO, V. E. Evaluación de leguminosas arbustivas en la alimentación de conejos. Fundación CIPAV, Cali. Liv. Res. For Rural Develop., v. 5, n. 3, 1993.

RAMOS, J. P. de F.; SANTOS, E. M.; PINHO, R. M. A.; BEZERRA, H. F. C.; PEREIRA, G. A.; BELTRÃO, G. R.; OLIVEIRA, J. S. Crescimento da palma forrageira em função da adubação Orgânica. **REDVET - Revista Electrónica de Veterinária**, v. 16, n. 12, p. 1-11, 2015.

RANGEL, J. H. de A.; MUNIZ, E. N.; SÁ, C. O. de; SÁ, J. L. de. Implantação e manejo de legumineira com gliricídia (*Gliricidia sepium*). Aracaju: Embrapa - Tabuleiros Costeiros, 2011. 5 p. (Embrapa - Tabuleiros Costeiros Circular técnica, 63).

RICCI, M. dos S. F.; COCHETO JUNIOR, D. G.; ALMEIDA, F. F. D. de. Condições microclimáticas, fenologia e morfologia externa de cafeeiros em sistemas arborizados e a pleno sol. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 379-388, 2013.

SAMPAIO, E. V. S. B.; OLIVEIRA, N. M. B.; NASCIMENTO, P. R. F. N. Eficiência da adubação orgânica com esterco bovino e com *Egeria densa*. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 995-1002, 2007.

SÁNCHEZ-CÁRDENAS, S.; LÓPEZ, G. C.; CHÁVEZ, M. H.; ORTEGA, Y. G. Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* y en un sistema silvopastoril asociado con *Leucaena leucocephala*. **Zootecnia Tropical**, v. 26, n. 3, p. 269-273. 2008.

SANTOS, A. F.; MENEZES, R. S. C.; FRAGA, V. S.; PÉREZ-MARIN, A. M. Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 1267-1272, 2010.

SANTOS, D. C.; SILVA, M. C.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, M. A.; SILVA, R. M. Estratégias para Uso de Cactáceas em Zonas Semiáridas: Novas Cultivares e Uso Sustentável das Espécies Nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, n. 2, p.111-121, 2013.

SAURA-MAS, S.; ESTIARTE, M.; PEÑUELAS, J.; LLORET, F. Effects of climate change on leaf litter decomposition across post-fire plant regenerative groups. **Environmental and Experimental Botany**, v. 77, p. 274-282, 2012.

SILVA, V. B. da; SILVA, A. P. da; DIAS, B. de O.; ARAÚJO, J. L.; SANTOS, D.; FRANCO, R. P. Decomposição e liberação de N, P e K de esterco bovino e de cama de frango isolados ou misturados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1537-1546, 2014.

SILVA, L. L. H. da; OLIVEIRA, E.; CALEGARI, L.; PIMENTA, M. C.; DANTAS, M. K. L. Características dendrométricas, físicas e químicas da *Myracrodruon Urundeuva* e da *Leucaena leucocephala*. **Floresta e Ambiente (online)**, v. 24, 2017.

SIMONS, A. J.; STEWART, J. L. *Gliricidia sepium*, a multipurpose forage tree legume. In: GUTTERIDGE, R.C.; SHELTON, H.M. (Eds.) **Forage tree legumes in tropical agriculture**. Wallingford: CAB International, p. 30-48, 1994.

SKERMAN, P. J. **Tropical forage legumes**. Rome: FAO, 1977. 609 p.

SEIFFERT, N. F.; THIAGO, L. R. L. de. Legumineira: cultura forrageira para produção de proteína. Campo Grande: EMBRAPA-CNPQC, 1983. 52 p. (EMBRAPA-CNPQC. Circular Técnica, 13).

SOUTO, P.C. SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; ARAÚJO, G. T.; SOUTO, L. S. Decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 1, 2005.

SOUSA, F. B. de. Leucena: Produção e Manejo no Nordeste Brasileiro. Sobral: Embrapa Caprinos, 2005. 8 p. (Embrapa Caprinos. Circular técnica, 18).

TEDESCO, M. J.; SELBACH, P. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O. Resíduos orgânicos no solo e os impactos no ambiente. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do**

solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed., revisada e atualizada. Porto Alegre: metrópole, p. 113-135, 2008.

TOKARNIA, C. H.; BRITO, M. F.; BARBOSA, J. D.; PEIXOTO, P. V.; DÖBEREINER, J. 2012. **Plantas que afetam a pele e anexos in Plantas tóxicas do Brasil.** Rio de Janeiro: Helianthus: 402-408.

VANEGA CHACÓN, E. A.; MENDONÇA, E. S.; SILVA, R. R.; LIMA, P. C.; SILVA, I. R.; CANTARUTTI, R. B. Decomposição de fontes orgânicas e mineralização de formas de nitrogênio e fósforo. **Revista Ceres**, 58:373-383, 2011.

VENDRAMINI, J. M. B.; DUBEUX JR, J. C. B.; SILVEIRA, M. L. Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p. 308-315, 2014.

VIEIRA, M. E. Q.; SCHMIDT, D. M. S.; LIMA, M. de A.; COSTA, M. N. da; B, S. N. de O.; SILVA, M. J. de A. composição bromatológica, fenóis totais e taninos de forrageiras nativas e exóticas do semiárido Pernambucano, Brasil. **Pasturas Tropicales**, v. 23, n. 2, p. 24-31, 2001.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M.V. Deposição de serapilheira e de macronutrientes em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* de Wild.) no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 2, p. 225-233, 2010.

VITTI, G. C.; HOLANDA, J. S. de; CERQUEIRA LUZ, P. H. de; HERNANDEZ, F. B. T.; BOARETTO, A. E.; PENTEADO, S. R. Fertirrigação: Condições e manejo. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. EMBRAPA – CPATSA – SBCS – Petrolina – PE. 1995. P. 193-271

CAPÍTULO 2

**Produção de forragem e composição mineral da palma consorciada
com leguminosas e adubada com diferentes fontes de esterco**

Produção de forragem e composição mineral da palma consorciada com leguminosas e adubada com diferentes fontes de esterco

RESUMO

O cultivo isolado ou consorciado de plantas forrageiras adaptadas às condições semiáridas do Nordeste brasileiro, aliado a outras tecnologias, pode contribuir para o sucesso dos sistemas de produção pecuária do Semiárido nordestino. Objetivou-se avaliar o potencial produtivo e a composição mineral da palma forrageira IPA-Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) em cultivo isolado e consorciada com leucena [*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.] ou gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.] em filas duplas, e adubada com as fontes de esterco bovino, ovino, caprino e cama de frango. O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, em Caruaru. O delineamento foi casualizado em blocos, em parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo as parcelas os diferentes sistemas de cultivo e as subparcelas, as fontes de esterco. A colheita da palma foi realizada aos dois anos de crescimento, sendo as plantas colhidas a 1, 2, 3 e 4 m de distância das leguminosas, nos sistemas consorciados, e no cultivo isolado, quatro plantas por subparcela. A palma foi analisada quanto à produção de matéria seca e aos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Não foram observadas diferenças significativas para produção da palma entre os três sistemas de cultivo, atingindo valores de 20,5, 21,3 e 24,5 t ha⁻¹ 2 anos⁻¹ de MS nos sistemas palma consorciada com gliricídia, palma consorciada com leucena e palma em cultivo isolado, respectivamente. Nos sistemas consorciados, a maior proximidade com as leguminosas incrementou a produção da palma, nos tratamentos adubados com os esterco bovino e ovino, e elevou os teores de P, K e Mg, mas não os teores de N. Os maiores teores de P e K foram obtidos na palma em cultivo isolado e em consórcio com gliricídia, enquanto que para N, os maiores teores foram obtidos na adubação com cama de frango. A introdução de leguminosas arbóreas, juntamente com a aplicação dos esterco, contribui para elevar a produção e os níveis de nutrientes da palma IPA-Sertânia.

Palavras-chave: adubação, consórcio, esterco, minerais, *Nopalea*, produção

**Forage production and mineral composition of cactus intercropped with legumes
and fertilized with different sources of manure**

ABSTRACT

Forage cropping systems, both in monoculture or in intercrop, using forage plants adapted to the semi-arid conditions of the Brazilian Northeast, along with other technologies, can contribute to the success of the livestock production systems of the northeastern semi-arid region. The objective of this study was to evaluate the productive potential and the mineral composition of the forage cactus IPA-Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in monoculture or intercropped with leucaena [*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit.] or gliricidia [*Gliricidia sepium* (Jacq. Steud.)] in double rows, and fertilized with different sources of manure (cattle, sheep, goat, and broiler litter). The experiment was conducted at the Experimental Station of the Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, Caruaru. Treatments were allocated in a split-plot arrangement in a randomized complete block design, with four replications. Main plots consisted of different cropping systems and the split-plots, manure sources. The cactus harvest was carried out after two years of regrowth, with the plants harvested at 1, 2, 3 and 4 m away from the legume rows in the intercropping systems; in the monoculture system, four plants were harvested per split-plot. Cactus response variables included DM production, and nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) concentrations. No significant differences were observed for cactus production between the three cropping systems, reaching values of 20.5, 21.3, and 24.5 Mg DM ha⁻¹ 2 years⁻¹ for cactus intercropped with gliricidia, cactus intercropped with leucaena and cactus in monoculture, respectively. In the intercropped systems, greater proximity to the legumes increased the production of the cactus in the treatments fertilized with the bovine and ovine manure, and increased the concentrations of P, K, and Mg, but not N concentration. The greatest concentrations of P and K were obtained in the cactus in monoculture and in consortium with gliricidia, whereas for N, the greatest concentrations were obtained in fertilization with broiler litter. The introduction of tree legumes, along with the application of manure, contributes to increase the production and nutrient concentration of IPA-Sertânia cactus.

Keywords: fertilizer, intercropping, manure, minerals, *Nopalea*, production

INTRODUÇÃO

O semiárido nordestino é caracterizado climaticamente por uma situação frequente de déficit hídrico no solo, promovido pela ocorrência de baixos índices pluviométricos e com distribuição irregular, aliado a elevada evapotranspiração potencial, temperatura e radiação solar (SILVA et al., 2010). Além disso, solos rasos, pedregosos, com baixa capacidade de retenção de água e com baixos teores de matéria orgânica são comumente observados na região (PEREZ-MARIN et al., 2012).

Tais características promove reduzida disponibilidade de forragem ao longo dos anos nas propriedades rurais, que, aliado a estrutura fundiária, marcada pela predominância de pequenas propriedades de base familiar (LIRA et al., 2005), tornam os sistemas de produção pecuários pouco sustentáveis, quando manejados com baixos níveis tecnológicos.

Como estratégia para aumentar a produção de forragem e garantir a alimentação dos rebanhos durante o período de menor oferta de alimentos, a utilização de espécies forrageiras como palma e leguminosas arbóreas adaptadas às condições de clima e solo da região, parece ser uma alternativa promissora para os sistemas de produção animal em regiões semiáridas. Segundo Carvalho et al. (1997), a associação de espécies de sistemas radiculares e parte aérea morfológicamente compatíveis, aumenta a eficiência do uso da terra, em bases sustentáveis.

A palma IPA-Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) se destaca por ser uma importante opção de forragem, pois é tolerante às condições áridas, possui elevada eficiência no uso de água, alto potencial de produção de biomassa e resistência à cochonilha do carmim (NOBEL et al., 2002; LOPES et al., 2010). Seus cladódios são ricos em energia, água, minerais e vitaminas, porém, apresenta baixos teores de proteína bruta (PB; 4,8%) e fibra (FDN = 26,8% e FDA = 18,8%) (FERREIRA et al., 2012).

A introdução de leguminosas forrageiras em cultivos de palma pode complementar a dieta dos animais, fornecendo a proteína e fibra insuficientes na palma (GOVEIA et al., 2016), bem como incrementar a disponibilidade de N ao sistema, notadamente nas plantas estabelecidas próximas à leguminosa, via fixação biológica de nitrogênio (DIAS et al., 2007) ou pela decomposição de serapilheira, raízes e nódulos das leguminosas (XAVIER et al., 2011). A leucena [*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.] e gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.] são leguminosas arbóreas adaptadas

as condições de solo e clima da região semiárida, apresentando alto teor de proteína bruta (em média de 18 a 30% nas suas folhas), alta capacidade de rebrota, boa capacidade de produzir biomassa em condições de déficit hídrico e aceitabilidade aos animais ruminantes (BARRETO; FERNANDES, 2001; EDWARDS et al., 2012).

Embora o consórcio de palma com culturas de ciclo curto, como o milho, feijão e sorgo (ALBUQUERQUE; RAO, 1997; FARIAS et al., 2000; AMORIM et al., 2017), seja uma prática comum entre os produtores, pouco se conhece sobre os efeitos de leguminosas perenes na produtividade do palmal, bem como sobre a composição mineral da palma cultivada em consórcio com essas leguminosas. Albuquerque e Ribaski (2003) avaliando o consórcio de palma gigante (*Opuntia ficus-indica*) com algaroba [*Prosopis juliflora* (SW) DC.], em diferentes espaçamentos, obtiveram efeito negativo com redução da produtividade da palma, segundo os autores, por conta do sombreamento causado pelas árvores.

Além do tipo de consorciação, o manejo da fertilidade do solo também é determinante na produtividade da cultura, principalmente nos solos das regiões áridas e semiáridas que, de maneira geral, apresentam baixos teores de matéria orgânica. Considerando que a extração de nutrientes pela palma é alta (DUBEUX JÚNIOR; SANTOS, 2005) e que seus cladódios são colhidos no campo e, normalmente, fornecidos picado aos animais no cocho, a não reposição desses nutrientes tende a diminuir a produtividade do palmal em um sistema de uso contínuo, pela elevada exportação ou perda de nutrientes pela erosão (RAMOS et al., 2015).

Neste sentido, a utilização de fontes de esterco é uma alternativa para adicionar matéria orgânica ao solo, fornecer nutrientes às plantas e elevar os níveis de produção do palmal. Silva et al. (2016) observaram que a aplicação de 80 t de esterco bovino ha⁻¹ a cada dois anos promoveu maior produtividade na palma Clone IPA-20 (*Opuntia ficus-indica* Mill).

Portanto, objetivou-se avaliar o potencial produtivo e a composição mineral da palma forrageira IPA-Sertânia consorciada com leguminosas arbóreas (leucena e glicírdia), e adubada com diferentes fontes de esterco.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA (08°14'18" S, 35°55'20" O e altitude de 537 m), em Caruaru. O clima do local é do tipo BSh, de acordo com a classificação de Köppen, caracterizado como semiárido seco e quente, com precipitação média anual de 694 mm (SANTOS et al., 2016). Os dados de precipitação mensal correspondente ao período experimental (março de 2014 a abril de 2016) são mostrados na Figura 1, com um total de 1129,3 mm.

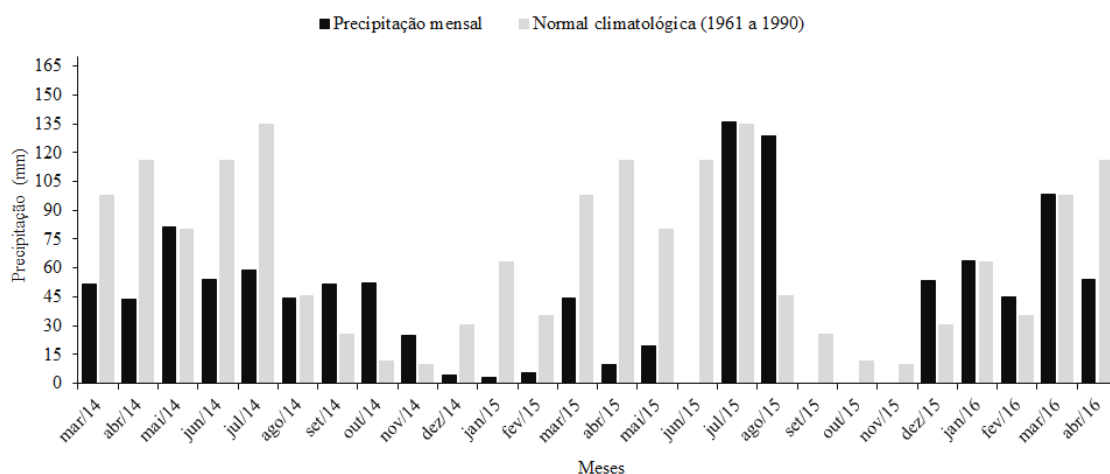


Figura 1. Precipitação pluvial mensal (mm) na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco, em Caruaru, no período de março de 2014 a abril de 2016. Fonte: APAC (2017).

O solo da área experimental é classificado como NEOSSOLO regolítico (EMBRAPA, 2013). A caracterização química da amostra do solo, coletada a 20 cm de profundidade no início do experimento, tem como resultado: pH (H₂O) = 4,7; Ca²⁺ = 1,85 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 0,42 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 0,15 cmol_c dm⁻³; Na⁺ = 0,07 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,27 cmol_c dm⁻³; P = 19,5 mg dm⁻³ e matéria orgânica = 16,5 g kg⁻¹.

Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos experimentais foram casualizados em blocos, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. A parcela principal consistiu dos sistemas de cultivo: palma IPA-Sertânia consorciada com leucena, palma IPA-Sertânia

consorciada com gliricídia e palma em cultivo isolado, e mediu 30 m x 16 m. As subparcelas foram formadas pela adubação com as fontes de esterco: bovino, ovino, caprino e cama de frango, e ocuparam faixas de 30 m x 4 m (Figura 2).

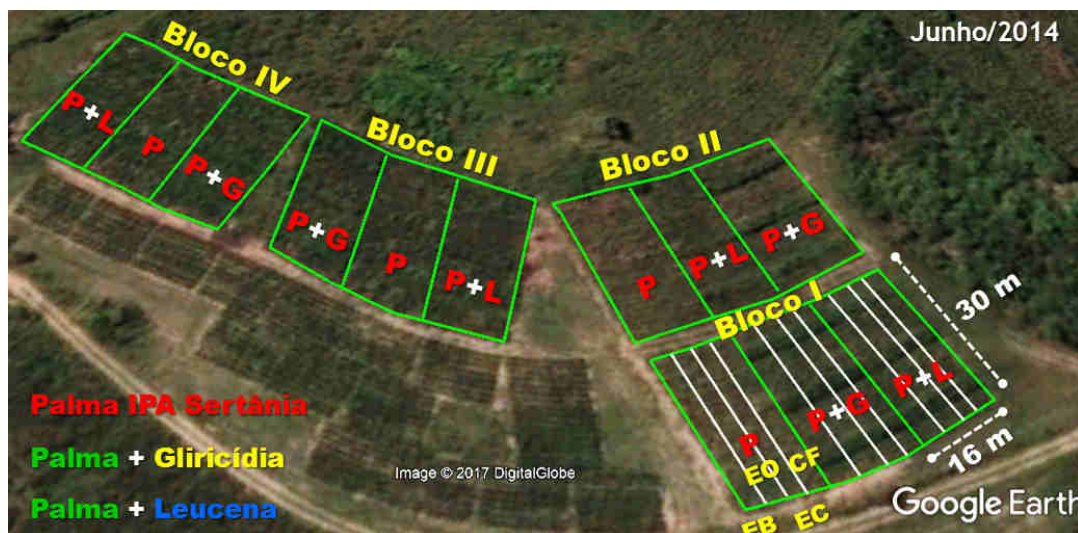


Figura 2. Croqui da área experimental delimitando as parcelas principais e subparcelas.

Estabelecimento e manejo experimental

A palma IPA-Sertânia foi estabelecida em março de 2011, no espaçamento de 1 m x 0,25 m, independente do sistema de cultivo. As sementes de gliricídia e leucena, provenientes dos municípios de Taperoá, PB, e Arcoverde, PE, respectivamente, foram submetidas a tratamento com ácido sulfúrico concentrado (98%) por um minuto para quebra da dormência. Aproximadamente, 15 dias após a germinação, as mudas foram inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium* sp. e transplantadas para a área experimental em agosto do mesmo ano, sendo dispostas em três filas duplas por parcela, no espaçamento de 9 m entre o par de filas duplas, 1 m entre cada fila do par e 0,5 m entre plantas da mesma fila. Nas parcelas consorciadas, a densidade de leguminosas foi de 48 plantas por subparcela e de 384 plantas de palma, enquanto que no cultivo isolado a densidade foi de 480 plantas de palma, por subparcela.

Após o estabelecimento, a palma foi adubada em fevereiro de 2012 com as diferentes fontes de esterco, e colhidas em setembro do mesmo ano, preservando-se os cladódios primários. Uma segunda adubação foi realizada em fevereiro de 2013, e a segunda colheita em setembro do mesmo ano, preservando-se o cladódio-mãe. Por ocasião da colheita da palma em 2013, duas plantas de leguminosa por subparcela foram

cortadas rente ao solo para avaliações da fração forrageira (folha e hastes < 5 mm de diâmetro) e material lenhoso (SARAIVA, 2014).

O período experimental do presente estudo iniciou-se em março de 2014 com o corte de uniformização da palma, na qual os artigos primários foram preservados. em seguida foi realizada a adubação com os esterco, em março de 2015, tendo como base o teor de nitrogênio (N), atendendo a recomendação de 200 kg ha⁻¹ de N e corrigindo-se os teores de matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO) do esterco. A distribuição dos esterco foi feita em toda área experimental entre as linhas da palma, exceto dentro das filas duplas das leguminosas. O esterco caprino foi proveniente da estação experimental do IPA de Sertânia, PE, o esterco ovino de criadores da zona rural de Caruaru, PE, a cama de frango foi obtida na cidade de Bonito-PE e o esterco bovino foi obtido da própria estação experimental de Caruaru. A composição química dos esterco está representada na Tabela 1.

Tabela 1. Teores de matéria seca (MS), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) de cada fonte de esterco, em março de 2015

| Esterco | MS | N | P | K |
|----------------|-----------|-------------------------------|------|------|
| | ----%---- | -----g kg ⁻¹ ----- | | |
| Bovino | 96,7 | 15 | 4,9 | 14,9 |
| Ovino | 94,8 | 15 | 6,3 | 10,1 |
| Caprino | 98,4 | 18 | 5,0 | 11,1 |
| Cama de frango | 98,5 | 25 | 10,6 | 18,5 |

As quantidades de esterco aplicadas em cada subparcela foram calculadas com base na recomendação de 200 kg ha⁻¹ de N, corrigindo-se os teores para MS de cada esterco.

A colheita da palma foi bienal (abril de 2016), sendo os artigos primários preservados no corte. Visando avaliar o efeito das árvores na produtividade e composição mineral da palma forrageira, as plantas foram colhidas a 1, 2, 3 e 4 m de distância da fila dupla das leguminosas, por subparcela, sendo amostradas duas plantas por distância (Figura 3A). No cultivo isolado foram colhidas quatro plantas por subparcela e realizada uma amostra composta (Figura 3B).

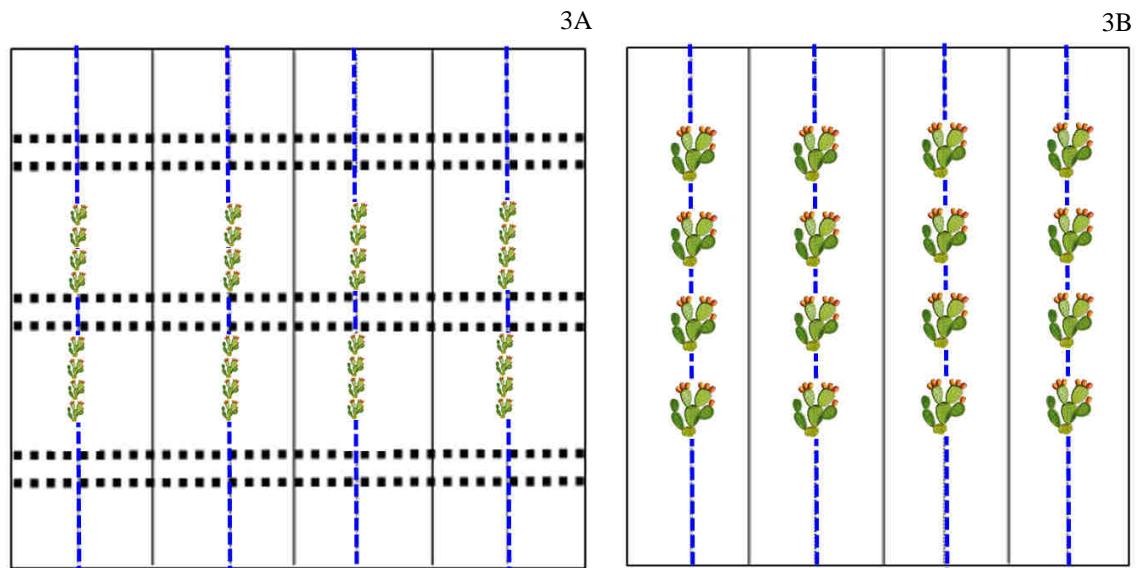


Figura 3. Amostragem das plantas de palma nas parcelas com cultivo consorciado (3A) e no cultivo isolado (3B).

As plantas foram pesadas em campo, sendo retirada uma amostra composta conforme a proporção de cladódios por ordem e por planta. Após a pesagem, as amostras de palma foram pré-secas em estufa de circulação forçada de ar, a 55° C, até peso constante e moídas em moinho tipo Willey, em malha de 1 mm (20 mesh), para determinação do teor de matéria seca, segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2009). A produção de matéria seca (PMS) foi calculada com base na densidade de plantas por subparcela. O teor de N foi obtido por combustão a seco pelo método de Dumas (Vario Micro Cube, Elementar, Hanau, Alemanha) no laboratório da University of Florida. Para os teores de fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), as amostras foram digeridas em mistura de ácido nítrico e ácido perclórico (5:1 mL) e analisadas de acordo com a metodologia descrita por Bezerra Neto e Barreto (2004), sendo o P determinado por colorimetria e o K, Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica no Centro de Apoio à Pesquisa (CENAPESQ) da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Análises estatísticas

As análises de variância foram conduzidas utilizando o Proc-mixed do SAS (SAS, 1999). Os efeitos fixos foram os sistemas de cultivo, fontes de esterco e

distâncias. O bloco foi analisado como efeito aleatório. Quando o teste F foi significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade e as distâncias de coletas foram submetidas à análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças significativas entre os sistemas de cultivo para a produção de matéria seca da palma (Tabela 2). Tais resultados, provavelmente, ocorreram devido ao efeito residual das adubações dos anos de 2012, 2013 e 2015, com as mesmas fontes de esterco.

Tabela 2. Produção de matéria seca da palma IPA-Sertânia cultivada em diferentes sistemas de cultivo, em Caruaru, PE

| Sistemas de cultivo | ----- kg ha ⁻¹ 2 anos ⁻¹ ----- |
|----------------------------------|--|
| Palma consorciada com Gliricídia | 20.542 a |
| Palma consorciada com Leucena | 21.284 a |
| Palma em cultivo isolado | 24.563 a |
| Erro padrão | 1.550 |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo PDIFF, ajustado para Tukey (P > 0,05).

Santos et al. (2010a) avaliaram o efeito residual da adubação com esterco (15 t ha⁻¹ de MS) ou biomassa de gliricídia (6,4 t ha⁻¹ de MS) sobre a produtividade do milho em cultivo isolado ou em aléias de gliricídia, no Agreste paraibano. Os autores observaram que no sistema com aléias, o efeito residual foi reduzido pela competição por água e nutrientes entre o milho e gliricídia, indicando maior necessidade de adubação neste tipo de sistema. Portanto, após cinco anos de estabelecimento dos consórcios, pode-se inferir que a quantidade e fontes de esterco utilizadas no presente estudo foram adequadas, de modo que o efeito residual dos esterco minimizou o efeito competitivo das leguminosas por nutrientes com a palma nos sistemas consorciados.

Ainda, estes resultados demonstram que mesmo o sombreamento pelas leguminosas, bem como a menor densidade de plantas de palma, não interferiram a ponto de reduzir significativamente a produção da palma nos consórcios quando comparada à produção da palma no cultivo isolado, sugerindo que, tanto a leucena quanto a gliricídia, podem ser utilizadas em consórcio com a palma IPA-Sertânia.

Os resultados obtidos nesse trabalho divergem dos encontrados por Saraiva (2014), que em estudos prévios nesta mesma área experimental, verificaram que a

produção da palma IPA-Sertânia no cultivo isolado (4,8 t ha⁻¹ ano⁻¹ de MS), da segunda colheita (2013), foi superior a produção da palma nos sistemas consorciados. Tal resultado pode ser atribuído à maior intensidade de corte nesta colheita, uma vez que o autor preservou o cladódio mãe, e à maior incidência de chuvas no ano de 2013 em relação a 2012.

Foi observada interação (P<0,05) entre as distâncias das linhas das leguminosas e as fontes de esterco para a produção de matéria seca da palma, com os maiores valores obtidos à 1m das leguminosas, com a aplicação dos esterco bovino e ovino (Tabela 3). Para estes esterco, a análise de regressão mostrou efeito quadrático significativo (P<0,05), indicando uma redução da produção da palma à 2 m da leguminosa, voltando a aumentar a partir das distâncias de 3 e 4 m.

Tabela 3. Produção de matéria seca da palma IPA-Sertânia a diferentes distâncias das filas duplas das leguminosas e fontes de esterco, em Caruaru, PE

| Distâncias | EB | EC | EO | CF |
|-------------------|--|----------|----------|----------|
| | ----- kg ha ⁻¹ 2 anos ⁻¹ ----- | | | |
| 1 m | 28.345 a | 21.820 b | 27.902 a | 19.286 b |
| 2 m | 16.302 a | 19.811 a | 18.042 a | 19.168 a |
| 3 m | 17.049 a | 21.027 a | 20.846 a | 16.921 a |
| 4 m | 20.900 a | 22.551 a | 21.306 a | 14.650 b |
| Erro padrão | 2.053 | 2.053 | 2.053 | 2.053 |
| Efeito linear | 0,0114 | 0,7213 | 0,1259 | 0,0123 |
| Efeito quadrático | 0,0001 | 0,4107 | 0,0413 | 0,4287 |

Letras semelhantes minúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EB = esterco bovino; EC = esterco caprino; CF = cama de frango e EO = esterco ovino.

A maior produção da palma na menor distância das leguminosas pode ter ocorrido, possivelmente, devido à maior deposição de serapilheira das leguminosas (SILVA et al., 2013) e a maior aplicação destes esterco e, conseqüentemente, de outros macronutrientes, como P e K (Tabela 1), uma vez que para N, a quantidade foi a mesma para todos os esterco. Ainda, essa maior quantidade pode ter proporcionado melhorias às propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, como a maior retenção de umidade e disponibilidade de água (SILVA et al., 2004), favorecendo a absorção de nutrientes pela palma e, conseqüentemente, maior produção.

Trabalhos realizados por Dias et al. (2006), em sistemas consorciados, verificaram que as maiores produções de massa seca no capim-survenola (híbrido interespecífico de *Digitaria setivalva* x *D. valida*), foram obtidas a 50 cm do tronco e na

metade da projeção das copas das árvores. Segundo os autores, a influência da árvore na produção de matéria seca da forrageira é dependente da relação existente entre as espécies envolvidas, condições climáticas e nível de sombreamento, podendo ser positiva quando o sistema for bem manejado. Já Saraiva (2014), avaliando a produção da palma IPA-Sertânia nas mesmas distâncias das leguminosas leucena e gliricídia, em Caruaru, PE, observaram redução da produção próxima à fila das leguminosas. O autor atribui este resultado à maior competição por água, luz e nutrientes e pelo sombreamento das leguminosas.

Para a adubação com cama de frango, a análise de regressão mostrou efeito linear significativo ($P < 0,05$), indicando redução da produção de matéria seca da palma com o aumento da distância das leguminosas, sendo o menor valor obtido a 4 m de distância, provavelmente, em função da menor quantidade aplicada desse esterco e a menor deposição de serapilheira, nessa distância.

Houve interação ($P < 0,05$) entre distâncias das leguminosas e as fontes de esterco para teores de N da palma, sendo a análise de regressão não significativa para efeito linear ou quadrático nas distâncias para cada esterco (Tabela 4).

Tabela 4. Teor de nitrogênio (N) da palma IPA-Sertânia a diferentes distâncias das filas duplas das leguminosas e fontes de esterco, em Caruaru, PE

| Distâncias | EB | EC | EO | CF |
|-------------------|--------------------------------|-----------|---------|-----------|
| | ----- g kg ⁻¹ ----- | | | |
| 1 m | 9,47 Aab | 10,39 Aab | 9,25 Ab | 11,07 ABa |
| 2 m | 9,04 Aab | 7,81 Bb | 9,61 Aa | 10,40 Ba |
| 3 m | 9,07 Ab | 9,67 Ab | 8,49 Ab | 12,01 Aa |
| 4 m | 9,61 Aab | 9,40 Aab | 9,02 Ab | 10,99 ABa |
| Erro padrão | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 |
| Efeito linear | 0,7893 | 0,6678 | 0,3990 | 0,7056 |
| Efeito quadrático | 0,2026 | 0,0531 | 0,8535 | 0,8265 |

Letras semelhantes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EB = esterco bovino; EC = esterco caprino; CF = cama de frango e EO = esterco ovino.

Os teores de N diferiram significativamente entre as distâncias com os esterco caprino e cama de frango, cujos menores valores foram observados a 2 m de distância das leguminosas. Já na adubação com os esterco bovino e ovino, não houve diferenças significativas entre as distâncias, indicando que a maior produção da palma, obtida com a aplicação desses esterco, na distância de 1 m das leguminosas, não foi influenciada pelos teores de N na planta. Estes resultados podem ser atribuídos, possivelmente, a

baixa ou ausente contribuição do N fixado biologicamente pelas leguminosas, uma vez que as precipitações ocorridas nos anos anteriores à colheita da palma, foram inferiores à normal climatológica de Caruaru, PE, podendo, desta forma, ter interferido na capacidade de fixação biológica de N pelas leguminosas. Além disso, o suprimento de N orgânico na solução do solo via adubação com as fontes de esterco pode ter inibido o processo de simbiose entre as raízes da planta e as bactérias fixadoras de N.

De modo geral, os maiores teores de N foram obtidos na adubação com cama de frango, provavelmente, devido à decomposição e liberação de N mais rápida da cama de frango em comparação aos outros esterco. Silva et al. (2014) avaliando o esterco bovino e cama de frango, em Argissolo Vermelho-Amarelo, relataram decomposição inicial mais rápida nos primeiros 30 dias após a aplicação da cama de frango, com uma fase inicial de liberação de N mais rápida, seguida de uma mais lenta e gradual nos períodos subsequentes.

Os teores de P e K diferiram ($P < 0,05$) entre os sistemas de cultivo (Tabela 5). O teor de P na palma em consórcio com gliricídia foi significativamente maior que na palma consorciada com leucena, mas não diferiu significativamente da palma em cultivo isolado. Este resultado pode ser justificado pela menor deposição e aporte deste nutriente pela serapilheira da leucena, como observado por Bertalot et al. (2004) que, avaliando o fluxo de nutrientes para o solo, via serapilheira, encontraram a seguinte ordem: $N > Ca > K > Mg > S > P$.

Tabela 5. Teores de fósforo (P) e potássio (K) na palma IPA-Sertânia em diferentes sistemas de cultivo, em Caruaru, PE

| Sistemas de cultivo | P | K |
|----------------------------------|--------------------------------|----------|
| | ----- g kg ⁻¹ ----- | |
| Palma consorciada com Gliricídia | 3,80 A | 29,02 AB |
| Palma consorciada com Leucena | 2,97 B | 23,55 B |
| Palma em cultivo isolado | 3,45 AB | 30,56 A |
| Erro padrão | 0,27 | 2,54 |

Letras semelhantes maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A maior concentração de K foi obtida na palma em cultivo isolado, o que pode ser atribuída à ausência de competição das leguminosas e a alta exigência desse elemento pela palma (SANTOS et al., 1990; DUBEUX et al., 2006 EMBRAPA). Entretanto, a concentração de K no cultivo isolado não diferiu ($P < 0,05$) da palma em consórcio com a gliricídia, provavelmente em função dos teores mais elevados de K,

Ca, Mg e S na parte aérea da gliricídia (BARRETO; FERNANDES, 2001). Segundo Subramaniam et al. (2005), a decomposição de folhas de gliricídia é relativamente rápida e, dessa forma, pode contribuir com altas concentrações de N e K ao solo. Assim, estes resultados indicam que a gliricídia pode contribuir com o fornecimento de P e K em consórcio com a palma.

Houve efeito ($P < 0,05$) das distâncias das leguminosa para as concentrações de K e Mg da palma (Tabela 6). Para os teores de K, a análise de regressão foi significativa para efeito linear, indicando redução nos teores com o aumento da distância das leguminosas, visto que a maior deposição de serapilheira e nutrientes ocorre nas faixas próximas às árvores. Já para os teores de Mg na palma, o efeito quadrático indicou redução dos teores à 2 m das leguminosas, possivelmente, nessa distância ocorra maior competição pelas leguminosas por este nutriente.

Tabela 6. Teores de potássio (K) e magnésio (Mg) a diferentes distâncias das filas duplas das leguminosas, em Caruaru, PE

| Distâncias | K | Mg |
|-------------------|--------------------------------|--------|
| | ----- g kg ⁻¹ ----- | |
| 1 m | 30,10 | 0,89 |
| 2 m | 26,12 | 0,70 |
| 3 m | 25,28 | 0,73 |
| 4 m | 23,59 | 0,74 |
| Erro padrão | 3,07 | 0,08 |
| Efeito linear | <0,0001 | 0,0154 |
| Efeito quadrático | 0,3005 | 0,0063 |

Foi observado efeito significativo ($P < 0,05$) das fontes de esterco para os teores de N, K, Ca e Mg da palma (Tabela 7). Apesar da adubação ter sido realizada com base nos teores de N, visando a recomendação de 200 kg ha⁻¹, os maiores teores desse nutriente foram obtidos na adubação com cama de frango, provavelmente em função da decomposição mais rápida desse esterco. Segundo Minson (1990), para o funcionamento normal do rúmen, a concentração de proteína bruta na forragem deveria ser pelo menos de 70 g kg⁻¹, o que daria 11,2 g kg⁻¹ de N na matéria seca. Entretanto, os valores médios de N encontrados no presente estudo, foram abaixo do preconizado por este autor, sendo necessário a suplementação das dietas com fontes proteicas, como leguminosas, para aumentar o consumo de matéria seca e proteína pelo animal e corrigir as diarreias que podem vir a ocorrer quando fornecida isoladamente ou à vontade. (GALVÃO JUNIOR et al., 2014).

Tabela 7. Teores de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na palma IPA-Sertânia adubada com diferentes fontes de esterco, em Caruaru, PE

| Estercos | g kg ⁻¹ | | | |
|----------------|--------------------|----------|---------|--------|
| | N | K | Ca | Mg |
| Bovino | 9,03 B | 29,79 A | 1,54 B | 0,84 A |
| Caprino | 9,04 B | 29,01 A | 1,89 A | 0,76 A |
| Cama de frango | 10,57 A | 25,49 B | 1,47 B | 0,61 B |
| Ovino | 8,88 B | 26,56 AB | 1,63 AB | 0,77 A |
| Erro padrão | 0,56 | 2,38 | 0,07 | 0,06 |

Letras semelhantes maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De modo geral, os teores de K, Ca e Mg foram significativamente inferiores na palma adubada com cama de frango, em função da menor quantidade aplicada desse esterco na adubação e, conseqüentemente, do menor fornecimento de outros macronutrientes.

CONCLUSÕES

Os sistemas de cultivo não influenciam a produção de matéria seca, mas exerce efeito na composição mineral da palma IPA-Sertânia, com os melhores resultados obtidos para a palma em cultivo isolado e consorciada com gliricídia.

A distância das filas das leguminosas e fontes de esterco utilizados na adubação influenciam a produção e os teores de N na palma em consórcio com leucena e gliricídia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). Sistema de geoinformação hidrometeorológico de Pernambuco. Acesso no dia: 25 de agosto de 2017.

ALBUQUERQUE, S. G.; RAO, M. R. Espaçamento da palma forrageira em consórcio com sorgo granífero e feijão-de-corda no Sertão de Pernambucano. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.26, n.4, p.645-650, 1997.

ALBUQUERQUE, S.G.; RIBASKI, J. Sombreamento da palma forrageira cv. Gigante (*Opuntia ficus indica* Mill.) pela algarobeira no sertão de Pernambuco. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. **Anais...** Sociedade Brasileira de Zootecnia 2003.

AMORIM, D. M.; SILVA, T. G. F. da; PEREIRA, P. de C.; SOUZA, L. S. B. de; MINUZZI, R. B. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 1, p. 62-71, 2017.

BARRETO, A.C.; FERNANDES, M.F. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 10, p. 1287-1293, 2001.

BERTALOT, M. J. A.; GUERRINI, I. A.; MENDOZA, E.; DUBOC, E.; BARREIROS, R. M.; CORRÊA, F. M. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira de quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu-SP. **Scientia Forestalis**, v. 65, p. 219-227, 2004.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Métodos de Análises Químicas em Plantas**. Recife, UFRPE, Imprensa Universitária, 165p. 2004.

CARVALHO FILHO, O. M. de; DRUMOND, M. A.; LANGUIDEY, P. H. *Gliricidia sepium* - leguminosa promissora para regiões semiáridas. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1997. 16p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 35).

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; RESENDE, A. S.; MOREIRA, J. F.; FRANCO, A. A. Influência de áreas sob a copa de leguminosas arbóreas na produção de fitomassa e nutrientes do capim Survenola. **Revista Agricultura Tropical**, v. 9, n. 1, p. 102-114, 2006.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; RESENDE, A. S.; URQUIAGA, S.; ROCHA, G. P.; MOREIRA, J. F.; FRANCO, A. A. Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim Survenola crescido em consórcio. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p. 352-356, 2007.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F. Exigências nutricionais da palma forrageira. In: MENEZES, R.S.C.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. (Eds). A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Ed. Universitária da UFPE. p. 258, 2005.

DUBEUX JR. J. C. B. ; SANTOS, M.V. F. dos; LIRA, M. de A.; SANTOS, D. C. dos; FARIAS, I.; LIMA, L. E.; FERREIRA, R.L.C. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, p. 357-372, 2006.

EDWARDS, A.; MLAMBO, V.; LALLO, C. H. O.; GARCIA, G. W. Yield, chemical composition and *in vitro* ruminal fermentation of the leaves of *Leucaena Leucocephala*, *Gliricidia Sepium* and *Trichanthera Gigantea* as influenced by harvesting frequency. **Journal of Animal Science Advances**, v. 2, suppl. 3.2, p. 321-331, 2012.

EMBRAPA. **Sistemas brasileiros de classificação dos solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA-SPI, 2013. 353 p.

FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; TAVARES FILHO, J. J.; SANTOS, M. V. F.; FERNANDES, A. P. M; SANTOS, V. F. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no Agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 341-347, 2000.

FERREIRA, M. A.; BISPO, S. V.; ROCHA FILHO, R. R.; URBANO, S. A.; COSTA, C. T. F. **The use of cactus as forage for dairy cows in semi-arid regions of Brazil.** In: Petr Konvalina (Ed.), Organic Farming and Food Production. InTech, South Bohemia, pp. 1-22, 2012.

GALVÃO JÚNIOR, J. G. B.; SILVA, J. B. A. da; MORAIS, J. H. G.; LIMA, R. N. de. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.8, n.2, p.78-85, 2014.

GOVEIA, J. S. S.; OLIVEIRA, V. S. de; SANTOS, G. R. de A.; MELO, K. D. A.; OLIVEIRA, A. G. de; MELO, M. V. A. Partial replacement of corn by forage cactus in the diets of lactating goats. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 969-976, 2016.

LIRA, M de A.; SANTOS, M. V. F.; CUNHA, M. V.; MELLO, A. C. L.; FARIAS, I.; SANTOS, D. C. dos. A palma forrageira na pecuária do semi-árido [CD-ROM]. In: Anais do 1º Simpósio sobre Alternativas para Alimentação de Ruminantes; 2005, Aracaju. Aracaju: Nordeste Rural; 2005.

LOPES, E. B.; BRITO, C. H. de; ALBUQUERQUE, I. C. de; BATISTA, J. de L. Seleção de genótipos de palma forrageira (*Opuntia* spp.) e (*Nopalea* spp.) resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1929) na Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 204-215, 2010.

MINSON, D.J., 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press Inc., San Diego, CA, 483pp.

NOBEL, P.S. Ecophysiology of *Opuntia ficus-indica*. In: C. Mondragón-Jacobo and S. Pérez-González [EDS.]. Cactus (*Opuntia* spp.) as forage. FAO Plant Protection and Production Paper 169, Rome, Italy. p. 13–20, 2002.

PEREZ-MARIN, A. M; CAVALCANTE, A. de M. B.; MEDEIROS, S. S. de; TINÔCO, L. B. de M.; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? **Parcerias Estratégicas**, v. 17, n. 34, p. 87-106, 2012.

RAMOS, J. P. de F.; SANTOS, E. M.; CRUZ, G. R. B.; PINHO, R.M.A.; FREITAS, P. M. D. de. Effects of harvest management and manure levels on cactus pear productivity. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 135-142, 2015.

SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; FARIAS, I.; BURITY, H. A.; NASCIMENTO, M. M. A.; TAVARES FILHO, J.J. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira “Gigante”, “Redonda” (*Opuntia ficus-indica*, Mill) e “Miúda” (*Nopalea cochenillifera*, Salm Dyck) na produção de leite. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 19, p. 504-511, 1990.

SANTOS, A. F. dos; MENEZES, R. S. C.; FRAGA, V. S.; PÉREZ-MARIN, A. M. Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema

agroflorestal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, n. 12, p. 1267-1272, 2010a.

SANTOS, D. M. dos; SANTOS, J. M. F. F. dos; SILVA, K. A. da; ARAÚJO, V. K. R. de. Composition, species richness, and density of the germinable seed bank over 4 years in young and mature forests in Brazilian semiarid regions. **Journal of Arid Environments**. v. 129, p. 93-101, 2016.

SARAIVA, F.M. **Desenvolvimento e acúmulo de nutrientes de palma forrageira (*Nopalea*) em diferentes sistemas de cultivo**. 2014. 104p. Tese (doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE.

SAS. Inst. Inc. SAS statistics user's guide. Release version 6. **SAS Ins. Inc., Cary, NC**. 1999.

SILVA, J. da; SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, M. de; SILVA, K. M. B. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 326-331, 2004.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa: UFV, 2009. 235p.

SILVA, P. C. G.; MOURA, M. S. B. de; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, L. A.; Sá, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. C.; CUNHA, T. J. F.; GUIMARAES FILHO, C. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G.. (Org.). *Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação*. 1a.ed. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido, 2010, v. 1, p. 18-48.

SILVA, A. B.; LIRA JUNIOR, M. de A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; FIGUEIREDO, M. do V. B.; VICENTIN, R. P. Estoque de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 2, p. 502-511, 2013.

SILVA, V. B. da; SILVA, A. P. da; DIAS, B. de O.; ARAUJO, J. L.; SANTOS, D.; FRANCO, R. P. Decomposição e liberação de N, P e K de esterco bovino e de cama de frango isolados ou misturados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p.1537-1546, 2014.

SILVA, N. G. de M.; SANTOS, M. V. F. dos; DUBEUX JÚNIOR, J. C.B.; CUNHA, M. V. da; LIRA, M, de A.; FERRAZ, I. Effects of planting density and organic fertilization doses on productive efficiency of cactus pear. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 4, p. 976-983, 2016.

SUBRAMANIAN, P.; DHANAPAL, P.; MAHESWAREPPA, D. H. P. *Gliricidia sepium* as green manure in improving fertility and productivity of coconut under coastal littrol sandy soil. **Journal Plantation Crops**, v. 33, n. 3, p.179-183, 2005.

XAVIER, D. F.; LÉDO, F. J. da S.; PACIULLO, D. S. de C.; PIRES, M. de F. Á.; BODDEY, R. M. Dinâmica da serapilheira em pastagens de braquiária em sistema silvipastoril e monocultura. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1214-1219, out. 2011.

CAPÍTULO 3

**Deposição de serapilheira e aporte de nutrientes de leguminosas
arbóreas em cultivos consorciados com palma forrageira**

Deposição de serapilheira e aporte de nutrientes de leguminosas arbóreas em cultivos consorciados de palma forrageira

RESUMO

A deposição de serapilheira por leguminosas arbóreas em cultivos de palma forrageira, aliada a práticas de adubação orgânica, podem incrementar os níveis de matéria orgânica e de nutrientes ao solo. Objetivou-se quantificar a deposição de serapilheira e de nutrientes das leguminosas arbóreas leucena [*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit] e gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.], cultivadas em filas duplas consorciadas com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck cv. IPA-Sertânia), adubada com diferentes fontes de esterco, bem como avaliar as características químicas do solo ao longo de um gradiente de distância perpendicular à linha de plantio das árvores. O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, em Caruaru. O delineamento foi casualizado em blocos, em parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo as parcelas os consórcios da palma IPA-Sertânia com leucena ou gliricídia e as subparcelas, as fontes de esterco bovino, ovino, caprino e cama de frango. A deposição de serapilheira foi avaliada mensalmente, no período de novembro de 2014 a outubro de 2016, utilizando caixas coletoras (0,25 m²) entre as filas das leguminosas. Todo material coletado foi separado nas frações folhas, ramos e estruturas reprodutivas, sendo analisados os teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) e a relação carbono:nitrogênio (C:N) na serapilheira total. Amostras de solo (0-0,20 m) foram coletadas entre as filas das leguminosas e de 2,5 e 4,5 m de distância, sendo analisadas quanto às características químicas do solo. A deposição de serapilheira foi sazonal, com os maiores valores ocorrendo no final do período chuvoso, sendo a maior proporção da fração folha, seguida de estruturas reprodutivas e ramos. O valor médio de deposição total foi de 2,8 t ha⁻¹ ano⁻¹ de MS para a leucena e de 4,3 t ha⁻¹ ano⁻¹ de MS para a gliricídia. Entretanto, devido ao maior teor de N na serapilheira da leucena, esta foi responsável pela maior deposição desse nutriente ao solo. A melhoria nas características químicas do solo ocorreu a 2,5 a 4,5 de distância das filas das leguminosas, com redução da acidez do solo e elevação da SB, CTC e MO. A presença de leguminosas arbóreas contribui com a deposição de matéria orgânica e de N ao solo.

Palavras-chave: ciclagem de nutrientes, consórcio, gliricídia, leucena.

Litter Deposition and Nutrient Contribution from Tree Legumes to Intercropped Forage Cactus

ABSTRACT

Litter deposition by tree legumes in intercropped forage cactus, coupled with practices of organic fertilization, can increase the levels of soil organic matter and soil nutrients. The objective of this study was to quantify the deposition of litter and nutrients of *Leucaena* [*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit] and gliricidia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.] cultivated in double rows intercropped with cactus [*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck cv. IPA-Sertânia], fertilized with different sources of manure, as well as to evaluate soil chemical characteristics along a distance gradient perpendicular to the tree rows. The experiment was conducted at the Experimental Station of the Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA, Caruaru. Treatments were allocated in a split-plot arrangement in a randomized complete block design, with four replications. Main plots consisted of IPA-Sertânia cactus intercropped with leucaena or gliricidia, and the split-plots, manure source (cattle, sheep, goat, and broiler litter). Litter deposition was evaluated monthly, from November 2014 to October 2016, using collecting boxes (0.25 m²) between legume rows. Litter N, P, and K, and litter C:N ratio were analyzed in the leaves, branches, and reproductive fractions. Soil samples (0-0.20 m) were collected between legume rows and 2.5 and 4.5 m away from the rows, and analyzed for soil chemical characteristics. Litter deposition was seasonal, with the greatest values occurring at the end of the rainy season, being the largest proportion of the leaf fraction, followed by reproductive structures and branches. The mean value of total deposition was 2.8 Mg DM ha⁻¹ year⁻¹ for leucaena and 4.3 Mg DM ha⁻¹ year⁻¹ for gliricidia. However, greater litter N concentration in the leucaena lead to greater N deposition to the soil. The improvement in soil chemical characteristics occurred at 2.5 to 4.5 m away from the legume rows, with reduction of the soil acidity and increase of base saturation, CEC, and SOM. The presence of tree legumes contributes to the deposition of organic matter and N to the soil.

Key words: nutrient cycling, consortium, gliricidia, leucena.

INTRODUÇÃO

A palma forrageira (*Opuntia* sp. e *Nopalea* sp.) tem sido amplamente utilizada como a base alimentar dos rebanhos para as épocas de seca. Sua utilização na alimentação animal, normalmente, dá-se pelo corte da planta no campo e fornecimento aos animais no cocho (FROTA et al., 2015), o que implica em elevada extração de nutrientes do solo, o que leva, se não realizada correção e adubação, a reduções nos teores de matéria orgânica e, conseqüentemente, da fertilidade dos solos.

Em virtude do baixo poder aquisitivo dos pequenos produtores, à dificuldade de acesso ao crédito agrícola e à elevada variabilidade na precipitação pluvial, a adubação por meio de fertilizantes químicos não é uma prática comum entre os mesmos (GALVÃO et al., 2008). Assim, outras formas de reposição de nutrientes ao solo podem ser utilizadas, dentre as quais, os resíduos de animais (esterco) e de leguminosas arbóreas (serapilheira).

A adubação orgânica com esterco de animais é uma alternativa amplamente adotada para o suprimento de nutrientes em áreas agrícolas de zonas semiáridas do Nordeste brasileiro. No entanto, devido à necessidade de grandes quantidades para suprir a demanda nutricional das culturas agrícolas, os produtores recorrem à compra de esterco em outras localidades, que aliado aos gastos com mão-de-obra para aplicação e transporte, resultam em aumento dos custos de produção (MENEZES; SILVA, 2008).

A deposição da serapilheira e a renovação do sistema radicular de leguminosas arbóreas constituem a principal via de transferência de nutrientes e de carbono orgânico da vegetação para o solo, favorecendo o processo de ciclagem de nutrientes, pela adição de material de baixa relação C:N e, portanto, de rápida decomposição e mineralização (CUNHA NETO et al., 2013; SILVA et al., 2013). No entanto, a deposição de serapilheira e nutrientes é variável em função de alguns fatores, tais como a espécie vegetal, idade das árvores, condições de solo, fatores climáticos, manejo silvicultural, proporção de folhas em relação aos demais componentes, dentre outros (CALDEIRA et al., 2007).

Assim, diante do pouco conhecimento que se tem a respeito de sistemas produtivos baseados em palma forrageira consorciada com leguminosas arbóreas, a avaliação da deposição de matéria orgânica e de nutrientes via serapilheira é de grande importância para o estudo da ciclagem de nutrientes nestes sistemas.

O objetivo desse estudo foi quantificar a deposição de serapilheira e de nutrientes de leguminosas arbóreas consorciadas com palma forrageira, adubada com diferentes fontes de esterco, bem como avaliar as características químicas do solo, no agreste de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

O experimento foi realizado de novembro de 2014 a outubro de 2016, na Estação Experimental de Caruaru (08°14'18" S, 35°55'20" O e altitude de 537 m), pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, localizada no agreste Pernambucano. As temperaturas mínima e máxima são de 11 e 38 °C, respectivamente. A precipitação média anual é de 694 mm, com estação chuvosa de março a agosto (SANTOS et al., 2016). Os dados de precipitação mensal correspondente ao período experimental são mostrados na Figura 1, com um total de 902,6 mm.

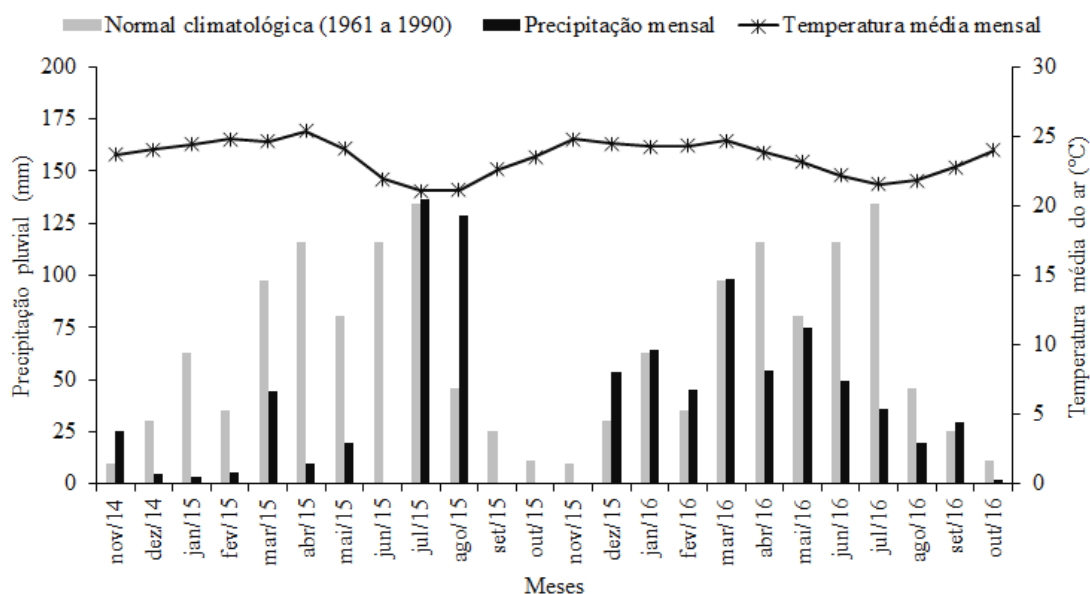


Figura 1. Precipitação pluvial mensal (mm) na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco, em Caruaru, no período de novembro de 2014 a outubro de 2016. Fonte: APAC (2017).

O solo da área experimental é classificado como NEOSSOLO regolítico (EMBRAPA, 2013). A caracterização química da amostra do solo, coletada a 20 cm de

profundidade no início do experimento, apresentou $\text{pH (H}_2\text{O)} = 4,7$; $\text{Ca}^{2+} = 1,85 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg}^{2+} = 0,42 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, $\text{K}^+ = 0,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Na}^+ = 0,07 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Al}^{3+} = 0,27 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{P} = 19,5 \text{ mg dm}^{-3}$ e matéria orgânica = $16,5 \text{ g kg}^{-1}$.

Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos experimentais foram casualizados em blocos, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. A parcela principal consistiu de consórcios de leucena ou glicírdia com palma IPA-Sertânia, e mediu 30 x 16 m; as subparcelas foram formadas pela aplicação de diferentes fontes de esterco (bovino, ovino, caprino e cama de frango) e ocuparam faixas de 30 x 4 m (Figura 2).

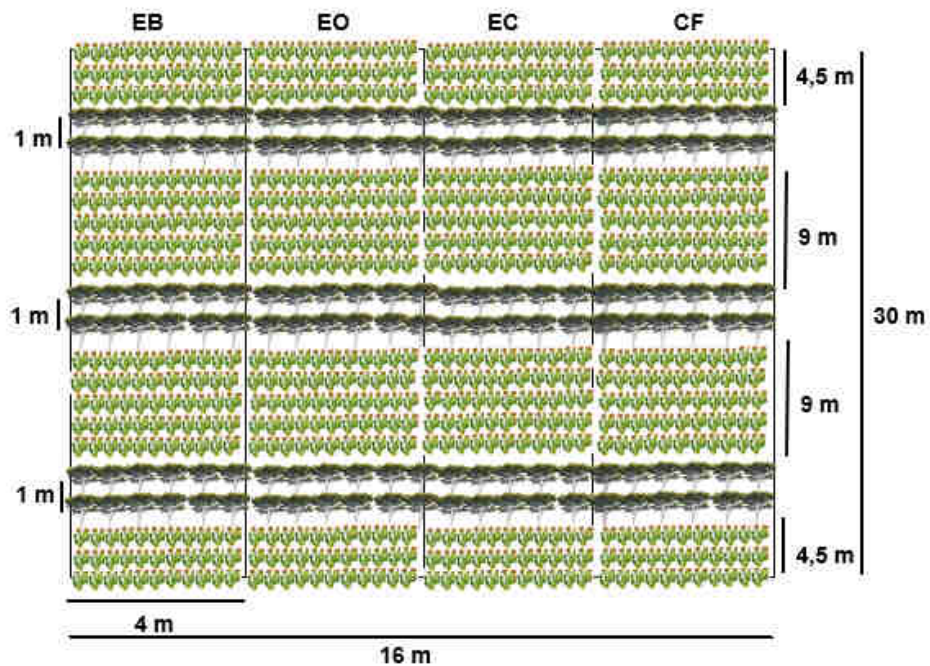


Figura 2. Esquematização da parcela principal (consórcios) e subparcelas (fontes de esterco) do delineamento experimental, em Caruaru, PE. EB = esterco bovino; EC = esterco caprino; CF = cama de frango e EO = esterco ovino.

Estabelecimento e manejo experimental

A palma IPA-Sertânia foi estabelecida em março de 2011, no espaçamento de 1 m x 0,25 m. As sementes de glicírdia e leucena, provenientes dos municípios de Taperoá, PB, e Arcoverde, PE, respectivamente, foram submetidas a tratamento com ácido sulfúrico concentrado (98%) por um minuto para quebra da dormência. Aproximadamente, 15 dias após a germinação, as mudas foram inoculadas com estirpes

de *Bradyrhizobium* sp. e transplantadas para a área experimental em agosto do mesmo ano, sendo dispostas em três filas duplas por parcela, no espaçamento de 9 m entre o par de filas duplas, 1 m entre cada fila do par e 0,5 m entre plantas da mesma fila.

Após o estabelecimento, a palma foi adubada em fevereiro de 2012 com as diferentes fontes de esterco, e colhidas em setembro do mesmo ano, preservando-se os cladódios primários. Uma segunda adubação foi realizada em fevereiro de 2013, e a segunda colheita em setembro do mesmo ano, preservando-se o cladódio-mãe. Por ocasião da colheita da palma em 2013, duas plantas de leguminosa por subparcela foram cortadas rente ao solo para avaliações da fração forrageira (folha e hastes < 5 mm de diâmetro) e material lenhoso (SARAIVA, 2014).

Em março de 2014 foi realizado um corte de uniformização da palma, na qual os artículos primários foram preservados. Em seguida foi realizada a adubação com os esterco, em março de 2015. As adubações foram realizadas tendo como base o teor de nitrogênio (N), atendendo a recomendação de 200 kg ha⁻¹ de N e corrigindo-se os teores de matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO) do esterco. A distribuição dos esterco foi feita em toda área experimental entre as linhas da palma, exceto dentro das filas duplas das leguminosas. O esterco caprino foi proveniente da estação experimental do IPA de Sertânia, PE, o esterco ovino de criadores da zona rural de Caruaru, PE, a cama de frango foi obtida na cidade de Bonito-PE e o esterco bovino foi obtido da própria estação experimental de Caruaru. A composição química dos esterco está representada na Tabela 1.

Tabela 1. Teores de matéria seca (MS), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) de cada fonte de esterco, em março de 2015

| Esterco | MS | N | P | K |
|----------------|-----------|--------------------------------|------|------|
| | ----%---- | ----- g kg ⁻¹ ----- | | |
| Bovino | 96,7 | 15 | 4,9 | 14,9 |
| Ovino | 94,8 | 15 | 6,3 | 10,1 |
| Caprino | 98,4 | 18 | 5,0 | 11,1 |
| Cama de frango | 98,5 | 25 | 10,6 | 18,5 |

As quantidades de esterco aplicadas em cada subparcela foram calculadas com base na recomendação de 200 kg ha⁻¹ de N, corrigindo-se os teores para MS de cada esterco.

As coletas de serapilheira foram realizadas mensalmente e tiveram início em novembro de 2014, quando as plantas apresentavam em média de 2 a 3 m de altura, sendo realizadas até outubro de 2016. Foram utilizadas caixas coletoras de 0,25 m² (0,50

x 050 m), 0,15 m de profundidade, constituídas de vergalhão de ferro e tela de náilon com malha de 1 mm, para possibilitar a drenagem da água das chuvas (Figura 3A). As caixas coletoras foram alocadas a altura de 0,20 m do solo e entre as filas duplas das leguminosas, sendo seis unidades em cada subparcela (Figura 3B).

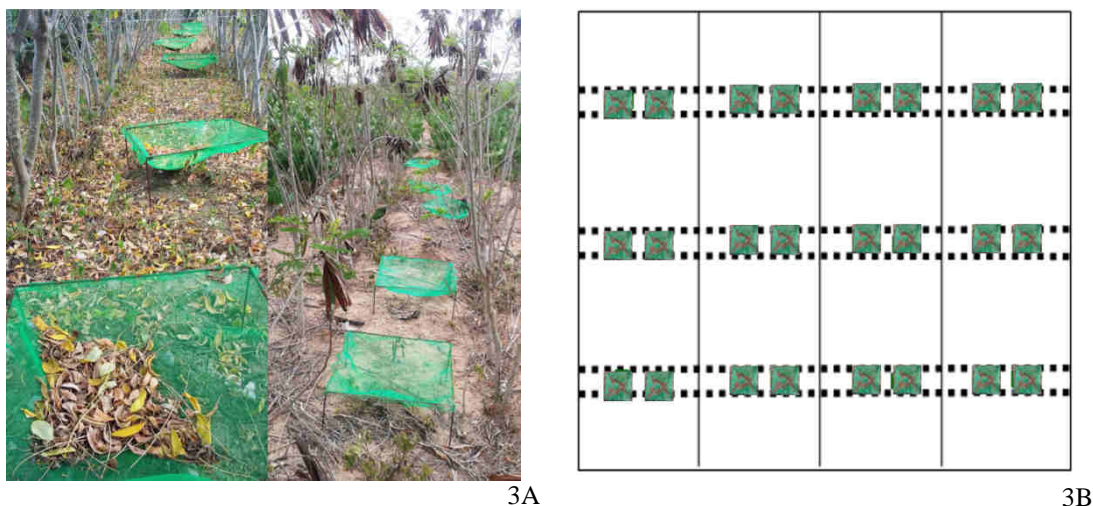


Figura 3. Distribuição dos coletores de serapilheira nas filas duplas das leguminosas.

Todo material depositado nos coletores foi recolhido, ensacado, identificado e pré-seco em estufa de circulação forçada de ar, a 55 °C, por 72 h. A partir da sétima avaliação (maio/2015), após a secagem, o material foi separado manualmente nas frações folhas, ramos, estruturas reprodutivas (flores, frutos e sementes) e miscelânea (material vegetal de outras espécies e material de origem animal), sendo esta última descartada. As frações foram pesadas em balança analítica, com precisão de quatro casas decimais. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas e moídas a 1 mm (20 mesh) em moinho tipo Willey para determinação do teor de matéria seca (MS), segundo Silva e Queiroz (2009), e posterior estimativa da deposição de serapilheira em kg ha^{-1} de MS.

Os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e carbono (C) foram analisados em 12 avaliações (alternadas), dentre as 24 avaliações realizadas. Os teores de N e C foram obtidos por combustão a seco pelo método de Dumas (Vario Micro Cube, Elementar, Hanau, Alemanha) no laboratório da University of Florida. Em extratos obtidos pela digestão nítrico-perclórica, o P foi determinado por colorimetria e o K, por espectrofotometria de absorção atômica (BEZERRA NETO; BARRETO,

2004) no Centro de Apoio à Pesquisa (CENAPESQ), da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

No final do período de avaliação da deposição da serapilheira (outubro/2016), amostras de solo foram retiradas na camada de 0-20 cm de profundidade, em três pontos distantes das filas duplas das leguminosas: distância 0 (no meio das filas); a 2,5 e a 4,5 m de distância das filas duplas das leguminosas. Em cada distância foram coletadas três amostras de solo, as quais formaram uma amostra composta por distância das filas e por subparcela. O solo amostrado foi analisado no Laboratório de Análises de Solos da Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (UFRPE), conforme metodologia da EMBRAPA (1997).

Análises estatísticas

As análises de variância foram conduzidas utilizando o Proc-mixed do SAS (SAS, 1999). Foram considerados como efeitos fixos as leguminosas, fontes de esterco e avaliações. Os blocos e os anos foram analisados como efeitos aleatórios. Avaliações foram analisadas como medida repetida no tempo. Para a análise das frações da serapilheira, o ano não foi considerado como efeito aleatório, pois a separação das frações somente teve início a partir da sétima avaliação, conforme mencionado. Quando o teste F foi significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade e as distâncias de coletas do solo foram submetidas à análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Deposição de serapilheira

Houve interação significativa ($P < 0,05$) entre leguminosas e as avaliações para deposição de serapilheira (Figura 4). As duas leguminosas apresentaram sazonalidade para esta variável, com as menores deposições em março (141 kg ha^{-1} de MS) para a gliricídia e outubro (106 kg ha^{-1} de MS), para a leucena.

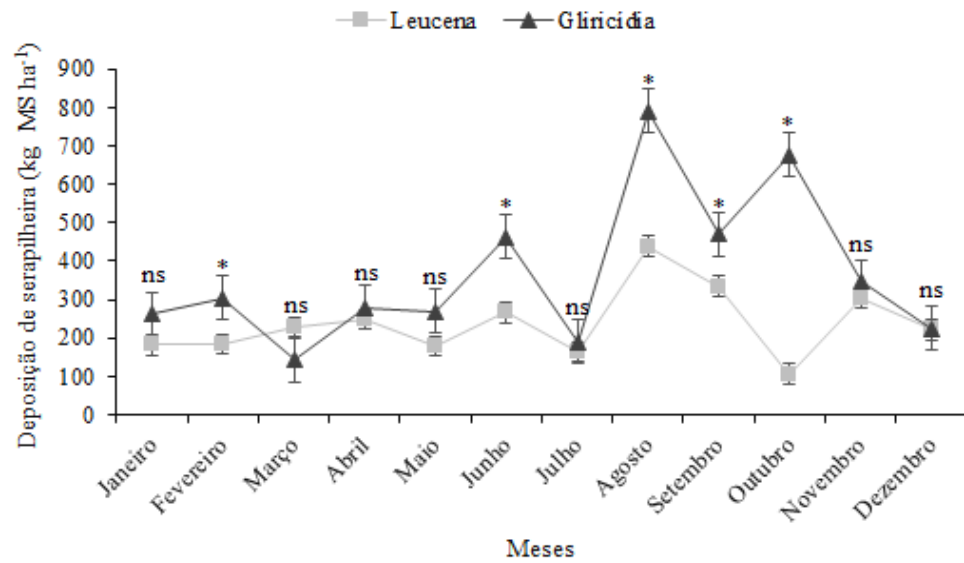


Figura 4. Deposição de serapilheira (kg ha⁻¹ de MS) de leucena e glicídia, de novembro de 2014 a outubro de 2016, em Caruaru, PE. Dados médios de dois anos de avaliação. * indica diferença significativa entre tratamentos na respectiva data de avaliação (P<0,05) segundo o PDIFF ajustado para Tukey.

Para ambas as espécies, o pico de deposição (439 kg ha⁻¹ de MS para a leucena e 790 kg ha⁻¹ de MS para a glicídia) ocorreu em agosto (P<0,05), que coincidiu com o final do período chuvoso. Este resultado pode ter ocorrido em função de condições ambientais mais favoráveis à renovação das folhas, como maior precipitação e umidade relativa, como observado por Vendrami et al. (2012), em fragmentos florestais do planalto Atlântico, em SP. Andrade et al. (2008) também registraram maior deposição no final da estação chuvosa e início da estação seca, em uma área de Caatinga no Sertão paraibano.

A deposição de serapilheira da glicídia foi superior (P<0,05) à da leucena em fevereiro, junho, agosto, setembro e outubro, certamente devido à maior produção de biomassa aérea da glicídia, visto que esta espécie apresenta copa mais densa e folíolos de peso e dimensões maiores do que os da leucena, a qual possui uma copa mais rala (BARRETO; FERNANDES, 2001), contribuindo, dessa forma, para uma maior deposição de material vegetal senescente. Bertalot et al. (2004), avaliando leguminosas arbóreas na região de Botucatu-SP, também observaram baixa deposição de serapilheira em espécies de leucena com dois anos de idade. Entretanto, os autores atribuíram este resultado ao menor desenvolvimento vegetativo destas espécies quando comparadas à *Acacia* (*Acacia melanoxylon* R. Brown) e *Bracatinga* (*Mimosa scabrella* Benth). Já

nas avaliações de setembro e outubro, os maiores valores da deposição da gliricídia foram atribuídos, quase que na sua totalidade, à deposição de estruturas reprodutivas (Figura 5C).

A deposição total média anual de serapilheira da gliricídia foi de $4,3 \text{ t ha}^{-1}$ de ano^{-1} de MS, sendo 53,5% maior que a deposição de leucena, que foi de $2,8 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de MS. Os resultados obtidos para a deposição de gliricídia foram inferiores aos encontrados por Apolinário et al (2016), que em sistemas silvipastoris na Zona da Mata Pernambucana, encontraram deposição média de $5,2 \text{ t ha}^{-1}$ de MS. Entretanto, este trabalho foi realizado com árvores com quatro anos de idade e em uma região na qual os índices pluviométricos são maiores.

Componentes da serapilheira

Foi observada interação significativa ($P < 0,05$) entre leguminosas e ciclos de avaliação para a deposição das frações folhas, ramos e estruturas reprodutivas da serapilheira (Figura 5A, 5B e 5C).

A deposição das folhas seguiu o mesmo padrão da deposição total, com maior valor ocorrendo em agosto de 2015, para as duas espécies (Figura 5A). A gliricídia, no entanto, apresentou comportamento mais variável ao longo das avaliações, voltando a apresentar um segundo pico de deposição logo após o final do período chuvoso do segundo ano (junho/2016), enquanto que a leucena manteve-se estável, com pouca variação, durante o período avaliado.

A deposição de folhas da gliricídia foi superior ($P < 0,05$) à da leucena na maior parte das avaliações, com deposição de $3,9 \text{ t ha}^{-1}$ de MS para a gliricídia e $2,1 \text{ t ha}^{-1}$ de MS para a leucena, considerando as 18 últimas avaliações. Possivelmente, em algum momento, a deposição de serapilheira da leucena tenha sido subestimada em função da sua perda pelo vento, uma vez que os folíolos da leucena são menores e menos pesados que os da gliricídia.

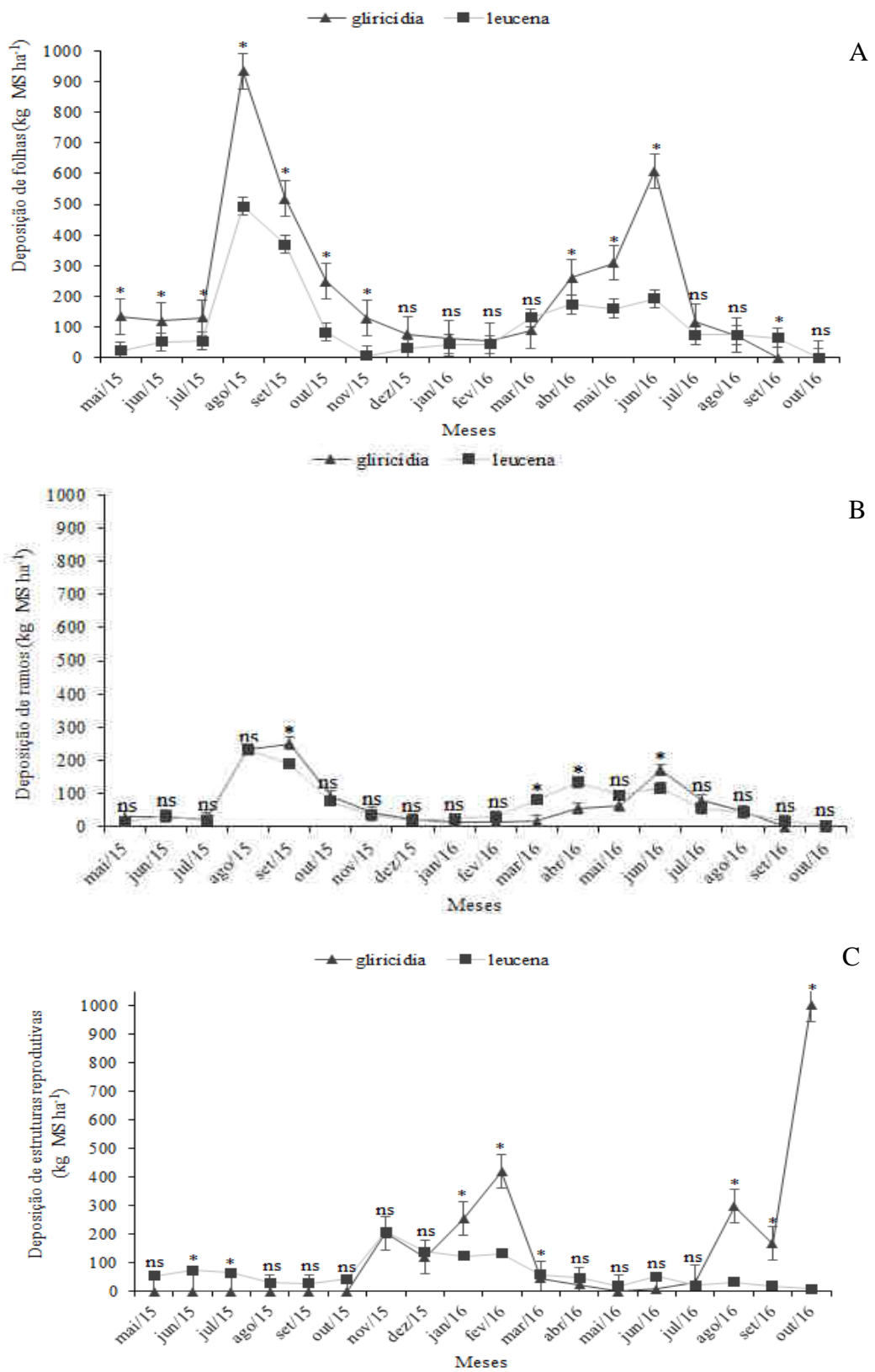


Figura 5. Deposição de matéria seca mensal de folhas (A), ramos (B) e estruturas reprodutivas (C) da serapilheira de leucena e gliricídia, em Caruaru, PE. *indica diferença significativa entre tratamentos na respectiva data de avaliação ($P < 0,05$) segundo o PDIF ajustado para Tukey.

Em observações *in loco* verificou-se que, mesmo nos períodos mais secos, a gliricídia manteve parte das folhas na sua biomassa aérea, enquanto que a leucena se apresentava desfolhada quase que totalmente. Mesmo a leucena tendo essa característica caducifólia mais marcante, ainda assim, a gliricídia superou a deposição de folhas da leucena, nestes meses mais secos. Com isso, pode-se inferir que a gliricídia produz maior quantidade de biomassa que a leucena, contribuindo com o maior aporte de matéria orgânica ao solo. Barreto e Fernandes (2001), avaliando a produção de biomassa aérea de gliricídia e leucena em cultivos em alameda em Sergipe, verificaram que a produtividade média anual de matéria seca da parte aérea de plantas de gliricídia, após quatro anos de cultivo, foi superior à das plantas de leucena, em três anos.

Segundo Alonso et al. (2015), as plantas caducifólias e semicaducifólias perdem as folhas para minimizar a perda de água por evapotranspiração durante os meses mais secos do ano, sendo comum esse comportamento em regiões com longo período de estiagem, podendo a queda de folhas ocorrer durante o período seco e outras já no final da estação chuvosa (JUSTINIANO; FREDERICKSEN, 2000), como observado no presente estudo.

O padrão de deposição de ramos (Figura 5B) foi semelhante ao que ocorreu com a fração folha, com os maiores valores de deposição ocorrendo em agosto, para a leucena e setembro, para a gliricídia. As menores deposições ocorreram em setembro e outubro de 2016 para leucena e gliricídia, respectivamente.

Já a deposição das estruturas reprodutivas (Figura 5C), que inclui vagens, sementes e flores, apresentou comportamento diferenciado quando comparada às folhas e ramos. Para a gliricídia, a maior deposição ocorreu em outubro de 2016 (1003 kg ha^{-1} de MS), sendo composta em sua maioria por flores, e no período de maio a setembro de 2015 e em maio de 2016, não houve deposição dessas estruturas. Drumond e Carvalho Filho (1999) também observaram que o florescimento e frutificação da gliricídia, na região semiárida, geralmente ocorrem no período seco do ano (de agosto a novembro), quando as árvores estão parcialmente sem folhas, com a primeira floração ocorrendo a partir do terceiro ano de idade.

Por outro lado, a leucena manteve a deposição de estruturas reprodutivas ininterrupta durante todo o período experimental, com os maiores valores ocorrendo em novembro de 2015 (208 kg ha^{-1} de MS) e os menores em outubro de 2016. Lorenzi et al.

(2003) afirmam que é comum a floração da leucena o ano todo, principalmente entre os meses de setembro a novembro.

A maior frutificação dessas espécies nos meses mais secos é um mecanismo para reduzir a mortalidade das plantas por meio da dispersão de sementes (VAN SCHAIK et al., 1993). No entanto, segundo Lopes et al. (2009), o padrão de deposição de frutificações parece ser mais determinado pela espécie do que pelas condições ambientais, estando relacionado, principalmente, a eventos fisiológicos e bioquímicos que conduzem à floração em períodos secos e chuvosos, para as diferentes espécies de ocorrência na Caatinga (HOLANDA et al., 2017). Estes resultados demonstram não só a importância da deposição desses resíduos orgânicos para os processos naturais de ciclagem de nutrientes no sistema planta-solo, mas também para a conservação e manutenção natural destas espécies.

Independente da leguminosa, a fração folha foi a que mais contribuiu para a deposição total de serapilheira, seguida de estruturas reprodutivas e ramos (Tabela 2). Holanda et al. (2017) avaliando deposição de serapilheira em área de Caatinga em Pombal, PB, também relataram a mesma ordem de contribuição das frações na serapilheira.

Tabela 2. Proporção das frações folhas, ramos e estruturas reprodutivas da serapilheira de leucena e gliricídia, em Caruaru, PE

| | Folhas (%) | Ramos (%) | Estruturas reprodutivas (%) |
|-------------|------------|-----------|-----------------------------|
| Gliricídia | 52,5 A | 15,7 B | 31,8 A |
| Leucena | 36,9 B | 26,7 A | 36,4 A |
| Erro padrão | 1,5 | 0,9 | 1,0 |

Letras semelhantes, maiúsculas nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Média de 18 coletas de serapilheira.

A proporção de folhas da gliricídia foi superior ($P < 0,05$) à da leucena. Já a proporção da fração ramos da leucena foi maior ($P < 0,05$), uma vez que as folhas de leucena são formadas por numerosos folíolos que se desprendem facilmente dos pecíolos, contribuindo para a maior proporção dessa fração quando comparada à gliricídia. Para estruturas reprodutivas, não houve diferença significativa entre as espécies.

Teores de macronutrientes e relação C:N da serapilheira

Verificou-se interação significativa ($P < 0,05$) entre leguminosas e avaliações para os teores de N (Figura 6) e K (Figura 7), com os maiores valores obtidos na leucena em todos os ciclos de avaliação, exceto em dezembro para os teores de K.

O menor ($P < 0,05$) teor de N na serapilheira ocorreu em outubro (estação seca), para a gliricídia, o que pode estar relacionado à maior deposição de flores, nesta avaliação. Já para a leucena, os menores teores de N foram observados em agosto e outubro, provavelmente devido à menor deposição de estruturas reprodutivas. Segundo Lima e Evangelista (2001) o teor de proteína bruta na fração folhas + vagens é em torno de 21 a 23 %, enquanto que para as hastes finas situa-se entre 8 e 10 %. O teor médio de N na serapilheira foi de $32,9 \text{ g kg}^{-1}$ para a leucena e de $19,5 \text{ g kg}^{-1}$ para a gliricídia.

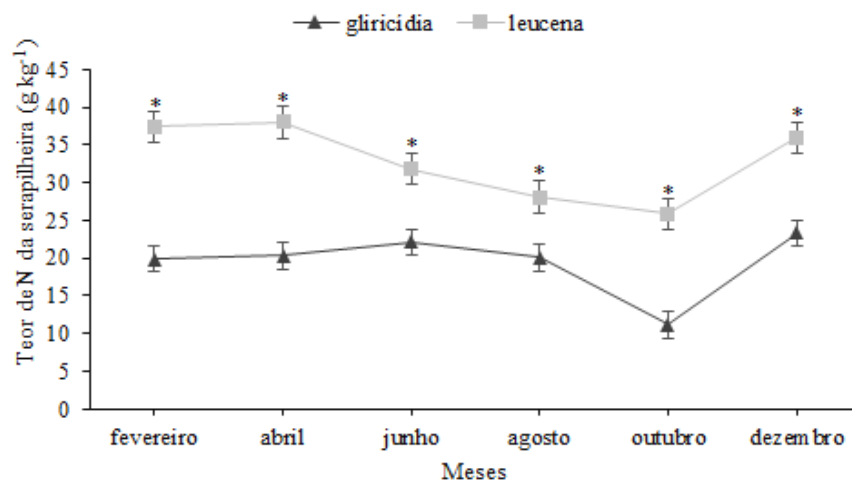


Figura 6. Teor de N da serapilheira de leucena e gliricídia, nos meses de coleta, em Caruaru, PE. Média de dois anos ($n = 12$ amostras). * indica diferença significativa entre tratamentos ($P < 0,05$) segundo o PDIFP ajustado para Tukey.

O teor médio de K na serapilheira de leucena e gliricídia foi de $10,0 \text{ g kg}^{-1}$ e $7,3 \text{ g kg}^{-1}$, nesta ordem (Figura 7). Os maiores valores de K foram observados nos meses mais secos do ano (outubro e dezembro), coincidindo com o período de maior deposição de estruturas reprodutivas, enquanto que os menores teores coincidiram com o período de maior precipitação (junho e agosto), para as duas espécies.

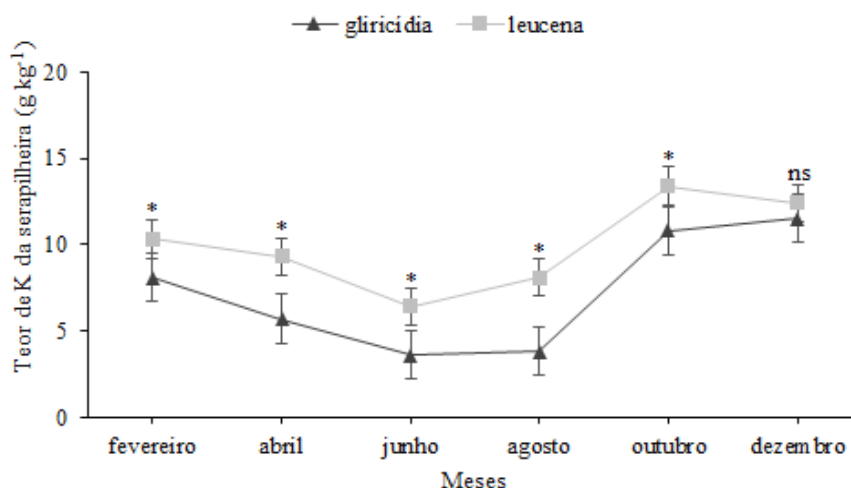


Figura 7. Teor de K da serapilheira de leucena e gliricídia, nos meses de coleta, em Caruaru, PE. Média de dois anos (n = 12 amostras). * indica diferença significativa entre tratamentos (P<0,05) segundo o PDIF ajustado para Tukey.

Estes resultados concordam com Espig et al. (2009) que, estudando um remanescente de Mata Atlântica na região metropolitana de Recife, observaram correlação negativa ($r = -0,781$; $P < 0,1$) entre a precipitação e teor de K da serapilheira que, segundo os autores, ocorreu pela lixiviação desse nutriente diretamente da superfície foliar.

Caldeira et al. (2008) afirmam que a variação no teor de nutrientes da serapilheira está relacionada com a mobilidade do elemento dentro da planta (ciclagem bioquímica) e com a sua participação como composto estrutural ou de moléculas orgânicas. Segundo Marschner (1997), o K não participa de compostos orgânicos, ocorrendo na forma solúvel ou adsorvido no conteúdo celular, o que o torna altamente susceptível a lixiviação. Em estudos realizados por Perez-Marin e Menezes (2008), avaliando a ciclagem de nutrientes via precipitação pluvial total, interna e escoamento pelo tronco em sistema agroflorestal com gliricídia, observaram altas concentrações de K na água que atravessou a cobertura vegetal e que escoou pelo tronco de gliricídia, sendo de quatro e seis vezes maiores do que na água de chuva. Os autores explicam que, apesar da alta concentração, o K tem baixa retenção no apoplasto, sendo facilmente lixiviado. Assim, os teores de K obtidos na serapilheira variam de acordo com a época de avaliação, uma vez que este nutriente possui relação negativa com a precipitação pluviométrica.

Para os teores de P, houve efeito (P<0,05) isolado da leguminosa e dos meses de avaliação, com teores maiores obtidos na serapilheira da leucena (Tabela 3). O maior

teor de P observado em agosto coincide com o mês de maior índice pluviométrico, provavelmente em função de condições favoráveis à decomposição da matéria orgânica e mineralização do P.

Tabela 3. Teores de P da serapilheira de leucena e gliricídia e nos meses de coleta, em Caruaru, PE

| Leguminosas | P (g kg ⁻¹) |
|------------------|-------------------------|
| Leucena | 2,07 A |
| Gliricídia | 1,55 B |
| Mês de avaliação | P (g kg ⁻¹) |
| Fevereiro | 1,55 B |
| Abril | 2,01 AB |
| Junho | 1,46 B |
| Agosto | 2,30 A |
| Outubro | 1,79 B |
| Dezembro | 1,75 B |
| Média | 1,8 |
| Erro padrão | 0,15 |

Letras semelhantes maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Média de dois anos (n = 12 amostras).

Além do teor de nutrientes da serapilheira, a relação C:N também influencia a sua qualidade, sendo considerada como um dos grandes indicadores da taxa de decomposição da serapilheira (HOLANDA et al., 2015). Neste trabalho, os valores da relação C:N da gliricídia foram superiores ($P < 0,05$) aos da leucena em todos os meses avaliados (Figura 8).

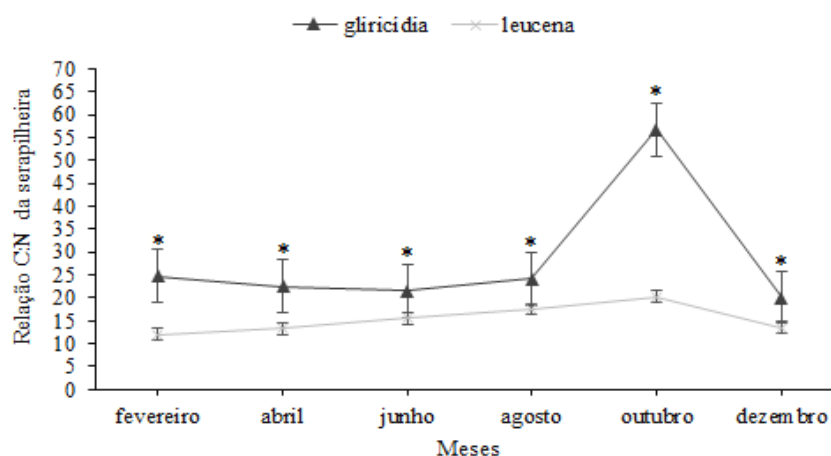


Figura 8. Relação C:N da serapilheira de leucena e gliricídia, nos meses de coleta, em Caruaru, PE. Média de dois anos (n = 12 amostras). * indica diferença significativa entre tratamentos ($P < 0,05$) segundo o PDIFF ajustado para Tukey.

Entretanto, com exceção da avaliação de outubro (567:1), a relação C:N da gliricídia variou de 20:1 a 25:1, sendo esses valores considerados dentro de uma faixa adequada (20:1-30:1) para as atividades microbianas, na qual há um equilíbrio entre a mineralização e imobilização do N (SELLE et al., 2007). Segundo este mesmo autor, quando a relação C:N é inferior à esta faixa, ou seja, quando há um excesso de N no resíduo, este será mineralizado pelos microorganismos e disponibilizado às plantas mais rapidamente.

Assim, pode-se dizer que, a princípio, a serapilheira da leucena tem maior taxa de decomposição e mineralização que a gliricídia, visto que a relação C:N foi relativamente menor, variando de 12:1 a 20:1. Porém, só a relação C:N não é capaz de determinar a taxa de decomposição, mas também a porcentagem de lignina, polifenóis, C, N, P e S, entre outros componentes da serapilheira (ANDRADE et al., 2003), sendo necessária a realização de outras análises.

Quanto ao maior ($P < 0,05$) valor da relação C:N da gliricídia obtida em outubro, pode-se dizer que este resultado ocorreu, provavelmente, em detrimento dos menores teores de N da serapilheira e da deposição apenas de estruturas reprodutivas (flores) neste mês, como mencionado anteriormente. Os valores da relação C:N obtida neste estudo estão próximos ao encontrado por Petit-Aldana et al. (2011), em plantios puros de leucena em Yucatán, México, e, inferior aos valores encontrados por Silva et al. (2013), que registraram médias de 44,6 para a gliricídia e de 49,0 para a leucena.

Aporte de nutrientes via serapilheira

O N foi o elemento depositado ao solo em maior quantidade, seguido do K e, por último, do P (Tabela 4), reforçando a ideia de que leguminosas arbóreas fixadoras de N podem incrementar a disponibilidade de N no sistema pela deposição de serapilheira.

Tabela 4. Deposição de N, P e K pela serapilheira de leucena e gliricídia, em Caruaru, PE

| | N | P | K |
|-------------|---|--------|--------|
| | ----- kg ha ⁻¹ mês ⁻¹ ----- | | |
| Gliricídia | 5,3 B | 0,43 A | 2,23 A |
| Leucena | 7,8 A | 0,50 A | 2,58 A |
| Erro padrão | 0,43 | 0,07 | 0,37 |

Letras semelhantes maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Média de dois anos (n = 12 amostras)

A deposição de N pela serapilheira da leucena foi superior ($P < 0,05$) à da gliricídia, não havendo diferenças significativas para a deposição de P e K. É possível que a deposição de estruturas reprodutivas, com composição rica em N, durante todo o período experimental, tenha contribuído, dessa forma, para o maior retorno deste nutriente ao solo pela serapilheira da leucena. Portanto, embora a leucena tenha depositado menor serapilheira na superfície do solo, a sua maior concentração de nutrientes contribuiu para o maior retorno de N ao solo.

Características químicas do solo

Houve efeito significativo isolado das distâncias de coleta das leguminosas para as características químicas de pH (_{água}), fósforo (P), sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação de bases (V), carbono (C) e matéria orgânica (MO) (Tabela 5). A análise de regressão foi significativa para efeito quadrático das variáveis pH, Ca^{2+} , K^+ , CTC, P e C, com valores mais altos obtidos a 2,5 m de distância das leguminosas, provavelmente devido a deposição de serapilheira proveniente das leguminosas.

Tabela 5. Caracterização química do solo coletado a três distâncias das filas duplas das leguminosas leucena e gliricídia, em Caruaru, PE

| Distâncias | pH _{água} | -----cmol _c /dm ³ ----- | | | | | SB | CTC | V | P | C |
|-------------------|--------------------|---|------------------|----------------|-----------------|------|------|------|-------|------|---|
| | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | | | | | | |
| 0 m | 5,53 | 2,34 | 1,30 | 0,44 | 0,07 | 4,16 | 6,77 | 61,2 | 58,7 | 1,09 | |
| 2,5 m | 5,98 | 3,44 | 1,53 | 0,58 | 0,21 | 5,78 | 8,34 | 68,4 | 175,8 | 1,33 | |
| 4,5 m | 5,92 | 3,34 | 1,84 | 1,26 | 0,36 | 6,82 | 9,02 | 74,7 | 128,3 | 1,38 | |
| Erro padrão | 0,09 | 0,18 | 0,16 | 0,04 | 0,05 | 0,28 | 0,26 | 1,26 | 16,3 | 0,05 | |
| Efeito linear | * | * | 0,02 | * | * | * | * | * | * | * | |
| Efeito quadrático | 0,0004 | 0,004 | 0,84 | * | 0,92 | 0,25 | 0,03 | 0,76 | * | 0,02 | |
| Pr > F | * | * | 0,068 | * | * | * | * | * | * | * | |

Características: Ca, cálcio; Mg, magnésio; K, potássio; Na, sódio; SB, soma de bases; CTC, capacidade de troca de cátions; V, saturação de bases; P, fósforo; C, carbono. * indica $P < 0,0001$.

O valor de pH (H_2O) obtido nas amostras de solo coletadas na fila da leguminosa foi menor que 5,7, sendo classificado como mediantemente ácido, enquanto que o pH obtido a 2,5 e 4,5 m de distância foi classificado como fracamente ácido. Estes valores indicam uma diminuição da acidez do solo à medida que se aumenta a distância das leguminosas, o que pode ser atribuído à deposição de serapilheira e à adubação com os esterco, uma vez que na fila das leguminosas não houve adubação.

Silva et al. (2013), em sistema silvopastoril com leguminosas arbóreas e braquiária, também observaram pH mais ácido na faixa das leguminosas (pH~5,0) do que nas faixas com braquiária (pH~5,3) a 2,5 e 5,0 m de distância das leguminosas. Segundo os autores, essa acidificação na faixa das leguminosas ocorreu devido à nitrificação e lixiviação do nitrato, possivelmente pela maior absorção de cátions que as gramíneas, liberando mais íons H^+ para a solução do solo, e pela menor absorção de nitrato devido a fixação simbiótica de N pelas leguminosas.

Foi verificado efeito ($P<0,05$) isolado das fontes de esterco sobre as características de pH, Ca^{2+} , K^+ , SB, V e C do solo (Tabela 6).

Tabela 6. Composição química do solo da área experimental adubado com diferentes fontes de esterco, em Caruaru, PE

| Estercos | pH _{água} | Ca^{2+} | Mg^{2+} | K^+ | Na^+ | SB | CTC | V | P | C |
|----------------|--------------------|-----------|-----------|--------|-----------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | | | | | | | | | | |
| Bovino | 5,68 B | 3,07A | 1,63 | 0,83 A | 0,21 | 5,74 A | 8,33 | 67,7 A | 113,9 | 1,35 A |
| Caprino | 5,93 A | 3,22 A | 1,82 | 0,72 A | 0,20 | 5,94 A | 8,23 | 70,8 A | 111,9 | 1,29A |
| Cama de Frango | 5,46 B | 2,53 B | 1,17 | 0,65 B | 0,26 | 4,61 B | 7,29 | 62,5 B | 121,1 | 1,12 B |
| Ovino | 5,83AB | 3,35 A | 1,63 | 0,86 A | 0,19 | 6,04 A | 8,31 | 71,4 A | 137,1 | 1,30 A |
| Erro padrão | 0,10 | 0,21 | 0,20 | 0,05 | 0,06 | 0,37 | 0,33 | 1,64 | 20,4 | 0,06 |
| Pr > F | 0,0029 | 0,032 | 0,173 | 0,009 | 0,51 9 | 0,025 | 0,056 | 0,004 | 0,737 | 0,008 |

Letras semelhantes maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Características: Ca, cálcio; Mg, magnésio; K, potássio; Na, sódio; SB, soma de bases; CTC, capacidade de troca de cátions; V, saturação de bases; P, fósforo; C, carbono.

Para todos os elementos analisados, os menores valores foram registrados nos tratamentos adubados com cama de frango, provavelmente devido à menor quantidade deste esterco aplicado ao solo e, provavelmente, em função do maior efeito residual dos outros esterços. Santos et al. (2010), em Neossolo Regolítico, avaliando sistemas de cultivo, com ou sem gliricídia, adubado com esterco ou gliricídia, observaram que os teores de P, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} do solo em ambos os sistemas foram mais elevados nas parcelas adubadas com esterco, indicando o maior efeito residual dessa fonte de adubo.

Quanto aos teores de K, houve efeito ($P<0,05$) da interação entre distâncias de coleta das leguminosas e fontes de esterco (Tabela 7).

Tabela 7. Teores de K⁺ trocável no solo em função das distâncias de amostragem e da fonte de esterco aplicado, em Caruaru, PE

| Distâncias | EB | EC | CF | EO |
|-------------------|------------------------------------|--------|--------|--------|
| | cmol _c /dm ³ | | | |
| 0 m | 0,55 a | 0,38 a | 0,46 a | 0,39 a |
| 2,5 m | 0,64 a | 0,59 a | 0,55 a | 0,56 a |
| 4,5 m | 1,29 b | 1,18 b | 0,96 c | 1,62 a |
| Erro padrão | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Efeito linear | * | * | 0,0005 | * |
| Efeito quadrático | 0,0057 | 0,0179 | 0,1344 | * |

Letras semelhantes minúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EB = esterco bovino; EC = esterco caprino; CF = cama de frango e EO = esterco ovino. * indica P < 0,0001.

Para as fontes de esterco bovino, caprino e ovino, a análise de regressão foi significativa para efeito quadrático, indicando um aumento dos valores com o aumento das distâncias de coleta das leguminosas. A 4,5 m de distância das leguminosas, o maior teor de K no solo foi obtido com a aplicação do esterco ovino, o qual foi aplicado em quantidades maiores, e conseqüentemente, adicionou mais nutrientes do que a cama de frango, que influenciou no menor valor obtido.

CONCLUSÕES

A deposição de serapilheira por leguminosas arbóreas em cultivos de palma forrageira contribui com elevadas quantidades de matéria orgânica e nutrientes ao solo.

A gliricídia deposita mais serapilheira que a leucena. Contudo, a deposição de N ao solo é maior com a leucena, a qual também contribui com serapilheira de menor relação C:N que a gliricídia.

Os esterco utilizados na adubação não influenciam a deposição de serapilheira, mas exercem efeitos sobre as características químicas do solo, que foram melhores a 2,5 e 4,5 m de distância das leguminosas do que dentro das filas duplas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APAC AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. Sistema de geoinformação hidrometeorológico de Pernambuco. 2016. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/>>. Acesso em: 25 de agosto de 2017.

ALONSO, J. M.; LELES, P. S. dos S.; FERREIRA, L. do N.; OLIVEIRA, N. da S. A. Aporte de serapilheira em plantio de recomposição florestal em diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 1-11, 2015.

ANDRADE, A.G.; TAVARES, S.R.L.; COUTINHO, H.L.C. Contribuição da serapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. **Informe Agropecuário**, v. 24, n. 220, p. 55-63, 2003.

ANDRADE, R. L. de; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; BEZERRA, D. M. Deposição de serrapilheira em área de caatinga na Rppn "Fazenda Tamanduá", Santa Terezinha – PB, **Revista Caatinga**, v. 21, n. 2, p. 223-230, 2008.

APOLINÁRIO, V. X. de O.; DUBEUX JR., J. C. B.; LIRA, M. de A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; AMORIM, S. O. de; SILVA, N. G. de M.; MUIR, J. P. Arboreal Legume Litter Nutrient Contribution to a Tropical Silvopasture. **Agronomy Journal**, v. 108, Issue 6, p. 2478-2484, 2016.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Cultivo de *Gliricídia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 36, n. 10, p. 1287-1293, 2001.

BERTALOT, M. J. A.; GUERRINI, I. A.; MENDOZA, E.; DUBOZ, E.; BARREIROS, R. M.; CORRÊA, F. M. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira de quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu-SP. **Scientia Forestalis**, v. 65, p. 219-227, 2004.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L.P. **Métodos de Análises Químicas em Plantas**. Recife, UFRPE, Imprensa Universitária., 165p. 2004.

CALDEIRA, M. V. W.; MARQUES, R.; SOARES, R. V.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes: floresta Ombrófila Mista Montana, Paraná. **Revista Acadêmica**, v. 5, n. 2, p. 101-116, 2007.

CALDEIRA, M. V. W.; VITORINO, M. D.; SCHAADT, S. S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 1, p. 53-68, 2008.

CUNHA NETO, F. V.; LELES, P. S. S.; PEREIRA, M. G.; BELLUMATH, V. G. H.; ALONSO, J. M. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 379-387, 2013.

DRUMOND, M. A.; CARVALHO FILHO, O. M. de. Introdução e avaliação da *Gliricídia sepium* na região semi-árida do Nordeste brasileiro. In: QUEIROZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p. (Série Documentos, 1)

EMBRAPA. Sistemas brasileiros de classificação dos solos. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA-SPI, p. 353, 2013.

ESPIG, S. A.; FREIRE, F. J.; MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, M. B. G. dos S.; ESPIG, D. B. Sazonalidade, composição e aporte de nutrientes da serapilheira em fragmento de mata atlântica. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 949-956, 2009.

FROTA, M.N.L. da; CARNEIRO, M.S. de S.; CARVALHO, G.M.C.; ARAÚJO NETO, R. B. de. Palma Forrageira na Alimentação Animal. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 47p. 2015 (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 233).

GALVÃO, S. R. da S.; SALCEDO, I. H.; OLIVEIRA, F. F. de. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, n. 1, p. 99-105, 2008.

HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C.; FREIRE, F. J.; HOLANDA, E. M. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de caatinga na Paraíba. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 245-254, 2015.

HOLANDA, A. C. de; FELICIANO, A. L. P.; FREIRE, F. J.; SOUSA, F. Q. de; FREIRE, S. R. de O.; ALVES, A. R. Aporte de serapilheira e nutrientes em uma área de caatinga. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 621-633, 2017.

JUSTINIANO, M. J.; FREDERICKSEN, T. S. Phenology of tree species in Bolivian dry forests. **Biotropica**, v. 32, n. 2, p. 276-281, 2000.

LOPES, J. F. B.; ANDRADE, E. M. de; LOBATO, F. A. de O.; PALÁCIO, H. A. de Q.; ARRAES, F. D. D. Deposição e decomposição de serapilheira em área da Caatinga. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 3, n. 2, p. 72-79, 2009.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; TORRES, M.A.V.; BACHER, L.B. 2003. Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa, Editora Plantarum, p. 384

LIMA, J. A.; EVANGELISTA, A. R. LEUCENA (*Leucaena leucocephala*). LAVRAS - MG: UFLA, 2001 (TÉCNICO-CIENTÍFICO).

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic, 1997.

MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. da. Mudanças na fertilidade de um Neossolo Regolítico após seis anos de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 251–257, 2008.

PEREZ-MARIN, A. M.; MENEZES, R. S. C. Ciclagem de nutrientes via precipitação pluvial total, interna e escoamento pelo tronco em sistema agroflorestal com *Gliricidia sepium*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2573-2579, 2008.

PETIT-ALDANA, J.; CASANOVA-LUGO, F.; SOLORIO-SÁNCHEZ, J.; RAMÍREZ-AVILÉS, L. Producción y calidad de hojarasca en bancos de forraje puros y mixtos en Yucatán, México. **Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente**, v. 17, n. 1, p. 165-178, 2011.

SANTOS, A.F.; MENEZES, R.S.C.; FRAGA, V.S.; PÉREZ-MARIN, A.M. Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.1267-1272, 2010.

SANTOS, D. M. dos; SANTOS, J. M. F. F. dos; SILVA, K. A. da; ARAÚJO, V. K. R. de; Araújo, E. de L. Composition, species richness, and density of the germinable seed bank over 4 years in young and mature forests in Brazilian semiarid regions. **Journal of Arid Environments**, v. 129, p. 93-101, 2016.

SARAIVA, F. M. Desenvolvimento e acúmulo de nutrientes de palma forrageira (*Nopalea*) em diferentes sistemas de cultivo. 2014. 73f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

SAS. Inst. Inc. SAS statistics user's guide. Release version 6. **SAS Ins. Inc., Cary, NC**. 1999.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Biosci. J.**, v. 23, n. 4, p. 29-39, 2007.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa: UFV, 2009. 235p.

SILVA, A. B.; LIRA JUNIOR, M. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; FIGUEIREDO, M. do V. B.; VICENTIN, R. P. Estoque de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 502-511, 2013.

VAN SCHAIK, C. P.; TERBORGH, J. W.; WRIGHT, S. J. The phenology of tropical forest: adaptative significance and consequences of consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, p. 353-377, 1993.

VENDRAMI, J. L.; JURINITZ, C. F.; CASTANHO, C. T., LORENZO, L.; OLIVEIRA, A. A. Litterfall and leaf decomposition in forest fragments under different successional phases on the Atlantic Plateau of the state of Sao Paulo, Brazil. **Biota Neotropica**, v.12, n. 3, 2012.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

A introdução de leucena e gliricídia em cultivos da palma IPA-Sertânia, juntamente com a aplicação dos esterco, é uma alternativa relevante para os sistemas de produção da região semiárida, tendo em vista o incremento de níveis consideráveis de matéria orgânica e nutrientes ao solo e deposição de serapilheira com relação C:N baixa. Tais melhorias implicam na manutenção da fertilidade do solo, na produtividade da palma e na sustentabilidade desses sistemas.