

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS CULTURAIS SUBMETIDOS
A DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO**

DOUGLAS COSTA POTRICH

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2012**

**DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS CULTURAIS SUBMETIDOS
A DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO**

DOUGLAS COSTA POTRICH
Engenheiro Agrônomo

Orientadora: PROF^a.. DR^a.. MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2012

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central - UFGD

631.8098171 Potrich, Douglas Costa.
P864d Decomposição de resíduos culturais submetidos
a diferentes doses de nitrogênio / Douglas Costa
Potrich – Dourados– MS : UFGD, 2012.
25 f.

Orientadora: Profa. Dra. Marlene Estevão
Marchetti.
Dissertação (Mestrado em Agronomia)
Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Solo – Dourados. 2. Resíduos orgânicos –
Decomposição. 3. Adubação nitrogenada. Título.

**DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS CULTURAIS SUBMETIDOS A
DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO**

por

Douglas Costa Potrich

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção
do título de MESTRE EM AGRONOMIA

Aprovada em: 27/09/2012

Prof^ª. Dr^ª. Marlene Estevão Marchetti
UFGD/FCA

Dr. Ademar Pereira Serra
EMBRAPA/Gado de Corte

Prof^ª. Dr^ª. Alessandra M. T. Alovise
UFGD/FCA

Prof. Dr. Nestor A. Heredia Zarate
UFGD/FCA

Prof^ª. Dr^ª. Anamari V. de A. Motomiya
UFGD/FCA

Prof^ª. Dr^ª. Elaine R. Pinheiro Lourente
UFGD/FCA

DEDICO.

Aos meus pais, Edelir Pedro Potrich e Salvani da Costa Potrich, pelos ensinamentos e educação, que sempre foi consolidada com muito amor e confiança. Ao meu irmão, Diego Costa Potrich pela nossa grande amizade, companheirismo e confiança. A minha namorada Suelen Santin Alonso pelo apoio, compreensão e pelo nosso amor. Ao meu tio Lindoval Bezerra Costa pela simplicidade, simpatia e alegria que ele transmite todos os dias em nossa casa. Aos meus grandes primos Djhonatan Meurer Potrich, Jhovan Meurer Potrich, e Pedro Henrique Altomar pela amizade e apoio. A família Santin pela confiança e respeito. E a todos das famílias Costa & Potrich, que estiveram ao meu lado, contribuindo para minha formação ética e moral.

OFEREÇO.

A Deus,

A Minha orientadora Marlene Estevão Marchetti

E a meus avós Lourenço Bezerra da Costa e Octavio João Potrich (In memorian).

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha vida, por nunca me abandonar, por iluminar o meu caminho e abençoar minhas escolhas e conquistas.

À Prof^a. Dr^a. Marlene Estevão Marchetti pela amizade e orientação na execução desta pesquisa, além dos ensinamentos de todos esses anos de convívio.

Aos membros da banca, Prof^a. Dr^a. Alessandra Mayumi Tokura Alovisei, Dr Ademar Pereira Serra, Prof. Dr. Nestor Antonio Heredia Zarate, Prof^a. Dr^a. Anamari Viegas de Araújo Motomiya e Prof^a. Dr^a. Elaine Reis Pinheiro Lourente, pelas sugestões.

Aos meus amigos do Programa de Pós-graduação em Agronomia da UFGD, Diego Costa Potrich, Simone Cândido Ensinas, Eber Augusto Ferreira do Prado, Leandro Bassi Moreno, Alex Marcel Melotto e Everton Rossi Rigoni.

Ao aluno da graduação em Agronomia da UFGD, Matheus Andrade Martinez.

Aos amigos do Laboratório de Fertilidade do Solo, João Augusto Machado da Silva e Laura Priscila Toledo Bernal, pelos bons momentos de trabalho e distração.

À Universidade Federal da Grande Dourados, e em especial ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, pela oportunidade de ensino concedida e pela conscientização na formação de profissionais qualificados.

E, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro e bolsa de estudos cedida.

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE QUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	5
2.1. Caracterização da área experimental.....	5
2.2. Tratamentos e delineamento experimental.....	6
2.3. Preparo dos resíduos orgânicos	7
2.4. Implantação e desenvolvimento do experimento	8
2.5. Coleta dos <i>litter bags</i> e amostragem do solo	8
2.5.1. Determinação da matéria seca remanescente.....	9
2.5.2. Taxa de decomposição do resíduo	9
2.5.3. Carbono orgânico total (COT)	10
2.5.4. Carbono lábil (CL)	10
2.6. Análise estatística.....	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	11
3.1. Taxa de decomposição e tempo de vida dos materiais sobre o solo	11
3.2. Teor de carbono orgânico no solo	14
4. CONCLUSÕES	21
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

LISTA DE QUADROS

	PÁGINA
QUADRO 1. Precipitação e média das temperaturas máxima e mínima para períodos decendiais no ano 2011. Fonte: Estação Meteorológica da UFGD. Dourados-MS, 2011.....	5
QUADRO 2. Composição química dos resíduos orgânicos de soja, milho e cana-de-açúcar antes da aplicação dos tratamentos.....	8
QUADRO 3. Estimativas dos parâmetros da equação $X = X_0 e^{-kt}$ ajustada aos dados de matéria seca remanescente de soja quando submetidos às diferentes adubações nitrogenadas.....	11
QUADRO 4. Estimativas dos parâmetros da equação $X = X_0 e^{-kt}$ ajustada aos dados de matéria seca remanescente de milho quando submetidos às diferentes adubações nitrogenadas.....	12
QUADRO 5. Estimativas dos parâmetros da equação $X = X_0 e^{-kt}$ ajustada aos dados de matéria seca remanescente de cana-de-açúcar quando submetidos às diferentes adubações nitrogenadas.....	13
QUADRO 6. Média dos teores de carbono orgânico total no solo em função das doses de N e épocas de coleta.....	17

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1. Superfície de resposta para o teor de carbono orgânico total no solo em função das épocas de avaliação dentro de cada dose de nitrogênio aplicada sobre a matéria seca de soja. Dourados-MS, 2011.....	15
FIGURA 2. Superfície de resposta para o teor de carbono lábil no solo em função das épocas de avaliação dentro de cada dose de nitrogênio aplicada sobre a matéria seca de soja. Dourados-MS, 2011.....	16
FIGURA 3. Superfície de resposta para o teor de carbono lábil no solo em função das épocas de avaliação dentro de cada dose de nitrogênio aplicada sobre a matéria seca de milho. Dourados-MS, 2011.....	17
FIGURA 4. Superfície de resposta para o teor de carbono orgânico total no solo em função das épocas de avaliação dentro de cada dose de nitrogênio aplicada sobre a matéria seca de cana-de-açúcar. Dourados-MS, 2011.....	18
FIGURA 5. Superfície de resposta para o teor de carbono lábil no solo em função das épocas de avaliação dentro de cada dose de nitrogênio aplicada sobre a matéria seca de cana-de-açúcar. Dourados-MS, 2011.....	19

RESUMO

POTRICH, DOUGLAS COSTA. Universidade Federal da Grande Dourados, agosto de 2012. **Decomposição de resíduos culturais submetidos a diferentes doses de nitrogênio.** Orientadora: Marlene Estevão Marchetti. Co-Orientadora: Eulene Francisco da Silva e Alessandra Mayumi Tokura Alovisei.

A manutenção de resíduos orgânicos na superfície do solo é considerada uma excelente ferramenta na busca da sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Práticas de manejo, como aplicação de nitrogênio (N) sobre os resíduos secos, tendem a retardar a decomposição desses, proporcionando benefícios como o aumento da MOS. Diante disso, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio sobre a decomposição de matéria seca de soja, milho e cana-de-açúcar, bem como sua contribuição para o sequestro de carbono no solo. O experimento foi realizado na Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados-MS, e consistiu de um delineamento experimental em blocos casualizados, com três resíduos (soja, milho e cana-de-açúcar) e quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos em parcelas subdivididas, sendo as quatro doses de nitrogênio as parcelas, e as sete épocas de coleta as subparcelas. Foram analisados a taxa de decomposição dos resíduos, carbono orgânico total e carbono lábil no solo. A aplicação de 150 kg ha^{-1} de N sobre matéria seca de soja, proporcionou a menor k ($0,0029 \text{ g dia}^{-1}$), quando comparada às demais doses de N testadas, e conseqüentemente aumentou o período de permanência do resíduo sobre o solo. Já os resíduos de milho e cana-de-açúcar quando submetidos à adição de N, aumentaram suas taxa de decomposição. Além disso, foi comprovada a importância da deposição de resíduos orgânicos sobre o solo, uma vez houve incrementos de carbono lábil no solo em todos os tratamentos avaliados. Destaca-se ainda a aplicação de N-mineral como uma estratégia para obter maiores teores de carbono lábil no solo, já que estes são essenciais para a sustentabilidade de sistemas de produção.

Palavras-chave: adubação nitrogenada, manutenção de palhada, carbono orgânico total, carbono lábil.

ABSTRACT

POTRICH, DOUGLAS COSTA. Universidade Federal da Grande Dourados, agosto de 2012. **Decomposition of crop residues under different nitrogen rates.** Orientadora: Marlene Estevão Marchetti. Co-Orientadora: Eulene Francisco da Silva e Alessandra Mayumi Tokura Alovisi.

The conservation of organic residues on soil surface is considered an excellent tool in the quest for agricultural systems sustainability. Management practices such as nitrogen (N) application on dry residue, tend to retard the decomposition of these, providing benefits such as increasing the SOM. Thus, the present study was conducted to evaluate the effect of nitrogen on decomposition of the dry soy, corn and cane sugar, as well as its contribution to carbon sequestration in the soil. The experiment was conducted at the Universidade Federal da Grande Dourados, in Dourados-MS, and consisted of a randomized block experiment design, with three residues (soy, corn and cane sugar) and four replications. The treatments were arranged in split plots, being the four nitrogen rates the plots and the seven collection times the split plots. Decomposition rates of residues, total organic carbon and labile carbon on soil were analysed. The application of $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ on dry soy matter, provided the smallest k ($0,0029 \text{ g day}^{-1}$), when compared to the other N doses tested, and consequently increased the residence time of the residue on soil. Already the corn and sugar cane residues when submitted to N addition, increased their rate of decomposition. Beyond that, it was proved the importance of organic residues deposition on the soil, once there were increases of labile carbon in soil in all treatments. Note also the mineral N application as a strategy to get higher levels of labile carbon in soil, since these are essential to the production systems sustainability.

Keywords: nitrogen fertilization, residue conservation, total organic carbon, labile carbon.

1. INTRODUÇÃO

Dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento indicam que nos próximos 10 anos, em função do crescimento demográfico, a produção de soja deverá aumentar 17,8 milhões de toneladas, a de milho 16,3 milhões de toneladas e a de cana-de-açúcar 10,1 milhões de toneladas (MAPA, 2012). Essa nova demanda exigirá melhorias, principalmente, na produtividade das culturas, uma vez que segundo o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola referente ao ano agrícola 2011/2012, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012), cerca de 70% da área plantada em nível nacional já é cultivada com estas culturas.

Estas culturas, na maioria das vezes, são cultivadas em sistemas de manejo conservacionista, onde se almeja retorno econômico aliado a uma elevada produção de fitomassa para cobertura de solo, conferindo assim proteção física e melhorias nas condições do solo (LAL & LOGAN, 1995), já que este é considerado a base da produção. Na região dos cerrados, a persistência de palhada é baixa em função das condições de umidade e temperatura que são elevadas em boa parte do ano (ALVARENGA et al. 2001). Lal & Logan (1995) afirmaram que a taxa de decomposição nas regiões tropicais e subtropicais pode ser até 10 vezes mais acelerada do que em regiões temperadas.

Sendo assim, a produção e a manutenção de palhada sobre a superfície do solo constituem um dos principais fatores para o sucesso de um sistema conservacionista como o plantio direto (TEIXEIRA et al., 2010), o que reforça a preocupação de produzir resíduos vegetais com menores constantes de decomposição (CERETTA et al. 2002). Segundo Crusciol et al. (2008) a porcentagem de cobertura do solo no transcorrer do crescimento, a persistência do resíduo sobre o solo e a capacidade de reciclar nutrientes são os melhores indicadores de qualidade de uma planta de cobertura.

Outro aspecto importante é que a mineralização dos resíduos no solo é dependente de fatores ambientais e químicos, que dependem, principalmente, da qualidade do material depositado (VITTI et al., 2008) A qualidade desses materiais pode ser definida como a facilidade de serem utilizados pelos microrganismos do solo como fonte de energia e, ou, esqueletos de carbono para suas próprias estruturas (ROVIRA & VALEJO, 2007). Sendo assim, a predisposição de um resíduo à

decomposição é dependente, principalmente, do teor inicial de lignina, nitrogênio (N) e das relações C/N (WANG et al., 2008), lignina/N (VALENZUELA-SOLANO & CROHN, 2006).

De modo geral, observa-se que quando é depositado no solo um resíduo rico em nutrientes, especialmente nitrogênio (N), com baixa relação C/N, a taxa de decomposição é mais rápida do que em comparação a um material de menor teor inicial de N (WANG et al., 2008). Wieder & Lang (1982) sugeriram uma divisão entre as espécies levando em consideração a velocidade de decomposição de seus resíduos, sendo as leguminosas classificadas como plantas de decomposição rápida e as gramíneas de decomposição lenta. Os autores ainda definiram uma relação C/N próximo a 25, como referência de separação entre elas.

De acordo com Camargo et al. (1999), a decomposição dos resíduos orgânicos pode ser dividida em duas etapas, onde na etapa mais inicial existe a biodegradação microbiana e a biodegradação por microrganismos. Nesta fase são decompostos os componentes mais prontamente decomponíveis (açúcares, proteínas, amido, etc) e os produtos orgânicos intermediários (protoplasma microbiano), respectivamente. Já os compostos mais recalcitrantes, como a lignina, são decompostos na etapa final da decomposição por actinomicetes e fungos. Esses microrganismos heterotróficos decompõem a matéria orgânica presente no solo a fim de obter energia para o seu desenvolvimento, liberando CO₂ para atmosfera, nutrientes, e uma gama de compostos orgânicos secundários oriundos do metabolismo microbiano, os quais passam a compor a matéria orgânica do solo (MOS) (VEZZANI, 2001).

Sabe-se que a adição de N no solo desempenha um papel importante na preservação da matéria orgânica, pela formação de componentes orgânicos estáveis. A maior disponibilidade de N aumenta a decomposição de resíduos em estágios iniciais em função do aumento da população microbiana no solo, porém um teor mais elevado de N pode retardar a decomposição por promover possíveis interferências na composição do resíduo (DIJKSTRA et al., 2004; DIJKSTRA et al., 2005; JANDL et al., 2007).

Segundo Carreiro et al. (2000), o N reprime a decomposição da lignina diretamente pela supressão de enzimas lignolíticas. Existe, também, a hipótese de ocorrer ressíntese ou recombinação de lignina insolúvel com compostos nitrogenados, formando novos componentes aromáticos mais recalcitrantes (BERG, 2000). Independente do tipo de interferência tem-se observado que a redução na taxa de

decomposição de resíduos orgânicos é vantajosa, uma vez que ao se preservar uma maior quantidade de palhada sobre o solo, contribui-se para a manutenção da umidade e temperatura do solo, aumento da MOS e proteção contra o efeito erosivo da chuva (CRUSCIOL et al., 2008).

Vezzani (2001) observou que solos degradados pelo cultivo e com baixos teores de carbono orgânico total (COT) normalmente são deficientes em N. A inclusão de leguminosas e a adubação nitrogenada constituem práticas altamente eficientes para o incremento dos estoques de COT, nitrogênio total (NT), melhoria da qualidade do solo e da produtividade das culturas.

A MOS faz parte de um equilíbrio dos ciclos do carbono (C) e do nitrogênio (N), e seu conteúdo encontra-se estável em solos sob vegetação natural (BORTOLON et al., 2009). A MOS é oriunda principalmente de resíduos orgânicos adicionados pelas plantas (exsudatos das raízes e restos culturais da senescência e manejo) que, através da fotossíntese, convertem o CO₂ atmosférico em compostos vegetais contendo carbono (BAYER et al., 2000).

Quando ecossistemas nativos são alterados por atividades antrópicas, o equilíbrio dinâmico é quebrado e, normalmente, as entradas de C são menores do que as saídas, o que conduz à redução da quantidade e modificação da qualidade da MOS (CERRI et al., 2008). Observa-se que a adoção de um novo sistema de manejo do solo, promove mudanças rápidas nas frações orgânicas mais lábeis do solo, sendo essas consideradas apenas uma pequena fração do teor de C orgânico total e o indicador mais responsivo às alterações da qualidade do solo (STEVENSON, 1994).

Mielniczuk (1999) definiu compartimentos para o carbono de um sistema agrícola em quatro grupos: 1) biomassa vegetal viva, 2) resíduos vegetais, raízes e exsudatos, 3) MO não protegida e 4) MO protegida. Os compartimentos referentes à biomassa viva, resíduos vegetais, raízes e exsudatos atuam protegendo o solo contra a erosão, na ciclagem de nutrientes e como fonte de alimento para a atividade biológica. O compartimento referente a MO não protegida corresponde a biomassa microbiana do solo, que atua principalmente na decomposição de resíduos vegetais, e a MOS lábil, que atua como agente de agregação temporária, fonte de nutrientes e energia aos microorganismos. O último compartimento refere-se a MOS protegida estruturalmente e a MOS protegida por colóides, sendo que ambos atuam como agentes de agregação permanente e na CTC do solo, com um tempo de residência estimado em 1000 anos.

A atividade antrópica pós-revolução industrial levou a um aumento das concentrações dos gases do efeito estufa na atmosfera. Tais incrementos levaram a um aumento da temperatura média terrestre e da taxa anual de elevação do nível do mar. No âmbito dessas mudanças climáticas globais, o solo e suas diferentes formas de uso e manejo estão em foco (COSTA et al., 2008), sobretudo porque o solo pode ser considerado como uma fonte ou sumidouro de CO₂ atmosférico (CARVALHO et al., 2009).

Para que o solo atue como dreno de C atmosférico é necessário à implementação de medidas integradas, sendo elas: redução ou eliminação da intensidade de preparo do solo, intensificação de sistemas de rotação de culturas, adoção de práticas que promovam o aumento da produtividade das culturas e restabelecimento de cobertura vegetal permanente (COSTA et al.). Conceitualmente pode-se definir sequestro de carbono em sistemas agrícolas como sendo a incorporação do carbono fotossintetizado por vegetais ao solo na forma de MOS.

Por isso, além da importância de ordem agrônômica, o aumento dos estoques de MOS é desejável devido ao potencial de armazenar C no solo em detrimento de uma diminuição da quantidade de C presente na atmosfera na forma de CO₂, o qual é responsável por cerca de metade do efeito estufa que está promovendo o aquecimento no planeta. A quantidade de C armazenada nos solos na forma de MOS é tão representativa que ultrapassa em duas vezes a quantidade de C presente na atmosfera na forma de CO₂ e em três vezes a quantidade de C presente na biota da superfície terrestre (LAL, 2004).

O objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de nitrogênio sobre a decomposição de matéria seca de soja, milho e cana-de-açúcar, bem como sua contribuição para o sequestro de carbono no solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado no campus da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, situada no município de Dourados-MS, latitude 22°11'58,8"S, longitude 54°56'10,9"O e altitude média de 457 m, no período de 28 de abril de 2011 a 25 de outubro de 2011. As O clima, segundo a classificação de Koppen (1948), é do tipo Am (Tropical Monçônico), com precipitação média anual de 1455 mm e temperatura inferior a 18°C no mês mais frio e superior a 22°C no mês mais quente. Os dados de pluviosidade e de temperatura máximas e mínimas registrados durante o período da pesquisa estão apresentados no Quadro 1.

QUADRO 1. Precipitação e média das temperaturas máxima e mínima para períodos decendiais no ano 2011. Fonte: Estação Meteorológica da UFGD. Dourados-MS, 2011

Decêndio	Precipitação (mm)	Temp. Máx. °C	Temp. Mín. °C
28/abril	0,76	28,84	18,09
08/maio	10,92	24,86	13,60
18/maio	0,00	25,45	14,41
28/maio	0,00	26,16	14,12
07/junho	0,00	23,89	10,70
17/junho	9,39	24,14	10,91
27/junho	0,00	26,01	13,25
07/julho	11,18	17,20	8,38
17/julho	0,00	30,36	15,63
27/julho	2,29	26,61	14,67
06/agosto	1,27	23,58	11,36
16/agosto	0,00	33,36	18,82
26/agosto	0,25	25,14	11,79
05/setembro	0,00	32,05	15,94
15/setembro	1,27	28,88	13,69
25/setembro	1,52	29,32	16,43
05/outubro	8,00	32,87	17,20
15/outubro	40,60	30,24	21,19
25/outubro	25,30	26,20	19,00

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2006), com os seguintes valores médios dos atributos químicos e físicos: $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)}$ =

4,37; Al= 0,7 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; H + Al= 1,6 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca= 5,1 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg= 2,3 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; P= 4,15 mg dm^{-3} ; K= 0,4 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Cu= 0,3 mg dm^{-3} ; Zn= 0,9 mg dm^{-3} ; Fe= 18,7 mg dm^{-3} ; Mn= 2,2 mg dm^{-3} ; COT= 18,8 g kg^{-1} ; CL= 1,3 g kg^{-1} ; argila= 630 g kg^{-1} ; areia= 100 g kg^{-1} ; silte= 270 g kg^{-1} . Os atributos químicos do solo foram analisados no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFGD de acordo com as metodologias descritas por Claessen (1997) e a textura do solo foi analisada conforme a metodologia de Camargo et al. (1986) no Laboratório de Física do Solo da UFGD. Os dados descritos são referentes a uma média de quatro amostras compostas, sendo estas formadas por quatro amostras simples, coletadas aleatoriamente no interior de cada bloco com trado do tipo holandês na profundidade 0-10cm.

A área experimental foi cultivada em preparo convencional por nove anos na sucessão soja/milho, sendo adotado o plantio direto nos últimos dez anos mantendo as mesmas culturas de verão e inverno, respectivamente. Todavia, por ocasião da implantação do experimento, a área foi mantida em pousio por 14 meses, desde fevereiro de 2010, para evitar interferência nos resultados pelo uso de insumos.

Durante o período de pousio houve a emergência e o crescimento normal de plantas daninhas na área. Desde então, somente em fevereiro de 2011, foi executada uma gradagem niveladora na área, para eliminar as plantas invasoras, o qual reduziu o nível de compactação do solo existente nos primeiros 0,1 m, sendo esta a profundidade de estudo.

2.2. Tratamentos e delineamento experimental

O experimento consistiu de um delineamento experimental em blocos casualizado, com quatro repetições, onde diferentes resíduos orgânicos (soja, milho e cana-de-açúcar) foram depositados sobre o solo em sacos de decomposição, sem incorporação. Ao depositá-los sobre o solo, doses distintas de nitrogênio (N) foram aplicadas sobre os materiais secos em uma única aplicação, sem parcelamento, sendo a cada trinta dias retirada amostras do campo para análise.

Os tratamentos, doses de N e épocas de coleta, foram arranjos em parcelas subdivididas, sendo os resíduos orgânicos desconsiderados para comparação entre si por se tratar de culturas morfologicamente diferentes, já que nessas condições a divergência nos resultados já é algo esperado. Nas parcelas foram alocadas as quatro doses de N aplicadas sobre os resíduos orgânicos (0, 50, 100, 150 kg ha^{-1} N), utilizando

como fonte a ureia (45% de N), e nas subparcelas as sete épocas de coleta dos materiais para análise (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após aplicação dos tratamentos).

2.3. Preparo dos resíduos orgânicos

Para obtenção do resíduo orgânico de soja, foram coletadas ao acaso, na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias (FAECA-UFGD), plantas inteiras (sem raíz) da variedade BMX Potência RR quando a lavoura encontrava-se em estágio R2-R3 (florescimento e início de formação de vagens). As plantas foram trituradas em uma ensiladeira e levadas à estufa de ar forçado a 65°C até apresentarem peso constante. O material seco de soja resultante foi composto por folha, caule, pecíolo, flor e vagem. O tamanho médio dos materiais triturados ficou em 1,5 cm.

O material utilizado como resíduo orgânico de milho foi também coletado na FAECA-UFGD em uma lavoura da variedade SC 154 - Fortuna. As plantas de milho foram coletadas ao acaso quando a cultura se encontrava no estágio R1-R2 (florescimento), sendo elas trituradas inteiras (sem raíz) em ensiladeira e secas em estufa de ar forçado a 65°C, até peso constante. A composição do material seco de milho foi de folha, colmo, pendão e espiga com estilo-estigma. O tamanho médio dos materiais ficou em 1,5 cm.

O material de cana-de-açúcar foi coletado em uma lavoura da Usina São Fernando, próximo a FAECA-UFGD. Os resíduos culturais foram provenientes de uma área de cana soca de segundo ano da variedade RB 93-5744, que foram coletados imediatamente após a colheita mecanizada. Esse resíduo não foi triturado em ensiladeira, uma vez que na colheita a máquina colhedora já o faz, sendo apenas levado para uma estufa de ar forçado a 65°C, até peso constante. O material seco foi padronizado em tamanho médio de 1,5 cm, com auxílio de tesoura, sendo que o mesmo era composto de folha, bainha, ponteiro e poucos colmos.

Após a padronização do tamanho dos materiais secos, esses foram pesados e colocados dentro de sacos de decomposição, conhecidos como *litter bags*. O *litter bag* é um saco de fios de nylon preto de malha 2 mm que foi cortado e costurado nas dimensões de 0,5 x 0,25 m para cobrir uma área de 0,125 m² de solo. Foi então adicionado 25 g de resíduo orgânico de soja, milho ou cana-de-açúcar em cada *litter bag*, o qual corresponde a uma aplicação de 2000 kg ha⁻¹ de material seco sobre o solo. A caracterização química dos materiais secos utilizados no experimento são apresentadas no Quadro 2.

QUADRO 2. Composição química dos resíduos orgânicos de soja, milho e cana-de-açúcar antes da aplicação dos tratamentos

Composição Química	Soja	Milho	Cana-de-açúcar
	-----g kg ⁻¹ -----		
Carbono	508	607	707
Nitrogênio	48,0	23,5	24,1
Relação C/N	10,58	25,83	29,34
Lignina	77,4	122,2	221,1
Lignina/N	1,61	5,20	9,17
Fósforo	5,1	3,6	2,6
Potássio	26,0	26,0	17,0
Cálcio	10,0	6,0	8,0
Magnésio	5,0	4,5	4,0

2.4. Implantação e desenvolvimento do experimento

Os *litter bags* foram depositados sobre o solo no dia 28 de abril de 2011 e na mesma data foi feita a adubação nitrogenada sobre os materiais. A aplicação de N foi realizada por meio de uma solução de uréia e água, preparada no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFGD, à 0; 3,47; 6,94; 10,41% para as respectivas doses de 0, 50, 100 e 150 Kg ha⁻¹ N. Foi aplicado 40 mL dessa solução de ureia sobre os *litter bags* com o auxílio de um copo aferido em laboratório, onde foi preconizado uniformidade e constância no espalhamento do produto sobre toda a área do material seco.

A área total do experimento foi 12,00 m de comprimento por 10,50 m de largura, deixando bordaduras de 2,0 m ao redor de toda a área para evitar a influencia dos ambientes externos. Essa área foi dividida em quatro blocos, que representam as repetições, de 3,00 m de comprimento por 10,50 m de largura. Dentro de cada bloco, a área foi dividida em três unidades, onde em cada uma dessas de 3,00 m de comprimento por 3,50 m de largura existia uma cultura. Por fim, dentro de cada uma dessas unidades havia 28 *litter bags* de 0,5 x 0,25 m, espaçados 0,25 m em ambos os sentidos, contendo todos os tratamentos testados: as doses de N nas parcelas e as épocas de amostragem como subparcelas.

2.5. Coleta dos *litter bags* e amostragem do solo

Logo após a aplicação dos tratamentos, iniciou-se a primeira coleta dos dados, referente ao tempo zero, sendo que a cada 30 dias se repetia a coleta, encerrando no dia 25 de outubro de 2011 (180 dias após aplicação dos tratamentos). A coleta mencionada refere-se a retirada dos *litter bags* do campo, e encaminhamento ao

laboratório, e amostragem do solo abaixo da área de influencia dos materiais secos das culturas.

Em laboratório, os resíduos remanescentes do interior dos *litter bags* eram retirados e limpos com o auxílio de um pincel, colocados em sacos de papel e encaminhados a uma estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65°C até adquirirem peso constante. Após a pesagem de cada unidade experimental, foi possível calcular a matéria seca remanescente e a taxa de decomposição dos resíduos.

As amostras de solo foram coletadas com trado, tipo holandês, na profundidade 0-0,10 m. Essas foram acondicionadas em sacos plásticos, secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm (TFSA). As análises de carbono orgânico total e lábil no solo foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da UFGD.

2.5.1. Determinação da matéria seca remanescente

Para a obtenção da matéria seca remanescente, os resíduos secos restantes no interior dos *litter bags*, de todas as épocas de avaliação, foram pesados. E assim, de acordo com a metodologia descrita por Silva (2008), por meio de cálculos, foi determinada a matéria seca remanescente, que leva em consideração a matéria seca atual do resíduo (MS) e a matéria seca inicial (MSI).

$$\text{Matéria seca remanescente} = \frac{\text{MS} \times 100}{\text{MSI}}$$

2.5.2. Taxa de decomposição do resíduo

Para a determinação da taxa de decomposição, o modelo exponencial simples foi ajustado aos dados de matéria seca, de acordo com Silva (2008):

$$X = X_0 e^{-kt}$$

em que: X é a quantidade de matéria seca remanescente após um período de tempo t, em dias; X₀ é a quantidade de matéria seca inicial; e k é a constante de decomposição. Reorganizando os termos dessa equação, foi possível calcular a constante de decomposição:

$$k = \frac{\ln(X / X_0)}{t}$$

De acordo com Silva (2008), o tempo de meia-vida, $t_{0,5}$, (tempo necessário para decomposição de 50% do resíduo inicial) e o $t_{0,05}$ (tempo necessário para que 95% dos resíduos se decomponham) foram obtidos por meio das equações:

$$t_{0,5} = \frac{\ln(2)}{k}$$

$$t_{0,05} = \frac{3}{k}$$

2.5.3. Carbono orgânico total (COT)

Sub-amostras de TFSA foram trituradas e passadas em peneira de 0,149 mm para determinação do teor de COT pelo método de oxidação via úmida, com aquecimento externo (YEOMANS & BREMNER, 1988).

2.5.4. Carbono lábil (CL)

Para determinação do teor de CL (C oxidado por KMnO_4), sub-amostras de TFSA foram trituradas e passadas em peneira de 0,210 mm, sendo acondicionado 1 g de solo em tubo de centrífuga de 50 mL, juntamente com 25 mL de solução de KMnO_4 ($0,033 \text{ mol L}^{-1}$). Esta solução foi agitada em agitador horizontal a 130 rpm por uma hora e centrifugada a 960 g por cinco minutos. Após a centrifugação, pipetou-se 100 μL do sobrenadante em tubos de ensaio e o volume foi completado com 10 mL de água destilada. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro em comprimento de onda de 565 nm, sendo o CL determinado a partir da equação da curva padrão. A curva padrão foi obtida utilizando-se as concentrações de 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1 mL da solução de KMnO_4 ($0,033 \text{ mol L}^{-1}$) que foram acondicionadas em balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume restante com água destilada (LOGINOW et al., 1987).

2.6. Análise estatística

Os dados de matéria seca remanescente foram submetidos à análise de variância e as equações matemáticas que melhor se ajustaram à decomposição da matéria seca foram obtidas por meio do software Sigma Plot 11.0.

Os teores de COT e CL no solo em função das doses de N aplicadas e das épocas de avaliação foram analisadas pelo teste F e, para o caso de diferenças significativas, foi realizada a análise de regressão linear múltipla utilizando-se o aplicativo computacional Saeg 9.1. A superfície de resposta foi ajustada para as doses de N aplicadas e épocas de avaliação nos casos em que a interação foi significativa ($p < 0,05$), utilizando-se o Sigma Plot 11.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Taxa de decomposição e tempo de vida dos materiais sobre o solo

Houve interação significativa ($p < 0,01$) na constante de decomposição k dos materiais secos de soja em função das doses de N aplicadas (Quadro 3). Observou-se que quando não houve adição de N sobre a matéria seca de soja, a constante de decomposição (k) foi de $0,0047 \text{ g dia}^{-1}$ sendo que o tempo necessário para a decomposição de 50 % ($t_{0,5}$) e 95 % ($t_{0,05}$) de todo o resíduo foi de 146 e 632 dias, respectivamente. Na medida em que aumentou as doses de N, 50 e 100 kg ha^{-1} , sobre a matéria seca de soja, houve também aumento na decomposição, sendo a aplicação de 100 kg ha^{-1} N a que proporcionou a maior k ($0,0083 \text{ g dia}^{-1}$) e os menores $t_{0,5}$ (83 dias) e $t_{0,05}$ (361 dias). Todavia, ao adicionar 150 kg ha^{-1} N, houve um aumento no período de permanência do resíduo, diminuindo a k para $0,0029 \text{ g dia}^{-1}$ e elevando o $t_{0,5}$ e $t_{0,05}$ para 240 e 1037 dias respectivamente.

QUADRO 3. Estimativas dos parâmetros da equação $X = X_0 e^{-kt}$ ajustada aos dados de matéria seca remanescente de soja quando submetidos às diferentes adubações nitrogenadas

DOSE N	X	R ²	k**	t _{0,5}	t _{0,05}
kg ha ⁻¹	%	-	g dia ⁻¹	dia	dia
0	42,54	0,99	0,0047	146	632
50	32,75	0,98	0,0062	112	484
100	22,37	0,97	0,0083	83	361
150	59,42	0,99	0,0029	240	1037

** Significativos a 1% pelo teste t.

X= porcentagem de matéria seca remanescente aos 180 dias; X₀= porcentagem de matéria seca inicial (100,00%); k= constante de decomposição; t_{0,5}= tempo necessário para decomposição de 50% da massa inicial em dias; t_{0,05}= tempo necessário para decomposição de 95% da massa inicial em dias.

A persistência de palhada sobre o solo, em sistemas conservacionistas, é um fator que traz benefícios ao sistema. Ao se preservar uma maior quantidade de resíduos culturais sobre o solo, aumenta-se a proteção do solo contra efeitos erosivos da chuva e contribui-se para a manutenção da umidade do solo (CRUSCIOL, et al., 2008), que em condições adversas de estiagem, as plantas mantem seu crescimento e desenvolvimento por um período mais longo, do que na ausência de palhada sobre o solo. Carreiro et al. (2000) observaram que altas doses de N adicionadas sobre resíduos culturais podem inibir a formação de enzimas específicas que degradam a lignina do material seco,

umentando assim o tempo de permanência dos materiais pela redução na sua constante de decomposição. Já Dijkstra et al. (2004), afirmaram que o N reagem com a lignina dos resíduos formando compostos resistentes à decomposição.

A decomposição da matéria seca de milho foi influenciada pelas doses de N aplicadas, uma vez que houve interação significativa ($p < 0,01$) na constante de decomposição desse resíduo (Quadro 4). Foi observado que o aumento da dose aplicada de N sobre a matéria seca de milho se tornou o principal responsável pelo aumento na sua taxa de decomposição. No tratamento em que não foi aplicado N, observou-se a menor k ($0,0010 \text{ g dia}^{-1}$) e conseqüentemente os maiores $t_{0,5}$ (684 dias) e $t_{0,95}$ (2962 dias). Já ao adicionar 50 kg ha^{-1} N, o $t_{0,5}$ e $t_{0,95}$ reduziu para 240 e 1039 dias, respectivamente, em função da maior k observada ($0,0029 \text{ g dia}^{-1}$).

Ao aplicar 100 kg ha^{-1} N sobre a matéria seca de milho foi observado uma k de $0,0037 \text{ g dia}^{-1}$ e um $t_{0,5}$ e $t_{0,95}$ de 188 e 812 dias, respectivamente. A maior k ($0,0089 \text{ g dia}^{-1}$) e os menores $t_{0,5}$ (78 dias) e $t_{0,95}$ (336 dias) foram observados ao aplicar 150 kg ha^{-1} de N, sendo que para esta dose foi observado uma decomposição de 79,98% da massa seca inicial ao final dos 180 dias de exposição no campo.

QUADRO 4. Estimativas dos parâmetros da equação $X = X_0 e^{-kt}$ ajustada aos dados de matéria seca remanescente de milho quando submetidos às diferentes adubações nitrogenadas

DOSE N	X	R ²	k**	t _{0,5}	t _{0,95}
kg ha ⁻¹	%	-	g dia ⁻¹	dia	dia
0	83,34	0,95	0,0010	684	2962
50	59,46	0,98	0,0029	240	1039
100	51,43	0,97	0,0037	188	812
150	20,02	0,95	0,0089	78	336

** Significativos a 1% pelo teste t.

X= porcentagem de matéria seca remanescente aos 180 dias; X₀= porcentagem de matéria seca inicial (100,00%); k= constante de decomposição; t_{0,5}= tempo necessário para decomposição de 50% da massa inicial em dias; t_{0,95}= tempo necessário para decomposição de 95% da massa inicial em dias.

A decomposição dos resíduos de milho corroboram com os dados apresentados por Bertol et al. (2004), uma vez que os autores observaram que ao aplicar 100 kg ha^{-1} de N sobre os resíduos de colheita de milho promove-se uma redução mais acelerada na massa seca dos resíduos do que na ausência da aplicação de N (0 kg ha^{-1}). Segundo os autores, a quantidade inicial de $8,77 \text{ Mg ha}^{-1}$ de resíduo de milho depositada sobre a superfície do solo foi reduzida em 40 %, na ausência de N, e em 53 % no

tratamento com 100 kg ha⁻¹ N, sendo essa diferença atribuída a um aumento da atividade dos microrganismos no solo nos primeiros meses em função do nitrogênio adicionado.

A decomposição da matéria seca de cana-de-açúcar também foi influenciada pelas doses de N adicionadas, havendo interação significativa ($p < 0,01$) na k (Quadro 5). Foi observado no tratamento sem adição de N, uma k de 0,0008 g dia⁻¹, além de um $t_{0,5}$ e $t_{0,95}$ de 908 e 3931 dias, respectivamente. Quando foi aplicado 50 kg ha⁻¹ de N sobre a cana-de-açúcar, aumentou a k para 0,0020 g dia⁻¹ e o tempo de meia vida desse passou para 339 dias, com uma diferença de 569 dias, tendendo a diminuir com o aumento da dose de N.

Ao aplicar 100 e 150 kg ha⁻¹ N houve uma decomposição de 41,34 e 44,67% da massa seca inicial de cana-de-açúcar no período experimental (180 dias). Além disso, observa-se uma redução significativa no $t_{0,5}$ e $t_{0,95}$ da matéria seca de cana-de-açúcar na ordem de 697 e 3019 dias, respectivamente, quando comparado os tratamentos com ausência de N e aplicação de 150 kg ha⁻¹ N. Isto mostra a importância da adubação nitrogenada sobre a palhada dessa cultura quando é necessário uma decomposição mais rápida do material vegetal presente sobre o solo.

QUADRO 5. Estimativas dos parâmetros da equação $X = X_0 e^{-kt}$ ajustada aos dados de matéria seca remanescente de cana-de-açúcar quando submetidos às diferentes adubações nitrogenadas

DOSE N	X	R ²	k**	t _{0,5}	t _{0,95}
kg ha ⁻¹	%	-	g dia ⁻¹	dia	dia
0	87,17	0,97	0,0008	908	3931
50	69,23	0,99	0,0020	339	1468
100	58,64	0,98	0,0030	234	1012
150	55,33	0,96	0,0033	211	912

** Significativos a 1% pelo teste t.

X= porcentagem de matéria seca remanescente aos 180 dias; X₀= porcentagem de matéria seca inicial (100,00%); k= constante de decomposição; t_{0,5}= tempo necessário para decomposição de 50% da massa inicial em dias; t_{0,95}= tempo necessário para decomposição de 95% da massa inicial em dias.

Resultados semelhantes foram observados por Vitti et al. (2008) que ao analisar a mineralização da palhada de cana-de-açúcar submetida a diferentes doses de N, observaram que na ausência da adubação nitrogenada houve uma menor decomposição do resíduo, restando após um ano agrícola 36% da massa seca inicial. Já ao aplicar 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N sobre os resíduos de cana-de-açúcar foi verificado uma maior decomposição da palhada quando comparados a ausência de adubação,

porém não houve diferença significativa entre essas doses testadas, restando respectivamente 25, 26 e 25% da massa seca remanescente.

Assis et al. (2003) também observaram incrementos na aceleração do processo de decomposição de resíduo de gramínea ao aplicar N. Para a cultura do sorgo as k foram de 0,00509 e 0,00601 g dia^{-1} , para os tratamentos sem e com N (30 kg ha^{-1}). Essa diferença foi capaz de promover uma redução no $t_{0,5}$ em 31 dias, sendo o $t_{0,5}$ de 119 e 150 dias respectivos para presença e ausência de N.

Segundo Aita (1997) isso ocorre porque a população e a atividade dos microrganismos decompositores são muito influenciados pela quantidade de N no solo, e o aumento na disponibilidade de N pode favorecer a taxa de decomposição. Além disso, aplicação de N diminui a relação C/N da palhada de gramíneas, o que pode ativar o processo microbiano de decomposição, realizado principalmente por bactérias e fungos, que são considerados os decompositores primários (SMITH, 1994).

3.2. Teor de carbono orgânico no solo

Verificou-se efeito significativo ($p < 0,01$) das interações entre as épocas de avaliação e as doses de N aplicadas sobre os materiais secos de soja. Foi observada uma redução linear no teor de COT no solo à medida que aumentou a dose de N aplicada. Ajustando-se a superfície de resposta aos dados, obteve-se o maior teor de COT no solo ($21,38 \text{ g kg}^{-1}$) no tratamento com ausência da adubação nitrogenada e no dia zero. A aplicação de 150 kg ha^{-1} N proporcionou no 105º dia após a aplicação dos tratamentos o menor teor de COT no solo ($16,44 \text{ g kg}^{-1}$) (Figura 1).

Acosta et al. (2003) observaram que o aumento da disponibilidade do N-mineral no sistema proporciona aumento da atividade microbiológica, que na presença de carbono orgânico de resíduos, ao nível de superfície, aumenta o teor de COT superficial. Entretanto, em situação de baixa quantidade de carbono de resíduos, o nitrogênio pode ser usado para degradar o carbono nativo do solo e reduzir seu estoque, fato este conhecido como efeito “priming”.

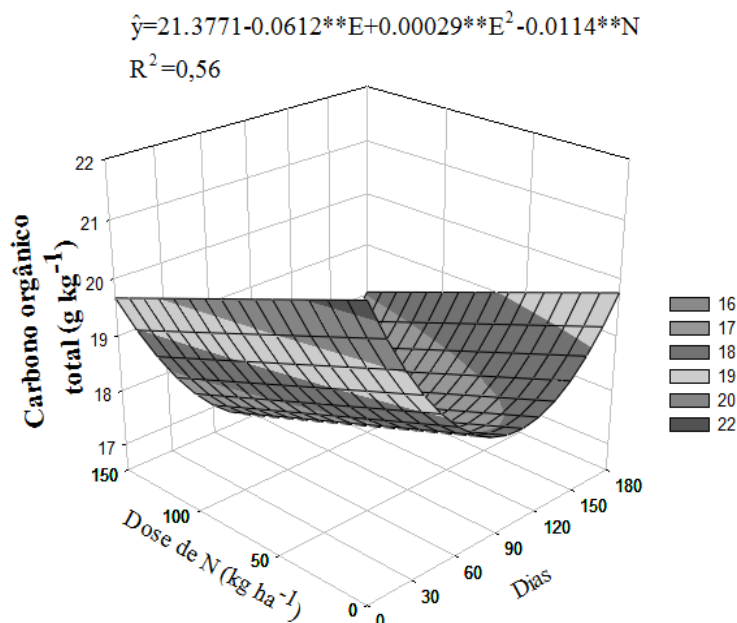


FIGURA 1. Superfície de resposta para o teor de carbono orgânico total no solo em função das épocas de avaliação dentro de cada dose de nitrogênio aplicada sobre a matéria seca de soja. Dourados-MS, 2011.

De maneira geral, os teores de COT no solo reduziram ao longo das épocas de avaliação, nos tratamentos com resíduos de soja. Porém, a partir de certa época de avaliação, houve um aumento progressivo no teor de C no solo, fato este que coincidiu com o aumento das temperaturas máxima e mínima da região de Dourados/MS. Provavelmente as altas temperaturas, aliada a presença de resíduos orgânicos sobre o solo, promoveram melhores condições ambientais para o aumento da população e atividade da biomassa microbiana.

Ao avaliar o teor de carbono lábil no solo, sob matéria seca de soja, foi verificado efeito significativo ($p < 0,01$) da interação entre as épocas de avaliação e as doses de N. Observou-se um aumento linear no teor de CL no solo à medida que se aumentou as doses de N aplicadas. Quanto ao parâmetro dias, houve um ajuste quadrático dos dados, uma vez que o ponto máximo de CL no solo ($2,41 \text{ g kg}^{-1}$) foi estimado no dia 103 com a aplicação de $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ (Figura 2).

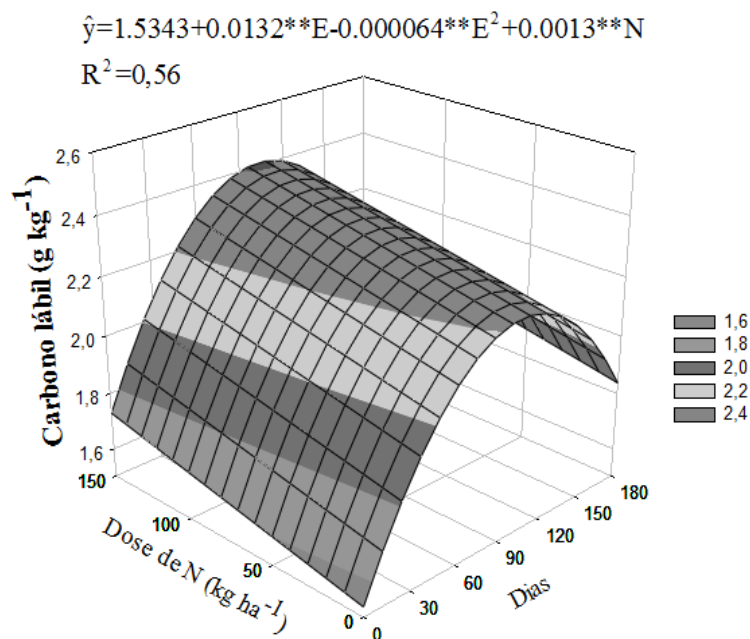


FIGURA 2. Superfície de resposta para o teor de carbono lábil no solo em função das épocas de avaliação dentro de cada dose de nitrogênio aplicada sobre a matéria seca de soja. Dourados-MS, 2011.

Segundo Souza et al. (2009), o aumento nos estoques de C orgânico no solo está relacionado, principalmente a adição de N no sistema, uma vez que este é capaz de recuperar os estoques de matéria orgânica em um solo degradado. Os autores ainda destacaram a necessidade de uma deposição de C no solo maior do que o fluxo de CO₂ para a atmosfera, o qual possibilita incrementar o estoque de C no solo, e assim torna-lo até mesmo um dreno de CO₂.

O aumento progressivo de carbono lábil no solo provavelmente ocorreu em função da quantidade de componentes menos recalcitrantes presente no material seco de soja. Já a redução que foi observada em todas os tratamentos testados após um certo período de exposição dos resíduos é consequência da exaustão de componentes facilmente decomponíveis, já que estes já haviam sido mineralizados inicialmente. Destaca-se então a importância do CL no solo, uma vez que este é o caminho para o armazenamento de C no solo e o primeiro passo para atingir formas de C mais humificadas (BAYER et al, 2004; SÁ & LAL, 2009). Este fato foi observado quando comparada as figuras 1 e 2, já que a partir do momento em que os teores de CL no solo começaram a reduzir, os teores de COT no solo aumentaram, onde possivelmente deve ter ocorrido o armazenamento de formas mais humificadas de C.

Quanto ao teor de COT no solo sob resíduo seco de milho não foi verificado ajuste de regressão, ou seja, a interação das diferentes épocas de avaliação dos materiais

secos em função das doses de N aplicadas não proporcionaram um ajuste matemático ($p > 0,05$). Sendo assim, as médias dos tratamentos estão apresentadas no Quadro 6.

QUADRO 6. Média dos teores de carbono orgânico total no solo em função das doses de N e épocas de coleta

DOSE N (kg ha ⁻¹)	Teor de carbono orgânico total (g kg ⁻¹)						
	0 dia	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias	180 dias
0	21,0	19,2	18,7	19,2	18,3	17,7	18,6
50	21,1	21,1	19,5	18,6	18,0	18,5	19,1
100	20,6	19,9	18,7	17,7	17,7	18,0	18,6
150	20,1	20,0	20,4	21,0	18,7	17,8	16,5

O teor de carbono lábil no solo sob os materiais secos de milho sofreram efeito significativo ($p < 0,01$) das interações entre as épocas de avaliação e as doses de N aplicadas. Verificou-se um aumento linear no teor de CL no solo à medida que se aumentou as doses de N aplicadas. Entretanto, as épocas de avaliação sofreram um ajuste quadrático, sendo observado um pico de CL no solo (2,42 g kg⁻¹) no 143º dia quando se aplicou a maior dose de N (150 kg ha⁻¹). Foi possível então visualizar um acréscimo de 68% quando comparado ao teor de CL inicial, já que nesta época de avaliação havia apenas 1,66 g kg⁻¹ neste tratamento (Figura 3).

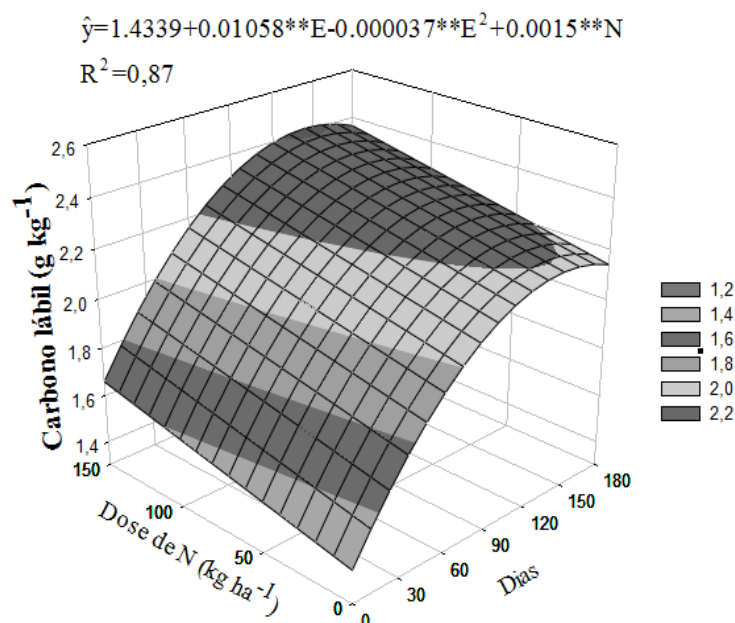


FIGURA 3. Superfície de resposta para o teor de carbono lábil no solo em função das épocas de avaliação dentro de cada dose de nitrogênio aplicada sobre a matéria seca de milho. Dourados-MS, 2011.

A deposição de materiais secos de milho e a aplicação de N são fatores importantes a se considerar para melhorar a qualidade do solo, uma vez que segundo Blair & Crocker (2000), a manutenção e o aumento dos estoques de C no solo, especialmente as frações lábeis, são essenciais para a formação e estabilização de agregados e para a sustentabilidade de sistemas de produção. Observa-se que o aumento inicial no teor de CL no solo ocorreu, principalmente, em função da disponibilidade de matéria seca sobre o solo e também pela presença de componentes facilmente decomponíveis.

O teor de carbono orgânico total no solo, sob os materiais secos de cana-de-açúcar, apresentou diferença estatística ($p < 0,01$) apenas para as épocas de avaliação, sendo ajustada uma regressão linear para este parâmetro. As doses de N aplicadas sobre os materiais de cana-de-açúcar não proporcionaram diferenças estatísticas ($p > 0,05$). A equação linear ajustada para as épocas de avaliação mostraram que houve redução significativa no teor de COT no solo com o passar dos dias, sendo o maior teor observado no dia zero ($20,47 \text{ g kg}^{-1}$) e o menor aos 180 dias ($17,71 \text{ g kg}^{-1}$) (Figura 4).

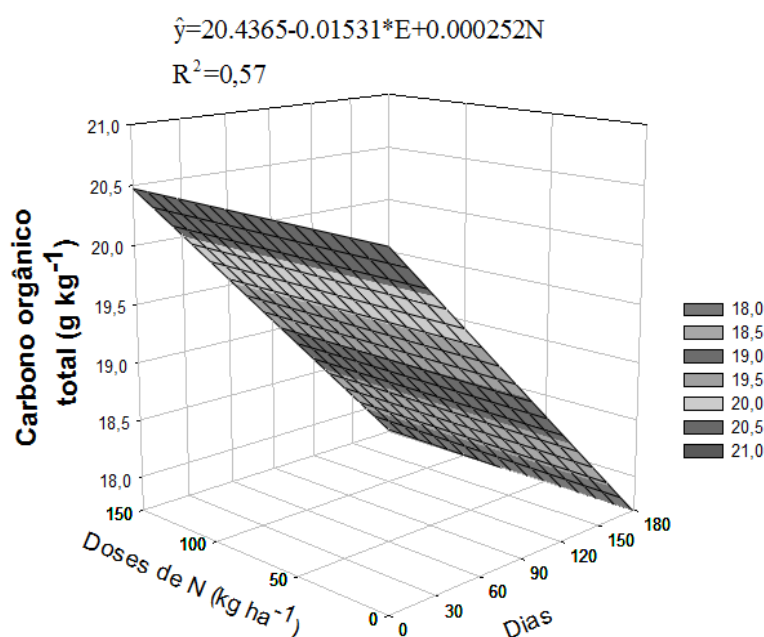


FIGURA 4. Superfície de resposta para o teor de carbono orgânico total no solo em função das épocas de avaliação dentro de cada dose de nitrogênio aplicada sobre a matéria seca de cana-de-açúcar. Dourados-MS, 2011.

Os resíduos de cana-de-açúcar tem um elevado teor de lignina, o qual indica principalmente folhas duras e de difícil decomposição. As doses de N aplicadas provavelmente não influenciaram nem na população de microrganismos

decompositores, já que foi verificado o efeito “priming” em todas as doses testadas, ou seja, ocorreu a mineralização do C existente no solo. Sendo assim, o solo foi perdendo C à medida que se passou os dias, já que a entrada de C pelos resíduos de cana-de-açúcar não foram suficientes para suprir as saídas de C no solo, via CO₂.

Zanatta et al. (2007) evidenciaram que para manter o estoque inicial de C no solo, deve-se principalmente adequar a quantidade de resíduo a ser depositado sobre o solo, uma vez que isso tende a variar de acordo com o sistema de manejo do solo e das adubações nitrogenadas. Além disso, tem-se observado que dentro de um clima particular, a concentração química inicial é considerada o melhor preditor da taxa de decomposição de um resíduo, especialmente nas regiões dos trópicos.

Ao avaliar o teor de carbono lábil no solo sob os resíduos de cana-de-açúcar pode-se registrar que houve interação significativa ($p < 0,01$) entre as doses de N e as épocas de avaliação. Verificou-se um ajuste linear crescente do teor de CL no solo, em função das doses de N aplicadas. Já as épocas de amostragem proporcionaram um ajuste quadrático, sendo observado o ponto máximo de CL no solo (2,49g kg⁻¹) aos 124 dias no tratamento com aplicação de 150 kg ha⁻¹ N (Figura 5).

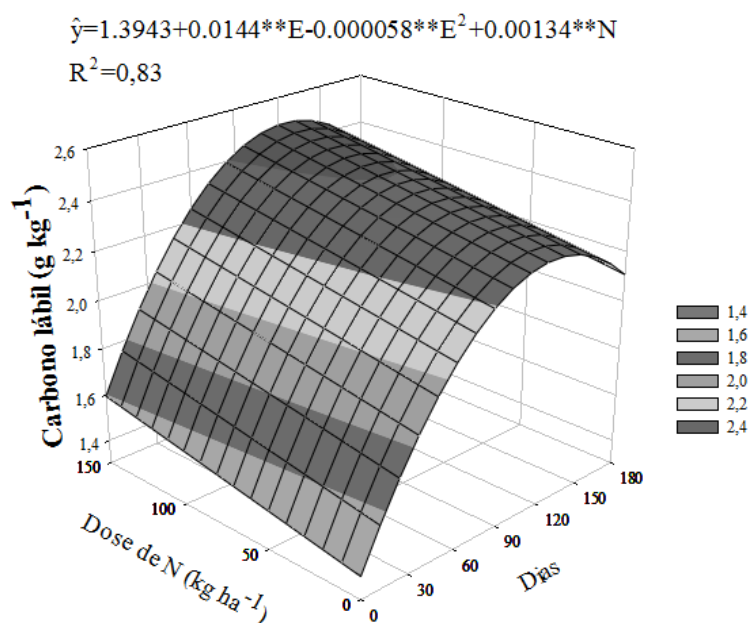


FIGURA 5. Superfície de resposta para o teor de carbono lábil no solo em função das épocas de avaliação dentro de cada dose de nitrogênio aplicada sobre a matéria seca de cana-de-açúcar. Dourados-MS, 2011.

A deposição de resíduos culturais de cana-de-açúcar na superfície de um Latossolo em pousio mostrou-se uma prática eficiente para aumentar o teor de CL no

solo, principalmente quando aliada a adubação nitrogenada. O comportamento do C no solo aconteceu em função da disponibilidade inicial de materiais prontamente disponíveis que foram decompostos e assim elevaram o teor de CL no solo. Ao final das épocas de avaliação foi verificada redução nos teores, sendo este fato atribuído a maior recalcitrância dos resíduos remanescentes. Segundo Lucas (2004), os teores de CL no solo podem declinar rapidamente, porém sua recuperação também pode ser rápida, o que sugere o uso do CL como um indicador sensível da dinâmica do C no sistema.

4. CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada influencia a taxa de decomposição dos resíduos orgânicos de soja, milho e cana-de-açúcar.

O resíduo orgânico de soja tem sua constante de decomposição reduzida ao se aplicar 150 kg ha^{-1} de N. Doses inferiores, 0, 50 e 100 kg ha^{-1} N, promovem incrementos na constante de decomposição partindo-se da ausência de N (0 kg ha^{-1}).

As adubações nitrogenadas sobre resíduos secos de milho e cana-de-açúcar aumentam suas taxa de decomposição à medida que se aumenta a dose de N aplicada.

A quantidade de matéria seca depositada sobre o solo (2000 kg ha^{-1}) é insuficiente para aumentar o teor de carbono orgânico total no solo, o qual tornou o solo uma fonte de liberação de C na atmosfera.

A deposição de resíduos orgânicos sobre o solo é um fator essencial para o incremento de carbono lábil no solo ao longo do tempo, onde se destaca a aplicação de N-mineral como uma estratégia de manejo para elevar esses teores.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, J. A. A.; AMADO, T. J. C.; SANTI, A. Adubação nitrogenada na aveia preta: efeito no estoque de carbono e nitrogênio do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...Viçosa, MG: 2003 .CD-ROON.**

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura de sucessão. In: FRIES, M. R.; DALMOLIN, R. S. D. (Coord.). **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto.** Santa Maria: Palltti, 1997. p. 76-111.

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, p.25-36, 2001.

ASSIS, E. P. M.; CORDEIRO, M. A. S.; PAULINO, H. B.; CARNEIRO, M. A. C. Efeito da aplicação de nitrogênio na atividade microbiana e na decomposição da palhada de sorgo em solo de cerrado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.33, p.107-112, 2003.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.677-683, 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.599-607, 2000.

BERG, B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. **Forest Ecology and Management**, v.133, p.13-22, 2000.

BERTOL, I.; LEITE, D.; ZOLDAN-JUNIOR., W. A. Decomposição do resíduo de milho e variáveis relacionadas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.28, p.369-375, 2004.

BLAIR, N.; CROCKER, G. J. Crop rotation effects on soil carbon and physical fertility of two Australian soils. **Australian Journal of Soil Research**, v.38, p.71-84, 2000.

BORTOLON, E. S. O.; MIELNICZUK, J.; TORNQUIST, C. G.; LOPES, F.; FERNANDES, F. F. Simulação da dinâmica do carbono e nitrogênio em um Argissolo do Rio Grande do Sul usando modelo Century. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1635-1646, 2009.

CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A.; GUERRA, J. G. M. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo.** Porto Alegre: Genesis, 1999.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1986. 94p. (Boletim Técnico nº 106).

CARREIRO, M. M.; SINSABAUGH, R. L.; REPERT, D. A.; PARKHURST, D. F. Microbial enzyme shifts explain litter decay responses to simulated nitrogen deposition. **Ecology**, v.81, p.2359-2365, 2000.

CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PÍCCOLO, M. C.; GODINHO, V. P.; CERRI, C. C. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. **Soil and Tillage Research**, v.103, p.342-349, 2009.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M. J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v.32, p.49-54, 2002.

CERRI, C. E. P.; FEIGL, B.; CERRI, C. C. Dinâmica da matéria orgânica do solo na Amazônia. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. de O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.325-358.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Revisão atualizada. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1997. 212 p.

COSTA, F. de S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.323-332, 2008.

CRUSCIOL, C. A. C.; MORO, E.; LIMA, E. do V.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, v.67, p.481-489, 2008.

DIJKSTRA, F. A.; HOBBIIE, S. E.; KNOPS, J. M. H.; REICH, P. B. Nitrogen deposition and plant species interact to influence soil carbon stabilization. **Ecology Letters**, v.7, p.1192-1198, 2004.

DIJKSTRA, F. A.; HOBBIIE, S. E.; REICH, P. B.; KNOPS, J. M. H. Divergent effects of elevated CO₂, N fertilization, and plant diversity on soil C and N dynamics in a grassland field experiment. **Plant and Soil**, v.272, p.41-52, 2005.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro nacional de pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 169 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. **Estatísticas da produção agrícola. Outubro de 2012**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201210.pdf> Acesso em: 15/10/2012.

JANDL, R.; LINDNER, M.; VESTERDAL, L.; BAUWENS, B.; BARITZ, R.; HAGEDORN, F.; JOHNSON, D. W.; MINKKINEN, K.; BYRNE, K. A. How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? **Review Geoderma**, v.137, p.253-268, 2007.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.

LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. **Review Geoderma**, v.123, p.1-22, 2004.

LAL, R.; LOGAN, T. J. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; LEVINE, E.; STEWART, B. A. (Eds.). **Soil management greenhouse effect**. Boca Raton: CRCPress, 1995. p.293-307.

LOGINOW, W.; WISNIEWSKI W.; GONET, S. S.; CIESCINSKA, B. Fractionation of organic carbon based on susceptibility to oxidation. **Polish Journal of Soil Science**. v.20, p.47-52, 1987.

LUCAS, S. T. **Evaluation of labile soil carbon test for prediction of soil productivity response to organic matter management**. 2004. 212 f. Dissertação (Mestrado) - University of Maryland, Department of Natural Resource Sciences and Landscape Architecture. Estados Unidos.

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica: **Brasil Projeções do Agronegócio 2011/2012 a 2021/2022**. Brasília: MAPA, 2012. 51 p.

MIELNICZUK, J. Matéria Orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.1-8.

ROVIRA, P.; VALLEJO, R. V. Labile, recalcitrant, and inert organic matter in Mediterranean forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.39, p.202–215, 2007.

SÁ, J. C. M.; LAL, R. Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v.103, p.46-56, 2009.

SILVA, E. F. da. **Frações da matéria orgânica e decomposição de resíduos da colheita de eucalipto em solo de tabuleiros costeiros da Bahia**. 2008. 110 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal Viçosa, Viçosa-MG.

SMITH, J. L. Cycling of nitrogen through microbial activity. In HATFIELD, J. L.; STEWART, B. A. (Eds.). **Soil Biology: effects on soil quality**. Boca Raton: CRCPress, 1994. p.91-120.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoque de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p. 1829-1836, 2009.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2.ed. New York: J. Wiley, 1994. 496 p.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J. de; SILVA, C. A.; ANDRADE, M. J. B. de; PEREIRA, J. M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milho solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.497-505, 2010.

VALENZUELA-SOLANO, C.; CROHN, D. M. Are decomposition and N release from organic mulches determined mainly by their chemical composition? **Soil Biology Biochemistry**, v.38, p.377-384, 2006.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H. C. J.; FARONI, C. E.; OTTO, R.; TRIVELIN, M. O.; TOVAJAR, J. G. Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 2757-2762, 2008.

WANG, Q.; WANG, S.; HUANG, Y. Comparisons of litterfall, litter decomposition and nutrient return in a monoculture *Cunninghamia lanceolata* and a mixed stand in southern China. **Forest Ecology Management**, v.225, p.1210-1218, 2008.

WIEDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, v.63, p.1636-1642, 1982.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.13, p.1467-1476, 1988.

ZANATTA, J. A.; BAYER, C.; DIECKOW, J.; VIEIRA, F. C. B.; MIELNICZUK, J. Soil organic carbon accumulation and carbon costs related to tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in a subtropical Acrisol. **Soil and Tillage Research**, v.94, p.510-519, 2007.