

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENERGIA NUCLEAR

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS
ENERGÉTICAS E NUCLEARES

**QUALIDADE E DECOMPOSIÇÃO DE MATERIAIS
ORGÂNICOS PRESENTES EM PROPRIEDADES RURAIS DO
SEMI-ÁRIDO**

ROMILDO NICOLAU ALVES

**RECIFE – PERNAMBUCO- BRASIL
JULHO/2009**

**QUALIDADE E DECOMPOSIÇÃO DE MATERIAIS
ORGÂNICOS PRESENTES EM PROPRIEDADES RURAIS DO
SEMI-ÁRIDO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares – PROTEN, do Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos Para obtenção do título de Doutor em Tecnologias Energéticas e Nucleares na Área de Aplicação de Radioisótopos/Fertilidade do solo.

ORIENTADOR: PROF. Dr. RÔMULO SIMÕES CEZAR MENEZES

CO-ORIENTADOR: PROF. Dr. IGNACIO HERNAN SALCEDO

RECIFE – PERNAMBUCO- BRASIL

JULHO/2009

A474q

Alves, Romildo Nicolau.

Qualidade e decomposição de materiais orgânicos presentes em propriedades rurais do semi-árido / Romildo Nicolau Alves. - Recife: O Autor, 2009.

58 folhas., il., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, 2009.

Inclui Referências.

1. Energia Nuclear. 2. Matéria Orgânica. 3. Polifenóis. 4. Lignina. I. Título.

621.4837 CDD (22. Ed.)

UFPE

BCTG/2009-203

QUALIDADE E DECOMPOSIÇÃO DE MATERIAIS ÔRGANICOS PRESENTES EM PROPRIEDADES RURAIS DO SEMI-ÁRIDO

Romildo Nicolau Alves

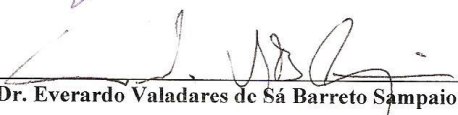
APROVADO EM: 14.07.2009

ORIENTADOR: Prof. Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes

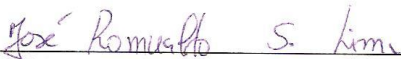
CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Ignácio Hernan Salcedo

COMISSÃO EXAMINADORA:


Prof. Dr. Rômulo Simões Cezar Menezes – DEN/UFPE


Prof. Dr. Everardo Valadares de Sá Barreto Sampaio – DEN/UFPE


Profa. Dra. Ana Dolores Santiago de Freitas – DA/UFRPE


Prof. Dr. José Romualdo de Sousa Lima – UAG/UFRPE


Prof. Dr. Tácio Oliveira da Silva – DEA/UFSE

Visto e permitida a impressão


Coordenador do PROTEN/DEN/UFPE

Ao meu sogro Ivanildo “*in memorian*”.
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a UFPE e a Capes pela concessão da bolsa, sem a qual não teria concluído este curso.

Agradeço a minha esposa Ana pela paciência, companheirismo e compreensão.

Agradeço aos meus pais pelo o apoio e por sempre agredirem em mim.

Agradeço ao professor Rômulo Menezes pelos ensinamentos e pela oportunidade.

Agradeço aos professores Salcedo e Everardo Sampaio pelos ensinamentos.

Agradeço aos amigos Fábio, Aldrin, Júlio, Dário e Valdemir pelo companheirismo e momentos de descontração, aos quais desejo tudo de bom.

Agradeço aos colegas de curso e laboratório Patrícia, Priscila, Emanuel, Tiago, Sandra Galvão, Jackson, Laerte, Marlon, Rafael, Elber, Natália, Patrícia Cabral, Geraldo, Freds pelo o convívio salutar.

Agradeço ao Gilberto, Claudenice e Pedro pelas ajudas durante o desenvolvimento deste trabalho.

E por fim, agradeço a todos os funcionários (em especial, Magali) que me ajudaram durante a minha passagem neste Departamento.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas e Figuras.....	
Resumo	
Abstract	
Introdução	1
Referências bibliográficas.....	4
 Capítulo 1: Relação entre qualidade e liberação de N por plantas do Semi-Árido usadas como adubo verde.....	6
Introdução	8
Material e Métodos.....	9
Resultados e Discussão	13
Conclusões.	20
Referências bibliográficas.	21
 Capítulo 2: Influência da qualidade e do tamanho de partículas de materiais vegetais sobre a mineralização de n em ensaios de incubação de solo	24
Introdução	26
Material e Métodos.....	27
Resultados e Discussão	30
Conclusões	35
Referencias bibliográficas.	36
 Capítulo 3: Disponibilidade de N e de água no solo e produtividade do milho após aplicação em superfície ou incorporação de materiais orgânicos de diferentes qualidades.....	38
Introdução	40
Material e Métodos.....	41
Resultados e Discussão	45
Conclusões	54
Referências bibliográficas.	54
 Considerações finais.....	54

Lista de Tabelas e Figuras

Capítulo 1

Tabelas

N	Título	
1	Espécies vegetais da região semi-árida do Brasil, utilizadas no estudo	10
2	Caracterização química dos materiais vegetais utilizados no estudo	11
3	Coeficientes de correlação (R) entre N mineralizado aos 3 e aos 28 dias após a aplicação dos materiais ao solo e as variáveis de qualidade dos materiais vegetais	14
4	Autovalores e proporção da variância total explicada pelos dois componentes principais originados das sete variáveis referentes à qualidade dos materiais vegetais	15
5	Autovetores associados às variáveis de qualidade dos materiais vegetais durante a definição dos componentes principais	15
6	Agrupamento dos materiais vegetais e a % do N mineralizado (positivo) ou imobilizado (negativo) 28 dias após aplicação ao solo. Os grupos foram definidos por análise de componentes principais utilizando variáveis de qualidade	17

Figuras

N	Título	
1	Projeções dos dois componentes principais retidos na análise das sete variáveis de qualidade, com as variações explicadas por cada componente	16
2	Percentagem de N mineralizado ou imobilizado por diferentes tipos de materiais vegetais após 28 dias de incubação em solo.....	20

Capítulo 2

Tabelas

N	Título	
1	Lista de espécies vegetais, e local de coleta das plantas utilizadas no estudo	28
2	Teores de N, lignina (L), polifenóis (PP) e suas relações, nos materiais estudados.....	28

Figuras

N	Título	
1	N mineralizado ou imobilizado de folhas de leucena, algaroba e gliricídia após incubação em solo, durante 28 dias.....	32
2	N mineralizado ou imobilizado de folhas de marmeleiro, sabiá, j. preta e malva após incubação em solo, durante 28 dias	33
3	N mineralizado ou imobilizado de galhos de gliricídia, leucena, malva e j. preta após incubação em solo, durante 28 dias	34

Capítulo 3

Tabelas

N	Título	
1	Caracterização química do solo da área experimental, em Taperoá,	
PB		42
2	Caracterização dos materiais orgânicos utilizados no estudo	43
3	Teores e conteúdos de N e produtividades de palhada (folha+colmo+folhas da espiga+sabugo) e grãos de milho, após aplicação de materiais orgânicos	53

Figuras

N	Título	
1	Precipitação pluviométrica mensal em 2007 e 2008, em Taperoá,	
PB		42
2	Matéria seca remanescente após aplicação dos materiais orgânicos em bolsas de decomposição, Taperoá, PB, em 2007. GS = gliricídia em superfície; GI = gliricídia incorporada; MS = marmeleiro em superfície; MI = marmeleiro incorporado; ES = esterco em superfície; e EI = esterco incorporado	47
3	Matéria seca remanescente após aplicação dos materiais orgânicos em bolsas de decomposição, Taperoá, PB, em 2008. GS = gliricídia em superfície; GI = gliricídia incorporada; MS = marmeleiro em superfície; MI = marmeleiro incorporado; ES = esterco em superfície; e EI = esterco incorporado	48
4	Umidade na camada de 0-15 cm de um Neossolo Flúvico, Taperoá, PB, em 2007. GS = gliricídia em superfície; MS = marmeleiro em superfície; ES = esterco em superfície; CS = controle em superfície; GI = gliricídia incorporada; MI = marmeleiro incorporado; EI = esterco incorporado; e CI = controle incorporado	47
5	Umidade na camada de 0-15 cm de um Neossolo Flúvico, Taperoá, PB, em 2007. GS = gliricídia em superfície; MS = marmeleiro em superfície; ES = esterco em superfície; CS = controle em superfície; GI = gliricídia incorporada; MI = marmeleiro incorporado; EI = esterco incorporado; e CI = controle incorporado	49
6	N mineral na camada de 0-15 cm de um Neossolo Flúvico, Taperoá, PB, em 2008. GS = gliricídia em superfície; MS = marmeleiro em superfície; ES = esterco em superfície; CS = controle em superfície; GI = gliricídia incorporada; MI = marmeleiro incorporado; EI = esterco incorporado; e CI = controle incorporado	50
7	Produção de matéria seca do milho na colheita (palhada), Taperoá, PB, em 2008. GS = gliricídia em superfície; MS = marmeleiro em superfície; ES = esterco em superfície; CS = controle em superfície; GI = gliricídia incorporada; MI = marmeleiro incorporado; EI = esterco incorporado; e CI = controle incorporado	51

Resumo

Os pequenos produtores agrícolas da região semi-árida do Nordeste do Brasil em sua maioria não utilizam fertilizantes minerais. A fertilização de suas culturas é proveniente basicamente da mineralização da matéria orgânica do solo ou, em alguns casos, da aplicação de esterco (bovino e caprino). Entretanto, os esterco produzidos no semi-árido nordestino são geralmente de baixa qualidade, causando imobilização de nutrientes na fase inicial de decomposição. Estudos recentes têm mostrado que a poda de árvores pode ser uma alternativa de fertilização, quando aplicada como adubo verde. Porém, o processo de decomposição está condicionado a diversos fatores, como a qualidade do material orgânico, definida principalmente pelos teores de nitrogênio (N), lignina (L) e polifenóis (PP), e também outros fatores ambientais e de manejo, como a temperatura, umidade e forma de aplicação do material no solo. A presente pesquisa foi dividida em três trabalhos e teve como objetivo geral avaliar as inter relações entre a qualidade e o manejo de diferentes espécies vegetais presentes em propriedades rurais no semi-árido sobre a mineralização de N após a incorporação desses materiais ao solo para a adubação de culturas agrícolas. No primeiro estudo, 24 espécies vegetais foram coletadas e analisadas quanto aos teores de N, lignina e polifenóis. Os materiais foram incorporados em um Neossolo Regolítico e incubados durante 28 dias, sendo determinada a mineralização de N ao longo desse período. Os teores e suas relações (L/N, PP/N e L+PP/N) foram usados em uma análise de componentes principais, agrupando-se os materiais de acordo com suas similaridades. Os grupos formados foram relacionados com o N mineralizado após 28 dias de incubação. Quatro grupos foram formados, porém apenas um grupo apresentou comportamento coerente, ou seja, os materiais deste grupo imobilizaram N devido os baixos teores de N e elevados de PP. Baixos coeficientes de correlações foram verificados entre o N mineralizado e as variáveis de qualidade, tanto aos 3 quanto aos 28 dias. Algumas espécies vegetais, após 28 dias de incubação, apresentaram elevada mineralização, enquanto outras imobilizaram N do solo, mas não foi possível prever a mineralização de N com base na qualidade dos materiais testados. Devido à falta de clareza nos resultados do primeiro experimento, o segundo trabalho teve como objetivo avaliar a metodologia de incubação de solo adotada, principalmente para verificar as inter relações entre tamanho de fragmentação, qualidade e mineralização de N dos materiais vegetais utilizados nos ensaios. Para isto, materiais vegetais de

diferentes qualidades foram fracionados em diferentes tamanhos (1 e 5 mm) e incubados em um Neossolo Regolítico para posterior quantificação do N mineralizado. Durante o período de incubação, o N mineralizado foi determinado aos 3, 7, 14 e 28 dias e as equações de regressões foram ajustadas. Os materiais com elevados teores de N e baixos de L e PP mineralizaram durante todo período de incubação, independente do tamanho em que os materiais foram fracionados. Alguns materiais, quando incorporados em tamanho menor (1 mm) apresentaram maior imobilização de N. De maneira geral, concluiu-se que o tamanho das partículas influenciou na intensidade mas não alterou a direção dos processos de mineralização ou imobilização durante as incubações, independente da qualidade dos materiais vegetais. O terceiro trabalho foi desenvolvido em campo, na região do Cariri paraibano, na cidade de Taperoá. Este teve como objetivo avaliar a forma de aplicação (incorporado ou em superfície) de materiais vegetais de diferentes qualidades sobre a disponibilidade de água e de N mineral no solo e sobre a produtividade de biomassa e grãos pelo milho. O delineamento experimental utilizado foi em bloco inteiramente ao acaso, com os tratamentos arranjados em fatorial 4x2, sendo quatro fontes orgânicas (*G. sepium*, *Croton sonderianus*, esterco bovino de curral e controle) e duas formas de aplicação (em superfície e incorporada). O experimento foi conduzido por dois anos, 2007 e 2008. Foram aplicadas doses de 15 t ha⁻¹ de matéria fresca dos materiais orgânicos. A gliricídia, que correspondeu ao material de alta qualidade (elevado teor de N e baixos teores de L e PP), quando incorporada ao solo decompôs-se mais rapidamente do que quando colocada em superfície. O marmeleiro, provavelmente devido os maiores teores de PP, quando aplicado em superfície, conservou por um maior período de tempo a água no solo, em 2008. Em geral, ao analisarem-se os resultados da mineralização de N e da produção de matéria seca pelo milho, sugerem-se estudos adicionais para avaliar a hipótese de que a aplicação dos materiais orgânicos de forma parcelada poderia aumentar a produtividade das culturas agrícolas na região onde foi conduzido o presente trabalho. nos dois anos em que o estudo foi conduzido em campo.

Palavras-chave: semi-árido, matéria orgânica, polifenóis, N, lignina

QUALITY AND DECOMPOSITION OF ORGANIC MATERIALS FOUND IN FARMS OF THE SEMI-ARID REGION OF NE BRAZIL

Abstract

Owners of small farms in the semi-arid region of NE Brazil usually do not use chemical fertilizers to ameliorate soil fertility. Therefore, the nutrients supply for their crops have to rely on soil organic matter mineralization or, in some cases, on the fertilization with animal manure (mostly from cattle or goats). However, the manure produced in these farms is usually of low quality, and may cause nutrient immobilization during the initial phase of decomposition. Recent studies have shown that tree prunings used as green manure could be a viable alternative for soil fertilization. The decomposition of plant biomass used as green manure, though, depends on several factors, such as the quality of the biomass, which is defined mainly by the contents of nitrogen (N), lignin (L) and polyphenols (PP), and also on other environmental and management factors, such as temperature, moisture and the way the materials are placed on the soil. The present thesis was divided in three studies, and had as general objective to evaluate the interrelationships between plant quality, management and N mineralization when using different plant species commonly found in farms of the semi-arid region of NE Brazil as green manure to fertilize cropping fields. In the first study, 24 plant species were collected and analyzed to determine the contents of N, L and PP. The biomass from these species was incorporated to an Entisol, incubated for 28 days, and the mineralization of N during this period was quantified. The contents of N, L and PP and their ratios (L/N , PP/N e $L+PP/N$) were used in a Principal Component analysis, where the materials were grouped accordingly to their similarities, having the N mineralized after 28 days of incubation as the response variable of interest. After the analysis, four groups were formed, but only one of them presented a coherent behavior, i.e., the materials in this group immobilized N and had low N and high PP contents. Low correlation coefficients were observed between N mineralized and the variables used to define biomass quality, both after 3 and 28 days of incubation. The biomass of some of the plant species, after 28 days of incubation, led to the mineralization of a high proportion of the N applied, while other species led to N immobilization. However, the results obtained did not allow us to clearly predict N mineralization based on the

quality parameters evaluated. Due to this lack of response, a second study was conducted with the objective of evaluating the soil incubation methodology adopted, particularly to investigate the interrelationships between the quality, the size in which the samples of the plant species were fragmented and the N mineralization after incorporation to the soil. For this, samples from plant species of different qualities were fragmented in different sizes (1 and 5 mm) and incubated in an Entisol during 28 days. During the incubation period, soil mineral N was determined after 3, 7, 14 and 28 days, and regression equations were adjusted to model the results. We found that materials with high N and low L and PP contents mineralized N during the whole incubation period, independent of the size in which the samples were fragmented. Some materials, when incorporated in the smaller size (1 mm) presented higher N immobilization. In general, we concluded that the size of the particles had an influence on the intensity but did not change the direction of the mineralization/immobilization processes during the incubations, independent of the quality of the materials. The third study was developed under field conditions, in the Cariri region of the state of Paraíba, in the municipality of Taperoá. The objective of this study was to evaluate the effects of the type of placement (surface applied or incorporated to the soil) of organic fertilizers with different qualities on the availability of water and N in the soil and on the productivity of grain and straw by maize. The experiment was established in a randomized blocks design, with the treatments arranged in a 4 x 2 factorial with four fertilization treatments (*Gliricidia sepium*, *Croton sonderianus*, cattle e control) and two types of placement (surface applied or incorporated). The experiment was carried for two consecutive years (2007 and 2008), with an application of 15 t ha⁻¹ of fresh matter of the manures in each year. *G. sepium*, which was the material with the highest quality (high N and low L and PP contents), decomposed faster when incorporated than when surface applied. On the other hand, *C. sonderianus*, probably due to the high PP content, decomposed more slowly and preserved the soil moisture for a longer period when was surface applied in 2008. Overall, when evaluating the results of N mineralization and of maize productivity, we suggest additional studies are needed to test if the split application of the manures may be a more beneficial management practice to increase crop productivity in our study region.

Key-words: semi-arid, organic matter, polyphenols, N, lignin

INTRODUÇÃO

Os solos do semi-árido em sua maioria são pobres em N e P (Sampaio e Salcedo, 1997). Como agravante, os produtores fazem muito pouco uso de fertilizantes minerais. Sendo assim, uma alternativa para garantir a manutenção da fertilidade dos solos pode ser a implementação de práticas que favoreçam a ciclagem dos nutrientes nas propriedades rurais. A aplicação de esterco bovino tem sido uma destas práticas (Sampaio e Menezes, 2002) e é conduzida por agricultores em toda a região semi-árida. A incorporação de materiais vegetais ao solo como adubos verdes, também tem sido recomendada embora seja pouco adotada (Silva e Menezes 2007; Silva et al., 2007; Marin et al., 2007; Mundus et al., 2008).

Nos últimos anos vários estudos têm sido realizados com o objetivo de compreender melhor a dinâmica de mineralização dos nutrientes presentes em plantas utilizadas como adubos verdes (Menezes e Salcedo, 2007; Vanlauwe et al. 2005; Cabrera et al. 2005; Palm et al. 2001a; Palm et al. 2001b; Cobo et al., 2002; Palm e Sanchez, 1991). Estes estudos têm focado principalmente nas relações entre a qualidade dos materiais vegetais e a mineralização de N após a incorporação ao solo. Em estudos de decomposição de materiais orgânicos, o termo qualidade tem sido definido basicamente pelas percentagens de N, lignina e polifenóis presentes nestes materiais. As percentagens de N total, lignina e polifenóis têm mostrado certa hierarquia, como indicadores de qualidade de adubos verdes, nas equações matemáticas utilizadas para explicar a decomposição e/ou dinâmica de liberação de nutrientes (Palm et al. 2001a; 2001b). A relação C/N é a variável que tem sido mais comumente utilizada para prever a dinâmica de decomposição dos materiais orgânicos. No entanto, em alguns estudos esta variável tem se mostrado insuficiente (Mafongoya et al. 1998; Tian et al. 1993). Portanto, diversos estudos têm sido desenvolvidos com o intuito de se identificarem elementos químicos, compostos ou grupos de compostos, que expliquem melhor o processo de decomposição, não somente de adubos verdes, mas também de resíduos orgânicos em geral (Cabrera et al. 2005).

Parâmetros como digestibilidade da matéria seca in vitro (com sigla em inglês igual à IVDMD) e FDN (Fibra em Detergente Neutro) têm se mostrado promissores. Comumente, o IVDMD é utilizado para avaliar a qualidade da alimentação animal (Cobo et al. 2002). No entanto, estes autores, após trabalharem com 12 materiais de

plantas, em um estudo a campo, utilizando bolsas de decomposição, verificaram que o IVDMD e o FDN foram os parâmetros que melhor se correlacionaram com a decomposição dos materiais. Com base nas informações desses diversos estudos, têm sido propostos alguns parâmetros indicadores de decomposição de materiais vegetais, tais como as relações polifenóis\nitrogênio, lignina\nitrogênio e polifenóis + lignina\nitrogênio. Todos esses índices têm aparentemente se mostrado válidos, mas dependentes em relação ao tempo e ao tipo de material. O principal objetivo do desenvolvimento desses índices consiste em determinar parâmetros que possam prever o processo de decomposição e a dinâmica de liberação de nutrientes, evitando assim, os estudos laboriosos de decomposição de materiais vegetais (Mafongoya et al. 1998).

Valores críticos de teores de N, lignina e polifenóis têm sido propostos para classificar os resíduos orgânicos utilizados como adubos verdes em categorias que diferem entre si quanto à velocidade de decomposição do resíduo e sua capacidade de disponibilizar nutrientes para o solo. Quatro classes têm sido propostas (Palm et al. 1997, 2001a, 2001b): Classe I - materiais com elevado teor de N ($>2,5\%$), baixo teor de lignina ($< 15\%$) e baixo teor de polifenóis ($< 4\%$), sendo proposta a aplicação desses materiais diretamente no solo para culturas de ciclo curto em crescimento; Classe II - materiais com elevado teor de N ($>2,5\%$), mas com elevados teores de lignina ($> 15\%$) e polifenóis ($> 4\%$), sendo sugerido que sejam misturados com fertilizantes minerais ou com os materiais da classe I antes de sua aplicação ao solo; Classe III - materiais com baixo teor de N ($<2,5\%$) e com baixos teores de lignina ($< 15\%$) e polifenóis ($< 4\%$), que podem ser misturados com fertilizantes ou serem utilizados em compostagens orgânica antes da aplicação ao solo; e Classe IV - materiais com baixo teor de N ($< 2,5\%$) e elevados teores de lignina ($> 15\%$) e polifenóis ($> 4\%$), para os quais são sugeridas aplicações como cobertura morta (mulch), pois sua incorporação ao solo leva a imobilização de N. Autores como Vanlauwe et al. (2005) buscaram validar e ao mesmo tempo reduzir o número de classes propostas pelos autores acima.

Além da composição química dos materiais orgânicos, variáveis como tamanho do material e forma de aplicação ao solo podem influenciar o processo de decomposição e mineralização de nutrientes. O melhor entendimento desses processos poderia subsidiar o desenvolvimento de práticas de manejo de adubos verdes nos diferentes agroecossistemas. Estudos têm sido realizados com o objetivo de entender a

interação entre o tamanho das partículas e a qualidade do material sobre o processo de mineralização de N (Giacomini et al. 2007; Henriksen e Breland 2002; Benging e Turner 1999; Bremer et al. 1991). Além disso, outros trabalhos têm visado entender melhor os processos de decomposição após a aplicação de matérias vegetais sobre a superfície do solo ou incorporados na camada superficial (Mundus et al., 2008; Marin et al. 2007; Handayanto et al. 1994).

Nos últimos anos, alguns trabalhos têm sido desenvolvidos para avaliar o efeito da utilização de materiais orgânicos (esterco e adubos verdes) sobre a produção de biomassa em agroecossistemas da região semi-árida do Nordeste do Brasil (Silva e Menezes 2007; Silva et al. 2007; Marin et al 2007; Mundus, 2006). No entanto, ainda são praticamente inexistentes dados sobre os efeitos da forma de aplicação de biomassa de plantas nativas da região, quando utilizadas como adubos verdes, sobre o crescimento e desenvolvimento de culturas agrícolas.

Sendo assim, o presente trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

- 1) analisar teores de lignina, polifenóis, macro e micronutrientes de plantas comumente presentes em propriedades rurais da região semi-árida e avaliar as relações entre essas variáveis e a mineralização de N após a incorporação dessas plantas ao solo;
- 2) avaliar os efeitos da qualidade e do tamanho das partículas dos materiais vegetais sobre a dinâmica de mineralização de N após incorporação ao solo;
- e 3) estudar o efeito da forma de aplicação (incorporado ao solo ou em superfície) de materiais orgânicos de diferentes qualidades sobre a dinâmica do N e da umidade do solo, e sobre a produtividade do milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bending, G. D.; Turner, M. K. Interaction of biochemical quality and particle size of crop residues and its effect on the microbial biomass and nitrogen dynamics following incorporation into soil. *Biology and Fertility of Soils*. 29: 319-327. 1999.
- Bremer, E.; van Houtum W.; van Kessel, C. Carbon dioxide evolution from wheat and lentil residues as affected by grinding, added nitrogen, and the absence of soil. *Biology and Fertility of Soils*. 11: 221-227. 1991.
- Cabrera, M. L.; Kissel, D. E.; Vigil, M. F. Nitrogen mineralization from organic residues: research opportunities. *Journal Environment Quality*. 34:75-79, 2005.
- Cobo, J. G.; Barrios, E.; Kass, D. C. L.; Thomas, R. J. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. *Plant and Soil*. 240: 331-342, 2002.
- Giacomini, S. J.; Recous, S.; Mary, B.; Aita, C. Simulating the effect of N availability, straw particle size and location in soil on C and N mineralization. *Plant and Soil*. 301: 289-301. 2007.
- Handayanto, E.; Cadisch, G.; Giller, K. E. Nitrogen release from prunings of legume hergerow trees in relation to quality of the prunings and incubation method. *Plant and Soil*. 160: 237-248, 1994.
- Henriksen, T. M.; Breland, T. A. Carbon mineralization, fungal and bacterial growth, and enzyme activities as affected by contact between crop residues and soil. *Biology and Fertility of Soils*. 35: 41-48. 2002.
- Mafongoya, P. L.; Giller, K. E.; Palm, C. A. Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunings and litter. *Agroforestry Systems*. 38: 77-97, 1998.
- 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. 669-677. 2007.
- Menezes, R. S. C.; Salcedo, I. H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um neossolo Regolítico cultivado com milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.11, n.4, 361-367. 2007.
- Mundus, S.; Menezes, R. S. C.; Neergaard, A.; Garrido, M. S. Maize growth and soil nitrogen availability after fertilization with cattle manure and/or gliricidia in semi-arid NE Brazil. *Nutrient Cycling Agroecosystems*. 2008.
- Palm C.A & Sanchez P.A. Nitrogen release from the leaves of some tropical leguminous trees as affected by their lignin and polyphenol contents. *Soil Biology and Biochemistry* 23: 83-88, 1991.
- Palm, C.A & Rowland, A.P. A minimum dataset for characterization of plant quality for decomposition. In: Cadisch G and Giller KE (eds) *Driven by nature: Plant litter quality and decomposition*, CAB International, Wallingford, 1997. 379-392p.
- Palm, C.A; Catherine, N; Gachengo, Delve, R.J; Cadisch, G & Giller, K.E. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 83:27-42, 2001b.
- Palm, C.A; Giller, K. E; Mafongoya P. L & Swift M.J. Management of organic in the tropics: translating theory into practice. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*, 61:63-75, 2001a.

- Sampaio, E. V. S. B.; Menezes, R. S. C. Perspectivas de uso do solo no Semi-árido nordestino. *In*: Araújo, Q. R. 500 anos de solo no Brasil. Ilhéus, Editus, 2002. P. 339-363.
- Sampaio, E.V.S.B.& Salcedo, I. H. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: Região semi-árida. Anais do Simpósio Diretrizes para o Manejo Sustentável dos Solos Brasileiros. XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Rio de Janeiro, 1997. CD-ROM, 1997.
- Silva, T. O.; Menezes, R. S. C. . Adubação orgânica da Batata com esterco e, ou, crotalaria juncea. II- Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 31: 51-61. 2007.
- Silva, T. O.; Menezes, R. S. C. ; Tiessen, H.; Sampaio, E. V. S. B.; Salcedo, I. H. Adubação orgânica da Batata com esterco e, ou Crotalaria juncea. I- Produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 31: 39-49. 2007.
- Tian, G.; Kang, B. T.; Brussaard, L. Mulching effect of plant residues with chemically contrasting compositions on maize growth and nutrients accumulation. *Plant and Soil*. 153: 179-187. 1983.
- Valauwe, B; Gachengo, K; Shepherd, E; Barrios, G; Cadisch, G; Palm, C.A. Laboratory validation of a resource quality-based conceptual framework for organic matter management. *Soil Science Society of America Journal*. 69:1135-1145, 2005.

CAPÍTULO 1

RELAÇÕES ENTRE QUALIDADE E LIBERAÇÃO DE N POR PLANTAS DO SEMI-ÁRIDO USADAS COMO ADUBO VERDE

Autores

Romildo Nicolau Alves, Rômulo S. C. Menezes, Ignácio H. Salcedo e Walter E. Pereira

Resumo: Os fertilizantes químicos são pouco utilizados pelos agricultores da região semi-árida brasileira e a disponibilização de nutrientes para as culturas se dá basicamente pela mineralização da matéria orgânica do solo. O uso de plantas como adubo verde pode ser uma alternativa para melhorar a fertilidade do solo, mas a liberação de nutrientes do adubo verde para o solo irá depender dos teores de lignina, polifenóis e N no material vegetal utilizado. Estes teores foram determinados em 24 espécies vegetais encontradas em propriedades rurais do semi-árido e relacionados com a mineralização de N, quando incorporados ao solo. Os materiais apresentaram grande variação nos teores, os quais apresentaram baixa correlação com as proporções do N mineralizado depois da incorporação. Utilizando os teores e suas relações, realizou-se análise de componentes principais, agrupando os materiais de acordo com suas similaridades, com o intuito de verificar a existência de relações entre a formação destes grupos e o N mineralizado após incubação dos materiais. Quatro grupos foram formados, mas não foi possível prever a mineralização de N com base na qualidade dos materiais testados. A lignina não teve um comportamento bem definido na formação dos grupos e não apresentou relação clara com a mineralização do N, talvez devido ao curto prazo de avaliação da metodologia adotada (28 dias). Todos os materiais que apresentaram relação polifenóis/N menor do que 0,5 mineralizaram N, enquanto que aqueles que apresentaram a mesma relação acima de 5, imobilizaram N. Aos 28 dias, materiais como a *Ricinus communis*, *Gliricidia sepium*, *Atriplex spp* e *Leucaena spp* mineralizaram N, enquanto que *Pennisetum purpureum*, *Cenchrus ciliaris*, *Mimosa caesalpinifolia* e *Sida cordifolia* imobilizaram N.

Palavras – chave: nitrogênio, polifenóis, lignina, mineralização, imobilização

RELATIONSHIPS BETWEEN BIOMASS QUALITY AND N MINERALIZATION BY PLANT SPECIES USED AS GREEN MANURE IN SEMI-ARID NE BRAZIL

Authors

Romildo Nicolau Alves, Rômulo Simões Cezar Menezes, Ignácio Hernán Salcedo e
Walter Esfrain Pereira

Abstract: Chemical fertilizers are rarely used by farmers in the semi-arid region of NE Brazil, therefore soil fertility maintenance depends mostly on soil organic matter mineralization. The use of plants as green manure may be an alternative to improve soil fertility in the region, but the release of nutrients to the soil will depend on the concentrations of lignin, polyphenols, and nitrogen of the green manures used. These variables were analyzed for 24 plant species commonly found in farms of the semi-arid region of NE Brazil, and the relationships between plant biomass quality and N release after incorporation into the soil was evaluated. There was a large variation in the concentration of lignin, PP and N of the green manures tested but these variables presented a low correlation with N mineralization after incorporation to the soil. In order to try to identify patterns among the different manures regarding quality and N release, these were grouped using Principal Component Analysis techniques, but very little meaningful patterns were observed to help predict N release based on the quality of the materials. The lignin content of the materials played an important role to form different groups, but maybe the short time of the incubations (28 days) did not allow for the development of the correlation between lignin content and N release. In general, it was observed that all materials that presented a polyphenol/N ratio lower than 0.5 mineralized N, while those that presented values of this ratio above 5 caused N immobilization. After 28 days of incubation, materials such as *Ricinus communis*, *Croton sonderianus*, *Gliricidia sepium*, *Atriplex spp* and *Leucaena spp* mineralized N, while *Pennisetum purpureum*, *Cenchrus ciliaris*, *Mimosa caesalpinifolia* and *Sida cordifolia* immobilized.

Key-words: nitrogen, polyphenols, lignin, mineralization, immobilization

INTRODUÇÃO

Os fertilizantes químicos são relativamente pouco utilizados no semi-árido, apesar dos solos, em geral, serem deficientes em N e P (Sampaio e Salcedo, 1997). A disponibilidade de nutrientes para as culturas depende basicamente da mineralização da matéria orgânica do solo (Fraga e Salcedo, 2004). Sendo assim, a diminuição dos níveis de matéria orgânica é bastante crítica para um ecossistema que passa a maior parte do ano limitado na sua capacidade de fixar C pela falta de água (Sampaio e Salcedo, 1997). A utilização das plantas presentes no semi-árido como adubo verde pode ser uma alternativa para o fornecimento de nutrientes, através do processo de decomposição e síntese de substrato para a matéria orgânica do solo (Palm et al. 2001a). Os adubos verdes podem também ser misturados a adubos minerais para melhorar a produtividade das culturas (Vanlauwe et al. 2005).

A intensidade e a velocidade de mineralização de nutrientes dos resíduos vegetais variam largamente, tornando difícil fazer previsões sobre esses processos. Isto pode dificultar o uso mais eficiente dos resíduos ou, até mesmo, a sua adoção pelos agricultores. A decomposição e a mineralização dos nutrientes dependem principalmente do meio físico, da comunidade de organismos decompositores e da qualidade do material (Vanlauwe et al. 2005; Palm et al. 2001a). A qualidade tem sido freqüentemente definida pelo teor de N, pelos tipos e proporções de compostos presentes no material vegetal (Palm et al. 2001a) e por suas relações.

A relação C/N tem sido uma variável de qualidade utilizada há décadas para prever os processos de mineralização. Entretanto, Mafongoya et al. (1998) concluíram que nem sempre ela é útil, já que não revela como o C e o N estão distribuídos entre os diferentes compostos químicos que constituem os tecidos vegetais (Taylor et al. 1989). Plantas com relação C/N similar podem apresentar dinâmicas de mineralização bastante diferentes (Cabrera et al. 2005). Diversas outras variáveis têm sido pesquisadas, a fim de melhor descrever os processos de mineralização, com foco principalmente na mineralização de N. As variáveis normalmente citadas na literatura são as relações Lignina(L)/N (Constantinides e Fownes, 1994; Cobo et al. 2002), polifenóis (PP)/N (Palm e Sanchez, 1991; Handayanto et al., 1994), (PP+L)/N (Fox et al., 1990; Constantinides e Fownes, 1994; Handayanto et al. 1994; Cobo et al., 2002) e o teor de N (Cobo et al., 2002).

No Brasil, Monteiro et al. (2002) constataram que a *Leucaena leucocephala* apresentou baixa mineralização, apesar da relação C/N e dos teores de lignina e de N serem muito próximos dos de *Arachis pintoi*, a espécie que mais mineralizou. Concluíram que esses resultados foram devidos aos altos teores e à elevada capacidade dos polifenóis presentes na *Leucaena* de complexarem proteínas. No semi-árido do nordeste, Menezes e Salcedo (2007) e Mundus et al. (2008) verificaram mineralização de N nas primeiras semanas após a incorporação de *Gliricidia sepium*, material considerado como de alta qualidade, enquanto a mineralização de N após incorporação de esterco animal, material de mais baixa qualidade, foi mais lenta. Silva e Menezes (2007) e Silva et al. (2007) observaram comportamentos semelhantes quando compararam mineralização de N pelo esterco e pela *Crotalaria juncea*. Diante das poucas informações para a região semi-árida sobre a qualidade da grande diversidade de materiais vegetais normalmente encontrados nas propriedades rurais e sua influência sobre os processos de decomposição e mineralização de N, o presente trabalho teve como objetivos analisar plantas quanto aos teores de lignina, polifenóis, macro e micronutrientes e avaliar as relações entre essas variáveis e a mineralização de N após a incorporação dos materiais ao solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta, tratamento e análises dos materiais vegetais

A relação das espécies, locais de coleta e partes das plantas utilizadas encontram-se nas tabelas 1 e 2. Os materiais foram coletados logo após as primeiras chuvas. Algumas espécies foram utilizadas inteiras, enquanto outras foram separadas em folhas e galhos finos (< 1 cm de diâmetro). As amostras foram secas ao ar a temperatura de aproximadamente 35 °C e moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm. A secagem ao ar foi feita porque a secagem em estufa causa redução nos teores de polifenóis solúveis (Dzowela et al. 1995). Sub-amostras foram digeridas em uma mistura de ácido sulfúrico (H₂SO₄) mais água oxigenada (H₂O₂), para posterior quantificação dos elementos químicos nos extratos de digestão. O Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Cu foram quantificados por espectrometria de absorção atômica; K e Na, por fotometria de chama; e o P, por colorimetria (EMBRAPA 1997). O C orgânico total foi determinado via oxidação úmida (Snyder e Trofymow, 1984) e o N total por

destilação (Bremner & Mulvaney, 1982). A lignina foi determinada pelo método da fibra em detergente ácido (FDA) utilizando o Ankom (Van Soest, 1963). Os polifenóis solúveis totais foram extraídos em etanol a 50% e $\pm 80^{\circ}\text{C}$, sendo quantificados utilizando 0,5 mL da amostra, 10 mL de água, 1,25 mL do reagente de Folin-Denis e 5 mL de carbonato de sódio a 17%, em um balão volumétrico de 25 mL (Anderson e Ingram, 1993).

Tabela 1. Espécies vegetais da região semi-árida do Brasil, utilizadas no estudo.

Nome vulgar	Nome científico	cidade/estado
Algaroba	<i>Prosopis juliflora</i> (SW) D.C.	Taperoá – PB
Angico	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.)	Caruaru - PE
Atriplex	<i>Atriplex</i> spp.	Taperoá – PB
Buffel	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Taperoá – PB
Calumbi preto	<i>Mimosa arenosa</i> (Willd) Poir.	Caruaru - PE
Canafistula	<i>Senna spectabilis</i>	Taperoá – PB
Capim elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>	Taperoá – PB
Catingueira	<i>Caesalpinia pyramidalis</i> Tul.	Taperoá – PB
Cunhã	<i>Clitoria ternatea</i>	Taperoá – PB
Feijão bravo	<i>Capparis cynophallophora</i> L.-	Taperoá – PB
Feijão rolinha	<i>Macroptilium lathyroides</i> (L) Urb.	Taperoá – PB
Gliricídia	<i>Gliricidia sepium</i>	Taperoá – PB
Jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir	Taperoá – PB
Leucena	<i>Leucaena</i> spp.	Taperoá – PB
Malva	<i>Sida cordifolia</i> L.	Taperoá – PB
Mamona	<i>Ricinus communis</i> L.	Taperoá – PB
Maniçoba	<i>Mahoe glaziovii</i> Mull	Taperoá – PB
Marmeleiro	<i>Croton sonderianus</i> Muell. Arg.	Taperoá – PB
Miguel correia	<i>Acacia glomerosa</i> Benth	Caruaru - PE
Nim	<i>Azadirachta indica</i>	Taperoá – PB
Pega pinto	<i>Boerhaavia coccinea</i> Willd	Taperoá – PB
Quebra panela	-	Esperança – PB
Sabiá	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth	Esperança – PB
Unha de gato	<i>Acacia paniculata</i> Willd.	Caruaru - PE

Tabela 2. Caracterização química dos materiais vegetais utilizados no estudo.

Espécie	Parte	L	PP/N	PP	C/N	C	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
		%		%		%	g/kg						mg/Kg			
Leucena	Folha	11	1,67	7,83	8	39	46,7	1,8	17,2	16,2	2,6	1,8	607,4	38,9	15,9	4,2
Maniçoba	Folha	8	1,92	7,14	11	41	37,1	2,5	15,0	11,5	4,4	1,1	833,4	31,3	114,7	8,3
Gliricídia	Folha	9	0,64	2,26	11	39	35,3	1,6	18,6	19,9	5,3	2,1	748,7	46,6	10,8	4,2
Algaroba	Folha	16	0,45	1,49	13	42	32,9	1,3	18,2	14,2	3,3	3,2	1229,0	33,8	22,7	8,3
Calumbi Preto	Folha	12	2,10	6,14	14	42	29,2	1,2	11,1	15,4	2,7	1,4	607,4	217,5	19,3	8,3
Unha de Gato	Folha	17	2,22	6,31	16	46	28,3	1,5	6,5	7,6	3,4	0,5	536,8	102,7	5,7	nd
Jurema Preta	Folha	27	4,27	11,54	15	41	27,0	1,2	8,9	11,8	3,6	1,3	2266,4	21,1	10,8	nd
Sabiá	Folha	21	3,86	8,92	19	43	23,1	0,9	6,5	22,8	2,4	1,0	748,7	67,0	2,3	nd
Canafístula	Folha	10	0,94	2,12	17	38	22,4	1,6	15,4	17,9	1,5	2,1	1335,8	13,4	9,1	8,3
Marmeleiro	Folha	12	4,43	9,89	20	44	22,3	2,1	12,3	8,2	4,7	1,7	889,9	209,9	17,6	4,2
Malva	Folha	9	3,96	8,16	18	38	20,6	1,5	11,9	12,9	2,9	2,3	776,9	97,6	44,9	4,2
Angico	Folha	15	3,98	8,08	22	45	20,3	0,8	8,5	14,1	1,6	1,3	833,4	125,7	10,8	4,2
Atriplex	Folha	10	0,39	0,75	17	33	18,8	1,1	11,9	8,2	3,4	5,0	1510,2	18,5	9,1	4,2
Catingueira	Folha	10	3,76	6,06	24	39	16,1	1,5	6,7	18,0	0,9	0,9	1412,6	69,5	14,2	nd
Média		13	2,47	6,19	16,07	41	27,1	1,5	12,0	14,2	3,0	1,8	1024,0	78,1	21,1	4,1
Leucena	Galho	13	1,87	2,90	25	39	15,5	1,5	13,0	4,2	1,7	0,9	113,0	8,3	2,3	nd
Gliricídia	Galho	15	0,39	0,59	28	42	15,1	2,4	12,8	9,4	3,8	1,6	197,8	28,7	34,6	4,2
Canafístula	Galho	16	0,82	1,07	32	41	12,9	1,5	13,2	12,3	0,1	1,4	974,7	5,7	4,0	8,3
Maniçoba	Galho	11	0,42	0,51	37	40	11,9	2,4	12,6	10,2	5,3	0,9	56,5	15,9	39,7	nd
Algaroba	Galho	18	0,99	1,06	36	39	10,7	0,9	3,9	10,7	0,5	2,0	367,3	3,2	15,9	nd
Feijão Bravo	Galho	17	1,45	1,43	43	42	9,8	0,5	12,0	10,3	2,7	1,3	127,1	3,2	0,6	nd
Catingueira	Galho	15	7,22	6,94	42	40	9,6	1,6	2,8	13,9	0,5	0,2	423,8	13,4	29,5	nd
Nim	Galho	17	3,35	3,22	42	40	9,6	2,3	2,2	10,5	4,6	0,2	310,8	15,9	7,4	nd
Jurema Preta	Galho	19	6,92	6,58	43	41	9,5	0,9	6,3	2,6	0,1	0,6	536,8	3,2	2,8	nd
Marmeleiro	Galho	16	4,30	3,66	50	43	8,5	2,3	7,5	8,0	1,6	0,8	113,0	64,4	12,5	nd
Sabiá	Galho	23	4,86	4,09	55	46	8,4	1,1	4,0	13,6	0,7	0,3	211,9	15,9	1,1	4,2
Atriplex	Galho	19	0,35	0,25	64	45	7,0	1,1	2,8	0,4	0,0	5,6	56,5	8,3	1,1	nd
Malva	Galho	11	7,88	4,10	85	44	5,2	0,4	4,3	2,4	0,9	0,5	169,5	120,6	31,2	nd
Capim Elefante	Talo	8	1,34	0,43	12	40	3,2	1,3	14,6	1,2	2,1	1,9	84,8	115,5	22,7	nd
Média		16	3,01	2,63	42	42	9,8	1,4	8,0	7,8	1,8	1,3	267,4	30,2	14,7	1,2
Mamona	Inteira	6	3,16	8,83	14	39	27,9	2,0	13,2	23,1	4,7	1,6	776,9	115,5	34,6	8,3
Miguel Correia	Inteira	19	3,22	8,60	16	42	26,7	1,6	8,5	7,0	2,1	0,7	480,3	192,0	15,9	nd
Quebra-Panela	Inteira	7	0,67	1,47	18	40	21,7	1,2	5,8	17,6	7,1	2,7	1859,2	123,1	14,2	4,2
Pega-Pinto	Inteira	8	0,81	1,68	17	36	20,7	2,3	10,9	34,8	5,2	3,8	3022,5	72,1	9,1	8,3
Cunhã	Inteira	14	0,68	1,42	21	44	20,7	1,7	15,6	7,3	4,7	1,8	1626,6	36,4	7,4	12,5
Feijão de Rolinha	Inteira	20	1,45	2,23	25	39	15,3	1,1	11,0	9,9	1,7	1,2	1045,3	41,5	12,5	nd
Buffel	Inteira	9	0,89	1,06	34	40	11,8	1,3	20,1	6,3	3,9	2,2	1257,2	36,4	2,3	8,3
Média		12	1,55	3,61	21	40	20,7	1,6	12,2	15,1	4,2	2,0	1438,2	88,1	13,7	5,9

Mineralização líquida de N

Porções de um Neossolo Regolítico, coletado na profundidade de 0-20 cm, no município de Esperança, PB, foram usadas em ensaios de incubação. As porções foram secas ao ar, misturadas e passadas em peneira de 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). A TFSA apresentou as seguintes características físicas e químicas: 830, 110 e 60 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente; densidade do solo 1,53 g cm⁻³; N e C totais iguais a 0,41 e 4,38 g kg⁻¹; pH em água (1:2,5) de 6,4; N mineral com extrator KCl 1 mol L⁻¹ (N-NO₃⁻ + N-NH₄⁺) e P-Mehlich-1 iguais a 6,77 e 11,5 mg Kg⁻¹; e K, Ca e Mg iguais a 0,38, 1,5 e 0,42 cmol_c kg⁻¹, respectivamente. Textura, densidade aparente, pH, P, K, Ca e Mg foram determinados segundo a Embrapa (1997); o N total por destilação (Bremner & Mulvaney, 1982); o C total via oxidação úmida (Snyder e Trofymow, 1984); e o N mineral por colorimetria (Mendonça e Matos, 2005).

Para a incubação, 50 g da TFSA foram pesados em copos de plástico de 100 ml. Os materiais vegetais foram misturados com o solo em uma dose equivalente a 5 t ha⁻¹ (110 mg por copo) de matéria seca, sendo que cada material vegetal, ou suas partes, foi considerado como um tratamento. Após a incorporação do material vegetal, o solo foi umedecido a 40% do volume de poros e a umidade corrigida a cada dois dias, por diferença de peso. As fórmulas dos cálculos para se obter 40% do volume total de poros ocupados por água encontram-se em Elliot et al. (1999). Os copos plásticos receberam tampas com três orifícios feitos com uma agulha, para permitir as trocas gasosas. Para o cálculo da mineralização líquida do N, adicionou-se um tratamento controle, contendo solo sem aplicação de material vegetal. Devido ao número de tratamentos (35 tratamentos), os materiais foram divididos em dois grupos, que foram incubados em períodos subseqüentes. As incubações foram realizadas em laboratório, em temperatura de aproximadamente 25 °C, durante 28 dias. Foram feitas amostragens aos 3, 7, 14 e 28 dias e, em cada data, três repetições de cada tratamento foram amostradas de forma destrutiva. Duas sub-amostras foram retiradas de cada copo, em cada data de amostragem. A primeira sub-amostra foi utilizada para extração do N mineral e outra para determinação da umidade do solo. A umidade determinada em cada amostra foi empregada para posterior correção da massa utilizada na extração do N mineral. A mineralização do N foi calculada como: N

mineralizado (%) = $100 \times (\text{N mineral no solo tratado} - \text{N mineral no solo controle}) / \text{N adicionado no solo tratado}$.

Análises estatísticas

Realizou-se uma análise multivariada, na qual as variáveis referentes à qualidade dos materiais vegetais foram agrupadas em componentes principais, através de combinações lineares destas variáveis. Calcularam-se os escores para os componentes principais e, com base nestes, os materiais foram submetidos a uma análise de agrupamento (Mingoti, 2005). Os grupos formados foram comparados ao N mineralizado, a fim de identificar a existência de alguma relação. Foram feitas correlações de Pearson entre o N mineralizado, aos 3 e aos 28 dias, e as variáveis de qualidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os materiais apresentaram ampla variação em relação à L, PP, C/N, L/N, PP/N, L+PP/N, teores de macro e micronutrientes (Tabela 2). Esta variação deve-se, em parte, ao fato dos materiais provirem de diferentes espécies e também de terem sido utilizadas tanto folhas quanto galhos. As folhas, em geral, tiveram os maiores teores de macro e micronutrientes. Isto se deve ao fato delas terem elevadas concentrações de clorofilas e outras moléculas nas quais os macronutrientes são constituintes e por terem intensas atividades enzimáticas, nas quais os micronutrientes são fundamentais (Kirkby e Römheld, 2007). Considerando as três principais variáveis de qualidade, as folhas apresentaram teores de N de 16,1 a 46,7 g/kg, de lignina de 8 a 27% e de polifenóis de 0,75 a 11,54%. Os galhos tiveram variação de 3,2 a 15,5 g/kg de N, de 8 a 23% de L e de 0,25 a 6,94% de PP, enquanto que as plantas que foram analisadas inteiras apresentam variação de 11,8 a 27,9 g/kg, 6 a 20% e 1,06 a 8,83% para o N, L e PP, respectivamente.

De acordo com alguns autores (Palm e Sanchez, 1991; Aita e Giacomini, 2003; Vanlauwe et al., 2005), a relação L/N correlaciona-se negativamente com a mineralização de N. Palm e Sanchez (1991) observaram baixa correlação ($r = -0,53$, $p > 0,09$) entre o N mineralizado e a relação L/N em um experimento de incubação de 56 dias e atribuíram o resultado ao fato da lignina ser uma variável que influencia a

mineralização de N mais a longo prazo. Resultados próximos aos dos autores acima citados foram observados neste estudo. Os resultados obtidos por Cobo et al. (2002) confirmam a importância da lignina como uma variável que influencia a disponibilidade do N a longo prazo. Estes autores observaram que a relação L/N apresentou elevada e significativa correlação ($r = -0,70$, $p < 0,05$) com a liberação de N, a campo, utilizando bolsas de decomposição por um período de 140 dias, ou seja, maior do que o utilizado por Palm e Sanchez (1991). Vale ressaltar que todas as variáveis utilizadas no presente estudo apresentaram baixa correlação com o N mineralizado na primeira data de amostragem (3 dias), sugerindo que quando se considera um período muito curto, essas variáveis não são boas indicadoras do processo de mineralização do N (Tabela 3).

Tabela 3: Coeficientes de correlação (R) entre N mineralizado aos 3 e aos 28 dias após a aplicação dos materiais ao solo e as variáveis de qualidade dos materiais vegetais.

Dias		L(%)	PP(%)	N(%)	C/N	L/N	PP/N	PP+L/N
3	R	0.02	-0.11	0.19	-0.10	-0.32	-0.29	-0.36
	p	(0.43)	(0.25)	(0.12)	(0.27)	(0.02)	(0.04)	(0.01)
28	R	-0.13	0.02	0.46	-0.19	-0.46	-0.21	-0.46
	p	(0.22)	(0.43)	(0.00)	(0.13)	(0.00)	(0.10)	(0.00)

Os valores entre parênteses são os níveis de significância da correlação.

As relações PP/N e PP+L/N, segundo Palm e Sanchez (1991) e Fox et al. (1990), respectivamente, mostraram-se adequadas para descrever o processo de mineralização de N. Entretanto, no presente trabalho apenas a relação PP/N mostrou um comportamento bem definido. Este resultado foi verificado com o uso da análise de componentes principais, que será discutido mais adiante. Vale destacar que Palm e Sanchez (1991) e Fox et al. (1990) utilizaram apenas resíduos de leguminosas, o que, de certa forma, reduziu o nível de complexidade do processo de mineralização de N, visto que estes resíduos em sua maioria possuíam elevados teores de N e baixos de lignina e polifenóis.

Na tabela 4 encontra-se a percentagem da variância total explicada por cada componente principal sendo que, com os dois primeiros componentes principais foi possível explicar 81% da variância total. Quando os componentes principais explicam no mínimo 70% da variância total, não se recomenda utilizar componentes principais adicionais (Mingoti, 2005; Guedes et al. 2006).

Tabela 4. Autovalores e proporção da variância total explicada pelos dois componentes principais originados das sete variáveis referentes à qualidade dos materiais vegetais.

Componente	Autovalor	% da variância total	% acumulada
1	3.925590	56.08	56.08
2	1.776851	25.38	81.46

Os autovetores que representam o peso de cada variável em cada componente principal encontram-se na tabela 5. As variáveis de maior peso no componente principal 1 foram C/N, L/N e L+PP/N, com o N relacionando-se de forma negativa. No componente principal 2, foram PP e PP/N (Tabela 5). A importância de uma variável em um componente principal diminui no seguinte e vice-versa. Como o primeiro componente principal é sempre o mais importante (Guedes et al. 2006), as variáveis com maiores pesos neste refletem a importância do N e a influência das diferentes formas de C na sua disponibilidade. Como variável isolada, o N tem sinal negativo, uma vez que quando relacionado com a fonte de carbono, aparece no denominador (C/N, L/N e L+PP/N). Por outro lado, o segundo componente principal mostra a importância dos polifenóis e da relação PP/N.

Tabela 5. Autovetores associados às variáveis de qualidade dos materiais vegetais durante a definição dos componentes principais.

	L	PP	N	C/N	L/N	PP/N	PP+L/N
-----Autovetores-----							
--							
CP1	0.260675	-0.08087	-0.42681	0.444517	0.481502	0.267613	0.492221
CP2	0.279879	0.724413	0.262450	-0.08027	-0.09183	0.556560	0.058113

Para a análise por agrupamento, calculou-se a combinação linear do produto dos autovetores pelos valores de cada variável, para cada material (Figura 1). Analisando o eixo 1, referente ao primeiro componente principal, do lado direito da linha vertical, encontram-se os grupos 1 e 3. Nestes grupos, a variável N apresentou-se com valores baixos, ao contrário das relações C/N, PP+L/N e L/N, que apresentaram valores elevados. Por outro lado, os grupos 2 e 4, que ficaram do lado esquerdo da linha vertical, mostraram o oposto, ou seja, valores elevados de N e baixos das relações C/N, PP+L/N e L/N. Considerando o eixo 2, que contém o segundo componente principal, os grupos 3 e 4 ficaram acima da linha horizontal, por

apresentarem valores elevados de PP e PP/N, enquanto que abaixo da linha horizontal ficaram os grupos 1 e 2, por apresentarem valores baixos dessas variáveis.

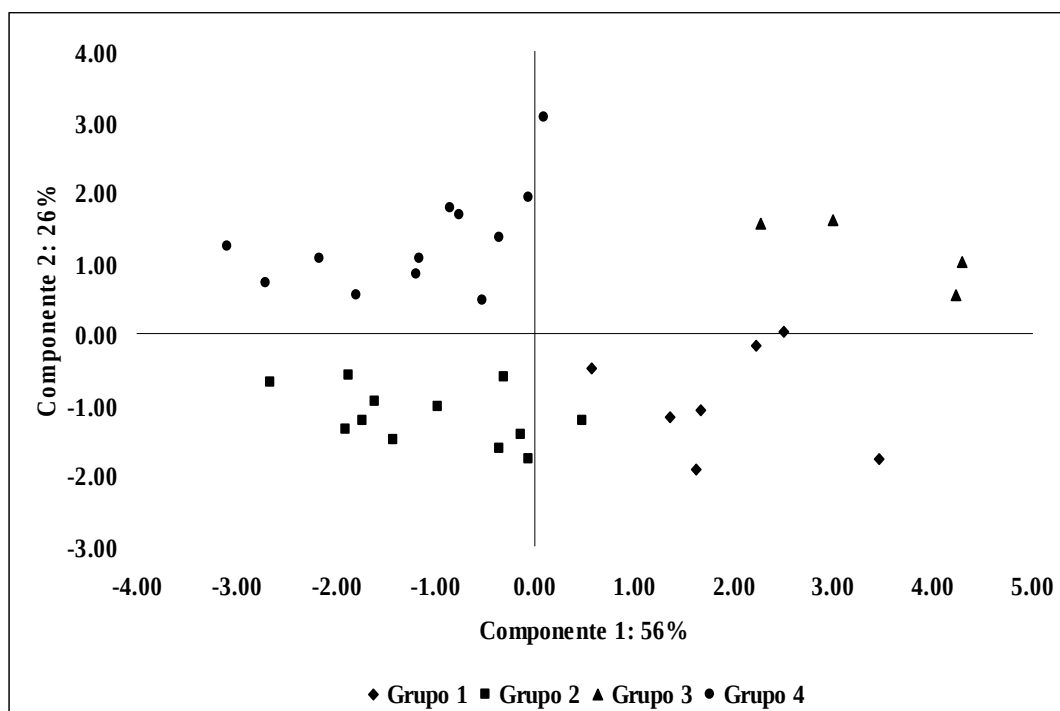


Figura 1: Projeções dos dois componentes principais retidos na análise das sete variáveis de qualidade, com as variações explicadas por cada componente.

Na tabela 6, encontra-se a percentagem do N adicionado que foi mineralizado ou imobilizado após 28 dias de incubação, referente a cada material. O grupo de materiais 3, que apresentou baixos teores de N (<1%) e altos teores de polifenóis (>4%), foi formado apenas por galhos e todos causaram imobilização de N. A lignina também apresentou-se elevada (>15%), exceto para os galhos de *Sida cordifolia* (11%) e *Caesalpinia pyramidalis* (15%). Com exceção desses dois últimos valores, o resultado do grupo 3 encontra-se em concordância com Palm et al. (2001b), uma vez que esses autores observaram que materiais orgânicos com o teor de N menor que 2,5% e polifenóis e lignina maiores do que 4 e 15%, respectivamente, causam imobilização de N no solo. Outro resultado interessante é que todos os materiais do grupo 3 que apresentaram relação PP/N maior do que 5 imobilizaram, o que não foi observado nos demais grupos (Tabela 6).

Tabela 6. Agrupamento dos materiais vegetais e a % do N mineralizado (positivo) ou imobilizado (negativo) 28 dias após aplicação ao solo. Os grupos foram definidos por análise de componentes principais utilizando variáveis de qualidade.

Grupos	Espécie	Parte	% do N mineralizado ou imobilizado aos 28 dias
1	Algaroba	Galho	1.47
	Atriplex	Galho	6.67
	Capim elefante talo	Talo	-88.86
	Feijão bravo	Galho	-8.74
	Feijão rolinha	Inteiro	-20.57
	Marmeleiro	Galho	12.24
	Nim	Galho	-0.14
2	Algaroba	Folha	37.34
	Atriplex	Folha	98.72
	Buffel	Inteiro	-27.07
	Canafístula	Folha	2.59
	Canafístula	Galho	-31.50
	Cunhã	Inteiro	-8.45
	Gliricídia	Folha	48.59
	Gliricídia	Galho	12.17
	Leucena	Galho	71.90
	Maniçoba	Galho	31.50
	Pega pinto	Inteiro	15.29
	Quebra panela	Inteiro	19.24
3	Catingueira	Galho	-12.61
	Jurema preta	Galho	-13.52
	Malva	Galho	-27.54
	Sabiá	Galho	-13.94
4	Angico	Folha	-17.00
	Calumbi preto	Folha	16.66
	Catingueira	Folha	-17.30
	Jurema preta	Folha	31.11
	Leucena	Folha	43.18
	Malva	Folha	-7.95
	Mamona	Inteira	27.30
	Maniçoba	Folha	14.00
	Marmeleiro	Folha	24.79
	Miguel corêia	Folha	-4.50
	Sabiá	Folha	-5.65
	Unha de gato	Folha	-5.48

A interferência dos compostos fenólicos sobre o processo de mineralização de N se dá pelo fato dos polifenóis formarem estruturas complexas através de ligações estáveis (pontes de hidrogênio, ligações covalentes, entre outras) com grupos nitrogenados (grupos amino, por exemplo), deixando os materiais resistentes à decomposição. Outra interação importante entre compostos fenólicos e o N é a ligação destes com o nitrito (NO_2^-), resultando na incorporação do N em frações mais recalcitrantes da matéria orgânica do solo, diminuindo assim a sua biodisponibilidade.

Embora a concentração de nitrito seja baixa no solo, ele é formado durante o processo de nitrificação, logo essa ligação causa uma imobilização do N inorgânico no solo (Palm e Sanchez, 1991). Esta ligação assume maior importância em condições de solo ácido, o que não é o caso do presente estudo. Compostos fenólicos podem também afetar a composição e a atividade dos microrganismos decompositores do solo, influenciando diretamente na mineralização dos nutrientes (Hättenschwiler e Vitousek, 2000).

O grupo 4 foi formado basicamente por folhas, e ao contrário do grupo 3, os materiais tanto mineralizaram como imobilizaram. No geral, os materiais do grupo 4 tiveram elevados teores de polifenóis ($\geq 6\%$) e N ($\geq 2\%$), exceto as folhas da *Caesalpinia pyramidalis* que apresentaram conteúdo de N de 1,61%. No caso das folhas das *Leucaena*, o elevado teor de N (4,6%) foi importante para que ocorresse mineralização do N apesar do alto conteúdo de polifenóis. No presente trabalho também se constata a influência da qualidade dos polifenóis sobre a disponibilidade do N, quando se observa que as folhas de *Mimosa tenuiflora* e de *Acacia glomerosa* apresentaram valores altos de lignina ($> 15\%$) e próximos de N, enquanto que o teor de polifenóis nas folhas de *M. tenuiflora* foi 3% a mais do que nas folhas de *A. glomerosa*. No entanto, as folhas de *M. tenuiflora* mineralizaram N, enquanto as de *A. glomerosa* imobilizaram. O efeito da qualidade dos polifenóis sobre a disponibilidade de N tem sido ressaltado por outros autores (Palm e Sanchez, 1991; Monteiro et al. 2002). Segundo Monteiro et al (2002), a *Leucaena* apresentou valor de polifenóis solúveis superior ao resíduo de *Desmodium ovalifolium*, no entanto, os polifenóis presentes nestes materiais apresentaram valores próximos de complexação de proteínas, o que sugere baixa reatividade dos polifenóis presentes no resíduo na *Leucaena spp.*

Os vegetais possuem a capacidade de produzir diferentes grupos de compostos fenólicos. De acordo com Hättenschwiler e Vitousek (2000), entre os polifenóis produzidos pelos vegetais, os de baixo peso molecular são de ocorrência universal nas plantas superiores, enquanto que os de alto peso molecular, também chamados taninos condensados, são muito mais abundantes em plantas lenhosas e normalmente ausentes em plantas herbáceas. Os taninos hidrolisáveis têm uma ocorrência mais restrita do que os de alto peso molecular, sendo encontrados somente em 15 a 40 ordens de dicotiledôneas. Ainda segundo Hättenschwiler e Vitousek (2000), em estudo com polifenóis, a determinação do teor total tem sido a mais usada e tem tido boa aceitação

no meio científico. Isto reforça um pouco os comentários feitos sobre os resultados encontrados no presente trabalho, já que este utilizou um método que quantifica somente o teor total de polifenóis.

O grupo 1 foi formado em sua maioria por galhos das espécies estudadas, tendo como exceção o talo do *Pennisetum purpureum* e o *Macroptilium lathyroides* inteiro. Aproximadamente metade dos materiais mineralizou N e a outra imobilizou. Este grupo apresentou teores baixos de polifenóis e N. O talo do *Pennisetum purpureum* apesar de apresentar pouco N, baixos teores de lignina e polifenóis, causou imobilização de 88% do N adicionado. Este resultado foi atribuído ao baixo conteúdo de N, o menor dentre todos os materiais usados. Um fato interessante e que vale a pena ser destacado é que todos os materiais que apresentam relação PP/N menor do que 0,5 apresentaram mineralização, independente do grupo em que foram inseridos. Palm e Sanchez (1991) observaram resultados semelhantes ao trabalharem com leguminosas.

O grupo 2 foi mais heterogêneo, formado por galhos, folhas e plantas inteiras. Como observado para os grupos 4 e 1, os materiais do grupo 2 tanto imobilizaram quanto mineralizaram, no entanto, mais materiais mineralizaram do que imobilizaram. Neste grupo, os materiais tiveram baixos teores de compostos fenólicos e teores medianos de N, com exceção de materiais como as folhas de *Prosopis juliflora*, *Senna sectabilis*, *Gliricidia sepium* e as plantas inteiras de *Clitoria ternatea*, *Boerhaavia coccinea* e quebra panela, que tiveram teores relativamente altos de N. Neste grupo, encontra-se a folha da *Gliricidia sepium*, material que mineralizou 48% do N adicionado. De certa forma, a alta mineralização desse material já era esperada, uma vez que estudos têm comprovado que a *Gliricidia* é um material de alta qualidade, ou seja, elevado teor de N e baixos de lignina e polifenóis. Menezes e Salcedo (2007) também verificaram a alta labilidade desse material. Outro ponto que vale destacar é que a análise de componentes principais mostrou a importância do N e dos polifenóis na formação dos grupos, entretanto, quando se buscou relacionar a formação desses grupos com a disponibilidade do N, apenas a formação do grupo 3, mostrou-se coerente.

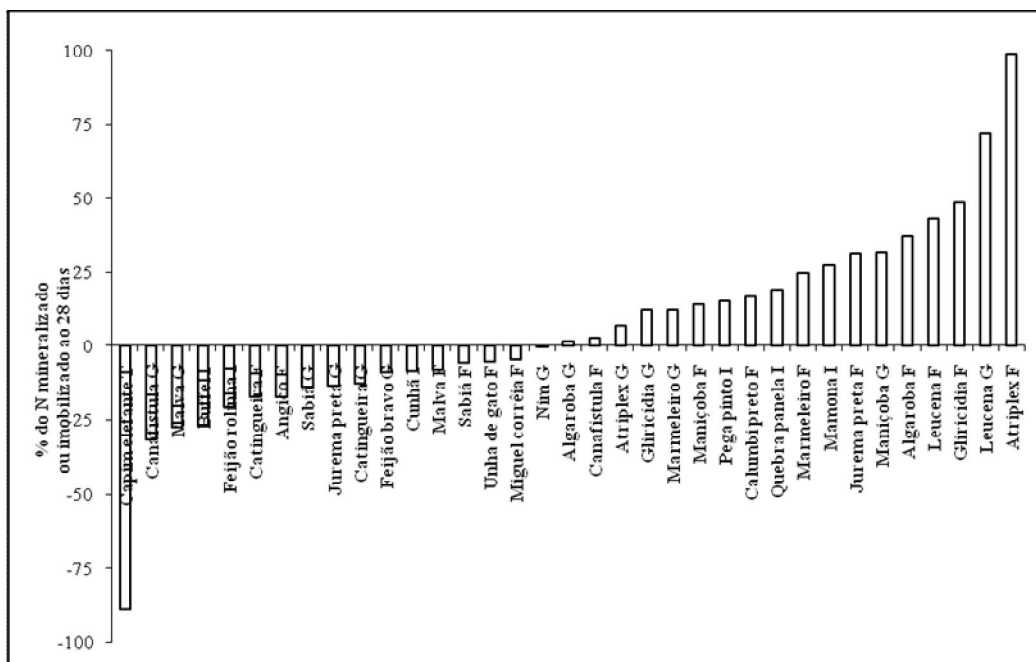


Figura 2. Percentagem de N mineralizado ou imobilizado por diferentes tipos de materiais vegetais após 28 dias de incubação em solo.

A fim de obterem-se informações de caráter mais prático, apesar das limitações do presente estudo, construiu-se o gráfico apresentado na figura 2. Com este gráfico é fácil visualizar os materiais que, ao final do vigésimo oitavo dia, mineralizaram ou imobilizaram N. Observa-se que as folhas de *Mimosa tenuiflora*, *Prosopis juliflora*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena sp* e *Atriplex spp* poderiam ser incorporados diretamente ao solo, uma vez que apresentaram rápida mineralização de N. Por outro lado, o talo do *Pennisetum purpureum*, o capim *Cenchrus ciliaris* e os galhos de *Senna sectabilis* e *Sida cordifolia* não deveriam ser incorporados diretamente ao solo pelo fato de terem causado imobilização de N. Estes materiais deveriam ser aplicados como cobertura morta ou utilizados em práticas como a compostagem, a fim de não prejudicarem o desenvolvimento das culturas agrícolas.

CONCLUSÕES

O agrupamento dos materiais, com base nas variáveis de qualidade não foi capaz de identificar de forma inequívoca o potencial efeito dos materiais sobre a disponibilidade de N do solo após sua incorporação. Entretanto, em geral, materiais com relações PP/N abaixo de 0,5 provocaram mineralização líquida de N, enquanto

materiais com relações PP/N acima de 5 provocaram imobilização de N, após 28 dias de incubação. Com base nos dados de mineralização e imobilização, pode-se concluir que materiais como a *Ricinus communis*, *Croton sonderianus*, *Gliricidia sepium*, *Atriplex spp* e *Leucaena spp* podem ser incorporados diretamente ao solo no momento do plantio, enquanto que o colmo de *Pennisetum purpureum*, o *Cenchrus ciliaris*, *Mimosa caesalpiniiifolia* e *Sida cordifolia* devem ser aplicados ao solo, preferencialmente, em superfície, como “mulch”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aita, C.; Giacomini, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 27: 601-612. 2003.
- Anderson, J. M.; Ingram, J. S. I. *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. Second edition. CAB International. 1993. 221p.
- Bremner, J. M.; Mulvaney, C. S. Nitrogen-total. In: Page, A. L.; Miller, R. H.; Keeney, D. R. (eds). *Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties*. Part. 2. Madison, ASA-SSSA, P. 595-624. 1982. (Agronomy Monograph, 9).
- Cabrera, M. L.; Kissel, D. E.; Vigil, M. F. Nitrogen mineralization from organic residues: research opportunities. *Journal Environment Quality*. 34:75-79, 2005.
- Chagas, E.; Araújo, A. P.; Teixeira, M. G.; Guerra, J. G. M. Decomposição e liberação de nitrogênio, fósforo e potássio de resíduos da cultura do feijoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 31: 723-729. 2007.
- Cobo, J. G.; Barrios, E.; Kass, D. C. L.; Thomas, R. J. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. *Plant and Soil*. 240: 331-342, 2002.
- Constantinides, M.; Fownes, J. H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. *Soil Biology and Biochemistry*. 26: 49-55, 1994.
- Dzowela, B. H.; Hove, L.; Mafongoya, P. L. Effect of drying method on chemical composition and *in vitro* digestibility of multi-purpose tree and shrub fodders. *Tropical Grasslands*. 29: 263-269. 1995.
- Elliot, E. T.; Heil, J. W.; Kelly, E. F.; Monger, H. C. Soil structural and other physical properties. In; Robertson, G. P.; Coleman, D. C.; Bledsoe, C. S.; Sollins, P. *Standard soil methods for long-term ecological research*. New York. Oxford University Press. 1999. 462p.
- Embrapa. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. 212p
- Fox, R. H.; Myers, R. J. K.; Vallis, I. The nitrogen mineralization rate of legume residues in soil as influenced by their polyphenol, lignin, and nitrogen contents. *Plant and Soil*. 129: 251-259, 1990.
- Fraga, V. S.; Salcedo, I. H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. *Soil Science Society America Journal*. 68: 215-224, 2004.

- Guedes, M. C.; Andrade, C. A; Poggiani, F.; Mattiazzo, M. E. Propriedades químicas do solo e nutrição de eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 30: 267-280. 2006.
- Handayanto, E.; Cadisch, G.; Giller, K. E. Nitrogen release from prunings of legume hergerow trees in relation to quality of the prunings and incubation method. *Plant and Soil*. 160: 237-248, 1994.
- Hättenschwiler, S.; Vitousek, P. M. The role of polyphenols in terrestrial ecosystem nutrient cycling. *Tree*. 15: 238-243, 2000.
- Kirkby, E. A.; Römheld, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. IPNI. *Informações Agronômicas*. 118, 2007.
- Mafongoya, P. L.; Giller, K. E.; Palm, C. A. Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunings and litter. *Agroforestry Systems*. 38: 77-97, 1998.
- Mendonça, E. S.; Matos, E. S.; *Matéria orgânica do solo: métodos de análises*. Viçosa, UFV. 2005. 107p.
- Menezes, R. S. C.; Salcedo, I. H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um neossolo Regolítico cultivado com milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 11: 361-367, 2007.
- Mingoti, S. A. *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte. ed. UFMG. 2005. 297p.
- Monteiro, H. C. F.; Cantarutti, R. B.; Junior, D. N.; Regazzi, A. J.; Fonseca, D. M. Dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio em função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31: 1092-1102. 2002.
- Mundus, S.; Menezes, R. S. C.; Neergaard, A.; Garrido, M. S. Maize growth and soil nitrogen availability after fertilization with cattler manure and/or gliricidia in semi-arid NE Brazil. *Nutrient Cycling Agroecosystems*. 2008.
- Palm C.A & Sanchez P.A. Nitrogen release from the leaves of some tropical leguminous trees as affected by their lignin and polyphenol contents. *Soil Biology and Biochemistry*. 23: 83-88, 1991.
- Palm, C.A; Catherine, N; Gachengo, Delve, R.J; Cadisch, G & Giller, K.E. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 83:27-42, 2001b.
- Palm, C.A; Giller, K. E; Mafongoya P. L & Swift M.J. Management of organic in the tropics: translating theory into practice. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*, 61:63-75, 2001a.
- Sampaio, E.V.S.B.& Salcedo, I. H. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: Região semi-árida. *Anais do Simpósio Diretrizes para o Manejo Sustentável dos Solos Brasileiros. XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, Rio de Janeiro, 1997. CD-ROM, 1997.
- Silva, T. O.; Menezes, R. S. C. . Adubação orgânica da Batata com esterco e, ou, crotalaria juncea. II- Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 31: 51-61. 2007.
- Silva, T. O.; Menezes, R. S. C. ; Tiessen, H.; Sampaio, E. V. S. B.; Salcedo, I. H. Adubação orgânica da Batata com esterco e, ou Crotalaria juncea. I- Produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 31: 39-49. 2007.
- Snyder, J. D.; Trofymow, J. A. A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining organic and inorganic carbon in plant and soil samples. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 15: 587-597. 1984.

- Taylor, B. R.; Parkinson, D.; Parsons, W. F. J. Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microcosm test. *Ecology*. 70: 97-104, 1989.
- Valauwe, B; Gachengo, K; Shepherd, E; Barrios, G; Cadisch, G; Palm, C.A. Laboratory validation of a resource quality-based conceptual framework for organic matter management. *Soil Science Society of America Journal*. 69:1135-1145, 2005.
- Van Soest, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal Association Off Agriculture Chemical*. 46: 829-835. 1963.

CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIA DA QUALIDADE E DO TAMANHO DE PARTÍCULAS DE MATERIAIS VEGETAIS SOBRE A MINERALIZAÇÃO DE N EM ENSAIOS DE INCUBAÇÃO DE SOLO

Autores

Romildo Nicolau Alves, Rômulo Simões Cezar Menezes, Evson Elber Souza de Costa, Patrícia Karla Tavares Cabral

Resumo: As relações entre a composição química de materiais vegetais e a mineralização de N após sua incorporação ao solo tem sido bastante estudada nos últimos anos. A qualidade da biomassa, em particular os teores de nitrogênio (N), lignina (L) e polifenóis (PP) têm forte influência sobre a liberação de N durante o processo de decomposição. No entanto, a maioria dos trabalhos foi conduzida com amostras finamente moídas de material e o tamanho pode interferir significativamente na mineralização de N. Foram avaliadas as relações da qualidade e do tamanho das partículas de materiais vegetais com a mineralização de N, obtidas de sete espécies (folhas e galhos de *Gliricidia sepium*, *Mimosa tenuiflora*, *Leucaena sp*, *Sida cordifolia* e folhas de *Prosopis juliflora*, *Croton sonderianus* e *Mimosa caesalpiniiifolia*). Os materiais foram fragmentadas em dois tamanhos (1 e 5 mm), incorporadas ao solo e a dinâmica do N acompanhada durante 28 dias de incubação. Materiais teores de N elevados, e de L e PP baixos, apresentaram mineralização líquida de N, independente do tamanho de fragmentação. O efeito do tamanho das partículas sobre a intensidade de mineralização das folhas de *Leucaena*, *Gliricidia* e *P. juliflora* não foi claro. Os galhos apresentaram mineralização de N no período inicial e imobilização ao final do período de incubação, os com teores elevados de PP e baixos de N imobilizaram mais N quando incorporados em pequenos tamanhos. Materiais de baixa qualidade como galho de *S. cordifolia* (malva) e de *M. tenuiflora* (Jurema preta), quando incorporados a 1 mm causaram maior imobilização. Portanto, de maneira geral, conclui-se que o tamanho das partículas influenciou na intensidade mas não alterou a direção dos processos de mineralização ou imobilização em incubações de curto prazo, independente da qualidade dos materiais vegetais

Palavras-chave: semi-árido, decomposição, adubação verde.

INFLUENCE OF PLANT SAMPLE QUALITY AND PARTICLE SIZE FRAGMENTATION ON N MINERALIZATION IN SOIL INCUBATION STUDIES

Abstract: The relationships between the chemical composition of plants and the mineralization of nitrogen (N) after the incorporation of the plant biomass to the soil has been thoroughly studied in the recent past. The quality of the biomass, in particular the contents of N, lignin (L) and polyphenols (PP) have a strong influence over the release of N from biomass during the decomposition process. However, the majority of the studies was carried using finely ground samples of plant material to evaluate these processes, which may interfere in the N mineralization pattern. In the present study, we evaluated the relationships between quality, particle size and N mineralization from samples of seven plant species (leaves and branches from *Gliricidia sepium*, *Mimosa tenuiflora*, *Leucaena* sp, and *Sida cordifolia* and only leaves from *Prosopis juliflora*, *Croton sonderianus* and *Mimosa caesalpiniiifolia*). The samples were fragmented in two sizes (1 and 5 mm), incorporated to the soil and the dynamics of N in the soil was followed during 28 days of incubation. Plant materials with high N and low L and PP levels led to net N mineralization, regardless of particle size. The effects of particle size on N mineralization from leaves of *Leucaena*, *Gliricidia* and *P. juliflora* was not clear. In general, samples of branches presented N mineralization immediately after incorporation but immobilized N at the end of the incubation period. Branch samples with high PP and low N content immobilized more N when fragmented in the smaller size. Overall, the size of the particles had an influence on the intensity, but did not affect the direction of the mineralization or immobilization processes during short-term soil incubations, independent of the quality of the plant samples incorporated to the soil.

Key-words: semi-arid region, decomposition, green manures

INTRODUÇÃO

A relação entre a composição química de materiais vegetais e a mineralização de N tem sido bastante estudada para avaliação de adubos verdes (Vanlauwe et al. 2005; Corbeels et al. 2003; Handayanto et al. 1994; Palm e Sanchez, 1991; Bending e Turner, 1999). A mineralização está condicionada a fatores como a disponibilidade de água e nutrientes, temperatura, composição química (qualidade) e a idade do material (maturidade), tipo de solo, contato material – solo (Bending e Turner 1999; Angers e Recous, 1997) e qualidade física (tamanho de partícula, estruturas de defesa como espinhos, conteúdo de água, composição e espessura de cutícula, etc) (Bending e Turner 1999). A qualidade física pode afetar a mineralização por dificultar a acessibilidade dos microrganismos ao substrato e, assim, alterar a taxa de colonização (Bending e Turner, 1999).

A qualidade dos materiais tem sido definida pelos teores de nitrogênio (N), lignina (L) e polifenóis (PP) (Vanlauwe et al. 2005; Palm et al. 2001a). Estes teores têm permitido dividir os materiais em classes, apresentando cada classe manejo específico (Vanlauwe et al. 2005; Palm et al. 2001a; Palm et al. 2001b). Por exemplo: classe I, materiais de rápida mineralização, que podem ser incorporados diretamente ao solo; classes II e III, materiais que devem ser incorporados juntamente com fertilizantes minerais ou com os materiais da classe I; e classe IV, materiais que devem ser aplicados como cobertura morta. Relações como C/N, L/N, L+PP/N e PP/N também têm sido estudadas a fim de prever com maior precisão o processo de mineralização (Vanlauwe et al. 2005). Palm e Sanchez (1991) verificaram que folhas com relação PP/N inferior a 0.5 apresentaram mineralização de N.

O contato material – solo pode influenciar a mineralização por vias que ainda não são muito bem compreendidas (Angers e Recous, 1997). Trabalhos têm mostrado que a mineralização de N é maior quanto menor o tamanho do material incorporado ao solo, estando à magnitude desta mineralização relacionada com a qualidade do material vegetal (Giacomini et al. 2007; Bremer et al. 1991; Benging e Turner 1999). Os menores tamanhos dos materiais e a incorporação permitem uma distribuição mais uniforme nos sítios de decomposição dentro do solo, favorecendo o acesso dos microrganismos decompositores (Giacomini et al. 2007). De acordo com Henriksen e Breland (2002), a mineralização de material de alta qualidade (classe I) tende a ser

pouco afetada pelo contato solo-material, ao contrário dos de baixa qualidade (classe IV).

É importante conhecer os efeitos dos materiais sobre a dinâmica de mineralização de N, pois isso possibilita maior eficiência no uso do N presente nos adubos orgânicos. Por exemplo, Corbeels et al. (2003) observaram que folhas de eucalipto imobilizaram N do solo durante 519 dias de incubação, enquanto que a leguminosa *Lupinus albus* mineralizou N durante todo o período. Em outro estudo, ramas de *Gliricidia sepium* também apresentaram mineralização líquida de N durante 56 dias de incubação (Menezes e Salcedo, 2007). Resultados similares haviam sido observados por Palm e Sanchez (1991) após incubarem folhas de *Gliricidia* durante 8 semanas.

Com base no exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da qualidade e do tamanho das partículas dos materiais vegetais sobre a dinâmica de mineralização de N após incorporação ao solo em estudos de incubação, com o intuito de subsidiar estudos em micro-escala para avaliação do uso potencial de espécies vegetais como adubo verde.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta, tratamento e análises dos materiais vegetais

A relação das espécies utilizadas no estudo, dos locais de coleta e das partes da planta utilizada encontra-se na tabela 1. As amostras foram secas ao ar (35 °C) e separadas em folhas e galhos finos (< 1 cm de diâmetro). Sub-amostras foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm e digeridas em uma mistura de ácido sulfúrico (H₂SO₄) mais água oxigenada (H₂O₂), para posterior quantificação do N nos extratos. C orgânico total foi determinado via oxidação úmida (Snyder e Trofymow, 1984) e N total por destilação (Bremner & Mulvaney, 1982). Lignina foi determinada pelo método da fibra em detergente ácido (FDA) utilizando o Ankom (Van Soest, 1963). Os polifenóis solúveis totais foram extraídos em etanol a 50% e ±80 °C, sendo quantificados utilizando 0,5 mL da amostra, 10 mL de água, 1,25 mL do reagente de Folin-Denis e 5 mL de carbonato de sódio a 17% em um balão volumétrico de 25 mL (Anderson e Ingram, 1993).

Tabela 1. Lista de espécies vegetais, e local de coleta das plantas utilizadas no estudo.

Nome vulgar	Parte	Nome científico	Localidade de coleta (cidade/estado)
Algaroba	Folha	<i>Prosopis juliflora</i> (SW) D.C.	Taperoá – PB
Gliricídia	Folha e galho	<i>Gliricidia sepium</i>	Taperoá – PB
Jurema preta	Folha e galho	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir	Taperoá – PB
Leucena	Folha e galho	<i>Leucaena spp.</i>	Taperoá – PB
Malva	Folha e galho	<i>Sida cordifolia</i> L.	Taperoá – PB
Marmeleiro	Folha	<i>Croton sonderianus</i> Muell. Arg.	Taperoá – PB
Sabiá	Folha	<i>Mimosa caesalpinhiifolia</i> Benth	Esperança – PB

Os resultados das análises de qualidade encontram-se na Tabela 2. Amostras dos materiais foram então secas em estufa e separadas em sub-amostras para fragmentação em diferentes tamanhos de partículas. Uma sub-amostra foi passada em um moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm, enquanto outra foi fragmentada em pedaços de, aproximadamente, 5 mm, utilizando-se uma tesoura.

Tabela 2. Teores de N, lignina (L), polifenóis (PP) e suas relações, nos materiais estudados.

Espécie	Parte	N g/kg	C %	C/N	L %	PP %	L+PP/N	L/N	PP/N
Leucena	Folha	46,7	39	8	11	7,83	4,03	2,36	1,67
Algaroba	Folha	32,9	42	13	16	1,49	5,32	4,86	0,45
Gliricídia	Folha	35,3	39	11	9	2,26	3,19	2,55	0,64
Jurema Preta	Folha	27,0	41	15	27	11,54	14,27	10,0	4,27
Malva	Folha	20,6	38	18	9	8,16	8,33	4,37	3,96
Marmeleiro	Folha	22,3	44	20	12	9,89	9,82	5,38	4,43
Sabiá	Folha	23,1	43	19	21	8,92	12,95	9,09	3,86
Média		29,7	41	15	15	7,16	8,27	5,52	2,75
Leucena	Galho	15,5	39	25	13	2,90	10,26	8,39	1,87
Gliricídia	Galho	15,1	42	28	15	0,59	10,32	9,93	0,39
Jurema Preta	Galho	9,5	41	43	19	6,58	26,93	20,0	6,92
Malva	Galho	5,2	44	85	11	4,10	29,04	21,1	7,88
Média		11,3	41	45	14	3,54	19,14	14,86	4,27

Ensaio de incubação de solo e determinação da mineralização de N

Os materiais fragmentados a 1 e 5 mm foram incubados em um Neossolo Regolítico, coletado no município de Esperança, PB. Amostras de 0–20 cm deste solo foram coletadas, secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm. Esta terra fina seca ao ar (TFSA) apresentou as seguintes características físicas e químicas: 830, 110 e 60 g kg⁻¹

de areia, silte e argila, respectivamente; densidade do solo $1,53 \text{ g cm}^{-3}$; N e C totais iguais a 0,41 e $4,38 \text{ g kg}^{-1}$; pH em água (1:2,5) de 6,4; N mineral ($\text{N-NO}_3^- + \text{N-NH}_4^+$) e P-Mehlich-1 iguais a 6,77 e $11,5 \text{ mg Kg}^{-1}$; e K, Ca e Mg iguais a 0,38, 1,5 e $0,42 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente. Textura, densidade do solo, pH, P, K, Ca e Mg foram determinados segundo a Embrapa (1997); N total por destilação (Bremner & Mulvaney, 1982); C total via oxidação úmida (Snyder e Trofymow, 1984); e N mineral extraído com $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$, sendo quantificado por colorimetria (Mendonça e Matos, 2005).

Para o ensaio de mineralização, amostras contendo 50g de solo foram colocadas em copos de plástico de 100 ml. Os materiais vegetais foram então incorporados ao solo, em dose equivalente a 5 t ha^{-1} de matéria seca (110 mg por copo). Cada material vegetal, fragmentado a 1 ou 5 mm, foi considerado como um tratamento. Após a incorporação do material, o solo foi umedecido a 40% do volume de poros (Elliot et al. 1999) e a umidade corrigida a cada dois dias, através de pesagens. As tampas dos copos foram furadas, a fim de permitir as trocas gasosas. O estudo foi realizado em laboratório, com temperatura de aproximadamente de 25°C , durante 28 dias.

Para o cálculo da mineralização líquida do N, adicionou-se um tratamento sem aplicação de material vegetal. Foram feitas amostragens aos 3, 7, 14 e 28 dias e, em cada data, três repetições de cada tratamento foram amostradas de forma destrutiva. Em cada data de amostragem, duas sub-amostras foram retiradas de cada copo. A primeira sub-amostra foi utilizada para extração do N mineral e outra para determinação da umidade do solo. A umidade determinada em cada amostra foi empregada para posterior correção da massa utilizada na extração do N mineral. A mineralização do N foi calculada como: $\text{N mineralizado (\%)} = 100 \times (\text{N mineral no solo tratado} - \text{N mineral no solo controle}) / \text{N adicionado no solo tratado}$. Essa metodologia de incubação foi baseada em Vanlauwe et al. (2005).

Análises estatísticas

Para comparação da mineralização de N nos diferentes tratamentos, realizou-se uma análise de variância, com todos os materiais, utilizando-se delineamento inteiramente ao acaso, com os tratamentos arranjados em um fatorial, composto por

11 materiais, dois tamanhos (1 e 5 mm) e quatro tempos (3, 7, 14 e 28 dias). Para a análise, utilizou-se o Sisvar versão 4.3 (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Qualidade dos materiais vegetais

De acordo com Palm et al. (2001a), a qualidade de materiais orgânicos pode ser definida pelos teores de N, L e PP. Materiais de alta qualidade (Classe I) devem apresentar teores de N > 2,5%, L < 15% e PP < 4%, enquanto que os de baixa (Classe IV) devem ter N < 2,5%, L > 15% e PP > 4%. Ainda segundo estes autores, entre estas duas classes há as classes dos materiais de alta qualidade intermediária (Classe II), que devem apresentar N > 2,5%, L > 15% e PP > 4%, e os de baixa qualidade intermediária (Classe III), contendo N < 2,5%, L < 15% e PP < 4%.

Classificar os materiais orgânicos dentro das classes propostas por Palm et al. (2001a) é uma prática não muito fácil, uma vez que dificilmente os teores dos três parâmetros caem dentro das faixas propostas por estes autores. Por exemplo, no presente estudo, as folhas da *G. sepium* poderiam ser classificadas como material de alta qualidade, devido ao elevado N e aos baixos teores de L e PP, e as folhas de *Mimosa caesalpiniiifolia* e os galhos de *M. tenuiflora* poderiam ser enquadradas como materiais de baixa qualidade (baixo N e elevados PP e L). Entretanto, o restante das amostras aqui utilizadas não se enquadra nas faixas propostas por Palm et al. (2001a).

Interrelações entre qualidade, tamanho e mineralização de N

As dinâmicas de mineralização do N de alguns materiais foram bastante parecidas, independente da classificação de Palm et al. (2001a) e Palm et al. (2001b). Por exemplo, as folhas de *Leucaena sp*, *G. sepium* e *Prosopis juliflora* apresentaram mineralização de N durante o período de incubação, independente do tamanho das partículas do material incorporado (Figura 1, A, B e C), apesar das folhas de *Leucaena sp* terem apresentado 7,83% de PP e as folhas de *Prosopis juliflora* 16% de L, percentagens que desqualificariam estes materiais como de alta qualidade.

O N mineralizado após a incorporação das folhas de *Leucaena*, tanto a 1 como a 5 mm, não se ajustou a nenhum modelo polinomial. No entanto, verifica-se uma tendência de crescimento do N mineralizado com o passar do tempo, independente do

tamanho incorporado (Figura 1, A). Este comportamento se deve ao elevado teor de N presente neste material (46,7 g/Kg), que parece ter compensado o elevado teor de PP (7,83%). Vale ressaltar que os PP são compostos químicos secundários que se ligam ao N protéico, imobilizando-o, principalmente no estágio inicial do processo de decomposição (Palm e Sanchez, 1991). As folhas de *P. juliflora*, quando incorporadas a 1 mm apresentaram valores de mineralização que se ajustaram a um modelo polinomial de primeira ordem, enquanto que a 5 mm não houve ajuste (Figura 1, B). Quanto às folhas de *G. sepium*, o N mineralizado com fragmentos de 1 mm não se ajustou a nenhum modelo de regressão, mas com 5 mm, o N mineralizado ajustou-se a uma equação quadrática (Figura 1, C). Este resultado é estranho, uma vez que as folhas de *G. sepium* vinham mineralizando de forma crescente até a terceira data e de repente, na última data, esta mineralização diminui. A *G. sepium* é um material extremamente lábil, logo se esperaria mineralização crescente independente do tamanho, mesmo que fossem em intensidades diferentes. O efeito do tamanho das partículas não ficou claro para as folhas de *Leucaena sp* e de *G. sepium*, contrariando os resultados da literatura (Giacomini et al. 2007; Bremer et al. 1991; Benging e Turner 1999), que apontam maior mineralização a medida que diminui o tamanho da partícula incorporada ao solo e quanto melhor sua qualidade, ou seja, elevado teor de N e baixos teores de compostos secundários.

As folhas de *Mimosa tenuiflora* e *Croton sonderianus* apresentaram as maiores percentagem de PP (11,54% e 9,89%, respectivamente). As folhas de *M. tenuiflora* também apresentaram a maior percentagem de lignina (27%). As folhas dessa espécie, quando incorporadas a 1 mm, apresentaram uma pequena mineralização na primeira data de amostragem e imobilização nas demais datas. Esses dados não se ajustaram a nenhum modelo. A 5 mm, os dados também não se ajustaram, mas houve mineralização em todas as datas (Figura 2C). O teor de N nas folhas de *M. tenuiflora* (27 g/kg) é muito próximo do teor estabelecido por Palm et al. (1991a) (25 g/kg), como limite para caracterizar se o material tem pouco ou muito N. Devido a esta proximidade, as folhas da *M. tenuiflora* podem ser consideradas como um material de baixa qualidade, pois apresentam L e PP elevados. Isto pode ser um indicativo de que materiais de baixa qualidade quando aplicados ao solo em pedaços muito pequenos levam a uma maior imobilização do N. O N mineralizado ou imobilizado após a incorporação das folhas de *C. sonderianus*, tanto a 1 quanto a 5 mm, não se ajustou aos modelos polinomiais (Figura 2A).

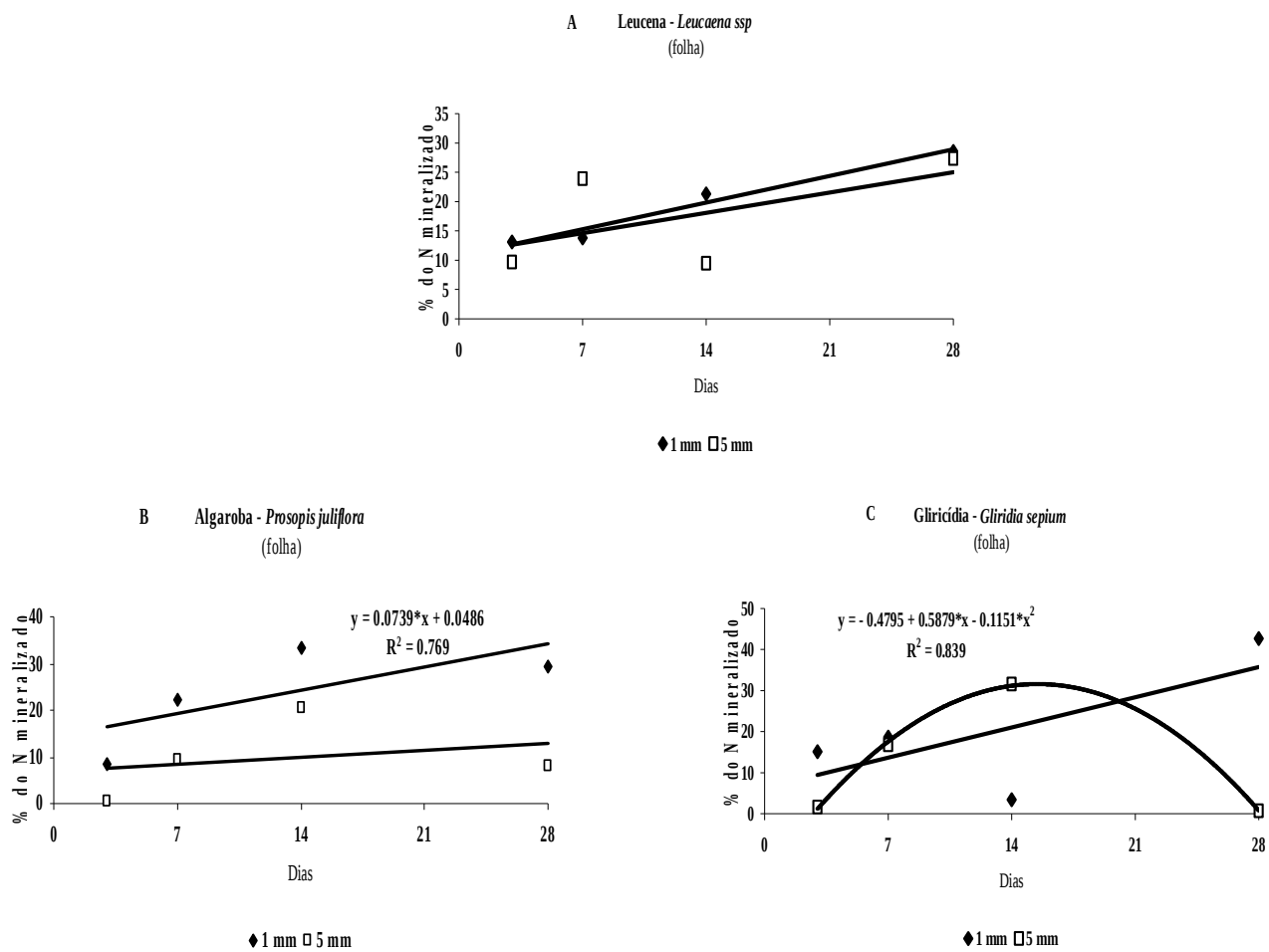


Figura 1. N mineralizado ou imobilizado de folhas de leucena, algaroba e gliricídia após incubação em solo, durante 28 dias.

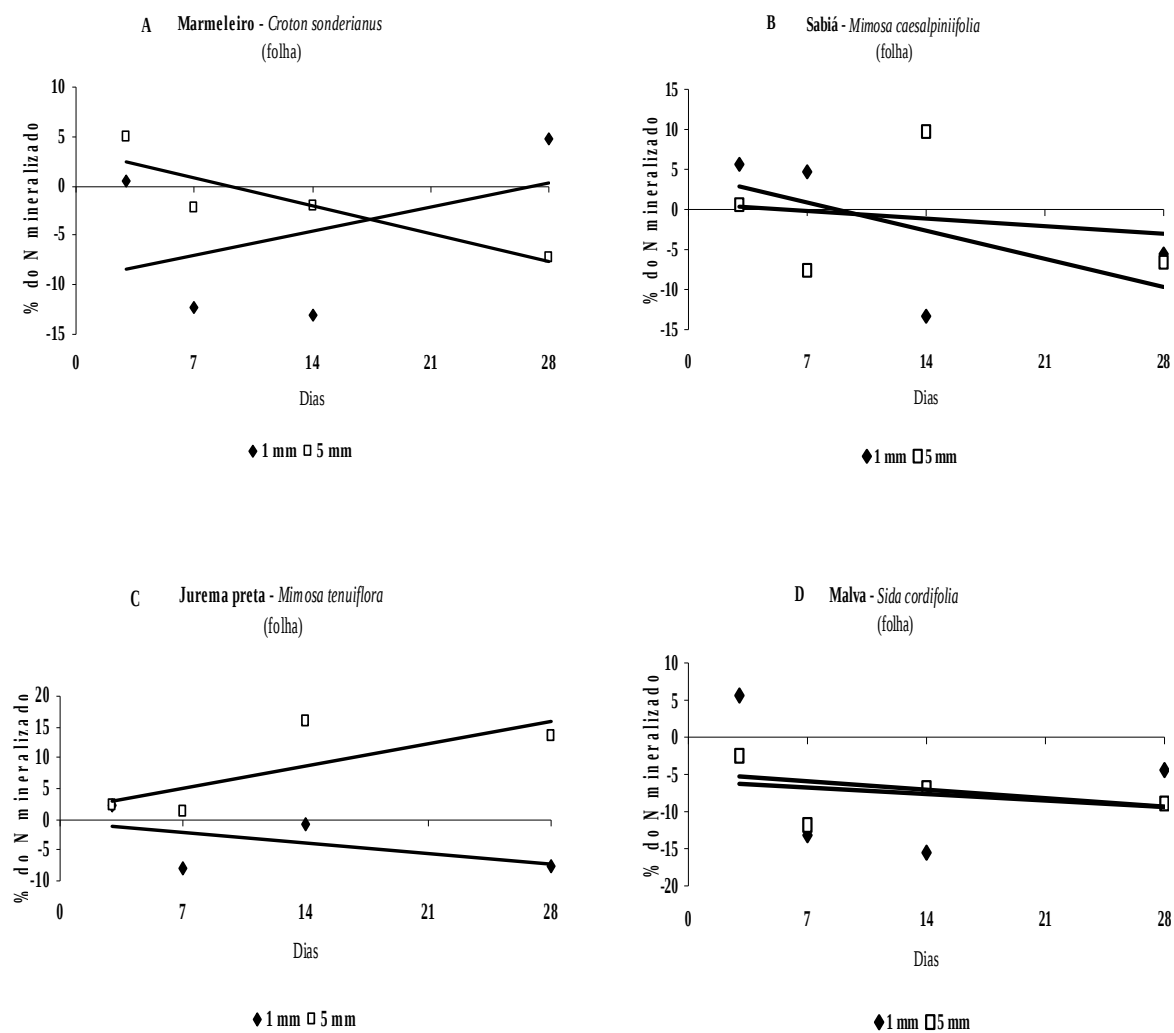


Figura 2. N mineralizado ou imobilizado de folhas de marmeleiro, sabiá, j. preta e malva após incubação em solo, durante 28 dias.

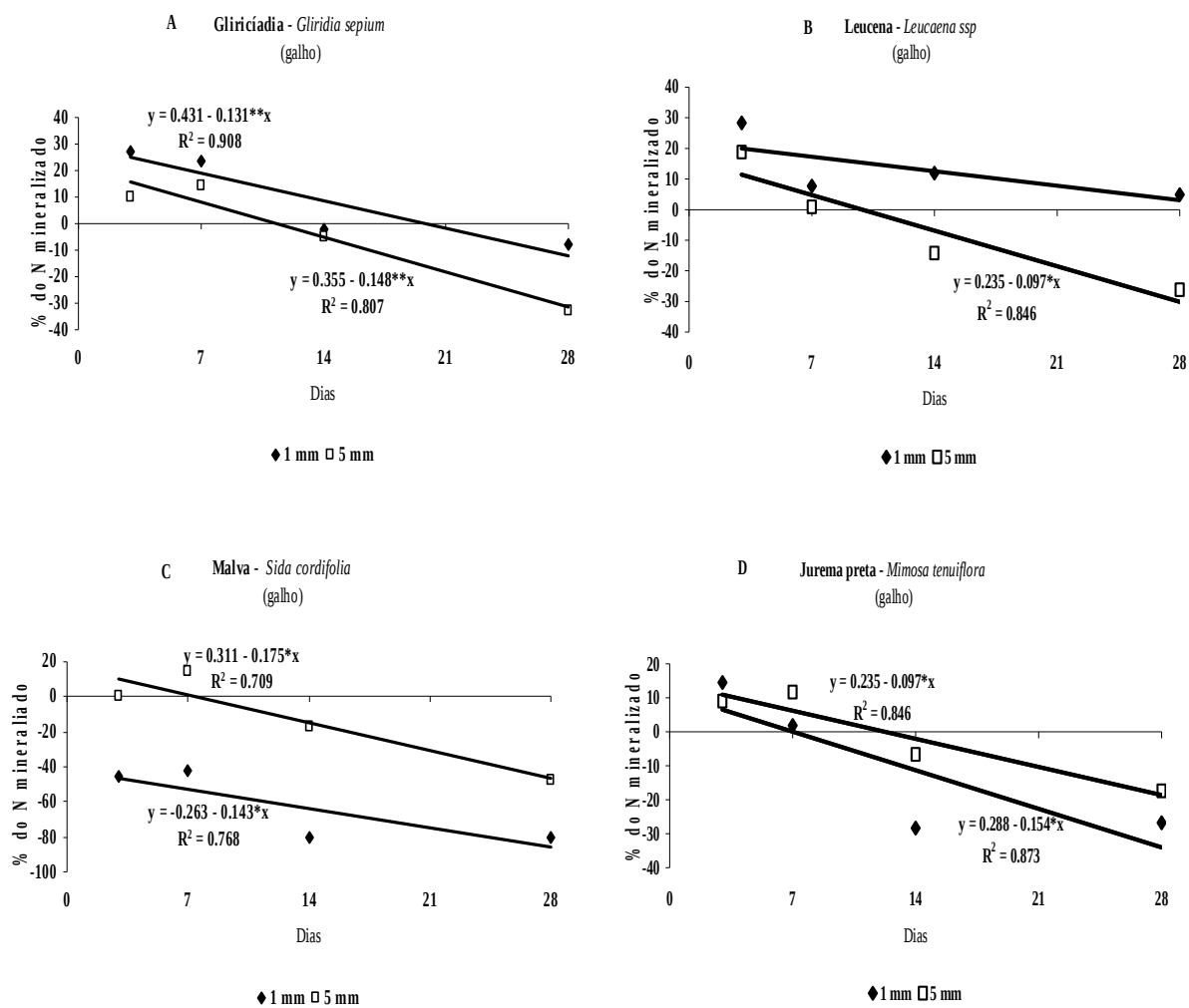


Figura 3. N mineralizado ou imobilizado de galhos de gliricídia, leucena, malva e j. preta após incubação em solo, durante 28 dias.

As folhas do *C. sonderianus* na primeira, segunda e terceira datas apresentaram imobilização, a 1mm. Entretanto, na quarta coleta isto não foi observado (Figura 2A). O *C. sonderianus* e *M. tenuiflora* apresentaram os maiores teores de PP, portanto pode-se especular que esses compostos tenham contribuído para esses resultados. Os dados da dinâmica do N após a incorporação das folhas de *Sida cordifolia* e de *Mimosa caesalpinhiifolia* não se ajustaram aos modelos polinomiais (Figuras 2B e 2D). Apesar disto, esses materiais iniciaram mineralizando e terminaram imobilizando N. As percentagens de PP foram elevadas nas folhas das duas espécies: 8,16 e 8,92%, respectivamente.

As amostras de galhos das espécies estudadas, após a incorporação ao solo, iniciaram mineralizando e terminaram imobilizando N (Figuras 3A, 3B, 3C e 3D), exceto as de *Leucaena* fragmentadas a 1 mm que mineralizaram N durante todo o período do estudo (Figura 3B). Este também foi o único material que não apresentou ajuste a uma equação polinomial. A mineralização dos galhos da *Leucaena* a 5 mm e dos galhos das demais espécies, independente do tamanho, ajustou-se a modelos polinomiais de primeira ordem. Em geral, as amostras de galhos apresentaram os menores teores de N (Tabela 2), o que pode ter sido fundamental para este comportamento. Os galhos de *M. tenuiflora* e de *S. cordifolia* apresentaram os menores teores de N e maiores de PP. Constatou-se que materiais desse tipo, quando incorporados no solo em tamanhos menores (1 mm), causaram maior imobilização do N (Figuras 3C e 3D).

CONCLUSÕES

Os materiais de alta qualidade (elevado teor de N e baixos de PP e L) mineralizaram N, independente do tamanho com que foram aplicados ao solo. O efeito da intensidade da mineralização em função do tamanho não ficou claro para todos os materiais de boa qualidade. Materiais como os galhos de *S. cordifolia* (malva) e de *M. tenuiflora* (Jurema preta) (baixo teor de N e elevados de PP e L), quando incorporados em pedaços menores que 1 mm causaram maior imobilização. Portanto, de maneira geral conclui-se que o tamanho das partículas influenciou na intensidade mas não alterou a direção

dos processos de mineralização ou imobilização em incubações de curto prazo, independente da qualidade dos materiais vegetais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, J. M.; Ingram, J. S. I. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. Second edition. CAB International. 1993. 221p.
- Angers, D.; Recous, S. Decomposition of wheat straw and rye residues as affected by particle size. *Plant and Soil*. 189: 197-203. 1997.
- Bending, G. D.; Turner, M. K. Interaction of biochemical quality and particle size of crop residues and its effect on the microbial biomass and nitrogen dynamics following incorporation into soil. *Biology and Fertility of Soils*. 29: 319-327. 1999.
- Bremer, E.; van Houtum W.; van Kessel, C. Carbon dioxide evolution from wheat and lentil residues as affected by grinding, added nitrogen, and the absence of soil. *Biology and Fertility of Soils*. 11: 221-227. 1991.
- Bremner, J. M.; Mulvaney, C. S. Nitrogen-total. In: Page, A. L.; Miller, R. H.; Keeney, D. R. (eds). *Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties. Part. 2.* Madison, ASA-SSSA, P. 595-624. 1982. (Agronomy Monograph, 9).
- Corbeels, M.; O'Connell, A. M.; Grove, T. S.; Mendham, D. S.; Rance, S. J. Nitrogen release from eucalypt leaves and legume residues as influenced by their biochemical quality and degree of contact with soil. *Plant and Soil*. 250: 15-28. 2003.
- Elliot, E. T.; Heil, J. W.; Kelly, E. F.; Monger, H. C. Soil structural and other physical properties. In: Robertson, G. P.; Coleman, D. C.; Bledsoe, C. S.; Sollins, P. *Standard soil methods for long-term ecological research.* New York. Oxford University Press. 1999. 462p.
- Embrapa. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de pesquisa de Solos. 1997. 212p
- Ferreira, D. F. Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas. Lavras, MG. 2000. 63p.
- Fox, R. H.; Myers, R. J. K.; Vallis, I. The nitrogen mineralization rate of legume residues in soil as influenced by their polyphenol, lignin, and nitrogen contents. *Plant and Soil*. 129: 251-259, 1990.
- Giacomini, S. J.; Recous, S.; Mary, B.; Aita, C. Simulating the effect of N availability, straw particle size and location in soil on C and N mineralization. *Plant and Soil*. 301: 289-301. 2007.
- Handayanto, E.; Cadisch, G.; Giller, K. E. Nitrogen release from prunings of legume hergerow trees in relation to quality of the prunings and incubation method. *Plant and Soil*. 160: 237-248, 1994.
- Henriksen, T. M.; Breland, T. A. Carbon mineralization, fungal and bacterial growth, and enzyme activities as affected by contact between crop residues and soil. *Biology and Fertility of Soils*. 35: 41-48. 2002.

- Mendonça, E. S.; Matos, E. S.; *Matéria orgânica do solo: métodos de análises*. UFV, Viçosa. 2005. 107p.
- Menezes, R. S. C.; Salcedo, I. H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um neossolo Regolítico cultivado com milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 11: 361-367. 2007.
- Palm C.A & Sanchez P.A. Nitrogen release from the leaves of some tropical leguminous trees as affected by their lignin and polyphenol contents. *Soil Biology and Biochemistry* 23: 83–88, 1991.
- Palm, C.A; Catherine, N; Gachengo, Delve, R.J; Cadisch, G & Giller, K.E. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 83:27-42, 2001b.
- Palm, C.A; Giller, K. E; Mafongoya P. L & Swift M.J. Management of organic in the tropics: translating theory into practice. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*. 61:63-75, 2001a.
- Snyder, J. D.; Trofymow, J. A. A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining organic and inorganic carbon in plant and soil samples. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 15: 587-597. 1984.
- Valauwe, B; Gachengo, K; Shepherd, E; Barrios, G; Cadisch, G; Palm, C.A. Laboratory validation of a resource quality-based conceptual framework for organic matter management. *Soil Science Society of America Journal*. 69:1135-1145, 2005.
- Van Soest, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. Assoc Off Agric Chem* 46: 829-835. 1963.

CAPÍTULO 3

DISPONIBILIDADE DE N E DE ÁGUA NO SOLO E PRODUTIVIDADE DO MILHO APÓS APLICAÇÃO EM SUPERFÍCIE OU INCORPORAÇÃO DE MATERIAIS ORGÂNICOS DE DIFERENTES QUALIDADES

Autores

Romildo Nicolau Alves, Rômulo Simões Cezar Menezes, Evson Elber Souza de Costa, Patrícia Karla Tavares Cabral

Resumo: O esterco é a principal fonte de nutrientes utilizada pelos agricultores da região semi-árida, mas pode causar imobilização do N do solo, ao contrário da biomassa de leguminosas que pode mineralizar N rapidamente. A aplicação incorporada ao solo ou em superfície pode influenciar as taxas de decomposição do esterco e dos adubos verdes e, conseqüentemente, a produtividade das culturas agrícolas. Estas formas de aplicação de esterco e de ramas de gliricídia (*Gliricidia sepium*) e ramas de marmeleiro (*Croton sonderianus*) foram comparadas quanto à produção de milho no Cariri paraibano. Os tratamentos não se diferenciaram quanto à disponibilidade de água no solo em 2007, mas, em 2008, o marmeleiro aplicado em superfície, resultou em mais água no solo até a sexta semana após o plantio. Os teores de N mineral no solo, em 2008, diminuíram após a aplicação dos materiais, independente do tratamento, em geral, a partir da quarta semana não diferiram entre os tratamentos. A velocidade de decomposição foi mais rápida quando os materiais foram incorporados, e foi diretamente relacionada com os teores de N dos adubos e inversamente proporcional aos teores de polifenóis e lignina. A produção de palhada e grãos de milho, em geral, não diferiu entre os tratamentos, em 2007 e 2008, entre as formas de aplicação dos adubos.

Palavras – chave: semi-árido, marmeleiro, gliricídia, nitrogênio, *Zea mays*

SOIL N AND WATER AVAILABILITY AND MAIZE PRODUCTIVITY AFTER SURFACE APPLICATION OR INCORPORATION OF ORGANIC AMENDMENTS OF DIFFERENT QUALITIES

Authors

Romildo Nicolau Alves, Rômulo Simões Cezar Menezes, Evson Elber Souza de Costa,
Patrícia Karla Tavares Cabral

Abstract: Animal manure is the main source of nutrients used by farmers in semi-arid NE Brazil to fertilize their crops, but low quality manure may cause soil N immobilization. Recent studies have suggested the use of high quality biomass from legume tree prunings as a nitrogen input to the soil in the cropping fields. However, the way farmers apply animal or green manures to the soil, in particular if they are surface applied or incorporated to the soil, may affect both the decomposition rates and, consequently, crop the productivity. The objective of the present study was to evaluate the effects of the surface application or incorporation into the soil of organic residue of different qualities (*Gliricidia sepium*, *Croton sonderianus* and cattle manure) on soil moisture, soil N availability and maize biomass production in the Cariri region of Paraíba, in semi-arid Northeastern Brazil. The experiment was carried under field conditions for two growing seasons (2007 and 2008) and was established in a randomized block design, with treatments arranged in a 4 x 2 factorial, with four types of organic residue application (*G. sepium*, *C. sonderianus*, cattle manure, and control) and two types of application (surface applied or incorporated to a depth of 15 cm) and four replications. In 2007, the treatments did not have a significant effect on soil moisture availability, but in 2008 the surface applied *C. sonderianus* led to higher soil moisture content up to the six after maize planting. The decomposition of the organic residues was faster when these were incorporated to the soil, particularly to the residues with higher quality (high N and low polyphenol content). Maize stover and grain productivity did not significantly differ between treatments during the period of the study.

Key-words: semi-arid, *Gliricidia sepium*, *Croton sonderianus*, organic residue quality

INTRODUÇÃO

No semi-árido no Nordeste do Brasil predominam os sistemas agrícolas de subsistência. Nestes, o uso de fertilizantes químicos é praticamente inexistente e, como agravante, os solos em geral são deficientes em N e P (Sampaio e Salcedo, 1997). Uma vez que a fertilidade destes solos depende basicamente do manejo da matéria orgânica (Tiessen et al. 2001; Fraga e Salcedo, 2004), a manutenção ou o acréscimo da matéria orgânica do solo nestes sistemas são de grande importância. O esterco é o principal adubo orgânico utilizado pelos produtores da região semi-árida (Sampaio e Menezes, 2002), apesar de não estar disponível em quantidade suficiente para atender a demanda de todas as propriedades rurais (Marin et al. 2007). Trabalhos têm mostrado a importância da utilização da biomassa de leguminosas arbóreas, como gliricídia (*Gliricidia sepium*), para a adubação de culturas anuais (Marin et al. 2007). A gliricídia é uma planta adaptada a climas secos, é boa fixadora de N e produz biomassa de alta qualidade para adubação verde (Mundus et al., 2008).

Pouco se tem pesquisado sobre o potencial de plantas nativas do semi-árido para uso na adubação orgânica. O marmeleiro (*Croton sonderianus*), por exemplo, presente na maior parte do semi-árido e que produz bastante biomassa logo após as primeiras chuvas, poderia, ser uma fonte de quantidades significativas de biomassa para adubação orgânica. O uso eficiente dos adubos orgânicos está condicionado a diversos fatores, incluindo não só a quantidade, mas também a qualidade e a forma de aplicação no solo, incorporado ou em superfície (Tiessen et al. 2001).

Segundo Palm et al. (2001a), a qualidade de um material orgânico para uso como adubo é definida principalmente pelos seus teores de N, polifenóis (PP) e lignina (L). Em geral, materiais orgânicos com teores de PP e L maiores que 40 e 150 g kg⁻¹, respectivamente, e teores de N menores que 25 g kg⁻¹ podem ser considerados materiais de baixa qualidade. Em contrapartida, materiais com teores de PP menores que 40 g kg⁻¹, teores de L menores que 150 g kg⁻¹ e teores de N maiores que 25 g kg⁻¹ são considerados de alta qualidade. Existem ainda os materiais de qualidade intermediária com características químicas intermediárias aos materiais de alta e baixa qualidade (Palm et al. 2001a; Palm et al. 2001b). Para cada categoria de materiais, estes autores sugeriram um manejo específico. Materiais de alta qualidade podem ser aplicados diretamente no solo,

enquanto que os de baixa devem ser aplicados como cobertura morta ou serem submetidos à compostagem antes de aplicados ao solo. Semelhantemente, a forma de aplicação no solo (incorporado ou em superfície) pode ter forte influência não só sobre a decomposição da matéria orgânica, mas também sobre a dinâmica da água e do regime de temperatura do solo (Schomberg et al. 1994).

Na região tropical, a ciclagem da matéria orgânica é bem mais rápida do que em regiões temperadas, com forte influência no manejo da matéria orgânica do solo (Tiessen et al. 2001). Entretanto, pouca informação existe sobre este assunto para a região semi-árida. De acordo com Tiessen et al. (2001), o cultivo manual no final de seis anos conservou mais a matéria orgânica do que o cultivo mecânico, em áreas de Caatinga do NE brasileiro Segundo Mundus et al. (2008), matéria orgânica de alta qualidade incorporada no solo decompõe-se bem mais rápido do que materiais orgânicos de menor qualidade como, por exemplo, o esterco. Por outro lado, em alguns casos, materiais de baixa qualidade quando aplicados em superfície podem se decompor mais lentamente do que quando incorporados, apresentando efeitos benéficos sobre a conservação da água no solo e sobre a nutrição das culturas agrícolas. Entretanto, existem poucas informações disponíveis na literatura sobre estes processos em agroecossistemas da região semi-árida.

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da forma de aplicação sobre a decomposição de materiais orgânicos de diferentes qualidades, sobre a conservação da água e dinâmica do N no solo, e sobre a produção de milho, ao longo de dois anos, no Cariri paraibano.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

O experimento foi desenvolvido no município de Taperoá, PB, na microrregião do Cariri, em 2007 e 2008. Dados de precipitação pluvial, nestes anos, encontram-se na figura 1. A região apresenta médias de temperaturas máxima e mínima de 30 e 20 °C, respectivamente. O solo da área experimental é um Neossolo Flúvico, com 400, 300 e 300 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente. Em 2007, no início do experimento o

solo foi amostrado na camada de 0-0,2 m para caracterização química (Tabela 1). O pH foi determinado em água (1:2,5), o P por colorimetria (Mehlich-1), o Ca e o Mg por absorção atômica e o K por fotometria de chama (Embrapa, 1997). O N total foi determinado por destilação (Bremner & Mulvaney, 1982) e o C total via oxidação úmida (Snyder e Trofymow, 1984).

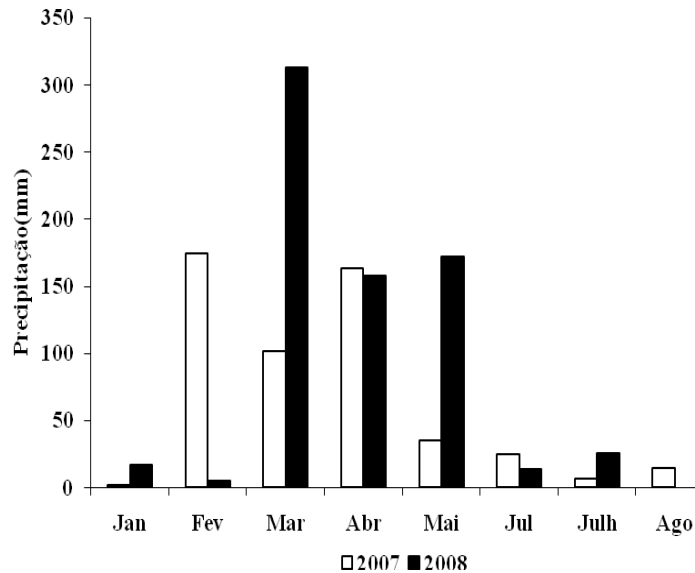


Figura 1. Precipitação pluviométrica mensal em 2007 e 2008, em Taperoá, PB.

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental, em Taperoá, PB.

pH _(H₂O)	Ct ⁽¹⁾	Nt ⁽²⁾	P	K	Ca	Mg	Al ³⁺	H+Al
	-----%-----		-----mg kg ⁻¹ -----		-----cmolc/kg-----			
6,74	0,88	0,05	229	99,19	3,95	0,62	0,10	1,32

⁽¹⁾ Carbono total. ⁽²⁾ Nitrogênio total.

Delineamento experimental e materiais orgânicos

O delineamento adotado foi em bloco ao acaso com os tratamentos arranjados em um fatorial 4x2, sendo quatro tipos de materiais orgânicos (marmeleiro, gliricídia, esterco e controle) e dois tipos de aplicações (incorporado e em superfície. Foram demarcados quatro blocos, cada um dividido em oito parcelas com dimensões de 5 por 4 m. Foram utilizadas ramas (folhas e galhos finos com menos que 1 cm de diâmetro) de marmeleiro

(*Croton sonderianus*), de gliricídia (*Gliricidia sepium*) e esterco bovino de curral. O esterco foi proveniente de propriedades próximas da área experimental e o marmeleiro e a gliricídia coletados de plantas da propriedade e redondezas. Amostras destes materiais foram digeridas em uma mistura de H_2SO_4 e H_2O_2 e o P, K, Ca e Mg, C e N foram determinados (Tabela 2). O P por colorimetria, K por fotometria de chama (Embrapa, 1997), o Ca e Mg por absorção atômica, C por via de oxidação úmida (Snyder e Trofymow, 1984) e o N por destilação (Bremner & Mulvaney, 1982). A lignina foi determinada pelo método da fibra em detergente ácido (FDA) (Van Soest, 1963). Os polifenóis solúveis totais foram determinados segundo Anderson e Ingram (1993).

Tabela 2. Caracterização química dos materiais orgânicos utilizados no estudo

	Ct ⁽¹⁾	Nt ⁽²⁾	L ⁽³⁾	PP ⁽⁴⁾	MS ⁽⁵⁾	P	K	Ca	Mg
	-----%-----								
Gliricídia	38,5	3,1	12	1,42	23,5	0,54	2,1	2,1	0,01
Marmeleiro	41,0	1,7	14	6,77	37,1	0,35	1,2	1,2	0,007
Esterco	12,5	1,2	9	-	67,7	0,55	2,7	2,7	0,04

⁽¹⁾ Carbono total. ⁽²⁾ Nitrogênio total. ⁽³⁾ Lignina. ⁽⁴⁾ Polifenóis. ⁽⁵⁾ Matéria seca.

Aplicação dos materiais orgânicos, plantio e colheita do milho (2007 e 2008)

Os materiais foram aplicados em superfície, em dose equivalente a 15 t/ha de matéria fresca, correspondendo a 3,5, 5,7 e 10 t de matéria seca de gliricídia, marmeleiro e esterco, respectivamente. A incorporação dos materiais foi realizada com enxada, a uma profundidade de 10 cm. Foram inseridos no delineamento dois controles, um sem revolvimento do solo e sem aplicação de material, e outro onde o solo foi revolvido mas também não houve aplicação de material. Em 2007, o milho foi plantado em 03/03/07 e, em 2008, em 13/03/08, um dia após a aplicação dos tratamentos. As sementes de milho, da variedade Sergipana, foram adquiridas no comércio local. O milho foi plantado no espaçamento de 1,0 x 0,20 m, totalizando quatro fileiras dentro de cada parcela. Quatro sementes foram semeadas por cova gerando uma densidade inicial de 200.000 plantas/ha. Foram realizadas capinas semanais, utilizando enxada. As ervas capinadas eram deixadas sobre a superfície do solo, dentro da parcela.

Na quarta semana após o plantio, foi realizada a primeira coleta de biomassa do milho, com retirada de 15 plantas inteiras das duas linhas principais de cada parcela. Na

sexta e nona semanas após o plantio, foram realizadas a segunda e terceira coletas de biomassa, deixando após a terceira coleta apenas uma planta por cova. Na colheita (quarta coleta), todas as plantas das duas linhas principais foram amostradas. Em todas as coletas a biomassa vegetal foi pesado e uma sub-amostra foi retirada para determinação da matéria seca. As plantas foram coletadas inteiras, sendo que na colheita, separaram-se os grãos para determinação da produtividade do milho. Os grãos foram pesados e sub-amostras foram retiradas para determinação da umidade e posterior correção para 13%. Sub-amostras da biomassa da colheita e dos grãos foram moídas e digeridas em uma mistura de H_2SO_4 e H_2O_2 e o N total foi determinado por destilação (Bremner & Mulvaney, 1982)

Determinação da umidade e do N mineral do solo

Para determinação da umidade do solo e do N mineral, foram coletadas amostras de solo nas mesmas datas da coleta de biomassa, em 2007 e 2008. No caso do N mineral, duas coletas a mais foram realizadas, no momento do plantio e na segunda semana. De 7 a 8 amostras simples de solo foram coletadas ao acaso dentro das duas linhas principais do milho, na profundidade de 0-15 cm, formando uma amostra composta. A umidade foi determinada por método gravimétrico. Uma sub-amostra (aproximadamente, 100g de solo) foi colocada em saco de plástico e rapidamente fechado e levado para o laboratório. No laboratório, a umidade foi determinada utilizando a seguinte equação: % umidade = $(\text{Pu} - \text{Ps})/\text{Ps} * 100$, onde Pu = peso úmido e Ps = peso seco (Embrapa, 1997). O N mineral ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) foi analisado apenas nas amostras de 2008. A amostra para determinação do N mineral foi seca ao ar e, em seguida, passado em uma peneira de 2 mm para posterior análise. O N mineral foi extraído com KCl 1 mol/L e determinado por colorimetria (Mendonça e Matos, 2005). Não foi possível construir o gráfico do N mineral em 2007, devido à perda de algumas amostragens.

Quantificação da decomposição dos materiais aplicados

Para a quantificação da decomposição do material orgânico, foram utilizadas bolsas com os materiais, colocadas em superfície ou enterradas a 0,10 m de profundidade. As bolsas tinham aproximadamente 17 x 18 cm de tamanho, na parte superior uma malha de nylon de 1 mm de abertura e na parte inferior um tecido de nylon com abertura de 0,1 mm, para evitar a perda das frações mais finas dos materiais, principalmente do esterco. Nas bolsas foram colocadas 40 g de matéria fresca de gliricídia, marmeleiro e esterco, equivalente a 9,4, 15,2 e 27,1 g de matéria seca. As bolsas foram colocadas entre as duas fileiras principais das parcelas no momento do plantio do milho. Nas parcelas em que as bolsas foram enterradas, piquetes foram colocados ao lado de cada bolsa a fim de facilitar a coleta. As bolsas deixadas em superfície foram presas ao solo com pedaços de arame, para evitar sua retirada por animais. Quatro bolsas foram colocadas dentro de cada parcela. Aos 15, 40, 60 e 80 dias coletou-se uma bolsa de cada tratamento. No laboratório, as bolsas foram colocadas para secar em estufa a 60-65 °C e, em seguida, pesadas. Uma sub amostra deste material foi incinerada a 450 °C, sendo descontado a contaminação do solo, obtendo-se assim o peso da matéria orgânica presente na bolsa. Os dados foram expressos em % de matéria seca remanescente (Harmon et al. 1999). Em 2007, os dados da última coleta foram perdidos devido a um incêndio na estufa do laboratório.

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Utilizou-se o programa estatístico Sisvar versão 4.3 (Ferreira, 2000). O erro padrão da média foi utilizado para comparar os tratamentos nos gráficos de umidade, N mineral, produção de matéria seca e matéria seca remanescente das bolsas de decomposição, usando o programa SigmaPlot versão 10.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Qualidade dos materiais

A *Gliricidia sepium* (gliricídia) apresentou elevado teor de N e baixos teores de lignina (L) e polifenóis (PP), enquanto o *Croton sonderianus* (marmeleiro) apresentou baixo teor de N, intermediário de L e mais elevado de PP e o esterco baixos teores de N e L, no entanto, os PP não foram detectados (Tabela 2). De acordo com Palm et al. (2001a), materiais para serem considerados de alta qualidade devem apresentar teores de $N > 25 \text{ g kg}^{-1}$, $L < 150 \text{ g kg}^{-1}$ e $PP < 40 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto que os de baixa qualidade devem apresentar $N < 25 \text{ g kg}^{-1}$ e L e $PP > 150 \text{ g kg}^{-1}$ e $> 40 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Portanto, a gliricídia pode ser considerada de alta, o esterco de intermediária e o marmeleiro de baixa qualidade. O esterco apresentou baixo teor de C (12,5%), devido à mistura de solo, uma vez que foi coletado no curral, com o auxílio de uma enxada. Amostras de esterco com baixos teores de C também foram relatadas por Mundus et al. (2008), na região semi-árida paraibana. O elevado teor de PP no marmeleiro (6,77%) sugere que esse seja um material de lenta decomposição após a aplicação ao solo. Os PP são compostos que possuem a capacidade de se ligarem ao N do material vegetal protegendo-o do ataque microbiano, além de poderem reagir com o N presente no solo, imobilizando-o (Palm e Sanchez, 1991; Tscherning et al. 2005). A gliricídia apresentou teor de PP muito baixo (1,42%), o que está de acordo com a literatura internacional (Mundus et al. 2008; Palm e Sanchez 1991; Handayanto et al. 1994).

Decomposição dos materiais orgânicos

Os materiais orgânicos decompuseram-se mais rápido quando incorporados do que quando aplicados em superfície (Figuras 2 e 3). Isto se deve ao maior contato do material com o solo, o que faz com que os microrganismos decompositores atuem mais rapidamente (Giacomini et al. 2007; Thönnissen et al. 2000). Também foi evidente o efeito da qualidade dos materiais vegetais sobre a decomposição. Por exemplo, em 2007, nos primeiros 15 dias, o esterco incorporado tinha se decomposto apenas 4%, enquanto que o marmeleiro aproximadamente 28% e a gliricídia 60% (Figura 2). Para esta mesma data e ano, quando os materiais foram aplicados em superfície, a gliricídia apresentou também maior perda de massa (56%). Handayanto et al. (1994) relataram perda de massa de 30% no décimo sexto dia para gliricídia quando aplicada em superfície. Na última

coleta (60 dias), a incorporação ou aplicação em superfície da gliricídia não se diferenciaram (Figura 2). Esta rápida decomposição da gliricídia deve-se, principalmente, a seus teores altos de N e baixo de PP. O efeito da composição química sobre o processo de decomposição tem sido observado por autores (Thönnissen et al. 2000; Palm et al. 2001a; Palm et al. 2001b; Palm e Sanchez, 19991). O marmeleiro, apesar de ser de qualidade inferior a do esterco, decompôs-se mais rápido quando incorporado. Em 2008, os dados de perda de massa dos materiais orgânicos não apresentaram um comportamento coerente (Figura 3). Na primeira data de coleta (15 dias), o marmeleiro incorporado não se diferenciou da gliricídia incorporada, apesar da diferença em qualidade. Portanto, o uso de bolsa para se acompanhar a decomposição de material orgânico deve ser utilizada com cuidado, uma vez que esta prática é sujeita a interferências desde sua colocação no campo até o manuseio no laboratório. Por exemplo, a quantificação da perda de matéria orgânica é feita por sucessivas pesagens, o que pode adicionar erros ao resultado final. No campo, o material acondicionado na bolsa pode ser retirado por organismos da macrofauna ou a própria bolsa removida da parcela.

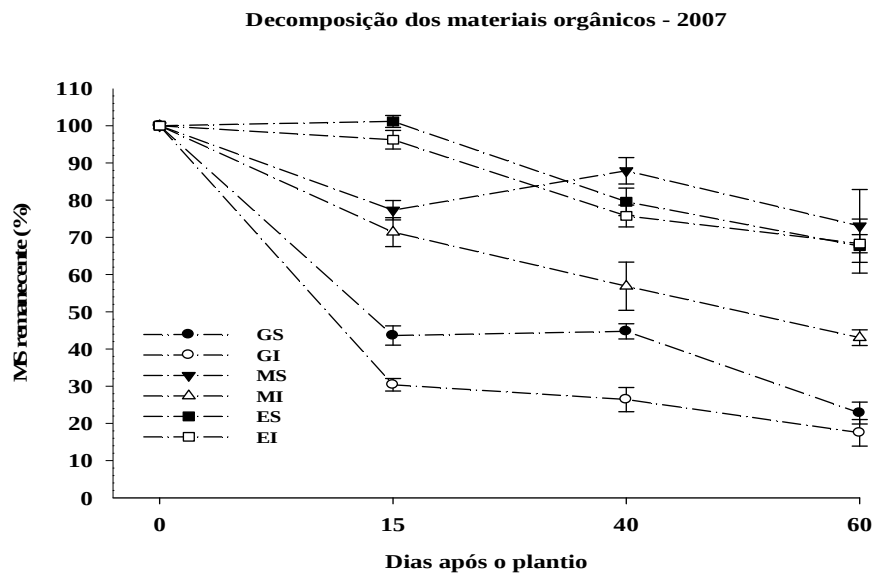


Figura 2. Matéria seca remanescente após aplicação dos materiais orgânicos em bolsas de decomposição, Taperoá, PB, em 2007. GS = gliricídia em superfície; GI = gliricídia incorporada; MS = marmeleiro em superfície; MI = marmeleiro incorporado; ES = esterco em superfície; e EI = esterco incorporado.

Decomposição dos materiais orgânicos - 2008

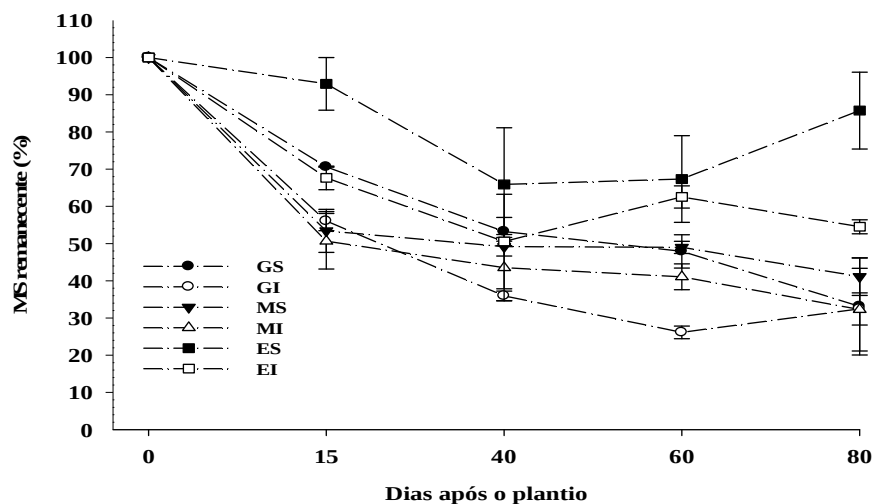


Figura 3. Matéria seca remanescente após aplicação dos materiais orgânicos em bolsas de decomposição, Taperoá, PB, em 2008. GS = gliricídia em superfície; GI = gliricídia incorporada; MS = marmeleiro em superfície; MI = marmeleiro incorporado; ES = esterco em superfície; e EI = esterco incorporado.

Umidade e N mineral do solo

Em 2007, não houve um comportamento claro dos tratamentos quanto à conservação da água no solo. Neste ano os tratamentos não se diferenciaram dentro das datas de amostragem durante o período de plantio (Figura 4). No ano de 2008, foram observados efeitos significativos dos tratamentos sobre a umidade e o N do solo nas datas de amostragem (Figura 5 e 6). O marmeleiro aplicado em superfície resultou em mais umidade até a sexta semana após o plantio. É possível que isso tenha ocorrido devido à sua baixa qualidade (elevado teor de PP), que retardou a sua decomposição e, conseqüentemente, manteve a cobertura no solo por mais tempo. Por outro lado, a gliricídia, um material de alta qualidade, quando incorporada ao solo, decompôs-se tão rapidamente que pouco contribuiu para a conservação da água na camada superficial no solo (Figura 5).

Ano 2007

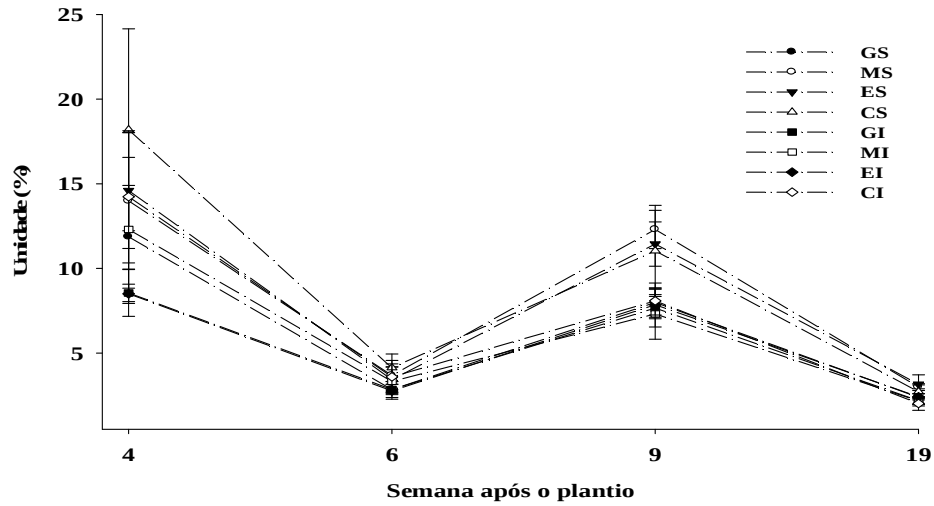


Figura 4. Umidade na camada de 0-15 cm de um Neossolo Flúvico, Taperoá, PB, em 2007. GS = gliricídia em superfície; MS = marmeleiro em superfície; ES = esterco em superfície; CS = controle em superfície; GI = gliricídia incorporada; MI = marmeleiro incorporado; EI = esterco incorporado; e CI = controle incorporado.

Ano 2007

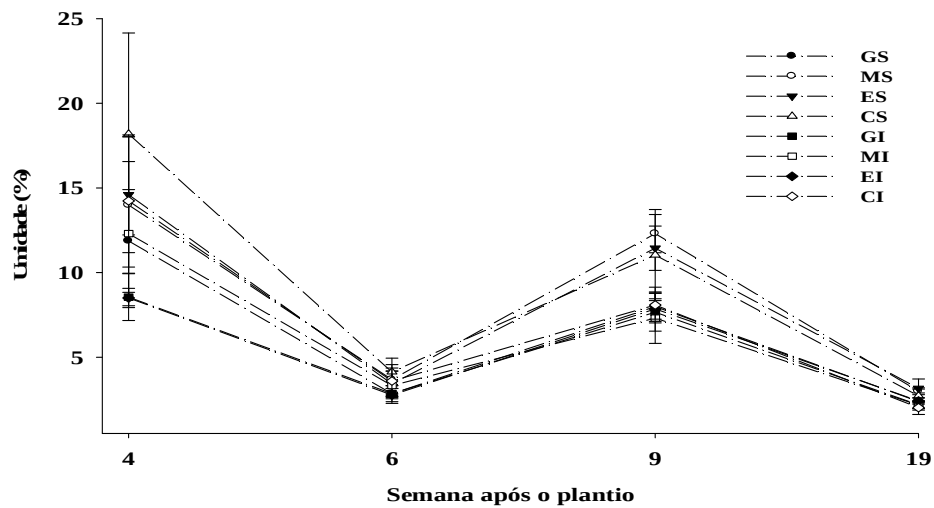


Figura 5. Umidade na camada de 0-15 cm de um Neossolo Flúvico, Taperoá, PB, em 2008. GS = gliricídia em superfície; MS = marmeleiro em superfície; ES = esterco em superfície; CS = controle em superfície; GI = gliricídia incorporada; MI = marmeleiro incorporado; EI = esterco incorporado; e CI = controle incorporado.

Em 2008, independente do tratamento, o N mineral diminuiu do momento do plantio até duas semanas após (Figura 6). Da quarta semana em diante, o N mineral apresentou comportamento uniforme, exceto no tratamento ES que se destacou dos demais tratamentos na sexta semana. Cruzando as informações do N mineral em 2008 e

da produção de matéria seca de 2008 (Figura 7), verifica-se que os tratamentos, exceto o CI, apresentaram maior produção de matéria seca após a sexta semana e, provavelmente, maior demanda por nutrientes. Portanto, a aplicação destes materiais orgânicos de forma parcelada parece uma boa alternativa para o uso mais eficiente. Outra alternativa seria a combinação e o parcelamento de um material de alta qualidade com um de baixa como o esterco. De acordo com Mundus e al. (2008), a combinação da gliricídia e do esterco, aplicados de forma parcelada, aumentou a produção do milho em até 350%.

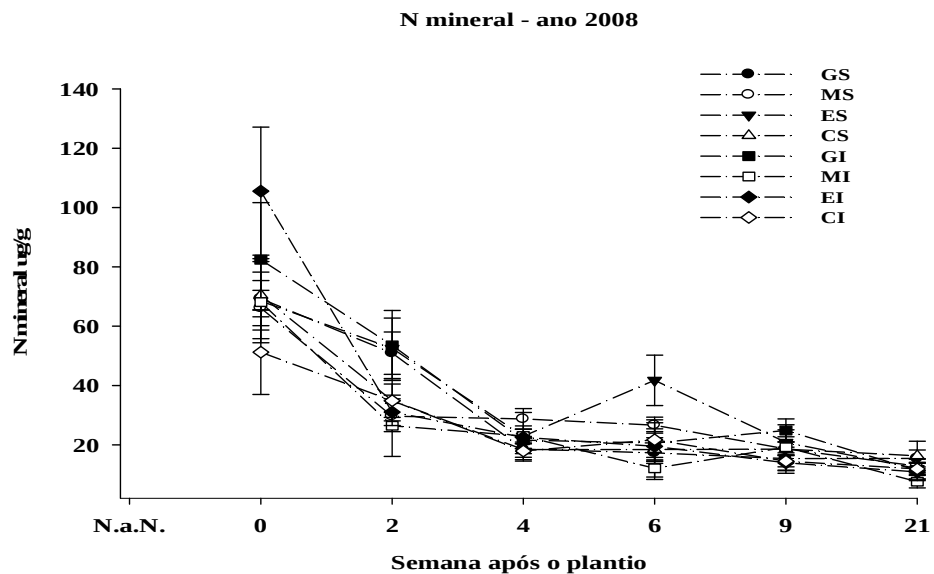


Figura 6. N mineral na camada de 0-15 cm de um Neossolo Flúvico, Taperoá, PB, em 2008. GS = gliricídia em superfície; MS = marmeleiro em superfície; ES = esterco em superfície; CS = controle em superfície; GI = gliricídia incorporada; MI = marmeleiro incorporado; EI = esterco incorporado; e CI = controle incorporado.

Produção de matéria seca - 2008

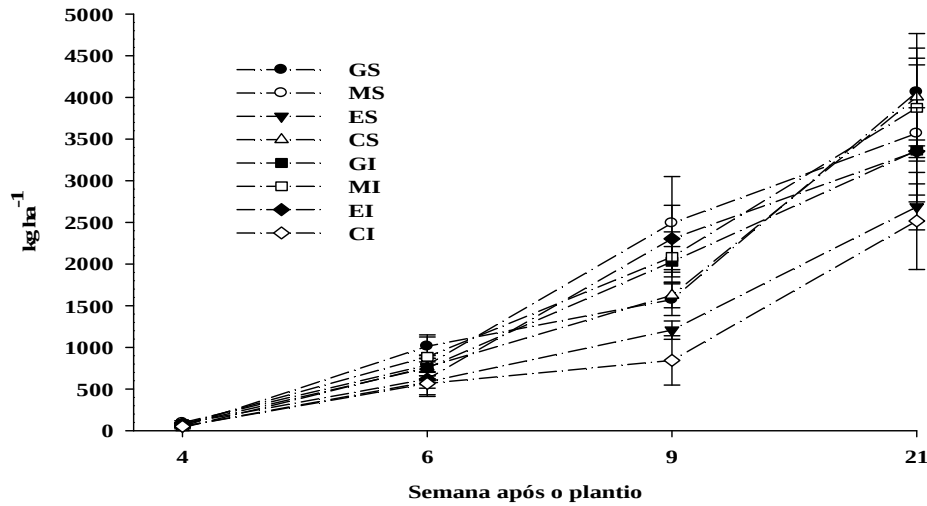


Figura 7. Produção de matéria seca do milho na colheita (palhada), Taperoá, PB, em 2008. GS = gliricídia em superfície; MS = marmeleiro em superfície; ES = esterco em superfície; CS = controle em superfície; GI = gliricídia incorporada; MI = marmeleiro incorporado; EI = esterco incorporado; e CI = controle incorporado.

Produção de biomassa e produtividade do milho

Apesar das diferenças na qualidade dos materiais vegetais, em 2007, não foram observados efeitos significativos do modo de aplicação (incorporado e em superfície) sobre os teores de N da palhada e dos grãos e sobre as produtividades (Tabela 3). O N dos grãos, tanto em 2007 como em 2008, foi semelhante ao relatado na literatura (Raij, 1991). Em geral, não ficou claro o efeito dos tratamentos sobre as variáveis acima citadas, em 2008. Apenas o acúmulo de N nos grãos e as produtividades de palhada e grão, no tratamento controle, foram significativamente maiores quando não se revolveu (Tabela 3). O não revolvimento do solo é benéfico, principalmente, por conservar mais água no solo e preservar a estrutura do solo. As produtividades de palhada e grãos foram maiores em 2008 do que em 2007, por causa da maior precipitação no segundo ano (Figura 1). Em 2007, a produtividade de grão oscilou entre 0,3 e 1,0 ton/ha, enquanto que em 2008 estes valores ficaram entre 2,0 a 3,5 ton/ha. Produtividades de grãos entre 2,0 e 2,5 ton/ha foram obtidas por Marin et al. (2007), durante três anos, em parcelas que receberam doses de 20 t/ha de matéria fresca de esterco e gliricídia, em Esperança, PB. No presente trabalho, as diferenças de produtividade de grão entre os anos devem-se basicamente a precipitação que em 2008 que foi bem maior do que em 2007 (Figura 1).

Os elevados coeficientes de variação do acúmulo de N nos grãos e da produtividade de grãos, em 2007, foi devido a perda de algumas parcelas experimentais pelas estiagens prolongadas.

A fertilidade inicial do solo (Tabela 1) pode ter sido um dos fatores que contribuiu para a não significância entre os tratamentos. O pH estava bom e os teores de K e de Ca elevados. O P estava muito elevado, e ainda foram adicionados aproximadamente 19, 12 e 19 kg/ha de P na gliricídia, no marmeleiro e no esterco, respectivamente. Silveira et al. (2006) verificaram valores elevados de P extraído com o Mehlich-1 (202,5 mg/kg) em solos da mesma ordem do utilizado no presente trabalho. As adições de N, a cada ano foram de aproximadamente 108, 60, 42 kg/ha, com a gliricídia, o marmeleiro e o esterco, respectivamente. As quantidades de N adicionadas podem ser considerar boas, para as produtividades de grãos obtidas neste trabalho, uma vez que para se obter aproximadamente 4 ton/ha, recomenda-se uma dose de 70 kg/ha de N (Ribeiro et al. 1999).

Tabela 3. Teores e conteúdos de N e produtividades de palhada (folha+colmo+folhas da espiga+sabugo) e grãos de milho, após aplicação de materiais orgânicos.

Ano 2007												
Materiais	N na palhada		N nos grãos		Acúmulo de N no grão		Acúmulo de N na palhada		Produtividade de Palhada		Produtividade de grãos	
	-----%-----				-----kg/ha-----				-----t/ha-----			
	I ⁽¹⁾	S ⁽²⁾	I	S	I	S	I	S	I	S	I	S
Gliricídia	0.99aA	1.04aA	1.96aA	2.06aA	7,75aA	11,25aA	12.67aA	13.98aA	1.37aA	1.37aA	0.39aA	0.58aA
Marmeleiro	0.72aA	0.74aA	1.96aA	1.65bB	21,00aA	16,25aA	11.79aA	12.17aA	1.60aA	1.77aA	1.05aA	0.94aA
Esterco	0.95aA	0.91aA	1.83aA	1.85aAB	10,25aA	6,00aA	9.62aA	10.01aA	1.23aA	1.14aA	0.56aA	0.33aA
Controle	1.11aA	0.90aA	2.04aA	2.03aA	6,25aA	14,50aA	8.21aA	13.98aA	0.79aA	1.55aA	0.30aA	0.75aA
CV %	27.57		9.70		73,67		38.88		43.08		71.91	
Ano 2008												
	I	S	I	S	I	S	I	S	I	S	I	S
Gliricídia	0.50aA	0.58aA	1.73aA	1.73aA	56,00aAB	56,75aA	16.89aA	25.33aA	3.36aA	4.06aA	3.23aA	3.26aA
Marmeleiro	0.59aA	0.72aA	1.70aA	1.66aA	57,50aA	51,25aA	23.37aA	26.61aA	3.87aA	3.57aA	3.40aA	3.12aA
Esterco	0.55aA	0.55aA	1.71aA	1.62aA	57,57aA	41,50aA	18.44aA	15.18aA	3.35aA	2.68aA	3.34aA	2.58aA
Controle	0.57aA	0.66aA	1.57aA	1.80aA	32,75bB	59,75aA	15.13aA	27.33aA	2.52bA	4.00aA	2.11bA	3.27aA
CV %	20.87		7.17		23,87		41.10		27.65		22.73	

⁽¹⁾ Incorporado; ⁽²⁾ Superfície; Letras minúsculas na linha comparam as formas de aplicações dentro de cada material e Letras maiúsculas na coluna comparam os materiais dentro de cada forma de aplicação. Médias seguidas por letras iguais não se diferenciam ao nível de 5% pelo teste tukey.

CONCLUSÕES

Os materiais incorporados ao solo decompuseram-se mais rapidamente do que aplicados em superfície, sobretudo a gliricídia; b) O marmeleiro quando aplicado em superfície, devido sua baixa qualidade, apresentou a capacidade de conservar a água no solo por um período maior do que os demais materiais; c) A fertilidade inicial do solo interferiu no efeito dos tratamentos, fazendo com que, por exemplo, a produção do milho não se diferenciasse nem entre os materiais e nem entre as formas de aplicação, em 2007 e 2008.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, V. M. C.; Vasconcellos, C. A.; Freire, F. M.; Pitta, G. V. E.; França, G. E.; Filho, A. R.; Araújo, J. M.; Vieira, J. R.; Loureiro, J. E. Milho. *In*: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T.; Alvarez V. V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação. Viçosa. 1999. 359p.
- Anderson, J. M.; Ingram, J. S. I. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. Second edition. CAB International. 1993. 221p.
- Bremner, J. M.; Mulvaney, C. S. Nitrogen-total. *In*: Page, A. L.; Miller, R. H.; Keeney, D. R. (eds). Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties. Part. 2. Madison, ASA-SSSA, P. 595-624. 1982. (Agronomy Monograph, 9).
- Embrapa. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de pesquisa de Solos. 1997. 212p
- Ferreira, D. F. Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas. Lavras, MG. 2000. 63p.
- Fraga, V. S.; Salcedo, I. H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. *Soil Science Society America Journal*. 68: 215-224, 2004.
- Giacomini, S. J.; Recous, S.; Mary, B.; Aita, C. Simulating the effect of N availability, straw particle size and location in soil on C and N mineralization. *Plant and Soil*. 301: 289-301. 2007.
- Handayanto, E.; Cadisch, G.; Giller, K. E. Nitrogen release from pruning of legume hedgerow trees in relation to quality of the pruning and incubation method. *Plant and Soil*. 160: 237-248. 1994.
- Harmon, M. E.; Jadelhoffer, K. J.; Slair, J. M. Measuring decomposition, nutrient turnover, and stores in plant liter. *In*: Robertson, G. P.; Coleman, D. C.; Bledsoe, C. S.; Sollins, P. Standard soil methods for long-term ecological research. New York. Oxford University Press. 1999. 462p.
- 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. 669-677. 2007.

- Mendonça, E. S.; Matos, E. S.; Matéria orgânica do solo: métodos de análises. UFV, Viçosa. 2005. 107p.
- Mundus, S.; Menezes, R. S. C.; Neergaard, A.; Garrido, M. S. Maize growth and soil nitrogen availability after fertilization with cattler manure and/or gliricidia in semi-arid NE Brazil. *Nutrient Cycling Agroecosystems*. 2008.
- Palm C.A & Sanchez P.A. Nitrogen release from the leaves of some tropical leguminous trees as affected by their lignin and polyphenol contents. *Soil Biology Biochemistry* 23: 83–88, 1991.
- Palm, C.A; Catherine, N; Gachengo, Delve, R.J; Cadisch, G & Giller, K.E. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: aplication of an organic resource database. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 83:27-42, 2001b.
- Palm, C.A; Giller, K. E; Mafongoya P. L & Swift M.J. Management of organic in the tropics: traslating heory into practice. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*, 61:63-75, 2001a.
- Raij, V. B. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Ceres, potafos, 1991. 343p.
- Salcedo, I. H.; Tiessen, H.; Sampaio, E. V. S. B. Nutrient availability in soil samples from shifting cutivation sites in the semi-arid Caatinga of NE Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 65: 177-186. 1997.
- Sampaio, E. V. S. B.; Menezes, R. S. C. Perspectivas de uso do solo no Semi-árido nordestino. *In: Araújo, Q. R. 500 anos de solo no Brasil*. Ilhéus, Editus, 2002. P. 339-363.
- Sampaio, E.V.S.B.& Salcedo, I. H. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: Região semi-árida. *Anais do Simpósio Diretrizes para o Manejo Sustentável dos Solos Brasileiros. XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, Rio de Janeiro, 1997. CD-ROM, 1997.
- Schomberg, H. H.; Steiner, J. L.; Unger, P. W. Decomposition and Nitrogen dynamics of crop residues: residue quality and water effects. *Soil Science Society America Journal*. 58: 372-381. 1994.
- Silveira, M. M. L.; Araújo, M. S. B.; Sampaio, E. V. S. B.; Distribuição de fósforos em diferentes ordens de solo do semi-árido da Paraíba e de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do solo*. 30: 281-291. 2006.
- Snyder, J. D.; Trofymow, J. A. A rapid accurate wet oxidation diffusion procedure for determining organic and inorganic carbon in plant and soil samples. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 15(5), 587-597. 1984.
- Thönnissen, C.; Midmore, D. J.; Ladha, J. K. Olk, D. C.; Schmidhalter, U. Legume decomposition and nitrogen release when applied as green manures to tropical vegetable production systems. *Agronomy Journal*. 92: 253-260. 2000.
- Tiessen, H.; Sampaio, E. V. S. B.; Salcedo, I. H. Organic matter turnover and management in low input agriculture of NE Brazil. *Nutrient Cycling Agroecosystems*. 61: 99-103. 2001.
- Tscherning, K.; Barrios, E.; Lascano, C.; Peters, M.; Schultze-Kraft. Effects of sample post harvest treatment on aerobic decomposition and anaerobic *in-vitro* digestion of tropical legumes with contrasting quality. *Plant and Soil*. 269: 159-170. 2005.

Van Soest, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. J. Assoc Off Agric Chem 46: 829-835. 1963.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos, diversos trabalhos têm estudado a relação existente entre a qualidade de materiais orgânicos e a mineralização de nitrogênio após a incorporação destes ao solo. Sabe-se que a mineralização desses materiais está condicionada a fatores como temperatura, umidade, composição química, teores de nutrientes, fragmentação, forma de aplicação, momento de aplicação, entre outros. No entanto, em relação à região semi-árida do NE, pouco se tem pesquisado sobre este assunto. Diante disto, as atividades desenvolvidas neste trabalho tiveram como objetivos avaliar as inter-relações entre formas de aplicação e a decomposição de materiais orgânicos de diferentes qualidades, e seus efeitos sobre a mineralização do N, a disponibilidade de água no solo e a produção de biomassa pelo milho em solos da região semi-árida.

Com base nos resultados obtidos, verifica-se que estudos precisam ser realizados para uma melhor compreensão do efeito de parâmetros como os teores de N, lignina, polifenóis nos materiais orgânicos, assim como das relações entre esses parâmetros, sobre a disponibilidade de nutrientes e água no solo.. Ao contrário do que se encontra na literatura, o período de incubação de apenas 28 dias não gerou os resultados esperados para os materiais e os solos usados no presente estudo. Um acréscimo no tempo de incubação, talvez permita uma melhor visualização do efeito desses parâmetros sobre a mineralização do N. Uma outra alternativa, também seria buscar analisar nestes materiais outros parâmetros que pudessem explicar a mineralização do N, tais como, FDA (fibra em detergente ácido), FDN (fibra em detergente neutro), o N no FDN e outros.

Ao final desse trabalho, observa-se que a classificação de alguns dos materiais orgânicos estudados, de acordo com as classes propostas por Palm et al. (2001a, 2001b), mostrou ser uma tarefa mais complexa do que se imaginava a princípio. Por outro lado, materiais como as folhas da gliricídia e galhos de malva e jurema preta se enquadraram facilmente na classificação proposta por esses autores.

Em relação aos estudos em campo, outros experimentos devem ser realizados utilizando o marmeleiro ou outros materiais de baixa qualidade. Sugerem-se estudos adicionais que avaliem os efeitos desses materiais aplicados de forma parcelada e também sobre o efeito dessas aplicações sobre culturas como feijão, algodão e outros

cultivos consorciados. Também sugere-se a realização de mais estudos sobre o uso do esterco, uma vez que a maioria dos produtores dispõem apenas dessa fonte orgânica em sua propriedade.