

Decomposição da biomassa de adubos verdes no sudoeste de Mato Grosso e sua estimativa pelo modelo NDICEA

Biomass decomposition of green manures in southwest of Mato Grosso and its estimate by the NDICEA model

NASCIMENTO, Alexandre Ferreira do¹; MATTOS, Jorge Luiz Schirmer de²; MENDONÇA, Eduardo de Sá³

¹Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop - MT, Brasil, alexandre.nascimento@embrapa.br; ²Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Educação, Recife - PE, Brasil, js-mattos@uol.com.br; ³Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Produção Vegetal, Alegre - ES, Brasil, eduardo.mendonca@ufes.br.

RESUMO: O conhecimento da dinâmica de decomposição da biomassa de adubos verdes e sua estimativa por modelos matemáticos é indispensável na escolha de boas práticas de conservação e ciclagem de nutrientes do solo. O objetivo desse trabalho foi avaliar a decomposição da biomassa de adubos verdes, bem como a acurácia do modelo NDICEA em estimar essa dinâmica para as condições do sudoeste de Mato Grosso. O experimento foi conduzido em um estabelecimento rural no município de Tangará da Serra - MT, utilizando mucuna preta, guandu anão e milho em cultivos simples e os consórcios mucuna preta + milho e guandu anão + milho na superfície e incorporados ao solo ao longo de 90 dias. A incorporação ao solo proporcionou maior taxa de decomposição para a biomassa das leguminosas. Por outro lado, a incorporação não resultou em maior taxa de decomposição da biomassa de milho e do seu consórcio com o guandu anão. O modelo NDICEA, depois de calibrado, simulou com alto grau de acurácia a decomposição dos materiais vegetais na superfície e incorporados ao solo ao longo dos 90 dias. Os resultados indicam que esse modelo pode ser ferramenta importante para o manejo de adubos verdes.

PALAVRAS-CHAVE: modelagem, conservação do solo, agroecologia, leguminosas.

ABSTRACT: The knowledge of the dynamic of biomass decomposition of green manures and its simulation using mathematics models is required for choosing of good soil conservation practices and nutrient cycling. Hence, the aim of this work was to assess the biomass decomposition of green manures in southwest of Mato Grosso, and the accuracy of the NDICEA model in estimating the biomass decomposition rate of those green manures as well. The experiment was carried out using velvet bean, pigeon pea and millet as sole cropping and velvet bean + millet and pigeon pea + millet as intercropping, incorporated into the soil or on its surface during 90 days. The incorporation of plant biomass into the soil provided higher decomposition rate of leguminous plant residues. On the other hand, the incorporation of millet biomass sole and intercropped with pigeon pea into the soil did not mean higher decomposition rate. After calibration, the NDICEA model simulated accurately the biomass decomposition of green manures on the surface or incorporated into the soil throughout 90 days. Therefore, this model may be an important tool for farms that aim the correct management of green manures.

KEY WORDS: modeling, soil conservation, agroecology, leguminous plants.

Introdução

A adubação verde é uma prática capaz de promover melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo de sistemas conservacionistas e agroecológicos de produção de alimentos (CHERR et al., 2006; NASCIMENTO e MATTOS, 2007). A biomassa desses materiais vegetais contribui para a conservação dos solos tropicais por protegê-los contra o impacto direto da chuva na sua superfície, favorecendo também, em longo prazo, o incremento nos teores de matéria orgânica desses solos com alto grau de intemperismo (SILVA e MENDONÇA, 2007).

As informações da dinâmica da biomassa dos adubos verdes são importantes para a condução dos sistemas produtivos, sobretudo aqueles que buscam produzir alimentos aliado à conservação ambiental. Contudo, dúvidas acerca da melhor forma de manejo da sua fitomassa, se incorporada ao solo ou em superfície, e sua taxa de decomposição nos primeiros meses, são recorrentes entre técnicos e agricultores, principalmente, em estabelecimentos rurais conduzidos com mão de obra familiar. Nos últimos anos, o conhecimento sobre a dinâmica dos resíduos orgânicos na agricultura ganhou grande destaque com o lançamento do programa nacional de Agricultura de Baixo Carbono, que aliado à outras políticas, como de Agroecologia e Produção Orgânica, buscam técnicas para o manejo e conservação do solo e menor emissão de gases do efeito estufa pela agricultura (MENDONÇA, 2012).

A decomposição da biomassa desses materiais orgânicos vegetais é regulada pela biota, qualidade do material e condições edafoclimáticas (SWIFT et al., 1979). A qualidade dos materiais orgânicos utilizados como cobertura ou adubos tem sido considerada o fator mais importante na decomposição e liberação de nutrientes neles contidos (HEAL et al., 1997; PALM et al., 2001). Materiais orgânicos vegetais com alto teor de nutrientes e baixo teor de lignina e polifenóis têm sido correlacionados com alta taxa de decomposição (COBO et al., 2002).

Além dos vários fatores intrínsecos ao material orgânico, os fatores climáticos e edáficos, e as suas interações, controlam a decomposição nos sistemas terrestres (HEAL et al., 1997). A quantificação da contribuição dos fatores climáticos e edáficos separadamente sobre a taxa de decomposição dos materiais orgânicos é dificultosa pela complexidade do processo, sendo necessário a utilização de ferramentas que permitam sua melhor compreensão, como os modelos de simulação. Estas ferramentas são indispensáveis para o melhor entendimento da dinâmica

do processo de decomposição de materiais orgânicos utilizados na agricultura, transformando este conhecimento em informações úteis aos agricultores. O modelo "Nitrogen Dynamics in Crop Rotations in Ecological Agriculture" (NDICEA), estabelecido na Holanda (BURGT et al., 2006), vem se destacando por estimar com alto grau de acurácia a taxa de decomposição da biomassa vegetal depois de parametrizado e calibrado para as condições tropicais (NASCIMENTO et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2012).

Os objetivos desse trabalho foram: i) avaliar a decomposição da biomassa de adubos verdes de cultivos solteiros e de consórcios ao longo de 90 dias na superfície e incorporados ao solo; ii) validar o modelo NDICEA para estimativas da taxa de decomposição dessa biomassa para as condições do sudoeste de Mato Grosso.

Material e métodos

Experimento de campo - O experimento foi conduzido de outubro a abril no Sítio Dois Irmãos, na Gleba Triângulo, localizada no município de Tangará da Serra – MT (14°39' S e 57°25' W, 321 m de altitude).

O solo da área experimental foi classificado como Nitossolo Vermelho Eutroférico típico (EMBRAPA, 2013). As características do horizonte A são: pH em H₂O de 6,7; teor de P disponível de 44,0 mg kg⁻¹; CTC de 17,6 cmol_c kg⁻¹; V de 83%; matéria orgânica (MO) de 43,0 g kg⁻¹; areia de 229 g kg⁻¹; silte de 83 g kg⁻¹ e argila de 688 g kg⁻¹.

Os dados da temperatura média do ar e a precipitação pluvial no período de realização do experimento são apresentados na Tabela 1, obtidos da estação meteorológica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do município.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 5 x 2 x 3 com 4 repetições. Os tratamentos foram combinações entre cinco materiais vegetais (1-mucuna preta (*Mucuna aterrima*); 2-guandu anão (*Cajanus cajan*); 3-milheto (*Pennisetum americanum*); 4-mucuna preta + milheto; 5-guandu anão + milheto); duas técnicas de manejo da biomassa (1-corte e incorporação ao solo e 2-corte sem incorporação ao solo); e três épocas de amostragem para avaliar a taxa de decomposição da biomassa vegetal (30, 60 e 90 dias após o corte), totalizando 120 unidades experimentais. A área das parcelas experimentais foi de 12 m² (4 m x 3 m).

A data de semeadura variou de acordo com as

Tabela 1. Temperatura média do ar (°C) e precipitação pluvial (mm) nos meses de execução do experimento.

| Mês | Temperatura Média do Ar (°C) | Precipitação Pluvial (mm) |
|-----------|------------------------------|---------------------------|
| Outubro | 25,5 | 82 |
| Novembro | 25,5 | 109 |
| Dezembro | 24,6 | 279 |
| Janeiro | 24,5 | 355 |
| Fevereiro | 24,7 | 444 |
| Março | 24,6 | 407 |
| Abril | 24,0 | 519 |

Fonte: INPE.

espécies vegetais testadas, uma vez que as mesmas possuem ciclos vegetativos distintos, de modo a ocorrer o corte no pleno florescimento das plantas (PADOVAN et al., 2011). A semeadura da mucuna preta, do guandu anão e do milho foi realizada em 07/10, 31/10 e 05/11, respectivamente. Para semeadura da mucuna preta e do guandu anão foi adotado um espaçamento entre linhas de 0,5 m, com densidade de 4 e 20 sementes por metro linear, respectivamente (CALEGARI, 2002). O milho foi semeado com um espaçamento de 0,3 m entre linhas e densidade de 70 sementes por metro linear (CALEGARI, 2002). A semeadura dos adubos verdes em consórcio (mucuna preta + milho e guandu anão + milho) foi realizada com espaçamento entre linhas de 0,5 m, e quantidade de sementes conforme citada acima, sendo as culturas intercaladas na linha.

Por ocasião do corte das plantas uma amostra (aproximadamente 500 g) de cada parcela foi levada ao laboratório e submetida à estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até atingir peso constante para determinação da massa seca. O corte dos adubos verdes foi realizado aos 118, 94 e 89 dias após a semeadura da mucuna preta, guandu anão e milho, respectivamente, quando atingiram o pleno florescimento. O corte de toda a biomassa dos materiais vegetais foi realizado rente ao solo, logo após a determinação da biomassa fresca.

Nos tratamentos relativos à incorporação de biomassa, os resíduos foram cortados e incorporados a uma profundidade de 10 cm com o auxílio do enxadão (ALCÂNTARA et al., 2000). Para os demais tratamentos, os materiais vegetais foram cortados e deixados sobre a superfície.

Para se avaliar a taxa de decomposição da biomassa vegetal foi empregado o método de bolsas de decomposição, confeccionadas com tela de nylon com abertura de malha de 1 mm e tamanho de 0,2 x 0,2 m (BOKHORST e WARDLE, 2013). Em cada bolsa foram

colocados 20 g de biomassa seca constando dos respectivos materiais vegetais. Em cada parcela foram distribuídas três bolsas para amostragem aos 30, 60 e 90 dias após o corte das plantas.

Nos tratamentos com incorporação de biomassa as bolsas foram enterradas a 10 cm de profundidade, e nos tratamentos com a biomassa na superfície as bolsas foram distribuídas na superfície do solo. Em cada parcela foram realizadas três avaliações (aos 30, 60 e 90 dias após o corte dos adubos verdes). Após a coleta das bolsas, o material foi encaminhado ao laboratório para determinação da biomassa seca remanescente. Naquelas bolsas com solo aderido ao material vegetal em decomposição, todo o conteúdo da bolsa foi submetido a lavagem com água em peneira de 0,053 mm de abertura de malha para separá-los. A taxa de decomposição foi calculada pela subtração do peso inicial de biomassa seca, pelo peso em cada época de coleta (30, 60 e 90 dias) das bolsas, e a decomposição expressa em porcentagem de matéria seca remanescente.

Para testar o efeito dos tratamentos na decomposição do material vegetal foram calculados os intervalos de confiança (IC) das médias de cada tratamento para um nível de confiança de 95%. Para cada material vegetal foi elaborado um gráfico da matéria seca remanescente em função do tempo (0, 30, 60 e 90 dias), com os seus respectivos IC da média, o que possibilitou observar a diferença do manejo (biomassa na superfície ou incorporada ao solo) na dinâmica de decomposição de cada material vegetal ao longo do período avaliado. Além disso, para cada manejo foi elaborado um gráfico contendo todos os materiais vegetais com seus respectivos IC, o que permite a comparação das dinâmicas de decomposição dos materiais quando na superfície ou incorporado ao solo.

Para análise da dinâmica de decomposição dos materiais vegetais ao final dos 90 dias foi calculado o

o valor de k (Equação 1) e de tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) (Equação 2), período de tempo necessário para que metade dos resíduos se decomponha. Para isso foram utilizadas as seguintes equações:

$$k = \ln (X / X_0) / t \quad (1)$$

em que: X é a quantidade de matéria seca após um período de tempo, t ; e X_0 é a quantidade inicial de matéria seca.

$$t_{1/2} = \ln (2) / k \quad (2)$$

em que: $t_{1/2}$ é o tempo de meia-vida da matéria seca, $\ln (2)$ é um valor constante e k é a constante de decomposição pela Equação 1:

Os valores de k e de $t_{1/2}$ calculados aos 90 dias foram submetidos à análise de variância e, quando significativa, submetidos ao teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade.

Modelo de decomposição - O modelo NDICEA, testado por esse trabalho, foi criado para simular a dinâmica da água no solo, do carbono (C) e do nitrogênio (N) em sistemas de rotação de cultura (BURGT et al., 2006). Contudo, neste trabalho é apresentada somente a base de cálculo acerca da decomposição dos materiais orgânicos. Detalhes podem ser encontrados no manual do modelo em Burt et al. (2006).

Para o cálculo da taxa de decomposição do material orgânico (dMO; em kg de MO por semana) o modelo assume:

$$dMO = (2,82 IA^{1,6} MO f) / 52 \quad (3)$$

em que: IA é a idade aparente; MO é o material orgânico em kg; f são os fatores temperatura, umidade, proteção da matéria orgânica e pH. Neste modelo foi introduzido o conceito de idade aparente (IA) ou idade inicial do material orgânico, o qual determina a velocidade de decomposição dos materiais vegetais, ou seja, quanto menor o valor, mais rápida a decomposição.

A parametrização do modelo foi realizada de acordo com as condições do solo da área experimental, juntamente com suas condições climáticas durante o período avaliado. Com o modelo parametrizado, procederam-se as estimativas utilizando primeiramente o IA de 0,84 estabelecido por Nascimento et al. (2012), para a decomposição de materiais vegetais durante 150 dias. No total foram feitas estimativas utilizando cinco

calibrações de IA : 0,84, 0,74, 0,64, 0,54 e 0,44.

Para testar se o modelo simulou satisfatoriamente a dinâmica de decomposição foram plotados, em função do tempo, os pontos observados (medidos), com respectivos intervalos de confiança (95%), e o simulado pelo modelo. Dessa forma, quando o modelo simulou dentro desse intervalo foi considerado satisfatório em estimar a dinâmica de decomposição do material vegetal. Além disso, por meio da Equação 4 foram calculados os desvios (RMSE) das estimativas de decomposição feitas pelo modelo em relação aos valores observados a campo.

$$RMSE = [\sum (y - \hat{y})^2/n]^{1/2} \quad (4)$$

em que: y = valor medido, \hat{y} = valor estimado de y e n = número de observações. Quanto menor o número de RMSE, maior a acurácia na estimativa feita pelo modelo.

O uso do RMSE compara a dinâmica de decomposição das estimativas feitas pelo modelo com as observadas a campo. Dessa forma, as equações 1 e 2 foram utilizadas para avaliar a acurácia do modelo em estimar o $t_{1/2}$ dos materiais em decomposição e então compará-las com o $t_{1/2}$ calculado a partir dos dados do experimento, ambos aos 90 dias depois do início da decomposição.

Resultados e discussão

Decomposição - De maneira geral, a maior taxa de decomposição ocorreu com a incorporação da biomassa ao solo (Figura 1). A mucuna preta e o seu consórcio com o milho apresentaram maior taxa de decomposição com a incorporação da biomassa ao solo (Figura 1). Contudo, para o milho e para o seu consórcio com o guandu anão, a dinâmica de decomposição ao longo dos 90 dias da biomassa incorporada ao solo não diferiu da biomassa na superfície, uma vez que houve sobreposição do IC das médias em cada época avaliada (Figura 1). Isto foi observado para os resíduos de guandu anão somente aos 60 dias de decomposição (Figura 1).

A dinâmica de decomposição de todos os materiais vegetais testados foi estatisticamente igual dentro de cada manejo (Figura 2), ou seja, a biomassa do milho apresentou a mesma dinâmica de decomposição ao longo dos 90 dias em relação aos demais materiais vegetais em superfície, o que também ocorreu quando os materiais foram incorporados ao solo. Isso pode ser observado na comparação de cada época avaliada, em

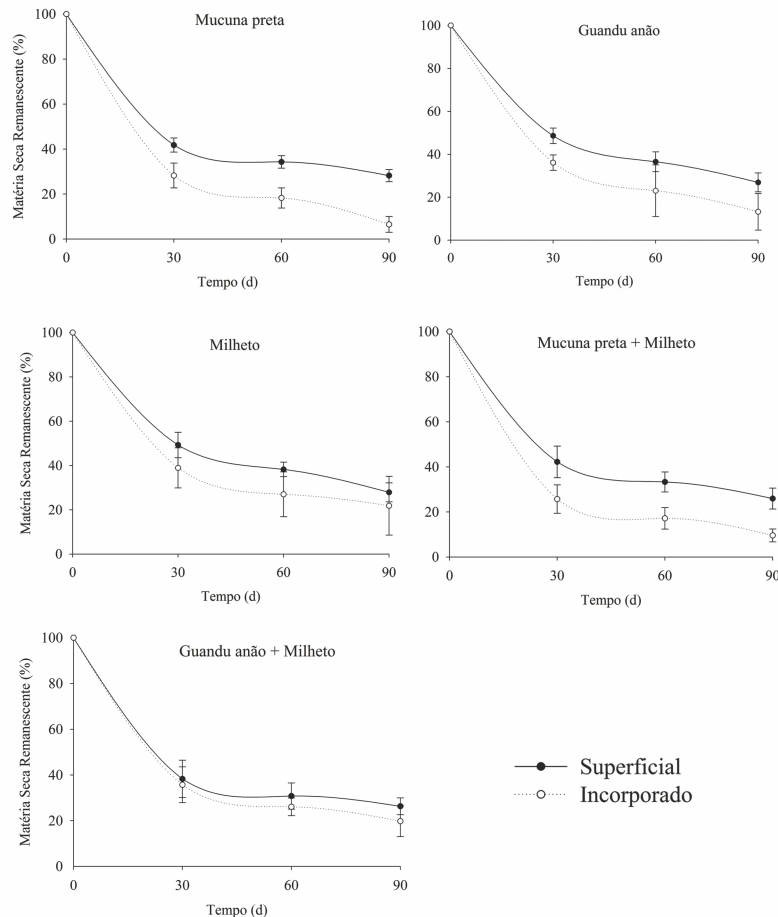


Figura 1. Matéria seca remanescente (%) de mucuna preta, guandu anão, milheto e dos consórcios mucuna preta+milheto e guandu anão+milheto na superfície e incorporados ao solo em função do tempo (90 dias). Barras verticais correspondem ao intervalo de confiança da média.

em que ocorreu a sobreposição do IC das médias para todos os materiais dentro de cada manejo (Figura 2).

Ao longo dos 90 dias de avaliação, a dinâmica de decomposição dos materiais vegetais não diferiu entre si quando a biomassa foi deixada na superfície do solo, e o valor de k e o tempo de meia-vida ($t_{1/2}$), calculados ao final dos 90 dias, não apresentaram diferenças significativas entre os materiais vegetais (Tabela 2). Porém, quando a biomassa do milheto em cultivo solteiro e em consórcio com o guandu anão foi incorporada ao solo ocorreu menor valor de k e, conseqüentemente, maior de $t_{1/2}$ em relação à biomassa de mucuna preta solteira e em consórcio com o milheto (Tabela 2). O valor de k para o guandu anão diferiu da mucuna preta solteira e o $t_{1/2}$ para esse material foi diferente apenas para o milheto incorporado ao solo (Tabela 2). Com exceção para a biomassa de milheto e do seu consórcio com o guandu anão, a incorporação resultou em maior valor k em relação à biomassa na

superfície do solo, refletindo, assim, em menor $t_{1/2}$ para as biomassas de mucuna preta, guandu anão e mucuna preta+milheto (Tabela 2).

Apesar das gramíneas apresentarem os maiores teores de hemicelulose, celulose e relações C/N, Lignina/N, Polifenóis/N e Lignina + Polifenóis/N (WANG et al., 2004), que conferem à biomassa maior resistência à decomposição (SWIFT et al., 1979; HEAL et al., 1997; COBO et al., 2002), a taxa de decomposição desses materiais vegetais dentro de cada manejo, embora mais lenta ao longo dos 90 dias, não mostrou diferença estatística para a biomassa vegetal das leguminosas, que possuem composição química e bioquímica mais favorável à decomposição (HEAL et al., 1997; TIAN et al., 2007). Além disso, a biomassa do milheto e do seu consórcio com guandu anão apresentou cerca de 70% de colmo (dados não apresentados), que, de maneira geral, possui composição química e constituintes bioquímicos que

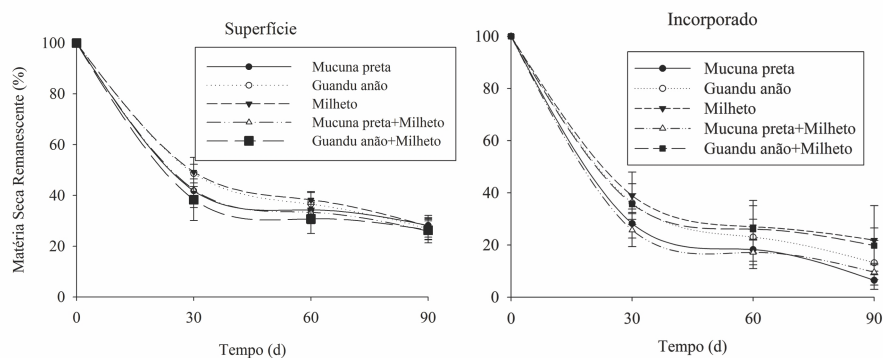


Figura 2. Matéria seca remanescente (%) de mucuna preta, guandu anão, milho e dos consórcios mucuna preta+milho e guandu anão+milho na superfície e incorporados ao solo em função do tempo (90 dias). Barras verticais correspondem ao intervalo de confiança da média.

Tabela 2. Valor de k e meia-vida ($t_{1/2}$) da biomassa de mucuna preta, guandu anão, milho e dos consórcios mucuna preta + milho e guandu anão + milho em cobertura ou incorporados ao solo aos 90 dias após o início da decomposição.

| Material Vegetal | k | k | $t_{1/2}$ (dias) | $t_{1/2}$ (dias) |
|----------------------|-------------|-------------|------------------|------------------|
| | Superficial | Incorporado | Superficial | Incorporado |
| Mucuna preta | 0,0141 Aa | 0,0314 Ba | 49 Aa | 23 Ba |
| Guandu anão | 0,0147 Aa | 0,0239 Bbc | 48 Aa | 31 Bab |
| Milheto | 0,0143 Aa | 0,0179 Ac | 49 Aa | 42 Ac |
| Mucuna preta+Milheto | 0,0151 Aa | 0,0263 Bab | 46 Aa | 27 Ba |
| Guandu anão+Milheto | 0,0149 Aa | 0,0184 Ac | 47 Aa | 39 Abc |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não se diferenciam entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

conferem maior resistência à decomposição em relação às folhas (COBO et al., 2002; WANG et al., 2004). Assim, se esperaria que ao menos a biomassa do milho apresentasse menor taxa de decomposição em relação aos demais materiais nos dois manejos testados.

Os fatores edáficos, associados ao clima da região, podem justificar a semelhante dinâmica de decomposição entre os materiais vegetais com composição química e bioquímica diferentes, como C4 e C3. Ou seja, é provável que o clima regional, marcado por altas temperaturas e elevadas precipitações pluviárias (Tabela 1), associado as condições de solo com alta CTC, V%, P disponível, C orgânico, baixa acidez, alta umidade e boa drenagem favoreceram a atividade biológica do solo, refletindo em maior decomposição da biomassa, independente da sua qualidade (SARIYILDIZ e ANDERSON, 2003; LIU et al., 2006). Da mesma forma, Matos et al. (2011) observaram que os fatores climáticos e edáficos exerceram maior influência no

processo de decomposição da biomassa dos materiais vegetais do que a sua composição química e bioquímica. De acordo com Liu et al. (2006), a decomposição de materiais mais resistentes, como de gramíneas, é limitada em locais com baixa disponibilidade de nutrientes, e materiais menos resistentes têm sua decomposição limitada pela baixa umidade do solo, condições contrárias àquelas observadas no presente estudo.

A maior taxa de decomposição da biomassa incorporada ao solo em relação ao mesmo material em superfície, principalmente das leguminosas, pode ser atribuída ao fato dessa prática permitir maior contato dos organismos do solo com o material em decomposição. Nos primeiros centímetros do horizonte A do solo os organismos encontram condições mais adequadas de umidade do que na superfície do solo, onde a evaporação altera rapidamente a umidade (COPPENS et al., 2006). Estas condições, associadas à disponibilidade de substrato orgânico, contribuem para a

atividade biológica e maior decomposição (TAYLOR et al., 2002). Essa maior umidade favoreceu a decomposição de materiais com menor restrições ao processo (LIU et al., 2006), o que pode explicar a maior decomposição da biomassa de leguminosas quando incorporada ao solo. Este fato não foi observado com a biomassa de milho e de seu consórcio com o guandu, que apresentaram a mesma dinâmica de decomposição em superfície ou quando incorporados ao solo.

A incorporação pode potencializar os benefícios da utilização de materiais vegetais como adubos verdes, favorecendo a mineralização dos nutrientes contidos na biomassa, principalmente N e P (ALCÂNTARA et al., 2000; LUPWAYI et al., 2007). Já a biomassa em superfície diminui a erosão, a temperatura e a evaporação da água do solo, assim como a ocorrência de plantas espontâneas (COPPENS et al., 2006; HILTBRUNNER et al., 2007; NASCIMENTO e MATTOS, 2007), fatores que favorecem a fertilidade e o bom funcionamento do agroecossistema.

Modelagem - Tendo em vista que a dinâmica de decomposição de todos os materiais vegetais testados foi estatisticamente igual dentro de cada manejo ao longo dos 90 dias de avaliação (Figura 2), calculou-se a dinâmica de decomposição média de todos os materiais para cada tipo de manejo. Esse procedimento permitiu representar a dinâmica média de decomposição da biomassa na superfície e incorporada ao solo.

A partir do cálculo da dinâmica de decomposição média foi simulada a decomposição pelo modelo NDICEA utilizando-se diferentes calibrações no IA. Para a escolha da calibração do modelo que simulou com acurácia a taxa de decomposição ao longo dos 90 dias

avaliados, foram utilizados três parâmetros estatísticos: a simulação dentro do IC da média observada ao longo do tempo e o RMSE dos valores simulados em relação aos medidos no campo, que forneceram informações da dinâmica de decomposição dos materiais vegetais; e o $t_{1/2}$, que permitiu observar a estimativa final de decomposição feita pelo modelo em relação ao observado no campo.

A calibração do IA de 0,84 proposta por Nascimento et al. (2012) para decomposição da biomassa vegetal na superfície do solo ao longo de 150 dias subestimou a taxa de decomposição para os 90 dias, com estimativas fora do IC da média observada, apresentado um RMSE de 13 % e $t_{1/2}$ de 57 dias (Figura 3). Os testes de calibração do IA indicaram que o valor desse parâmetro que simulou com maior acurácia a decomposição de materiais vegetais na cobertura do solo ao longo de 90 dias foi o de 0,74, pois combinou a curva de decomposição dentro do IA da média dos últimos 60 dias avaliados, com RMSE de 8% e $t_{1/2}$ igual ao observado no campo (Figura 3).

Para a biomassa vegetal incorporada ao solo, em que a taxa de decomposição foi maior, o valor de IA de 0,54 simulou a taxa de decomposição com maior acurácia ao longo dos 90 dias, ou seja, dentro do IC da média observada nos últimos 60 dias, menor RMSE e o $t_{1/2}$ mais próximo do observado (Figura 3).

Assim como observado por Nascimento et al. (2011) e Nascimento et al. (2012), o NDICEA apresentou dificuldade em simular com acurácia os primeiros 30 dias de decomposição, que pode ser observado pela simulação fora do IC da média. Essa dificuldade do modelo foi observada nos dois tipos de manejo da biomassa, porém foi mais evidente com a biomassa

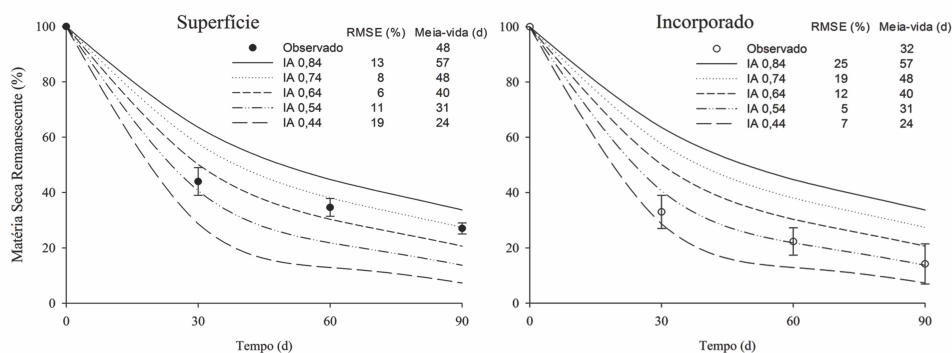


Figura 3. Matéria seca remanescente observada (média de todos os materiais testados) e simulada com diferentes calibrações da idade aparente (IA) do NDICEA para a biomassa vegetal na superfície e incorporado ao solo ao longo de 90 dias de decomposição. As barras nos dados observados correspondem ao IC da média. Para cada calibração do IA foram calculados o RMSE (%) e a meia vida (d).

vegetal em cobertura (Figura 3). Apesar disso, com a calibração dos IA para os respectivos manejos da biomassa (0,74 e 0,54 para os materiais na superfície e incorporados, respectivamente) o RMSE foi abaixo de 20%, considerado muito bom em se tratando de experimento de campo (LEITE e MENDONÇA, 2007), que associado aos resultados de t1/2, permite afirmar que o NDICEA foi acurado ao estimar a taxa de decomposição da biomassa vegetal para as condições climáticas e edáficas testadas.

Uma das grandes vantagens da utilização do NDICEA está ligada à possibilidade de se obter estimativas de decomposição sem a necessidade de informações da composição química e bioquímica da biomassa vegetal, constituindo-se em uma ferramenta prática e rápida para agricultores e técnicos que utilizam essa técnica de manejo. O modelo, também, não exige informações que demandem análises laboratoriais sofisticadas e que geram resíduos contaminantes. Contudo, dados do conteúdo de N são fundamentais para estimar a taxa de mineralização de N da biomassa em decomposição e sua disponibilidade para cultivos subsequentes (CHERR et al., 2006).

Conclusões

Para as condições edafoclimáticas do presente estudo, a taxa de decomposição da biomassa de mucuna preta, guandu anão e do consórcio da mucuna preta + milho é acelerada com a sua incorporação ao solo, no entanto, a biomassa de milho e do seu consórcio com o guandu apresentam a mesma taxa de decomposição na superfície ou incorporado ao solo.

A dinâmica de decomposição é igual para todos os materiais dentro de cada manejo, o que indica maior influência dos fatores edafoclimáticos no processo de decomposição do que a composição química e bioquímica da biomassa.

Depois de calibrado, o NDICEA simula com acurácia a decomposição da biomassa vegetal em cobertura e incorporada ao solo, consistindo em uma ferramenta importante para os estabelecimentos rurais que se utilizam dessa alternativa no manejo e na conservação dos seus solos no sudoeste de Mato Grosso.

Agradecimentos

À CAPES pela bolsa de estudo ao primeiro autor. Ao CNPq pela bolsa de produtividade científica ao terceiro autor. Ao pesquisador Dr. Walter A.H. Rossing pelo suporte no convênio CAPES-Wageningen University. À Pirai sementes pelo fornecimento das sementes dos adubos verdes.

Referências Bibliográficas

- ALCÂNTARA, F.A. et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p.277-288, 2000.
- BOKHORST, S.; WARDLE, D. A. Microclimate within litter bags of different mesh size: Implications for the 'arthropod effect' on litter decomposition. **Soil Biology & Biochemistry**, v.58, n.3, p.147-152, 2013.
- BURGT, G.J.H.M. et al. The NDICEA model, a tool to improve nitrogen use efficiency in cropping systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.74, n.3, p.275-294, 2006.
- CALEGARI, A. Rotação de culturas e uso de plantas de cobertura. **Agroecologia Hoje**, v.2, n.14, p.14-19, 2002.
- COBO, J.G. et al. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. **Plant & Soil**, v.240, n.2, p.331-342, 2002.
- COPPENS, F. et al. Soil moisture, carbon and nitrogen dynamics following incorporation and surface application of labelled crop residues in soil columns. **European Journal of Soil Science**, v.57, n.6, p.894-905, 2006.
- CHERR, C.M. et al. Green manure approaches to crop production: a synthesis. **Agronomy Journal**, v.98, n.2, p.302-319, 2006.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- HEAL, O.W. et al. Plant litter quality and decomposition: an historical overview. In: CADISCH, G.; GILLER, K.E (eds). **Driven by nature: plant quality a decomposition**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 3-30.
- HILTBRUNNER, J. et al. Legume cover crops as living mulches for winter wheat: Components of biomass and the control of weeds. **European Journal of Agronomy**, v. 26, n. 1, p. 21-29, 2007.
- LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S. Perspectivas e limitações da modelagem da dinâmica da matéria orgânica dos solos tropicais. In: CERETTA, C.A. et al. (eds) **Tópicos em Ciência do Solo**. Vol. 5. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 181-217.
- LIU, P. et al. Differential responses of litter decomposition to increased soil nutrients and water between two contrasting grassland plant species of Inner Mongolia, China. **Applied Soil Ecology**, v.34, n.2-3, p.266-275, 2006.

- LUPWAYI, N.Z. et al. Phosphorus release during decomposition of crop residues under conventional and zero tillage. **Soil & Tillage Research**, v.95, n.1-2, p.231-239, 2007.
- MATOS, E.S. et al. Decomposition and nutrient release of leguminous plants in coffee agroforestry systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.1, p.141-149, 2011.
- MENDONÇA, E.S. Reflexões sobre o programa ABC. **Boletim Informativo da SBCS**, v.37, n.2, p.24-26, 2012.
- NASCIMENTO, A.F. et al. Calibration of the Century, APSIM and NDICEA models of decomposition and N mineralization of plant residues in the humid tropics. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.3, p.917-928, 2011.
- NASCIMENTO, A.F. et al. Calibration and validation of models for short-term decomposition and n mineralization of plant residues in the tropics. **Scientia Agricola**, v.69, n.6, p.393-401, 2012.
- NASCIMENTO, A.F.; MATTOS, J.L.S. Produtividade de biomassa e supressão de plantas espontâneas por adubos verdes. **Agroecología**, v.2, n.1, p. 33-38, 2007.
- PADOVAN; M.P et al. **Estádio mais adequado de manejo do milho para fins de adubação verde**. Dourados: Embrapa-CPAO, 2011. 6 p. (Comunicado Técnico, 171).
- PALM, C.A. et al. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.83, n.1-2, p.27-42, 2001.
- SARIYILDIZ, T.; ANDERSON, J. M. Interactions between litter quality, decomposition and soil fertility: a laboratory study. **Soil Biology & Biochemistry**, v.35, n.3, p.391-399, 2003.
- SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F. et al. (eds) Fertilidade do solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007. p.275-374.
- SWIFT, M.J. et al. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Berkeley: Blackwell Scientific Publications, 1979. 384 p.
- TAYLOR, J.P. et al. Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. **Soil Biology & Biochemistry**, v.34, n.3, p.387-401, 2002.
- TIAN, G. et al. Effects of residue quality and climate on plant residue decomposition and nutrient release along the transect from humid forest to Sahel of West Africa. **Biogeochemistry**, v.86, n.2, p.217-229, 2007.
- WANG, W.J. et al. Decomposition dynamics of plant materials in relation to nitrogen availability and biochemistry determined by NMR and wet-chemical analysis. **Soil Biology & Biochemistry**, v.36, n.12, p.2045-2058, 2004.