

Propriedades químicas e biológicas de um argissolo acinzentado incorporado com diferentes resíduos vegetais¹

Chemical and biological properties of a grayish ultisols amended with different vegetal matter

Josileide Ferreira Oliveira Carvalho², Francisco Alisson Xavier da Silva³, Teógenes Senna de Oliveira³, Eduardo de Sá Mendonça⁴ e Ismail Soares⁵

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os compartimentos da matéria orgânica e os teores de nutrientes no tempo, em condições simuladas de adição de diferentes resíduos vegetais a um Argissolo Acinzentado, via serapilheira, para testar a hipótese da contribuição diferenciada dos resíduos utilizados na dinâmica da matéria orgânica e dos nutrientes oriundos da disponibilização pela decomposição destes. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no período de um ano. Foram incorporados ao solo os seguintes tipos de resíduos vegetais: Caju (*Anacardium occidentale* L.), Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth), Coco (*Cocos nucifera*, L.), Manga (*Mangifera indica*, L.), Eucalipto (*Eucalyptus sp.*) e Banana (*Musa, sp.*). As variáveis analisadas foram: os teores de matéria orgânica leve (MOL), carbono orgânico da biomassa microbiana do solo (CBMS), pH em água e em KCl, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e K⁺ trocáveis, P disponível, N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻. Os resultados indicaram que os resíduos vegetais influenciaram diferentemente sobre a dinâmica dos compartimentos da matéria orgânica do solo. A decomposição dos materiais vegetais e liberação de nutrientes está ligada aos teores de hemiceluloses. Entre os materiais estudados observa-se a seguinte ordem decrescente de decomposição e liberação de nutrientes: banana > coco > sabiá > manga > eucalipto > caju.

Termos para indexação: Matéria orgânica leve, biomassa microbiana, sistemas agroflorestais, ciclagem de nutrientes.

ABSTRACT

This study aimed to examine the organic matter fractions and nutrient levels, over a period of time, of a grayish ultisols, from litter, amended with different vegetal matters, in order to validated the hypothesis that the addition of different vegetal matters will release different nutrients from the decomposing matters. The experiments were carried out in a green house for one year long. The following vegetal matters were added to the soil: Cashew fruit (*Anacardium occidentale* L.), Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth), Coconut (*Cocos nucifera*, L.), Mango fruit (*Mangifera indica*, L.), Eucalyptus (*Eucalyptus sp.*), and Banana fruit (*Musa, sp.*). The studied variables were: light levels of organic matter, organic carbon from the microbial load of the soil, pH of the organic matters in water and in KCl, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ and K⁺ changeable, available P, N-NH₄⁺, and N-NO₃⁻. The results suggested that the vegetal matters affected the dynamic of the organic matter fractions of the soil differently. Decomposing of vegetal matter and releasing of nutrients are associated to hemicellulose levels. It was observed that, among the vegetal matters analyzed, decomposing and releasing of nutrients were as follows: banana fruit > coconut > sabiá > mango fruit > eucalyptus > cashew fruit.

Index Terms: light organic matter, microbial load, recycling of nutrients.

¹ Recebido para publicação em: 12/02/2004

Aprovado em: 06/07/2004.

Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, apresentada à, Universidade Federal do Ceará - UFC.

² Estudante do Curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas. CCA/UFC.

³ Professor Adjunto do Departamento de Ciências do Solo. CCA/UFC. E-mail: teo@ufc.br.

⁴ Professor Adjunto do Departamento de Solos. UFV- Viçosa-MG. E-mail: em@solos.ufv.br.

⁵ Professor Adjunto do Departamento de Ciências do Solo. CCA/UFC. E-mail: ismail@ufc.br.

Introdução

Em geral, os solos do Estado do Ceará são pobres em matéria orgânica em face das condições climáticas, associadas à escassa cobertura vegetal e ao seu manejo inadequado. A preservação da matéria orgânica, quando possível, se constitui num excelente recurso capaz de manter a produtividade do solo. De acordo com suas características, os sistemas agroflorestais podem apresentar potencial técnico para melhorar a proteção do solo contra a erosão e, conseqüentemente, a fertilidade natural dos solos.

A simples existência de um componente arbóreo no sistema traz inúmeros efeitos positivos sobre a fertilidade do solo, bem como sobre o controle da erosão e a reciclagem dos nutrientes. Por exemplo, as árvores proporcionam ao sistema: adição de material orgânico, acúmulo do teor de nitrogênio (N), mobilização do fósforo (P) para as culturas, redução da perda de solos e de nutrientes, absorção de nutrientes nas camadas mais profundas do solo e deposição na superfície, liberação dos nutrientes no momento requerido pelas culturas, melhoria das propriedades físicas do solo, retenção de água e melhoria da drenagem, aumento da biomassa de raízes, das substâncias promotoras do crescimento e de associações microbianas, criação de microclimas favoráveis e a moderação dos efeitos maléficos de condições desfavoráveis de solos muito ácidos ou muito alcalinos (Nair, 1993).

Essas características fazem com que este sistema tenha potencial para tornar produtivas áreas degradadas, melhorando sua função ecológica e social. O material formado por componentes arbóreos, resultante da queda periódica de folhas, galhos, cascas e outras partes das árvores, contém grande parte de nutrientes extraídos do solo, sendo liberados à medida que ocorre sua decomposição (Wandelli, 1997; Souto et al., 1999).

Avaliando a decomposição de folhas secas de oito espécies arbóreas forrageiras, Souto et al. (1999) verificaram que a serapilheira de sabiá foi a que mostrou maior resistência à decomposição, sendo recomendada a sua incorporação para a recuperação de solos degradados, tendo em vista a baixa velocidade de mineralização e conseqüente aumento no teor de matéria orgânica. Em relação à atividade microbiana, o mesmo autor observou que os tratamentos com catingueira e algaroba fo-

ram os que apresentaram, respectivamente, as menores e maiores taxas.

A susceptibilidade do material orgânico à decomposição está ligada aos teores de lignina e às relações entre seus constituintes, como, C/N, C/P, lignina/N, polifenóis/N e lignina + polifenóis/N (Palm e Sanchez, 1991). A relação C/N é um dos parâmetros importantes para verificar o grau de humificação. A matéria orgânica, na camada superficial dos solos, usualmente apresenta uma relação média em torno de 12. No ecossistema de floresta esta relação normalmente é mais estreita (28:1 a 15:1) do que nos sistemas de monocultivo e policultivo. Isso confirma que, num ambiente com revestimento florístico mais encorpado às condições edafoclimáticas são mais proeminentes, ocasionando a quebra de esqueletos carbônicos com mais eficácia, gerando um processo de mineralização mais acelerada, cujo indício de tal afirmativa pode ser confirmada através das concentrações maiores de Mg e Zn no ecossistema de floresta (Brígida, 1999).

Lehmann et al. (1999), comparando sistemas de monocultivo de *Acacia saligna* e *Sorghum bicolor*, bem como a interação entre ambos, verificaram que o nitrogênio foi o nutriente mais limitante para o crescimento das plantas. A camada superficial de biomassa não reciclou nutrientes via cobertura morta ou serapilheira, sendo as raízes das árvores responsáveis pelo aumento de N disponível. A acácia acarretou aumento da disponibilidade de N ao solo em sistema agroflorestal, beneficiando a cultura com nutrição de N.

Costa et al. (1997) verificaram que a deposição anual da serapilheira de *Mimosa caesalpiniiifolia* foi de 10.151 kg.ha⁻¹, sendo maior a contribuição das folhas (6.900 kg.ha⁻¹) seguida pelas estruturas reprodutivas (1.100 kg.ha⁻¹), galhos finos (1.660 kg.ha⁻¹) e uma parte fragmentada (500 kg.ha⁻¹). Esses componentes apresentam alta velocidade de decomposição sendo a principal via de entrada de nutrientes no solo, destacando-se sua importância na sustentabilidade da cobertura vegetal, principalmente em solos pobres. Outros componentes contribuem para a entrada de nutrientes. Na superfície, galhos e troncos mortos são responsáveis pela imobilização de nutrientes e, principalmente, na formação de estoque de carbono e no solo. A morte das raízes representa uma importante fonte de entrada de matéria orgânica e nutrientes no solo.

Para testar a contribuição diferenciada de resíduos que apresentam potencial de utilização em sistemas agroflorestais no Ceará sobre a dinâmica da matéria orgânica e dos nutrientes no solo, foi montado um experimento de incubação com diferentes resíduos vegetais utilizados por agricultores da região.

Material e Métodos

O solo utilizado no experimento foi um Argissolo Acinzentado, proveniente do Campo Experimental de Pacajus, Embrapa Agroindústria Tropical, localizado no Município de Pacajus – Ceará. Os atributos físicos e químicos do solo da camada de 0-20 cm de profundidade são apresentados na Tabela 1.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal do Ceará, no Campus do Pici. Em vasos de 20 L foram adicionados 14 kg de TFSA e incorporados 254 g de matéria seca de cada um dos resíduos do material vegetal (folhas e ramos) senescente, em quantidade equivalente a 20 t/ha. Os materiais vegetais foram coletados no Campus do Pici, fragmentados em pedaços de aproximadamente 2 cm e secos em estufa a 65°C. As espécies utilizadas foram: Caju (*Anacardium occidentale* L.), Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth), Coco (*Cocos nucifera*, L.), Manga (*Mangifera indica*, L.), Eucalipto (*Eucalyptus* sp.) e Banana (*Musa*, sp.) O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo utilizados os seguintes tratamentos: (T1) = solo + serapilheira de caju (*Anacardium occidentale* L.); (T2) = solo + serapilheira de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth); (T3) = solo + serapilheira de manga (*Mangifera indica*, L.); (T4) = solo + serapilheira de eucalipto (*Eucalyptus* sp.); (T5) = solo + serapilheira de coco (*Cocos nucifera*, L.); (T6) = solo + serapilheira de banana (*Musa*, sp.) e (T7) = solo (testemunha).

Os vasos foram levados à casa de vegetação e a umidade foi corrigida diariamente com água destilada, para próximo de 80% da capacidade de campo. As coletas de solo foram feitas a cada dois meses, no período de um ano. Por ocasião das coletas o solo era revolvido permitindo a sua homogeneização.

A caracterização do material vegetal quanto à celulose, hemicelulose, lignina e sílica foi feita de acordo com Van Soest et al. (1991). A determinação de taninos de acordo AOAC (1975). O carbono orgânico foi determinado conforme Yeomans e Bremner (1988) e N, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, e P, determinados conforme Silva (1999). Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 – Atributos químicos e físicos do Argissolo Acinzentado coletado no Campo Experimental de Pacajus, Pacajus-CE¹.

Atributos	Resultados
pH	5,44
P (mg.kg ⁻¹)	0,09
Carbono orgânico (g.kg ⁻¹)	37,21
Al ³⁺ (cmol _c .kg ⁻¹)	0,10
H ⁺ + Al ⁺ (cmol _c .kg ⁻¹)	1,81
Ca ²⁺ (cmol _c .kg ⁻¹)	0,37
Mg ²⁺ (cmol _c .kg ⁻¹)	0,25
K ⁺ (cmol _c .kg ⁻¹)	0,07
S (cmol _c .kg ⁻¹)	1,40
m (%)	7,00
V (%)	44,00
Areia grossa (g.kg ⁻¹)	530,00
Areia fina (g.kg ⁻¹)	370,00
Silte (g.kg ⁻¹)	50,00
Argila (g.kg ⁻¹)	50,00

¹ As metodologias utilizadas estão descritas em EMBRAPA (1997).

Os solos amostrados foram analisados quanto ao carbono orgânico do solo (COS) pelo método de Walkley-Black, com aquecimento externo, conforme Yeomans e Bremner (1988); pH em água e em KCl 1 mol.L⁻¹, usando-se a relação volumétrica solo: solução, de 1:2,5; amônio (N-NH⁴⁺) e nitrato (N-NO₃⁻), pelo método de Kjeldahl, por meio de destilação para extração de vapores e titulação com ácido sulfúrico (H₂SO₄ 0,005 M), descrita por Silva (1999); Ca²⁺ e Mg²⁺, Na⁺ e K⁺ trocáveis, extraídos com acetato de amônio (NH₄⁺OAC 1 mol.L⁻¹) a pH 7,0, na proporção 1:10, sendo os dois primeiros determinados em espectrometria de absorção atômica e os demais por fotometria de chama; e o P disponível foi extraído com solução de Melich 1 na proporção 1:10 e determinado por espectrofotometria, conforme EMBRAPA (1997).

Tabela 2 - Composição química dos resíduos vegetais coletados no Campus do Pici, Fortaleza-CE.

Composição Química	Caju	Sabiá	Manga	Coco	Eucalipto	Banana
	%					
Hemicelulose	13,00	15,40	14,45	20,36	13,48	28,56
Celulose	32,70	23,90	28,06	27,46	22,21	28,64
Lignina	13,13	14,90	7,83	9,98	14,93	10,03
Sílica	4,41	2,92	0,66	1,47	1,55	2,75
Tanino	24,60	14,80	31,60	16,20	24,60	4,60
C	42,30	42,30	36,83	45,89	50,70	47,10
N	1,24	1,30	0,70	1,78	1,47	0,70
Na	0,20	0,07	0,12	0,14	0,17	0,11
K	0,67	0,76	0,54	0,14	0,17	1,27
Ca	1,11	1,15	1,52	0,51	0,73	0,64
Mg	0,16	0,09	0,13	0,17	0,14	0,21
P	0,06	0,02	0,03	0,15	0,09	0,16
C/N	34,10	32,54	52,14	25,78	34,49	67,28
C/P	670,90	2115,00	1.227,00	305,90	563,30	294,40
Lignina/P	219,80	745,00	261,00	66,50	165,90	62,70
Lignina (Celulose+P)	763,80	1.940,00	1.193,30	249,60	412,70	241,70

A matéria orgânica leve (MOL) foi obtida por lavagem da amostra de solo em água corrente, utilizando-se jogo de peneiras de malhas de 1,00; 0,50 e 0,25 mm; desprezando-se o solo, restando o material vegetal presente, o qual foi seco em estufa a 85°C durante 24 horas (Anderson e Ingram, 1989). O carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) foi determinado com a metodologia adaptada por Ferreira et al. (1999).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa. Adotou-se o nível de significância de até 5% de probabilidade pelo teste F. Na seleção dos modelos de regressão, relacionando as variáveis analisadas e o tempo, considerou-se o teste F para a identificação da significância das equações, dos coeficientes e do R^2 , considerando-se até 5% de probabilidade. A correlação linear simples de Pearson foi utilizada no estudo das interações entre os teores de hemicelulose, celulose, lignina, taninos, carbono, nitrogênio e as relações C/N, C/P, Lignina/P e Lignina/(celulose+P) com o coeficiente de decomposição da MOL, o coeficiente de decomposição dos resíduos (k) e o CBMS, adotando-se o nível de até 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A decomposição do material vegetal proveniente dos resíduos vegetais constituídos de folhas e ramos senescentes, em função do tempo, seguiu um padrão exponencial, considerando que o comportamento destes materiais seja indicado pelos teores de MOL, uma vez que houve influência direta da adição dos diferentes resíduos nesta variável (Figura 1). A MOL é o compartimento da matéria orgânica do solo intermediário entre a fração modificada (substâncias húmicas por exemplo) e a não modificada (tecidos vegetais e/ou animais) e que ainda não foram alterados em sua estrutura, mas que estão num tamanho tal que podem ser atacados rapidamente por agentes que o decompõe, liberando nutrientes.

Observa-se que todos os materiais apresentam valores iniciais de MOL no solo, bem como com taxas de decomposição, similares, a exceção da testemunha. De acordo com os coeficientes de decomposição (k) dos materiais testados, obtidos a partir da equação exponencial ajustada, mesmo sendo muito próximos numericamente, é possível perceber a diferença na degradação dos materiais, estabelecendo-se a seguinte ordem de decomposição

entre os diferentes resíduos orgânicos adicionados ao solo: banana > coco > sabiá > manga > eucalipto > caju. A MOL da testemunha, ou seja, a existente originalmente no solo, apresenta taxa de decomposição relativamente elevada ($k=0,500$), situando-se entre a banana e o coco, como pode ser observado pelas equações obtidas.

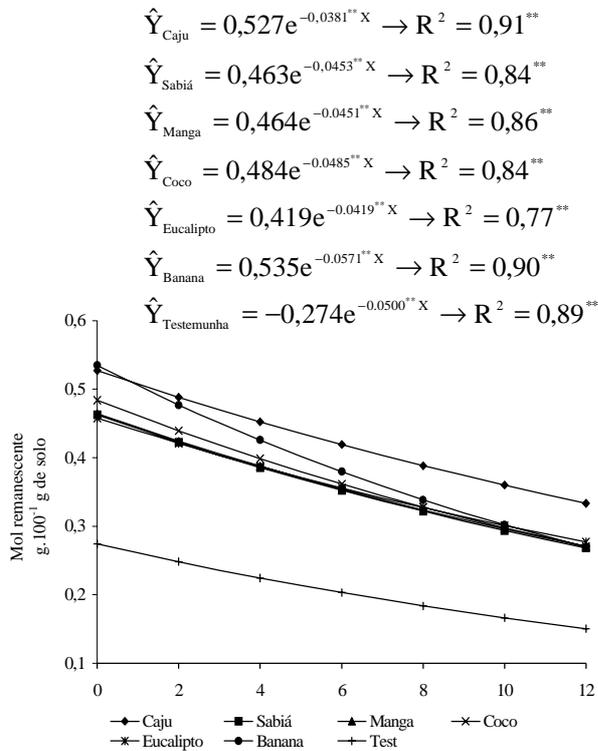


Figura 1 - Matéria orgânica leve em Argissolo Acinzentado influenciado pelos diferentes resíduos vegetais em função do tempo.

Os resultados obtidos neste estudo permitem inferir que os teores de hemiceluloses têm controlado a dinâmica da decomposição dos resíduos vegetais incorporados ao solo. Este fato pode ser notado através da correlação entre a MOL após 12 meses e o k (Tabela 3), os quais apresentam interações significativas. Tal fato implica dizer que quanto maior for o teor de hemicelulose na constituição do resíduo, menores são os valores da MOL remanescente, enquanto que o coeficiente de decomposição (k) aumenta, o que indicaria uma maior velocidade de decomposição entre eles. Este mesmo comportamento foi observado por Trisourot et al. (2000), em condições de laboratório, e Mendonça e Stott (2003). Apesar de vários estudos mostrarem que a decomposição de resíduos orgânicos é inversamente proporcional à concentração de lignina (Aita e Giacomini, 2003; Trisourot et al. 2000; Ranells e Waggar, 1996), o mesmo não foi encontrado no presente estudo, estando em acordo com Mendonça e Stott (2003).

Tabela 3 - Coeficientes de correlação simples de Pearson entre o coeficiente de decomposição (k), o carbono da biomassa microbiana (CBMS), a matéria orgânica leve (MOL) e as características químicas dos resíduos vegetais incorporados a um Argissolo Acinzentado.

Variáveis	MOL	K	CBMS
Hemicelulose	-0,72 ^(0,053)	0,95 ^(0,002)	0,51 ^(0,153)
Celulose	0,23 ^(0,331)	-0,04 ^(0,242)	-0,27 ^(0,306)
Lignina	0,61 ^(0,101)	-0,48 ^(0,167)	-0,67 ^(0,072)
Silica	0,57 ^(0,117)	0,22 ^(0,340)	-0,73 ^(0,05)
Tanino	0,47 ^(0,174)	-0,79 ^(0,031)	-0,22 ^(0,339)
C	0,02 ^(0,485)	-0,21 ^(0,349)	-0,22 ^(0,341)
N	0,48 ^(0,171)	-0,37 ^(0,237)	-0,47 ^(0,176)
CN	-0,67 ^(0,075)	0,67 ^(0,079)	0,57 ^(0,120)
Na	0,70 ^(0,06)	-0,58 ^(0,116)	-0,72 ^(0,058)
K	-0,37 ^(0,234)	0,55 ^(0,130)	0,21 ^(0,346)
Ca	0,15 ^(0,386)	-0,45 ^(0,183)	0,05 ^(0,458)
Mg	-0,29 ^(0,292)	0,57 ^(0,120)	0,09 ^(0,435)
P	-0,39 ^(0,225)	0,66 ^(0,077)	0,18 ^(0,365)
C/P	0,06 ^(0,457)	-0,28 ^(0,298)	0,08 ^(0,449)
Lignina/P	0,16 ^(0,383)	-0,28 ^(0,293)	-0,07 ^(0,449)
Lignina/(Celulose+P)	0,11 ^(0,415)	-0,32 ^(0,267)	0,03 ^(0,476)

Outro composto que controla a decomposição dos resíduos utilizados são os taninos, uma fração dos polifenóis totais, observando-se a redução da velocidade de decomposição dos resíduos a medida que aumentam os seus teores. Mendonça e Stott (2003) observaram o mesmo comportamento ao estudarem resíduos oriundos de componentes de sistema de produção sombreado de café, na zona da mata mineira. Outras correlações apresentaram-se próximo da significância dos coeficientes, ao se considerar 5% de probabilidade pelo teste t , como são os casos da relação C/N e dos teores de Na. No primeiro caso, há indicações na literatura da relação entre estes comportamentos, ou seja menor velocidade de decomposição à medida que aumentam os valores das relações C/N dos materiais. Para o Na não foram encontrados dados na literatura sobre este comportamento.

Variações observadas para a MOL não implicaram em alterações perceptíveis na biomassa microbiana. Vasconcelos et al. (1999), avaliando a influência de resíduos de cinco cultivares de sorgo no crescimento e no desenvolvimento da soja, observaram que as populações microbianas atacam inicialmente a necromassa facilmente decomponível,

daí o aumento da biomassa até o 20º dia de incubação, decrescendo em seguida, até ao 40º dia. A partir daí, a microbiota morta pode ser utilizada como substrato pelos microrganismos sobreviventes voltando, então a biomassa a aumentar, o que não foi observada no presente estudo.

Altos coeficientes de variação (CV) dos valores obtidos entre as repetições estão geralmente associados à determinação da atividade da biomassa microbiana, comportamento também observado para o presente (CV = 57%). Minhoni et al. (1996), Andrade et al. (1995) e Gama-Rodrigues et al. (1994) também observaram altos valores de CV, confirmando que esse comportamento é comum neste tipo de análise. No entanto, é evidente, pelos dados médios obtidos, tendência dos materiais provenientes da manga e banana propiciarem melhores condições para a elevação de atividade da biomassa microbiana do solo observando-se a seguinte seqüência decrescente do CBMS: manga > banana > coco > sabiá > eucalipto > caju. Constatou-se que os teores finais de CBMS estiveram negativamente correlacionados unicamente com os teores de sílica e Na dos resíduos, o que implica na redução da atividade biológica com o aumento destes componentes.

Na literatura, o que normalmente é encontrado são as correlações do CBMS com os teores de celuloses, hemiceluloses e lignina, dentre outras substâncias. Estas são consideradas fontes de energia disponível nos resíduos vegetais usadas pelos microrganismos. Uma das possíveis razões pode ser o fato de que o processo de degradação da hemicelulose e da celulose pelos decompositores tenha acontecido rapidamente, resultando em oligossacarídeos energéticos e glicose, o que fez com que tenham sido observados valores de coeficientes de correlação significativos para CBMS e estes componentes.

Aplicando os procedimentos estatísticos de análise de regressão para o carbono orgânico do solo (COS), notou-se a não significância da equação, dos seus coeficientes e do R^2 ou, mesmo quando isso ocorria, os valores de R^2 eram tão baixos que não contribuíram efetivamente para as explicações possíveis, levando a crer que o $\hat{Y} = \bar{Y}$, o que implica na não alteração dos valores de carbono orgânico do solo (COS) ao longo do tempo, uma vez que foi utilizado um único tipo de solo. No entanto, ao analisar os teores médios obtidos, considerando todos os meses, os valores de COS foram superiores a testemunha (0,31 dag.kg⁻¹), havendo um aumento no COS que pode ser atribuído à adição dos resíduos. Porém, estas alte-

rações não tiveram uma forma definida, o que impossibilitou a identificação de um comportamento específico entre os tratamentos ao longo do tempo, ou seja, não houve um determinado tipo de resíduo vegetal que, ao ser incorporado ao solo, permanecesse na forma de carbono orgânico. Este fato pode ter acontecido pela perda de C na forma de CO₂, antes mesmo que ocorresse a interação com o solo (Silva e Resk, 1997). Possivelmente este comportamento esteja relacionado às condições restritas da ligação dos grupos carboxílicos, fenólicos etc, oriundos dos processos de humificação dos materiais vegetais, ao complexo de troca do solo, pois no presente estudo, o solo utilizado apresenta mais de 90% da sua composição granulométrica na fração areia, caracterizando-se como um solo de baixa CTC. A textura pode influenciar a decomposição da matéria orgânica, uma vez que é sabido que os solos arenosos, em geral, apresentam comumente menor teor de matéria orgânica que solos argilosos (Paes et al., 1996). Além disso, as condições de umidade do solo e de temperatura do ambiente podem ter contribuído efetivamente para a perda de C na forma de CO₂.

Mesmo nestas condições, os dados obtidos indicam que, em um ou outro tipo de resíduo ou mês, houve alguma associação com a fração inorgânica do solo, e mesmo com a fração orgânica já existente. Além disso, os resultados podem estar expressando parte do carbono orgânico proveniente dos resíduos orgânicos adicionados e que foram digeridos pelo ácido utilizado na determinação do COS (Silva e Resk, 1997).

Ao avaliar o pH, tanto em água quanto em KCl, (Figuras 2 e 3) pode-se observar que todos os tratamentos tiveram comportamento semelhante, de efeito quadrático, identificando-se um aumento inicial nos valores seguido de sua redução, todos em faixas de amplitude pequenas. Os maiores valores iniciais podem estar associados com a composição dos resíduos incorporados ao solo, o que coincide com Minhoni (1996), que verificou acréscimo no índice pH no final da incubação. O pH da testemunha não sofreu alterações que implicassem em diferenças estatísticas. Os aumentos iniciais do pH podem ser associados a disponibilização de bases trocáveis, principalmente Ca²⁺ e Mg²⁺, e mesmo K⁺ e Na⁺ pela decomposição do material vegetal adicionado ao solo (Lopes, 1998). Miyazawa et al. (1993) associam este comportamento à formação de ácidos orgânicos, o que leva novamente a redução no pH, ou então a própria imobilização destes elementos pela flora microbiana.

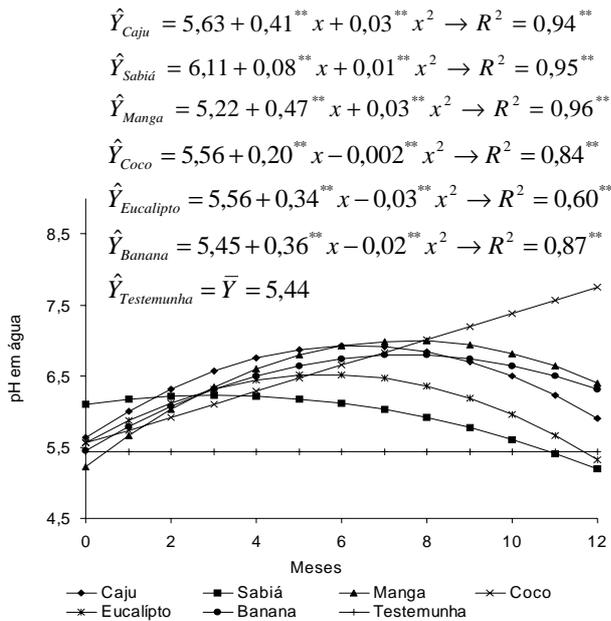


Figura 2 - pH em água do Argissolo Acinzentado influenciado pelos diferentes resíduos vegetais em função do tempo.

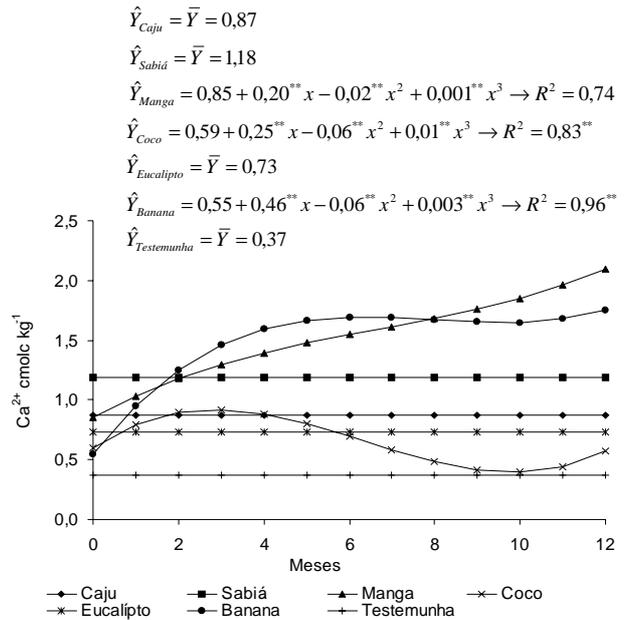


Figura 4 - Teores de Ca²⁺ trocável em Argissolo Acinzentado influenciado pelos diferentes resíduos vegetais em função do tempo.

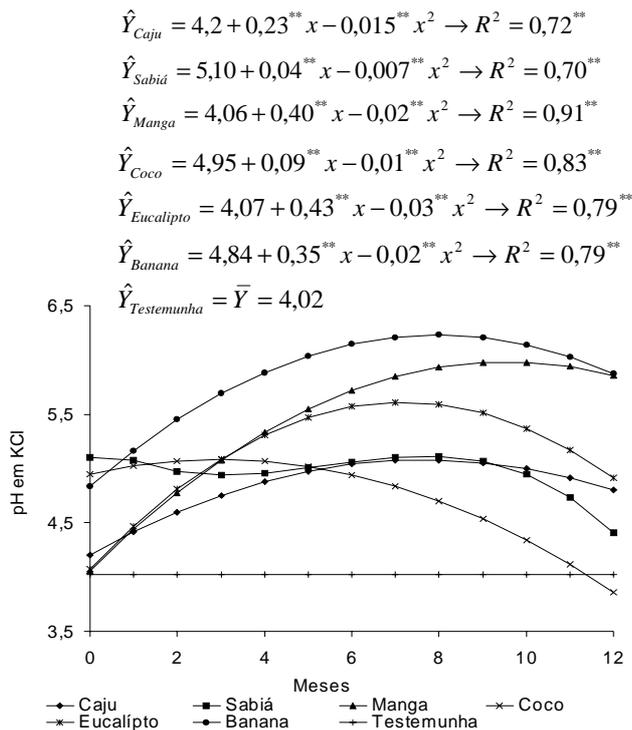


Figura 3 - pH em KCl em Argissolo Acinzentado influenciado pelos diferentes resíduos vegetais em função do tempo.

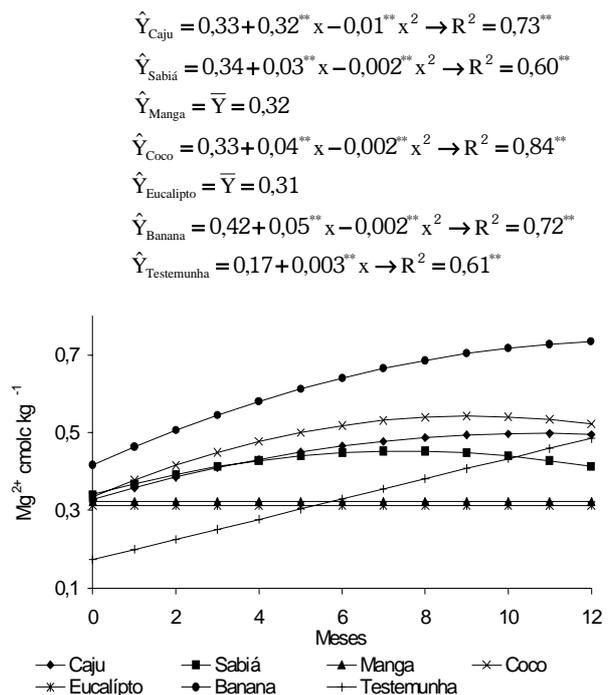


Figura 5 - Teores de Mg²⁺ do Argissolo Acinzentado influenciado pelos diferentes resíduos vegetais em função do tempo.

Como comentado para pH em água e em KCl, as variações de Ca²⁺ e Mg²⁺ (Figuras 4 e 5) ao longo do tempo, tiveram tendência a elevação, mesmo apresentando efeito cúbico, certamente por estar associada a mineralização do material vegetal adicionado.

Observa-se também que em alguns tratamentos não houve o efeito do tempo. Contudo mesmo nestas condições, pode-se constatar diferentes níveis destes elementos, ou seja, decréscimo na decomposição de resíduo, identificada para a MOL e a

disponibilização do nutriente que pode estar associada. Materiais com *k* maiores, ou seja, com velocidades da decomposição mais rápidas, tendem a colocar, na forma trocável ou em solução do solo, maiores teores destes elementos.

O Na⁺ e o K⁺, por outro lado tiveram comportamento diferenciado (Figuras 6 e 7) do observado para o Ca²⁺ e Mg²⁺, o que, no entanto, não inviabiliza o argumento relacionado a disponibilização de nutrientes com a decomposição dos materiais adicionados, conforme Brígida (1999). Como estes elementos são móveis no solo, a sua pronta liberação deve estar associada à saída desses do meio em que se encontram, principalmente quando não há condição favorável à formação de complexo de troca, pela própria composição do solo utilizado neste estudo. É de supor que grande parte do nutriente liberado não seja adsorvido por outros componentes da fração inorgânica (Lopes, 1998). Vale salientar ainda, que nutrientes que não fazem parte de compostos estruturais da planta (por exemplo, o K) são prontamente liberados pelo processo de decomposição da biomassa vegetal (parte aérea e raízes), enquanto aqueles que fazem parte de estruturas têm liberação mais lenta (por exemplo: Ca, Mg, C, P, e N). De modo geral, os nutrientes catiônicos são liberados com maior rapidez (Young, 1997).

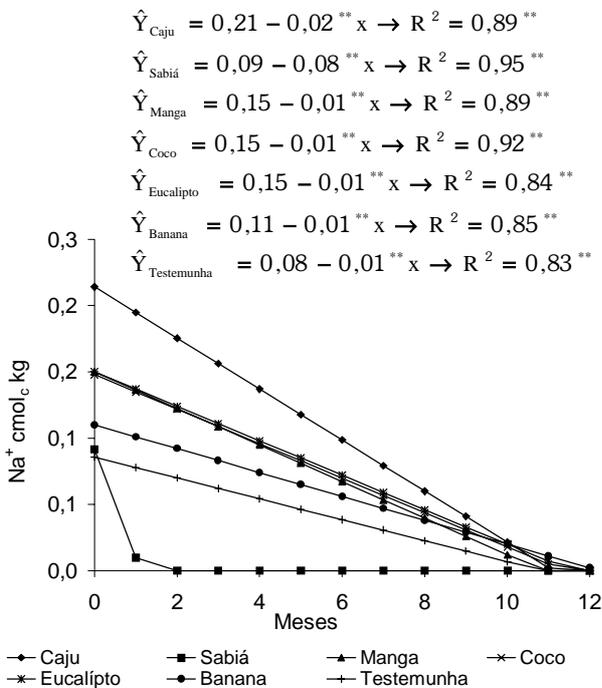


Figura 6 - Teores de Na⁺ trocável em Argissolo Acinzentado influenciado pelos diferentes resíduos vegetais em função do tempo.

$$\hat{Y}_{\text{Caju}} = 0,19 - 0,03^{**} x + 0,002^{**} x^2 \rightarrow R^2 = 0,86^{**}$$

$$\hat{Y}_{\text{Sabiá}} = 0,06 - 0,06^{**} x + 0,01^{**} x^2 + 0,001^{**} x^3 \rightarrow R^2 = 0,96^{**}$$

$$\hat{Y}_{\text{Manga}} = 0,18 - 0,03^{**} x + 0,002^{**} x^2 \rightarrow R^2 = 0,82^{**}$$

$$\hat{Y}_{\text{Coco}} = 0,06 - 0,05^{**} x + 0,01^{**} x^2 + 0,0005^{**} x^3 \rightarrow R^2 = 0,96^{**}$$

$$\hat{Y}_{\text{Eucalipto}} = 0,10 - 0,06^{**} x + 0,02^{**} x^2 + 0,001^{**} x^3 \rightarrow R^2 = 0,96^{**}$$

$$\hat{Y}_{\text{Banana}} = 0,06 - 0,07^{**} x + 0,01^{**} x^2 + 0,001^{**} x^3 \rightarrow R^2 = 0,88^{**}$$

$$\hat{Y}_{\text{Testemunha}} = 0,07 - 0,01^{**} x + 0,0007^{**} x^2 \rightarrow R^2 = 0,86^{**}$$

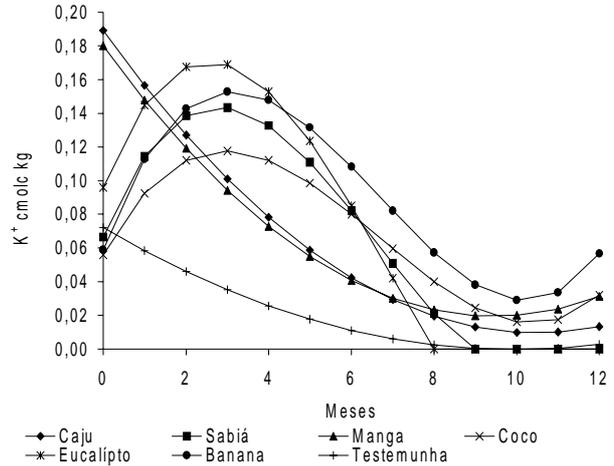


Figura 7 - Teores de K⁺ trocável em Argissolo Acinzentado influenciado pelos diferentes resíduos vegetais em função do tempo.

Novamente pode-se associar os maiores teores iniciais destes elementos, ou mesmo ao longo do tempo à própria composição do material vegetal adicionado ao solo, como é o caso do caju para o Na⁺ e o eucalipto para o K⁺, como foi observado por Rheinheimer et al. (2000) quanto ao fósforo. Quanto aos teores de P, observou-se que ao longo do tempo, não houve variação, mesmo quando este comportamento foi de efeito quadrático ou linear, uma vez que as variáveis dos próprios coeficientes envolvidos nestas equações foram pequenas (Figura 8). Como não houve nenhuma fonte de P adicionada ao solo utilizado, as variações que ocorreram, foram função da constituição do material utilizado, o que coincide com os resultados de Rheinheimer et al. (2000). Diante disto, às variáveis relacionadas ao material orgânico (MOL, COS e CBMS), pode-se atribuir também a imobilização microbiana de P, seguida da sua mineralização, nos casos identificados (caju, sabiá, manga, coco, banana e eucalipto). Deve-se destacar que nos tratamentos em que foram adicionados resíduos de bananeiras, observam-se valores maiores dentre os demais materiais utilizados (Tabela 2). Ao avaliar-se a com-

posição química destes, constatou-se a maior elevação relativa de P no resíduo de bananeiras, seguido do coco, o que proporcionou os valores observados.

$$\hat{Y}_{\text{caju}} = 1,06 - 0,17^{**}x + 0,05^{**}x^2 \rightarrow R^2 = 0,81^{**}$$

$$\hat{Y}_{\text{Sabiá}} = 0,96 - 0,01^{**}x + 0,004^{**}x^2 \rightarrow R^2 = 0,65^{**}$$

$$\hat{Y}_{\text{Manga}} = 0,78 - 0,14^{**}x + 0,01^{**}x^2 \rightarrow R^2 = 0,70^{**}$$

$$\hat{Y}_{\text{Coco}} = 1,53 - 0,02^{**}x + 0,005^{**}x^2 \rightarrow R^2 = 0,060^{**}$$

$$\hat{Y}_{\text{Eucalipto}} = \bar{Y} = 1,28$$

$$\hat{Y}_{\text{Banana}} = \bar{Y} = 2,84$$

$$\hat{Y}_{\text{Testemunha}} = 0,72 - 0,01^{**}x \rightarrow R^2 = 0,89^{**}$$

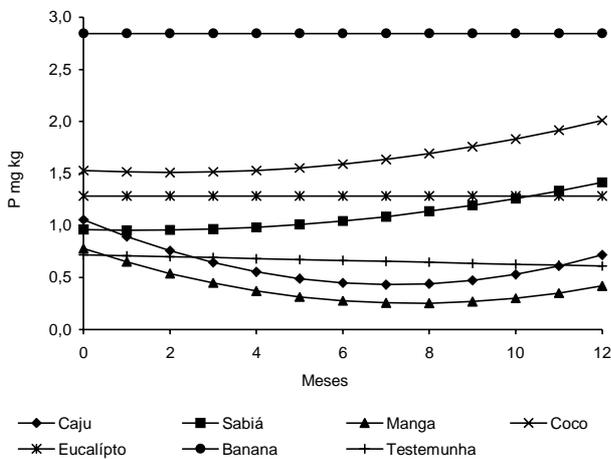


Figura 8 - Teores de P disponível em Argissolo Acinzentado influenciado pelos diferentes resíduos vegetais em função do tempo.

As características apresentadas pelo teor de N no solo, evidenciaram uma estreita relação entre a concentração de N e COS, concordando com Alves et al. (1999), quando afirmou que a complexidade da dinâmica do N no sistema sol-planta advém do grande número de fatores envolvidos e está relacionada com a do carbono.

As Figuras 9 e 10 mostram a evolução do $N-NH_4^+$ e do $N-NO_3^-$ respectivamente, no período do experimento. Observou-se que $\hat{Y} = \bar{Y}$ para a maioria dos casos o que implica na não alteração dos valores de N ao longo do tempo, para quase todos os tratamentos. Os materiais incorporados ao solo (Tabela 2), com exceção do coco, apresentou relação C:N, alta acima de 30:1, o que favorece a imobilização do N, podendo não haver N disponível neste Tratamento (Lopes, 1998).

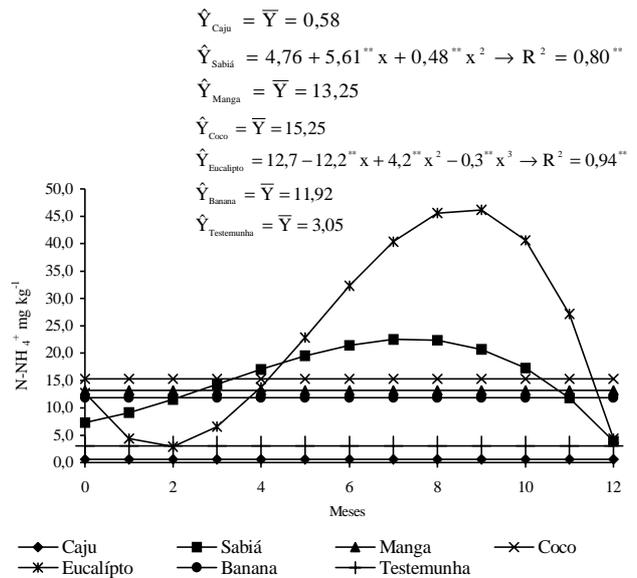


Figura 9 - Teores de $N-NH_4^+$ em Argissolo Acinzentado influenciado pelos diferentes resíduos vegetais em função do tempo.

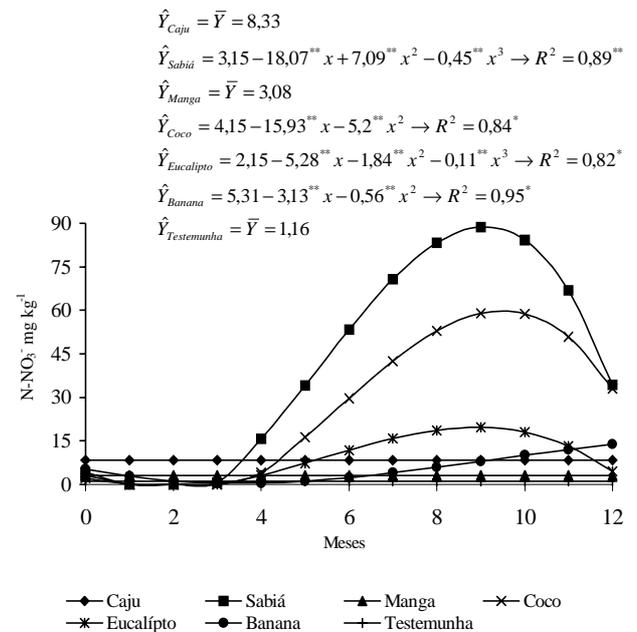


Figura 10 - Teores de $N-NO_3^-$ em Argissolo Acinzentado influenciado pelos diferentes resíduos vegetais em função do tempo.

Conclusões

1. A serapilheira proporcionou melhoria de todas as características e/ou propriedades do solo avaliadas, sendo, entretanto, dependente da constituição de material vegetal e da resistência destes materiais à decomposição;
2. Entre os materiais estudados observa-se a seguinte ordem decrescente de decomposição: banana > coco > sabiá > manga > eucalipto > caju.

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**, Viçosa, v.27, p.601-612, 2003.
- ALVES, G. D.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SILVA, V. M. Potencial de mineralização de N e C em vinte solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.245-256, 1999.
- ANDERSON, J. N.; INGRAM, J. S. I. **Tropical Soil Biology and Fertility: A hand book of methods**, Wallingford. CAB International, 1989. 171p.
- ANDRADE, D. S.; COLOZZI-FILHO, A.; PAVAN, M. A. Atividade microbiana em função da calagem em um solo cultivado com cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.19, p.191-196, 1995.
- AOAC. ASSOCIATION OFFICIAL OF ANALYTICAL CHEMISTRY. Washington D.C. **Official methods of analysis**. Washington D.C., 12.ed. 1975, 554p.
- BRÍGIDA, M. R. S. S.; COSTA, A. C. C.; FARO, J. Comparação de níveis de alteração entre ecossistema de floresta secundária e sistema de monocultivo e policultivo, em função do grau de humificação. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 3., Santa Maria. **Anais...** Santa Maria:RS, 1999. p.306-308.
- COSTA, G. S.; ANDRADE, A. G.; FARIA, S. M. de. Aporte de nutrientes pela serapilheira de *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá) com seis anos de idade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto:MG, 1997. p.205-214.
- EMBRAPA/ C.N.P.S. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2.ed. Rio de Janeiro. 1997. 212p.
- FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.991-996, 1999.
- GAMA-RODRIGUES, E. F.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; DE-POLLI, H. Biomassa microbiana de carbono de solos de Itaguaí (RJ): Comparação entre os métodos de fumigação-incubação e fumigação-extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.18, p.427-432, 1994.
- LEHMANN, J.; WEIGL, D.; PETER, I.; DROPPPELMANN, K.; GEBAUER, G.; GOLDBACH, H.; SECH, W. Nutrients interactions of alley cropped *Sorghum bicolor* and *Acacia saligna* in a runoff irrigation system in Northern Kenya. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 210, p.249-262. 1999.
- LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177p.
- MENDONÇA, E. S.; STOTT, D. E. Characteristics and decomposition rates of pruning residues from a shaded coffee system in Southern Brazil. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.57, p.117-125, 2003.
- MINHONI, M. T. A.; EIRA, A. F.; BULL, L. T. Biomassa microbiana, liberação de CO₂, fósforo disponível e pH em solo que recebeu glicose e fosfato de rocha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.387-392, 1996.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, p.411-416, 1993.
- NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1993. 499p.
- PAES, J. M. V.; ANDREOLA, F.; BRITO, C. H.; LOURES, E. G. Decomposição da palha em três tipos de solo e sua influência sobre a CTC e o pH. **Revista Ceres**, Viçosa, v.43, p.674-683. 1996.
- PALM, C. A.; SANCHEZ, P. A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. **Soil Biology and Biochemistry**, Klinton, v.23, p.83-88, 1991.
- RANNELLS, N. N.; WAGGER, M. C. Nitrogen release grass and legume cover crop monocultures and bicultures. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, p.777-782, 1996.
- RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I.; CONTE, E. Fósforo da biomassa em solos sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.589-597, 2000.
- SILVA, F. C. **Manual de Análises Químicas de Solo, Plantas e Fertilizantes**. 1. ed. EMBRAPA

Solos e EMBRAPA - Comunicação para Transferência de Tecnologia, Brasília, 370p. 1999.

SILVA, J. E.; RESK, D. V. S. **Matéria orgânica do solo** In: Biologia dos solos dos cerrados. Planaltina, EMBRAPA -CPAC. p.465-524, 1997.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MAIA, E. L.; ARRIEL, E. F.; SANTOS, R. V.; ARAÚJO, G. T. Avaliação da decomposição de resíduos vegetais pela medição da respiração edáfica em área de caatinga, em Patos, Paraíba. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 3., Santa Maria. **Anais....** Santa Maria:RS, 1999. p.329-331.

TRISOUTROT, I.; RECOUS, S.; BENTZ, B.; LINÈRES, D.; CHÈNEBY, D.; NICOLARDOT, B. Biochemical quality of crops residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.64, p.918-926, 2000.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutrition implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.74, p.3583-3597, 1991.

VASCONCELLOS, C. A.; CAMPOLINA, D. C. A.; SANTOS, F. G.; EXEL PITTA, G. V.; MARRIEL, I. E. Resposta da soja e da biomassa de carbono do solo aos resíduos de cinco genótipos de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p. 69-77, 1999.

WANDELLI, E. V.; PERIN, R.; SOUZA, S. G. DE; MATOS, J. C. DE S.; SOUSA, J. N.; FERNANDES, C. M. Sistemas Agroflorestais: uma alternativa para recuperação das áreas de pastagens degradadas na Amazônia Ocidental. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., Ouro Preto, **Anais....** Ouro Preto:MG, 1997. p.487-493.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications Soil Science and Plant Analysis**, Madison, v.19, p.1467-1476, 1988.

YOUNG, A. **Agroforestry for Soil Management**. 2.ed. CAB International, Wallingford, UK/ International Council for Research in Agroforestry, Nairobi, Kenya, 1997, 320p.