

Decomposição de resíduos vegetais em Latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura

A. M. CARVALHO⁽¹⁾, M. M. C. BUSTAMANTE⁽²⁾, J. G. A. S. JUNIOR⁽²⁾, L. J. VIVALDI⁽⁴⁾

RESUMO - A degradação dos solos ocorre pelo seu preparo intensivo combinado com monocultivos que produzem pequenas quantidades de resíduos vegetais e possuem decomposição acelerada. O objetivo deste estudo foi avaliar a dinâmica de decomposição dos resíduos vegetais, em Latossolo Vermelho-Amarelo sob cultivo de milho em sucessão às plantas de cobertura, nos sistemas plantio direto e com incorporação dos resíduos vegetais. As espécies vegetais (*Crotalaria juncea*, *Canavalia brasiliensis*, *Cajanus cajan*, *Mucuna pruriens*, *Helianthus annuus*, *Pennisetum glaucum*, *Raphanus sativus*) foram semeadas em plantio direto e o milho em sucessão, nos sistemas plantio direto e com incorporação dos resíduos vegetais. A testemunha consistiu do crescimento natural da vegetação em sucessão ao milho. Sacolas de tela de náilon contendo dez gramas de matéria seca de cada espécie foram colocadas na superfície do solo (plantio direto) e cobertas com resíduos vegetais. No sistema com incorporação dos resíduos vegetais essas sacolas foram enterradas a 10 cm. As taxas de decomposição foram determinadas na seca (60 e 90 dias após colocação das sacolas no campo) e no período de chuva (180, 210 e 240 dias após colocação no campo). As taxas de decomposição dos resíduos vegetais de feijão-bravo-do-ceará, girassol nabo forrageiro e crotalaria juncea foram as mais elevadas, enquanto os resíduos vegetais de mucuna-cinza, guandu e milheto apresentaram decomposição mais lenta. A curva de decomposição de mucuna-cinza foi semelhante à de guandu, refletindo decomposição mais lenta de tecido vegetal lignificado. A incorporação dos resíduos vegetais acelerou o processo de decomposição em relação à sua manutenção na superfície do solo no sistema plantio direto. O cultivo do milho em sucessão ao feijão-bravo-do-ceará resultou em rendimento mais elevado de grãos.

Introdução

O uso de espécies vegetais tolerantes ao estresse hídrico e com decomposição mais lenta favorece a cobertura do solo e o fornecimento de nutrientes, principalmente, nitrogênio e carbono no solo. Esses efeitos positivos em atributos do solo devem refletir na produtividade de culturas (Carvalho et al., 2006[1]).

A susceptibilidade dos resíduos vegetais à decomposição está associada à sua composição química, principalmente, quanto aos teores de celulose, hemicelulose, lignina e polifenóis e às relações entre constituintes como C/N, C/P, lignina/N, polifenóis/N e lignina + polifenóis/N (Aita & Giacomini, 2003[2]; Espindola et al., 2006[3]).

As transformações da matéria orgânica ocorrem geralmente na seguinte ordem: biodegradação rápida da maioria dos compostos hidrossolúveis e polissacarídeos, redução lenta de hidrossolúveis fenólicos e hemiceluloses, e, aumento relativo do conteúdo de ligninas e proteínas (Correia & Andrade, 1999[4]).

Considerando a área de 5,0 milhões de hectares em sistema plantio direto no bioma Cerrado, há necessidade de informações mais precisas sobre a dinâmica de decomposição que refletirá no estabelecimento de cobertura do solo, nos estoques de carbono e nutrientes e na produtividade das culturas. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o processo de decomposição de resíduos vegetais de plantas de cobertura e efeitos no rendimento do milho no bioma Cerrado, em sistemas com incorporação dos resíduos vegetais e plantio direto.

Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido no ano agrícola 2002/2003, na área experimental da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF (S 15°36'37,5" e W 47°44'36,8"). O sistema de cultivo em uso contínuo durante seis anos foi uma sucessão de milho e plantas de cobertura. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo A moderado, textura argilosa, fase Cerrado, relevo plano. O clima é Tropical Estacional (Aw) conforme classificação de Köppen.

No estabelecimento do experimento (janeiro de 1997), efetuou-se uma adubação mineral a lanço com 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples, 60 kg ha⁻¹ de K₂O como cloreto de potássio e 50 kg ha⁻¹ de micronutrientes através do produto FTE BR-10. Aplicaram-se, ainda, 500 kg ha⁻¹ de gesso agrícola (CaSO₄) na área, antes da semeadura do milho. Essa mistura de fertilizantes foi incorporada com o arado de discos durante o preparo das subparcelas juntamente com a incorporação dos resíduos vegetais. Nas subparcelas sob plantio direto, a mistura foi mantida na superfície do solo.

⁽¹⁾ Primeiro Autor é Pesquisador da Embrapa Cerrados. E-mail: arminda@cpac.embrapa.br (apresentador do trabalho).

⁽²⁾ Segundo Autor é Professor Associado do Departamento de Ecologia da UnB.

⁽³⁾ Terceiro Autor é Engenheiro Agrônomo.

⁽⁴⁾ Quarto Autor é Professor do Departamento de Estatística da UnB.

O milho foi cultivado em manejo com incorporação dos resíduos vegetais, utilizando uma aração e duas gradagens; e em plantio direto. As espécies vegetais cultivadas em sucessão ao milho, no experimento, foram as seguintes: crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis* M. e Benth), guandu cv. Caqui (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), mucuna-cinza (*Mucuna pruriens* (L.) DC), girassol (*Helianthus annuus* L.), milheto BN-2 (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) e nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.). A testemunha consistiu na ausência de culturas em sucessão ao milho, com o crescimento natural da vegetação (vegetação espontânea).

O delineamento experimental aplicado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas em três repetições. As espécies vegetais representaram as parcelas e os tipos de manejo dos resíduos vegetais as subparcelas. O tamanho das parcelas foi de 12 x 30 m e das subparcelas de 12 x 15 m.

As espécies vegetais foram semeadas diretamente sobre os restos culturais do milho e roçadas entre o início e quando apresentaram 50% de floração. Seus resíduos vegetais permaneceram na superfície do solo até a semeadura do milho.

Antes da semeadura do milho, aplicaram-se 3,0 l ha⁻¹ de glifosato na área sob plantio direto para dessecação das plantas daninhas e das culturas em sucessão que rebrotaram. Os resíduos vegetais foram incorporados nas subparcelas sob manejo com incorporação, com arado de discos.

O milho foi semeado no início da estação chuvosa (7/11/2002), em espaçamento de 0,90 m e estande final de 55.000 plantas ha⁻¹. Aplicaram-se 20 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 kg ha⁻¹ de K₂O no sulco de semeadura, além de 50 kg ha⁻¹ de N em cobertura quando as plantas emitiram a sexta folha. A dose de N foi repetida quando a planta apresentou o oitavo par de folhas e na emissão da inflorescência feminina, totalizando 150 kg de ha⁻¹ N em cobertura.

A amostragem para determinar a matéria seca e fornecer material vegetal ao experimento de decomposição foi realizada com o corte das plantas rentes ao solo (duas repetições de 1 m² por subparcela) no período do início até 50% de floração. Para obter o peso da matéria seca, o material permaneceu em estufa de ventilação forçada a 65 °C, até alcançar o peso constante e uma pequena parte foi triturada, mineralizada e analisada. O restante foi recolocado nas respectivas parcelas.

Para determinar a velocidade de decomposição das plantas de cobertura, dez gramas do material vegetal de cada espécie, secados em estufa a 65 °C foram pesados e colocados em sacos de tela de náilon de malha de 2 x 2 mm e de dimensões de 20 x 20 cm denominados de sacolas de serapilheira. Essas sacolas foram colocadas na superfície sob uma fina camada de resíduos da espécie vegetal correspondente. Durante a estação seca, foram efetuadas duas avaliações, sendo a primeira realizada 60 dias depois da colocação das

sacolas de serapilheira (9 e 22 de setembro) e a segunda, 90 dias (9 e 22 de outubro) após a colocação das sacolas no campo. Em cada avaliação, foram retiradas três unidades de cada subparcela.

Durante as operações de preparo do solo e de aplicação de herbicida nas subparcelas sem incorporação, as sacolas de serapilheira foram retiradas do campo e mantidas em câmara fria (temperatura de aproximadamente 0 °C). Depois da semeadura do milho, essas sacolas foram reintegradas às respectivas subparcelas, colocadas em superfície, quando em plantio direto e enterradas a 10 cm de profundidade quando sob o manejo com incorporação dos resíduos vegetais. A seguir, na estação chuvosa, as sacolas foram retiradas a cada trinta dias até o estágio de maturação do milho, totalizando cinco avaliações durante o período de 240 dias.

O material das sacolas foi pesado e em seguida colocado em estufa a 65 °C por 72 horas (matéria seca final). O material seco depois de pesado foi queimado em mufla a 600 °C por um período mínimo de oito horas para se obter o conteúdo inorgânico final das espécies vegetais e do solo. O cálculo do índice de decomposição em cada época foi efetuado de acordo com Santos & Whitford (1981)[5].

A concentração de nutrientes (C, N e P) no material vegetal foi determinada após digestão nítrico-perclórica, sendo o fósforo analisado colorimetricamente e o nitrogênio pelo método semimicro Kjeldahl. O carbono na planta foi obtido da determinação de matéria orgânica por combustão (Embrapa, 1997[6]).

Quatro linhas de quatro metros de comprimento (milho) foram colhidas em cada subparcela para avaliar o rendimento de grãos, corrigindo-se a umidade para 13%.

Com base nos dados da porcentagem de decomposição, obteve-se a taxa de resíduos vegetais remanescentes no solo pela diferença entre a quantidade total inicial dos resíduos (100%) e cada um dos índices de decomposição. Esses dados foram ajustados ao modelo exponencial, com a taxa de resíduos remanescentes em função do tempo ($TR = 100 * e^{k*(t)}$). O teste F multivariado de Wilks foi aplicado para comparar as inclinações das curvas, entre cada par de espécies vegetais com incorporação e em sistema plantio direto. Aplicou-se o teste de comparações múltiplas de médias (Tukey-Kramer a 5% de significância).

Resultados

Feijão-bravo-do-ceará e mucuna-cinza apresentaram rendimentos mais elevados de matéria seca, enquanto a vegetação espontânea, o nabo-forrageiro e o guandu resultaram em produção significativamente menor de matéria seca ($F=83,47$; $P<0,0001$). A crotalária juncea destacou-se quanto aos teores de nitrogênio ($F=67,60$; $P<0,0001$) e de fósforo ($F=10,04$; $P<0,0001$) na parte aérea. O feijão-bravo-do-ceará e a mucuna-cinza acumularam quantidades significativamente mais elevadas de nitrogênio ($F=90,60$; $P<0,0001$) e o nabo-forrageiro apresentou maiores teores e quantidades acumuladas de fósforo ($F=10,04$; $P<0,0001$) (Tabela 1).

Milheto e girassol apresentaram valores de C/N mais elevados, enquanto crotalária juncea resultou em menor razão C/N do material verde ($F=19,43$; $P<0,0001$). Considerando a razão C/N dos resíduos vegetais aos 180 dias do início do experimento, os maiores valores foram determinados para crotalária juncea, nabo-forrageiro, guandu e milheto ($F=4,36$; $P=0,0070$). Os menores valores foram obtidos em resíduos vegetais de feijão-bravo-do-ceará, mucuna-cinza e vegetação espontânea (Tabela 2).

Os maiores valores de C/P foram determinados em material verde de mucuna-cinza, milheto e feijão-bravo-do-ceará, enquanto para o nabo-forrageiro foi obtido o menor valor desse parâmetro ($F=81,8$; $P<0,0001$). Os resíduos vegetais aos 180 dias do início do experimento de guandu e mucuna-cinza apresentaram os valores de C/P significativamente ($F=9,70$; $P<0,0001$) mais elevados (Tabela 2).

A decomposição dos resíduos vegetais de feijão-bravo-do-ceará foi significativamente mais elevada em relação aos de guandu ($F=49,16$; $P<0,0001$; $F=56,43$; $P<0,0001$), milheto ($F=20,26$; $P<0,0001$; $F=12,24$; $P<0,0005$) e mucuna-cinza ($F=19,75$; $P<0,0001$; $F=9,42$; $P<0,0005$), respectivamente nos sistemas plantio direto e com incorporação dos resíduos ao solo. A decomposição dos resíduos de mucuna-cinza foi significativamente mais lenta em relação aos resíduos de feijão-bravo-do-ceará ($F=19,75$; $P<0,0001$; $F=9,42$; $P<0,0005$) e girassol ($F=16,17$; $P<0,0001$; $F=62,11$; $P<0,0001$) nos dois sistemas e aos de crotalária juncea ($F=7,06$; $P<0,0005$) em plantio direto. A decomposição de resíduos da mucuna-cinza igualou-se à de guandu nos dois sistemas (Figura 1).

O cultivo do milho em sucessão ao feijão-bravo-do-ceará resultou em rendimento mais elevado de grãos da cultura. (Tabela 8).

Discussão

A decomposição observada no início do período de avaliação pode ter sido favorecida pelos eventos de chuva em setembro (21 mm de precipitação) e pelas temperaturas elevadas (máximas de 25 °C em setembro) durante a estação seca e transição para o período de chuva (Figura 1). Correia & Andrade (1999)[4] também constataram decomposição acentuada nos primeiros meses de avaliação do processo.

Os índices de decomposição significativamente mais elevados, obtidos no manejo com incorporação dos resíduos vegetais nas últimas avaliações efetuadas em fevereiro e março (Figura 1), resultaram do aumento da superfície de contato do material vegetal com o solo na presença de umidade. Essa condição, possivelmente, favoreceu a ação biológica e a decomposição mais acelerada dos resíduos vegetais.

A razão C/N do nabo-forrageiro (aproximadamente 26) pode ter resultado da maior participação do caule do que das folhas no processo de decomposição. Essa crucífera, juntamente com a crotalária juncea, está no grupo das espécies com a

mais baixa razão C/N do material verde. Por sua vez, a razão C/N dos resíduos vegetais dessas duas plantas de cobertura está entre as mais elevadas (Tabela 2). Tal mudança de comportamento entre C/N do material verde e dos resíduos é devida à elevada concentração de nitrogênio na parte aérea, principalmente, no caso da crotalária juncea. A acentuada perda de nitrogênio ao longo do tempo pode ter ocorrido pela decomposição mais acelerada das folhas dessa leguminosa, já que aos 180 dias se encontrava entre as espécies de maiores índices de decomposição (Figura 1).

Os índices de decomposição de feijão-bravo-do-ceará e de guandu diferenciaram-se na maioria das avaliações, sendo que essas leguminosas apresentaram diferenças quanto à razão C/N e à razão C/P dos seus resíduos vegetais (Tabela 2). A decomposição dos resíduos vegetais de mucuna-cinza foi semelhante à de guandu, apesar de o comportamento dessas duas espécies ser diferenciado quanto à razão C/N. Considerando as razões C/N e C/P do material verde, a mucuna-cinza assemelha-se mais ao feijão-bravo-do-ceará, sendo que apenas a razão C/P de seus resíduos foi similar à do material de guandu (Tabela 2). Portanto, a razão C/N individualmente não representa bem o processo de decomposição dos materiais vegetais porque não considera a qualidade do carbono.

No ano agrícola desta pesquisa, as maiores produtividades do milho (Tabela 3) não foram obtidas em áreas sob uso do guandu e da mucuna-cinza, que apresentaram decomposição mais lenta dos resíduos vegetais. Esse comportamento indica efeitos positivos da incorporação de resíduos vegetais sobre parâmetros de fertilidade, os quais são atribuídos à decomposição mais acelerada, conseqüentemente, à liberação mais rápida de nutrientes. No sistema plantio direto, espécies vegetais como guandu, milheto e mucuna-cinza são mais indicadas para cobertura do solo.

Conclusões

1. Resíduos vegetais de guandu e de mucuna-cinza apresentam decomposição mais lenta em relação aos de feijão-bravo-do-ceará, nabo-forrageiro e girassol.
2. A incorporação dos resíduos vegetais ao solo resulta na decomposição mais acentuada.
3. O feijão-bravo-do-ceará, com produção mais elevada de fitomassa e decomposição mais rápida resulta em rendimento mais elevado de milho.

Referências bibliográficas

- [1] CARVALHO, A.M. de & AMABILE, R.F. Plantas condicionadora de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: CARVALHO, A.M. de; AMABILE, R.F. (eds). **Cerrado: adubação verde**. Embrapa Cerrados, Brasília, Brasil, 2006. p. 143 – 170.
- [2] AITA, C. & GIACOMINI, S.J., 2003. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. R. Bras. Ci. Solo, 27: 601-612.
- [3] ESPINDOLA, J.A.A., GUERRA, J.G.M., ALMEIDA, D.L.de, TEIXEIRA, M.G., URQUIAGA, S.. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. R. Bras. Ci. Solo, 30: 321-328, 2006.
- [4] CORREIA, M.E.F. & ANDRADE, A.G.de Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, SANTOS, G.A. & CAMARGO, F. A. O. (eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas**

tropicais e subtropicais. Gênese, Porto Alegre, Brasil, 1999. p.197 – 225.

[5] SANTOS, P.F. & WHITFORD, W.G. The effects of microarthropods on litter decomposition in a Chihuazhuan ecosystem. *Ecology*, 62: 654-663, 1981.

[6] EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**/ Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. ver. Atual- Rio de Janeiro, 1997. 212p.

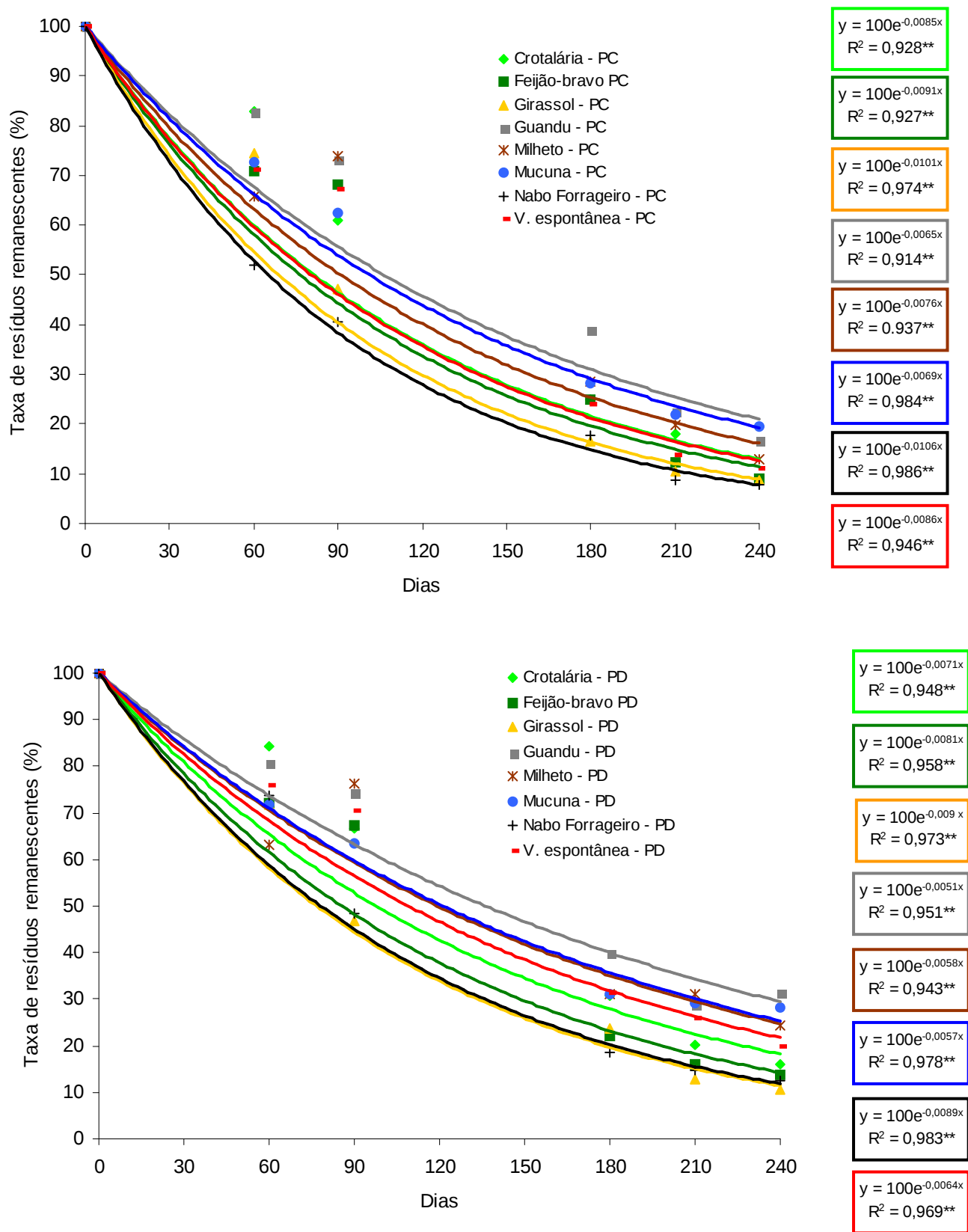


Figura 1. Taxa de resíduos vegetais remanescentes no solo em função do período de decomposição nos manejos com incorporação e em plantio direto.

Tabela 1. Produção de matéria seca, teores e quantidades acumuladas de nitrogênio e fósforo na parte aérea das plantas de cobertura, ano agrícola 2002/2003, Planaltina, DF.

Plantas de cobertura	Matéria seca	Nitrogênio		Fósforo	
	(kg ha ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
Crotalária juncea	1706 (cd)	24,02 (a)	40,96 (a)	1,82 (ab)	3,00 (a)
Feijão-bravo-do-ceará	2958 (a)	17,73 (b)	50,72 (a)	0,79 (c)	2,35 (abc)
Girassol	898 (e)	11,90 (de)	10,63 (b)	1,52 (bc)	1,36 (c)
Guandu	1317 (ed)	15,16 (bcd)	19,99 (b)	1,09 (bc)	1,45 (bc)
Milheto	2103 (bc)	10,08 (e)	20,86 (b)	0,87 (c)	1,75 (bc)
Mucuna-cinza	2724 (ab)	16,12 (c)	43,81 (a)	0,79 (c)	2,14 (abc)
Nabo-forrageiro	1031 (ed)	17,74 (b)	18,32 (b)	2,45 (a)	2,57 (ab)
V. espontânea	827 (e)	12,75 (cde)	10,70 (b)	1,52 (bc)	1,30 (c)

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 2. Razões C/N e C/P do material verde (anteriores ao início da decomposição) e dos resíduos vegetais das plantas de cobertura aos 180 dias do início do experimento de decomposição, ano agrícola 2002/2003, Planaltina, DF.

Plantas de cobertura	Razão C/N		Razão C/P	
	Material verde	Resíduo vegetal (180 dias)	Material verde	Resíduo vegetal (180 dias)
Crotalária juncea	21 (d)	28 (a)	300 (bc)	400 (b)
F. b. do ceará	30 (bcd)	17 (c)	630 (a)	380 (b)
Girassol	39 (ab)	24 (abc)	310 (bc)	270 (b)
Guandu	34 (bc)	26 (ab)	490 (ab)	610 (a)
Milheto	50 (a)	24 (abc)	640 (a)	340 (b)
Mucuna-cinza	32 (bcd)	20 (bc)	660 (a)	560 (a)
Nabo-forrageiro	26 (cd)	27 (ab)	190 (c)	300 (b)
V. espontânea	39 (ab)	21 (bc)	330 (bc)	350 (b)

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 3. Rendimento de grãos e teores de nitrogênio e fósforo na parte aérea do milho cultivado em sucessão às plantas de cobertura, ano agrícola 2002/2003, Planaltina, DF.

Espécies vegetais	Rendimento (kg ha ⁻¹)
Crotalária juncea	7537 (ab)
Feijão-bravo-do-ceará	7906 (a)
Girassol	7296 (ab)
Guandu	7296 (ab)
Milheto	7234 (ab)
Mucuna-cinza	7426 (ab)
Nabo-forrageiro	6489 (b)
Vegetação espontânea	7193 (ab)
Manejo	Com inc.
	Plantio direto
	7222 A
	7285 A

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância